

# **BAB V**

## **PENUTUP**

### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil analisa dan pembahasan pada bab IV, maka sesuai tujuan yang hendak dicapai dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

#### **5.1.1 Sistem Struktur Bangunan**

Sesuai data seismisitas wilayah Kota Maumere ( $S_1=0,5$  dan  $S_s=1,2$ ) dan kategori resiko bangunan (KRB-II), maka kategori desain seismik (KDS) bangunan ini masuk pada tipe D (kategori tinggi), dan berdasarkan seismik desain kategori ini, maka sistem struktur yang direkomendasikan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

#### **5.1.2 Metode Analisis Desain**

Berdasarkan hasil evaluasi ketidakberaturan bangunan (ketidakberaturan type-1a dan type 2) dan dikaitkan dengan kategori desain seismik bangunan (KDS-D), maka metode analisis yang sesuai dengan karakteristik bangunan ini adalah metode dinamis (metode analisis respon spektrum ragam).

#### **5.1.3 Kinerja Struktur Pada Kondisi Elastis**

##### **1. Faktor Partisipasi Massa**

Hasil analisis partisipasi massa dari dua belas ragam yang dipakai menunjukkan bahwa pada mode ke-7 jumlah *Mass Participation Factor* sudah mencapai nilai yang lebih besar dari 90%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah ragam yang digunakan untuk analisis sudah lebih dari memadai.

##### **2. Rasio Gaya Geser Dinamis Dengan Gaya Geser Statik Ekuivalen (V)**

Setelah dilakukan koreksi faktor skala gaya geser dasar, diperoleh nilai rasio gaya geser dasar hasil analisis dinamis per gaya geser dasar hasil analisis statik ekuivalen di kedua arah utama bangunan tidak lebih kecil dari 0,85. Dengan demikian, hasil analisis dinamis tersebut sudah memenuhi syarat minimal yang diatur di dalam SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1.

### 3. Periode Struktur (T)

Hasil perhitungan waktu getar bangunan (T) dari analisis dinamis (T dari ETABS) berada di antara  $T_{MIN}$  dan  $T_{MAX}$  yang ditentukan SNI 03-1726-2012. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proporsi/dimensi elemen bangunan memadai (tidak terlalu kecil dan juga tidak terlampau besar).

### 4. Simpangan Antar Lantai Tingkat Desain ( $\Delta$ )

Dari evaluasi pada kondisi elastis, diperoleh nilai simpangan akibat analisis dinamis lebih kecil dari simpangan maksimum yang ditentukan SNI 1726-2012 sebesar 0,020 kali tinggi lantai dibagi faktor redudansi ( $\rho$ ), sehingga dapat disimpulkan bahwa pada kondisi elastis, bangunan memiliki kinerja yang baik.

### 5. Koefisien Stabilitas (P- $\Delta$ )

Berdasarkan evaluasi diperoleh hasil koefisien stabilitas pada semua tingkat memiliki nilai yang lebih kecil dari 0,10, sehingga dapat disimpulkan nilai efek P- $\Delta$  dapat diabaikan dalam perhitungan selanjutnya.

## 5.1.4 Kebutuhan Tulangan Balok

### 1. Sebaran Tulangan Memanjang Balok

- a. Berdasarkan pengelompokan tipe tulangan memanjang balok, diperoleh hasil rasio luas tulangan positif terhadap luas tulangan negatif untuk semua tipe lebih besar dari 50%.
- b. Pola distribusi rasio tulangan tarik pada setiap tingkat semakin membesar ke arah tonjolan (coakan) bangunan karena pengaruh ketidakberaturan sudut dalam.
- c. Rasio tulangan tarik secara keseluruhan pada setiap tingkat lebih besar dari rasio minimum, tapi masih berada di antara zona minimum dan zona tengah ( $\rho_{min}=0,35\% < \rho_{pakai} < \rho_{max}=2,5\%$ ).

### 2. Tulangan Geser Balok

- a. Semua tulangan geser pada elemen balok utama dibagi dalam 3 zona, yaitu zona-A sebagai sendi plastis, zona-B dan zona-C sebagai zona di luar sendi plastis.
- b. Pada daerah sendi plastis (zona-A) dipakai tulangan 2 kaki diameter 12 mm jarak 100 mm (2D12-100mm).
- a. Pada daerah non-sendi plastis (zona-B) dipakai tulangan 2 kaki diameter 12 mm jarak 150 mm (2D12-150mm).

- b. Pada daerah non-sendi plastis/daerah batas tulangan geser minimum (zona-C) dipakai tulangan 2 kaki diameter 12 mm jarak 200 mm (2D12-200mm).

### 5.1.5 Kebutuhan Tulangan Kolom

#### 1. Sebaran Tulangan Memanjang Kolom

- a. Hasil desain kapasitas menunjukkan rasio ( $\rho$ ) tulangan kolom pada setiap lantai berada di antara rasio minimum dan maksimum ( $\rho_{\min} = 1\% < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max} = 4\%$ ).
- b. Distribusi jumlah tulangan kolom paling besar berada di daerah tengah bangunan utama akibat beban aksial ( $P_u$ ) dan daerah coakan akibat gaya momen yang dihasilkan bangunan dengan ketidakberaturan sudut dalam.

#### 2. Tulangan Geser Kolom

- a. Semua tulangan geser pada kolom dibagi dalam daerah sendi plastis ( $l_o$ ) dan daerah luar sendi plastis (luar  $l_o$ ).
- b. Pada daerah sendi plastis (sepanjang  $l_o$ ) dipakai tulangan diameter 13 mm jarak 100 mm (D13-100mm) dengan jumlah kaki sengkang antara 4 sampai 5 kaki.
- c. Pada daerah non-sendi plastis (di luar  $l_o$ ) dipakai tulangan diameter 13 mm jarak 100 mm dan diameter 13 mm jarak 150 mm (D13-100mm dan D13-150 mm) antara 3 sampai 4 kaki.
- d. Perubahan beban  $P_u$  pada lantai tertentu menyebabkan nilai momen untuk desain bervariasi. Hal ini dipengaruhi dari perubahan faktor reduksi sebagai akibat dari kondisi regangan baja tarik aktual pada kombinasi antara beban  $P_u$  dan  $M_u$ .

### 5.1.6 Kinerja Struktur Pada Kondisi In-Elastis

#### 1. Tingkat Kinerja (*Performance Level*)

- a. Proses analisis memperlihatkan bangunan secara umum memiliki tingkat kinerja yang baik karena dapat menghasilkan perpindahan yang tidak melebihi syarat SNI 1726-2012 pasal 7.8.6 pada saat *performance point*, walaupun mengalami *Collapse Prevention* pada satu kolom lantai dasar yang dapat diterima.
- b. *Performance point* bangunan dalam arah X telah tercapai pada saat perpindahan atap (*roof displacement*) pada arah-X= 156,625 mm dan gaya geser arah-X= 23419,20 kN. Sedangkan *Performance point* bangunan dalam arah Y tercapai pada perpindahan atap pada arah-Y= 130,808 mm dan gaya geser (*shear*) pada arah-Y= 24406,92 kN.

- c. Pada saat bangunan mengalami beban gempa, struktur bangunan belum dapat mengalami keruntuhan yang diakibatkan oleh salah satu kolom yang sudah berada pada kondisi *Collepse Prevention* (CP).

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

Pada saat tercapai *performance point*, nilai *drift* dalam arah-X maupun arah-Y masih berada di bawah batas *drift maximum* walaupun terdapat satu kolom dilantai dasar dimana *hinge status* sudah memasuki status *Collepse Prevention* (CP). Status *Collapse Prevention* ini tetap terjaga sampai respon struktur mencapai nilai *drift maximum*.

## **3. Mekanisme Sendi Plastis**

Distribusi sendi plastis tersebar pada ujung balok lantai pertama sampai dengan lantai ke-empat serta pada pangkal kolom lantai dasar. Fenomena ini menunjukkan 2 hal, yakni pertama, konsep kolom kuat balok lemah terjadi sesuai rencana khususnya pada lantai-lantai yang disebut di atas; kedua, adanya indikasi kapasitas lebih pada balok-balok lantai ke-lima sampai dengan lantai sepuluh.

## **5.2 SARAN**

Berdasarkan kesimpulan maka dapat ditarik beberapa saran yang dapat direkomendasikan untuk desain selanjutnya, dimana gedung memiliki kasus bangunan yang memiliki sudut dalam dan berada di daerah gempa kuat :

1. Dalam perencanaan lanjutan untuk menghindari kapasitas lebih pada balok, maka dapat dilakukan pengecilan dimensi balok pada lantai bagian tengah sampai lantai paling atas yang cenderung belum mengalami sendi plastis.
2. Analisa gaya-gaya gempa dengan metode dinamis yang di rekomendasikan SNI 03-1726-2012 harus tetap mengikut sertakan metode statik ekuivalen untuk mengontrol gaya geser dasar dinamis.
3. Dalam perencanaan bangunan tahan gempa perlu dilakukan dengan analisis respon In-elastis, untuk dapat mengetahui gambaran perilaku atau kinerja struktur ketika level kinerja bangunan melampaui batasan yang direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Applied Technology Council, ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building Volume 1*. Redwood City, California : Seismic Safety Commission.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *"Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung"*. SNI 03-1726-2012. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *"Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung"*. SNI 03-2847-2013. Jakarta.
- Federal Emergency Management Agency 356. (2000). *Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings*. Washington D.C : American Society of Civil Engineers.
- Federal Emergency Management Agency 440. (2005). *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*. Washington D.C : Applied Technology Council (ATC-55 Project).
- Fakhrurrazy, Manalip, H., & Windah, R. S. (2015). *Analisis Dinamis Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Persentase Coakan Pada Denah Struktur Bangunan*. Universitas Sam Ratulangi.
- Gideon Hadi Kusuma dan Vis, W.C., (1994). *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Jack P Moehle, J. D. (2008). *Seismic Design of Reinforcement Concrete Special Moment Frame*. Washington, D.C : NEHRP Consultant Joint Venture.
- Nurhadi, M., Budi, A. S., & Supardi. (2014). *Evaluasi Kinerja Gaya Gempa Pada Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Pushover Berdasar Pada Drift Dan Displacement Menggunakan Software Etabs (Studi Kasus: Hotel Di Wilayah Karanganyar)*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Purba, H. L. (2014). *Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai SNI 03-1726-2012*. Universitas Sriwijaya.
- Oktapianto, Y. (2013). *Evaluasi Kinerja Struktur Beton Bertulang Dengan Pushover Analysis*. Bandung: Universitas Gunadarma.