

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Pushover pada Struktur Gedung Tinggi di Tanah Medium

Nurdianti (2013) melakukan penelitian tentang keandalan struktur gedung tinggi pada tanah medium dengan menggunakan metode analisis *pushover*. Pada penelitian tersebut, bangunan yang ditinjau adalah Karebosi Condotel yang merupakan sebuah bangunan hotel yang terdiri dari delapan belas lantai dengan elevasi total 66,65 meter yang berada di Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Jenis beban yang digunakan dalam meninjau perilaku struktur bangunan tersebut adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup tereduksi yang mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, sedangkan beban lateral merupakan beban gempa yang pengerjaannya dilakukan dengan menggunakan analisis ragam respons spektrum gempa yang mengacu pada SNI 1726-2002. Penentuan target perpindahan struktur bangunan dilakukan dengan menggunakan metode spektrum kapasitas (*capacity spectrum method*) yang mengacu pada ATC-40. Perangkat lunak teknik sipil yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah SAP 2000. Komponen struktur yang dimodelkan di SAP 2000 terdiri dari kolom, balok, serta elemen *shell* pada plat lantai, dinding geser, dan tangga.

Analisis *pushover* dilakukan dalam dua tahap pembebanan. Pada tahap pertama, struktur bangunan dibebani dengan beban gravitasi yang terdiri dari kombinasi beban mati dengan koefisien pembebanan sebesar 1,0 dan beban hidup dengan koefisien pembebanan sebesar 0,3. Pada tahap kedua, analisis dilanjutkan dengan memberikan pola beban dorong lateral pada struktur bangunan. Setelah analisis *pushover* selesai dilakukan, didapatkan hasil berupa kurva kapasitas (*capacity curve*) pada arah x dan arah y. Dari kurva kapasitas pada arah x, diperoleh bahwa analisis *pushover* berhenti di langkah yang ke-32 dengan perpindahan (*displacement*) sebesar 0,9136 m dan gaya geser dasar (*base shear*

force) sebesar 3308,2583 ton. Sedangkan dari kurva kapasitas pada arah y, diperoleh bahwa analisis *pushover* berhenti di langkah yang ke-31 dengan perpindahan (*displacement*) sebesar 0,8664 m dan gaya geser dasar (*base shear force*) sebesar 2494,8618 ton.

Titik kinerja (*performance point*) atau target perpindahan bangunan dapat ditentukan dari perpotongan antara kurva spektrum kapasitas dan spektrum *demand* dalam format ADRS (*Acceleration Displacement Response Spectrum*). Dengan menggunakan metode spektrum kapasitas (*capacity spectrum method*), didapatkan target perpindahan pada arah x sebesar 0,132 m dengan gaya geser dasar sebesar 926,851 ton dan pada arah y sebesar 0,133 m dengan gaya geser dasar sebesar 673,099 ton. Level kinerja (*performance level*) dari struktur bangunan ditentukan melalui perhitungan *roof drift ratio* yang diperoleh pada saat target perpindahan tercapai. *Roof drift ratio* pada arah x sebesar 0,198 % dan pada arah y sebesar 0,199 %. Karena nilai *roof drift ratio* pada arah x dan arah y besarnya kurang dari 1 %, maka sesuai dengan batas simpangan yang disyaratkan dalam FEMA 356 dan ATC-40 dapat disimpulkan bahwa level kinerja struktur bangunan tersebut pada saat target perpindahan tercapai adalah *Immediate Occupancy*. Distribusi sendi plastis yang terjadi ketika target perpindahan tercapai menunjukkan bahwa tidak ada komponen struktur yang melewati level kinerja *Immediate Occupancy* sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja komponen struktur masih dalam kondisi aman ketika target perpindahan tercapai.

2.2 Analisis Pushover untuk Performance Based Design

Kadariusman (2017) melakukan penelitian tentang analisis *pushover* untuk *performance based design*. Pada penelitian tersebut, bangunan yang ditinjau adalah Gedung Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Kertosono yang terdiri dari empat lantai dengan elevasi total 20,8 meter yang berada di Kabupaten Nganjuk, Jawa Timur. Pada penelitian tersebut dilakukan dua jenis analisis yaitu analisis dinamis dan analisis statik non-linear. Analisis dinamis menggunakan respon

spektrum yang mengacu pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012, sedangkan analisis statik non-linear menggunakan metode analisis *pushover* untuk prosedur A dan prosedur B yang mengacu pada ATC-40. Jenis beban yang digunakan dalam meninjau perilaku struktur bangunan tersebut adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup tereduksi yang mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, sedangkan beban lateral merupakan beban gempa yang pengerjaannya dilakukan dengan menggunakan respon spektrum gempa yang mengacu pada SNI 1726-2002 dan SNI 1726-2012. Perangkat lunak teknik sipil yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah SAP 2000.

Berdasarkan hasil analisis struktur yang dilakukan dengan menggunakan SAP 2000, didapatkan periode getar alami struktur pada arah x (T_x) sebesar 0,495 detik dan pada arah y (T_y) sebesar 0,329 detik. Berdasarkan analisis dinamis respon spektrum yang telah dilakukan dengan menggunakan respon spektrum dari SNI 1726-2002, didapatkan gaya gempa dasar (*base shear force*) sebesar 1841665,3 kg pada arah x dan 1633055,2 kg pada arah y serta simpangan atap (*roof displacement*) sebesar 0,02669 m pada arah x dan 0,02049 m pada arah y. Untuk analisis dinamis respon spektrum yang menggunakan respon spektrum dari SNI 1726-2012, didapatkan gaya gempa dasar (*base shear force*) sebesar 1473344 kg pada arah x dan 1306519 kg pada arah y serta simpangan atap (*roof displacement*) sebesar 0,02135 m pada arah x dan 0,01639 m pada arah y.

Penentuan titik kinerja (*performance point*) dilakukan dengan menentukan kurva kapasitas (*capacity curve*) dari hasil analisis *pushover* dan *demand* dari struktur bangunan yang ditinjau terlebih dahulu, kemudian keduanya dikonversikan ke dalam format ADRS (*Acceleration Displacement Response Spectrum*). Titik kinerja (*performance point*) dari struktur bangunan dapat ditentukan dari perpotongan antara kurva spektrum kapasitas dan spektrum *demand*. Dengan menggunakan prosedur A untuk respon spektrum dari SNI 1726-2002, didapatkan koordinat titik performa yaitu $S_a; S_d$ (0,65 ; 0,035), sedangkan untuk respon spektrum dari SNI 1726-2012 didapatkan koordinat titik performa

yaitu $S_a;S_d$ (0,6 ; 0,0267). Dengan menggunakan prosedur B untuk respon spektrum dari SNI 1726-2002, didapatkan koordinat titik performa yaitu $S_a;S_d$ (0,746 ; 0,017) dengan *base shear* (V) sebesar 2348768,6 kg dan *displacement* (D) sebesar 0,039 m serta menghasilkan nilai maksimum *drift* sebesar 0,001875 sehingga struktur bangunan yang ditinjau termasuk ke dalam level kinerja *Immediate Occupancy* (maksimum total *drift* = 0,01), sedangkan untuk respon spektrum dari SNI 1726-2012 didapatkan koordinat titik performa yaitu $S_a;S_d$ (0,6 ; 0,014) dengan *base shear* (V) sebesar 1912657,5 kg dan *displacement* (D) sebesar 0,031 m serta menghasilkan nilai maksimum *drift* sebesar 0,0015 sehingga struktur bangunan yang ditinjau termasuk ke dalam level kinerja *Immediate Occupancy* (maksimum total *drift* = 0,01).

2.3 Analisis Pushover Perilaku Seismik Struktur Bangunan Bertingkat

Pangemanan (2017) melakukan penelitian tentang analisis *pushover* perilaku seismik struktur bangunan bertingkat. Pada penelitian tersebut, bangunan yang ditinjau adalah bangunan ruko tiga lantai yang berada di Kota Manado, Sulawesi Utara. Metode analisis *pushover* digunakan untuk menghasilkan kurva kapasitas (*capacity curve*) dan menentukan titik kinerja (*performance point*) dari struktur bangunan yang ditinjau yang mengacu pada ATC-40. Kemudian mengevaluasi kinerja struktur bangunan berdasarkan ATC-40, FEMA 356, FEMA 440 dan SNI 1726-2002. Perangkat lunak teknik sipil yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah ETABS. Kinerja bangunan dianalisis dengan prosedur analisis dinamis berdasarkan SNI 1726-2002, analisis statik non-linier (*pushover*) berdasarkan ATC-40, metode koefisien perpindahan (FEMA 356), dan metode koefisien perpindahan yang diperbaiki (FEMA 440).

Hasil analisis dinamis berdasarkan SNI 1726-2002 menunjukkan bahwa partisipasi massa bangunan pada arah x (92,57%) dan arah y (93,49%) telah memenuhi persyaratan partisipasi massa sesuai dengan SNI 1726-2002 yaitu sebesar 90% dan menghasilkan *output* simpangan ultimit pada arah x (ξ_{RX})

sebesar 0,075 m dan pada arah y (ξ_{RY}) sebesar 0,081 m. Analisis *pushover* yang telah dilakukan berdasarkan ATC-40 menghasilkan *output base shear* (V) sebesar 334450,22 kg dan *displacement* (D) sebesar 0,097 m pada arah x dan *base shear* (V) sebesar 483874,58 kg dan *displacement* (D) sebesar 0,111 m pada arah y. Perhitungan metode koefisien perpindahan (FEMA 356) menghasilkan *output* $\delta_t = 0,164$ m pada arah x dan $\delta_t = 0,147$ m pada arah y. Perhitungan metode koefisien perpindahan yang diperbaiki (FEMA 440) menghasilkan *output* $\delta_t = 0,164$ m pada arah x dan $\delta_t = 0,147$ m pada arah y. Dari semua target perpindahan yang telah didapat, digunakan target perpindahan terbesar pada arah x dan arah y. Target perpindahan terbesar pada arah x adalah 0,164 m dan pada arah y adalah 0,147 m.

Untuk target perpindahan pada arah x yang sebesar 0,164 m jika dibandingkan dengan data analisis *pushover* yang diperoleh dari ETABS, didapatkan hasil bahwa pada *step* 27 nilai perpindahan (0,1652 m) telah melewati target perpindahan dan level kinerja struktur berada pada batas antara *Life Safety* (LS) – *Collapse Prevention* (CP). Untuk target perpindahan pada arah y yang sebesar 0,147 m jika dibandingkan dengan data analisis *pushover* yang diperoleh dari ETABS, didapatkan hasil bahwa pada *step* 5 nilai perpindahan (0,1532 m) telah melewati target perpindahan dan level kinerja struktur berada pada batas antara *Life Safety* (LS) – *Collapse Prevention* (CP). Level kinerja struktur bangunan pada arah x dan arah y menunjukkan bahwa perlu adanya perbaikan atau penguatan pada komponen-komponen struktur bangunan tersebut sebelum bangunan digunakan kembali.

2.4 Evaluasi Kinerja Struktur Gedung dengan Analisis *Pushover*

Marwanto (2014) melakukan penelitian tentang evaluasi kinerja struktur gedung dengan analisis *pushover*. Pada penelitian tersebut, bangunan yang ditinjau adalah sebuah bangunan hotel yang terdiri dari sepuluh lantai dengan elevasi total 37,55 meter yang berada di Kota Surakarta, Jawa Tengah. Jenis beban yang digunakan dalam meninjau perilaku struktur bangunan tersebut adalah

beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup tereduksi yang mengacu pada SNI 1727-1989 (Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung), sedangkan beban lateral merupakan beban gempa yang pengerjaannya dilakukan dengan menggunakan metode analisis statik ekuivalen yang mengacu pada SNI 1726-2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung). Metode analisis *pushover* digunakan untuk menghasilkan kurva kapasitas (*capacity curve*) yang selanjutnya digunakan untuk menentukan titik kinerja (*performance point*) dengan metode spektrum kapasitas (*capacity spectrum method*) yang mengacu pada ATC-40. Titik kinerja (*performance point*) yang didapat dari spektrum kapasitas selanjutnya digunakan untuk menentukan level kinerja (*performance level*) dari struktur bangunan yang ditinjau.

Hasil dari analisis *pushover* yang telah dilakukan pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa titik kinerja (*performance point*) tercapai pada saat struktur bangunan mengalami perpindahan (*displacement*) sebesar 0,117 m dengan gaya geser dasar (*base shear force*) sebesar 1304,508 ton pada arah x bangunan dan mengalami perpindahan (*displacement*) sebesar 0,112 m dengan gaya geser dasar (*base shear force*) sebesar 1078,784 ton pada arah y bangunan. Perpindahan yang terjadi pada arah x dan arah y bangunan tidak melebihi batasan perpindahan maksimum yang ditentukan dalam SNI 1726-2012 yaitu sebesar 0,02H yang dalam penelitian tersebut bernilai 0,751 m.

Simpangan total maksimum yang terjadi pada arah x bangunan adalah sebesar 0,00327 dan simpangan inelastis maksimum yang terjadi pada arah x bangunan adalah sebesar 0,00318 sehingga menurut ATC-40, level kinerja (*performance level*) dari struktur bangunan pada arah x adalah *Immediate Occupancy* (IO) karena simpangan total maksimum yang terjadi pada arah x bangunan nilainya kurang dari 0,01 dan simpangan inelastis maksimum yang terjadi pada arah x bangunan nilainya kurang dari 0,005. Simpangan total maksimum yang terjadi pada arah y bangunan adalah sebesar 0,00341 dan simpangan inelastis maksimum yang terjadi pada arah y bangunan adalah sebesar

0,00332 sehingga menurut ATC-40, level kinerja (*performance level*) dari struktur bangunan pada arah y adalah *Immediate Occupancy* (IO) karena simpangan total maksimum yang terjadi pada arah y bangunan nilainya kurang dari 0,01 dan simpangan inelastis maksimum yang terjadi pada arah y bangunan nilainya kurang dari 0,005.

