

8. KESIMPULAN DAN SARAN

8.1. Kesimpulan

Dalam studi ini dilakukan pemeriksaan kinerja seismik struktur rangka beton bertulang tidak beraturan dengan tonjolan (*re-entrant*) sebesar setengah dari ukuran terbesar inti denah struktur dengan menggunakan analisis statik non-linear *pushover* yang kemudian akan dibandingkan tingkat keakuratannya dengan analisis dinamik non-linear riwayat waktu. Pemeriksaan kinerja ini dilakukan dengan pemberian gempa sintetis dua arah yang didapatkan dari gempa El Centro 18 Mei 1940 dua arah yang telah dimodifikasi sesuai dengan gempa Wilayah 2 pada Peta Gempa Indonesia (berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002) dan pembebanan dilakukan dalam arah sudut 0° , 45° , 90° , dan 135° , berlawanan arah jarum jam terhadap sumbu global bangunan. Data *output* yang dipakai untuk membandingkan kedua analisis tersebut adalah kurva kapasitas, posisi sendi plastis, nilai *drift* maksimum, dan evaluasi tingkat kinerja struktur.

Perbandingan kurva kapasitas hasil terburuk dari kedua analisis memberikan hasil bahwa kurva kapasitas *pushover* dan kurva kapasitas riwayat waktu cenderung saling berdekatan (lihat Gambar 7.4 dan 7.7). Hanya saja bila diperhatikan lebih teliti, terlihat bahwa kurva kapasitas *pushover* sebenarnya memberikan hasil yang tidak aman, pada kurva kapasitas bangunan 6 tingkat terjadi pada periode ulang yang kecil, sedangkan pada kurva kapasitas bangunan 10 tingkat terjadi pada periode ulang sedang. Dengan demikian, berdasarkan perbandingan kurva kapasitas hasil terburuk dari kedua analisis, bisa dikatakan bahwa analisis *pushover* memprediksi kinerja seismik bangunan tidak beraturan dengan tonjolan secara cukup tepat, tetapi bersifat tidak aman.

Sedangkan untuk perbandingan kurva *drift* yang nantinya juga dipakai untuk perbandingan tingkat kinerja bangunan berdasarkan *drift* maksimumnya memberikan hasil bahwa analisis *pushover* cenderung memiliki nilai *drift* maksimum yang lebih kecil dari analisis riwayat waktu pada bangunan 6 tingkat untuk semua periode ulang

gempa dan bangunan 10 tingkat untuk periode ulang gempa 27 dan 67 tahun; hanya sedikit arah saja yang menunjukkan analisis *pushover* memiliki nilai *drift* maksimum yang lebih besar dari kedua pengamatan ini. Sedangkan untuk periode ulang gempa 135 tahun dan seterusnya pada bangunan 10 tingkat, secara umum tampak bahwa nilai *drift* maksimum analisis *pushover* menjadi lebih besar daripada analisis riwayat waktu (mencapai $\pm 0,2\%$). Kemudian, tingkat kinerja bangunan berdasarkan *drift* maksimumnya dari kedua analisis yang digambarkan dengan keadaan *Serviceability*, *Damage Control*, dan *Safety* cenderung menempatkan titiknya pada keadaan yang sama untuk satu periode ulang gempa yang sama (walaupun pada periode ulang gempa besar, data analisis *pushover* untuk perbandingan ini tidak ada dikarenakan analisisnya yang sudah berhenti). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa berdasarkan keadaan *drift* maksimumnya, analisis *pushover* secara umum sudah tidak aman untuk meramalkan kinerja bangunan tidak beraturan terhadap beban gempa 2 arah pada bangunan 6 tingkat (tidak konservatif karena bersifat *overestimate* di dalam memprediksi kekuatan struktur), tetapi pada bangunan 10 tingkat justru cenderung masih aman (masih konservatif karena bersifat *underestimate* di dalam memprediksi kekuatan struktur).

Sedangkan untuk perbandingan hasil dari posisi sendi plastis, dapat dikatakan bahwa analisis *pushover* pada bangunan 6 tingkat cukup tepat di dalam memprediksi posisi terjadinya sendi plastis bila dibandingkan dengan analisis riwayat waktu. Untuk bangunan 10 tingkat, analisis *pushover* cenderung kurang tepat di dalam memprediksi posisi terjadinya sendi plastis pada member kolom; yang berarti bahwa analisis *pushover* bersifat *overestimate* di dalam memprediksi kekuatan struktur dan sebenarnya memberikan hasil yang tidak aman lagi.

Dari ketiga penjelasan di atas, analisis *pushover* cenderung memberikan hasil yang tidak konsisten, antara keadaan konservatif dan tidak konservatif. Satu hal yang juga harus diperhatikan ialah faktor *mode* pertama dari kedua model bangunan yang sebenarnya sudah tidak dominan lagi, tetapi dicoba diprediksi kinerjanya dengan analisis *pushover* yang memiliki *mode* pertama yang dominan. Dengan demikian, lebih tepat bila disimpulkan bahwa analisis *pushover* sudah kurang tepat

lagi di dalam memprediksi kinerja struktur bangunan tidak beraturan yang *mode* pertamanya sudah tidak dominan lagi ketika mengalami gempa dua arah.

8.2. Saran

1. Penggunaan analisis statik non-linear *pushover* pada bangunan tidak beraturan harus juga memperhitungkan banyak hal (bila tetap ingin dipakai). Karena sifatnya yang cenderung *underestimate* dengan persentase yang cukup besar, sebenarnya analisis *pushover* kurang baik untuk digunakan, mengingat hal ini akan juga berpengaruh pada biaya bangunan dan jumlah material bangunan.
2. Analisis *pushover* dengan program ETABS versi 8.11 akan lebih baik jika tidak memberikan pembebanan *pushover* dengan membentuk sudut terhadap salah satu sumbu global, dalam arti lebih baik arah pembebanannya dibuat searah salah satu sumbu global bangunan (hal ini bisa dilakukan dengan memutar sumbu global bangunan pada ETABS versi 8.11, sehingga arah pembebanan *pushover* bisa tetap searah dengan sumbu global bangunan). Hal ini bertujuan untuk mencegah ketidaktepatan data yang diperlukan, khususnya untuk *output* kurva kapasitas *pushover*-nya.
3. Perlu diteliti kembali tingkat keakuratan analisis *pushover* dalam meramalkan perilaku inelastik struktur dengan tonjolan secara vertikal, ditinjau secara tiga dimensi, bila dibandingkan dengan analisis riwayat waktu.