

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Statik Beban Dorong (Static Pushover Analysis)

Menurut SNI Gempa 03-1726-2002, analisis statik beban dorong (*pushover*) adalah suatu analisis nonlinier statik, yang dalam analisisnya pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban statik pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan sehingga menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai target peralihan yang diharapkan atau sampai mencapai kondisi plastik.

Tujuan analisis beban dorong adalah mengevaluasi perilaku seismik struktur terhadap beban gempa rencana, yaitu memperoleh nilai faktor daktilitas aktual dan faktor reduksi gempa aktual struktur, memperlihatkan kurva kapasitas (*capacity curve*), dan memperlihatkan skema kelelehan (distribusi sendi plastis) yang terjadi (Pranata, 2006).

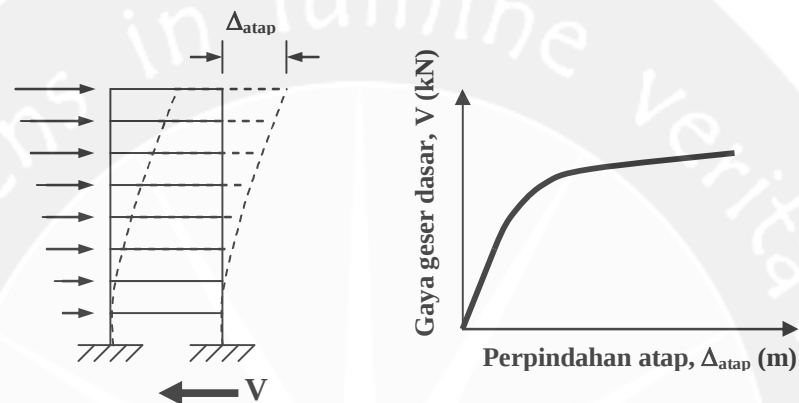
Metode analisis statik beban dorong merupakan metode dengan pendekatan nonlinier statik, yang dapat digunakan pada struktur bangunan gedung beraturan, dengan karakteristik dinamik mode tinggi yang tidak dominan. Salah satu hasil analisis yang mempunyai manfaat penting yaitu kurva kapasitas.

2.2 Kurva Kapasitas (Kurva Pushover)

Kurva kapasitas hasil dari analisis statik beban dorong menunjukkan hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan atap akibat beban lateral yang diberikan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu sampai pada kondisi ultimit atau target peralihan yang diharapkan (Gambar 2.1).

Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non-linier. Perubahan perilaku struktur dari linier menjadi non-linier berupa penurunan kekakuan yang

diindikasikan dengan penurunan kemiringan kurva akibat terbentuknya sendi plastis pada balok dan kolom. Sendi plastis akibat momen lentur terjadi pada struktur jika beban yang bekerja melebihi kapasitas momen lentur yang ditinjau. Semakin banyak sendi plastis yang terjadi berarti kinerja struktur semakin bagus karena semakin banyak terjadi pemancaran energi melalui terbentuknya sendi plastis sebelum kapasitas struktur terlampaui (Pranata, 2006).



Gambar 2.1 Kurva Kapasitas

. Kurva kapasitas dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong. Pola pembebanan umumnya berupa respon ragam-1 struktur (atau dapat juga berupa beban statik ekuivalen) berdasarkan asumsi bahwa ragam struktur yang dominan adalah ragam-1. Beban dorong statik lateral diberikan pada pusat massa sampai dicapai target perpindahan. Tujuan lain analisa *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi, serta untuk memperoleh informasi letak bagian struktur yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya (Dewobroto, 2005) .

Tahapan utama dalam analisa *pushover* adalah :

1. Menentukan titik kontrol untuk memonitor besarnya perpindahan struktur. Rekaman besarnya perpindahan titik kontrol dan gaya geser dasar digunakan untuk menyusun kurva *pushover*.

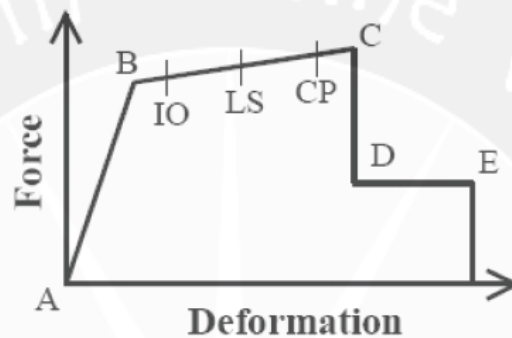
2. Membuat kurva *pushover* berdasarkan pola distribusi gaya lateral terutama yang ekivalen dengan distribusi dari gaya inersia, sehingga diharapkan deformasi yang terjadi hampir sama atau mendekati deformasi yang terjadi akibat gempa.
3. Estimasi besarnya perpindahan lateral saat gempa rencana (target perpindahan). Titik kontrol didorong sampai taraf perpindahan tersebut, yang mencerminkan perpindahan maksimum yang diakibatkan oleh intensitas gempa rencana yang ditentukan.
4. Mengevaluasi level kinerja struktur ketika titik kontrol tepat berada pada target perpindahan. Komponen struktur dan aksi perilakunya dapat dianggap memuaskan jika memenuhi kriteria yang dari awal sudah ditetapkan, baik terhadap persyaratan deformasi maupun kekuatan. Karena yang dievaluasi adalah komponen maka jumlahnya relatif sangat banyak, oleh karena itu proses ini sepenuhnya harus dikerjakan oleh komputer (fasilitas *pushover* dan evaluasi kinerja yang terdapat secara *built-in* pada program *ETABS*, mengacu pada FEMA - 440).

Proses *pushover* bisa dilakukan dengan prosedur *load-controlled* atau *displacement-controlled*. Prosedur *load-controlled* digunakan jika beban yang diaplikasikan telah diketahui nilainya. Misalnya, beban gravitasi bisa diaplikasikan dalam *pushover load-controlled*. Prosedur *displacement-controlled* biasanya digunakan jika beban yang bisa ditahan oleh suatu struktur belum diketahui dengan pasti sehingga beban tersebut ditingkatkan sampai struktur mencapai suatu nilai simpangan target (Aisyah dan Megantara, 2011).

2.3 Batas Kinerja

Berdasarkan filosofi desain yang ada, tingkat kinerja struktur bangunan akibat gempa rencana adalah *Life Safety*, yaitu walaupun struktur bangunan mengalami tingkat kerusakan yang cukup parah namun keselamatan penghuni tetap terjaga karena struktur bangunan tidak sampai runtuh. Pada Gambar 2.2, respon linier dimulai dari titik A (*unloaded component*) dan kelelahan mulai

terjadi pada titik B. Respon dari titik B ke titik C merupakan respon elastis plastis. Titik C merupakan titik yang menunjukkan puncak kekuatan komponen, dan nilai absisnya yang merupakan deformasi menunjukkan dimulainya degradasi kekuatan struktur (garis C-D). Pada titik D, respon komponen struktur secara substansial menghadapi pengurangan kekuatan menuju titik E. Untuk deformasi yang lebih besar dari titik E, kekuatan komponen struktur menjadi nol (FEMA 451, 2006).



Gambar 2.2 Kurva Kriteria Keruntuhan (FEMA 356, 2000)

Antara titik B dan C terdapat titik-titik yang merupakan level kinerja dari struktur bangunan. Level kinerja bangunan (ATC-40, 1996) dibedakan menjadi lima level sebagai berikut:

1. *Immediate Occupancy (IO)*

Kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan struktur sangat terbatas. Sistem penahan beban vertikal dan lateral bangunan hampir sama dengan kondisi sebelum terjadinya gempa, dan resiko korban jiwa akibat keruntuhan struktur dapat diabaikan.

2. *Damage Control*

Kondisi ini bukanlah merupakan level kinerja dari struktur, melainkan kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan yang terjadi berada dalam *range* antara IO dan LS.

3. *Life Safety (LS)*

Kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan yang penting terhadap struktur terjadi. Komponen utama struktur tidak terdislokasi

dan runtuh, sehingga risiko korban jiwa terhadap kerusakan struktur sangat rendah.

4. *Limited Safety*

Kondisi ini bukanlah level kinerja dari struktur, melainkan kondisi yang menjelaskan bahwa setelah terjadinya gempa, kerusakan yang terjadi berada dalam *range* antara LS dan CP.

5. *Structural Stability / Collapse Prevention (CP)*

Pada tingkatan ini, kondisi struktur setelah terjadinya gempa sangat parah, sehingga bangunan dapat mengalami keruntuhan struktur baik sebagian maupun total. Meskipun struktur masih bersifat stabil, kemungkinan terjadinya korban jiwa akibat kerusakan struktur besar. Dalam dokumen FEMA 273, kondisi *structural stability* dikenal dengan istilah *Collapse Prevention (CP)*.

2.4 Pemodelan Sendi

Pemodelan sendi digunakan untuk mendefinisikan perilaku non-linier *force-displacement* dan/atau momen-rotasi yang dapat ditempatkan pada beberapa tempat berbeda di sepanjang bentang balok atau kolom. Pemodelan sendi tidak memiliki efek pada perilaku linier struktur (Pranata, 2006).

Dalam penelitian ini, digunakan model sendi yang telah disediakan dalam program ETABS. Elemen kolom menggunakan tipe sendi *default-PMM*, dengan pertimbangan bahwa pada elemen kolom terdapat hubungan gaya aksial dengan momen. Elemen balok menggunakan tipe sendi *default-M3*, dengan pertimbangan bahwa balok efektif menahan momen dalam arah sumbu kuat (sumbu-3), sehingga diharapkan sendi plastis terjadi pada balok. Sendi diasumsikan terletak pada masing-masing ujung elemen balok dan kolom.

2.5 Dinding Geser

Bangunan tinggi tahan gempa umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku berupa dinding geser untuk menahan kombinasi gaya geser, momen

dan gaya aksial yang timbul akibat beban gempa. Dinding struktural yang umum digunakan pada gedung tinggi adalah dinding geser kantilever dan dinding geser berangkai. Berdasarkan SNI 03-1726-2002, pengertian dinding geser beton bertulang kantilever adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana, yang runtuhnya disebabkan oleh momen lentur (bukan oleh gaya geser) dengan terjadinya sendi plastis pada kakinya, yang nilai momen lelehnya dapat mengalami peningkatan terbatas akibat pengerasan regangan (faktor kuat lebih bahan). Dinding geser kantilever termasuk dalam kelompok *flexural wall*, yaitu dinding geser yang rasio antara tinggi dan panjangnya tidak boleh kurang dari 2 dan dimensi panjangnya tidak boleh kurang dari 1,5 meter.

Dalam praktiknya, dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen pada gedung. Berdasarkan SNI 03-1726-2002, kerja sama antara sistem rangka penahan momen dan dinding geser (sistem ganda) merupakan suatu keadaan khusus dengan dua struktur yang berbeda sifatnya digabungkan sehingga diperoleh suatu struktur yang lebih kuat dan ekonomis. Dinding geser mempunyai kekakuan yang baik karena mampu meredam deformasi lateral akibat gempa sehingga kerusakan struktur dapat dihindari. Pemasangan dinding geser pada struktur utama sebaiknya simetris. Hal ini dilakukan karena pemasangan dinding geser yang tidak simetris dapat menimbulkan terjadinya rotasi pada mode-mode awal struktur sehingga berbahaya bagi keamanan dan kenyamanan pengguna gedung. Dinding geser berfungsi menambah kekakuan struktur sehingga kinerja struktur bangunan secara keseluruhan juga dapat meningkat.