

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 POLA KERUNTUHAN STRUKTUR BANGUNAN

Dalam perencanaan struktur tahan gempa, struktur direncanakan agar memiliki pola keruntuhan yang aman, yaitu *beam side sway mechanism*. Pada mekanisme ini balok-balok diharapkan mengalami keruntuhan terlebih dahulu sebelum kolom. Oleh sebab itu kolom direncanakan lebih kuat daripada balok yang dikenal dengan konsep *strong column weak beam* (Widodo, 2012).

2.2 DESAIN KAPASITAS (CAPACITY DESIGN METHOD)

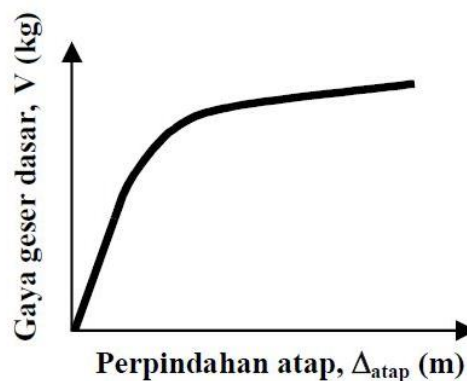
Desain kapasitas (*capacity design method*) adalah berkaitan dengan proses desain bangunan tahan gempa menurut *Strength Based Seismic Design* (SBSD). Daktilitas μ , *force reduction factor* R dan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) menjadi parameter yang penting di dalam konsep *capacity design*. Prinsip desain pada desain kapasitas pada hakekatnya berpedoman pada prinsip *ultimate supply-demand ratio* > 1 baik untuk semua gaya-gaya dalam (momen lentur, geser, aksial, puntir) maupun geser pada dasar dan puntir bangunan. Hal tersebut menjadi *main acceptance criteria* artinya elemen struktur dianggap akan aman apabila suplai kekuatan harus sama atau lebih besar daripada kebutuhan kekuatan. Karena memakai pendekatan ekuivalen statik, maka kriteria yang lain seperti *storey-drift ratio* maupun *overall drift ratio* jarang sekali dihitung/diperhatikan. Prinsip seperti ini pada umumnya disebut *Strength Based Seismic Design* (SBSD). (Widodo, 2012)

2.3 KURVA KAPASITAS

Kemampuan struktur amat bergantung pada kekuatan (*strength*) dan kemampuan deformasi dari masing-masing elemen struktur. Untuk dapat menentukan kapasitas struktur di atas kondisi elastik, maka metode analisis non linier seperti *pushover* dapat digunakan. Pada prosedur ini digunakan rangkaian analisis elastis yang berurutan. Model matematikanya dimodifikasi agar kapasitas

leleh struktur sedikit demi sedikit berkurang seiring dengan penambahan beban pada struktur bangunan. pengaruh beban gempa rencana dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sehingga terjadi mekanisme sendi plastis yang pertama di dalam struktur. Kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut, maka akan mengalami perubahan bentuk elastoplastis yang besar sampai mencapai kondisi diambang keruntuhan. (Yuandha, dkk 2007)

Menurut Muljati, dkk (2010), kurva kapasitas yang didapatkan dari analisis *pushover* menggambarkan kekuatan struktur yang besarnya sangat tergantung dari kemampuan momen-deformasi dari masing-masing komponen struktur. Cara termudah untuk membuat kurva ini adalah dengan mendorong struktur secara bertahap dan mencatat hubungan antara gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan atap akibat beban lateral yang dikerjakan pada struktur dengan pola pembebanan tertentu. Pola pembebanan umumnya berupa respon ragam-1 (atau bisa juga berupa beban statik ekuivalen) berdasarkan asumsi bahwa ragam struktur yang dominan adalah ragam-1. Hal ini berlaku untuk bangunan yang lebih fleksibel dengan periode struktur yang lebih besar, perencana sebaiknya memperhitungkan pengaruh ragam yang lebih tinggi.



Gambar 2.1 Kurva kapasitas
(Kholilur, Rosyid R, 2009)

2.4 PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan analisis statis nonlinear atau analisis *pushover* pada struktur bangunan gedung bertingkat.

Muljati, dkk (2010), dalam penelitiannya yang berjudul “Evaluasi Tentang Kinerja Bangunan Tidak Beraturan 6-10 Lantai dengan Vertikal Setback 50% di Wilayah VI Peta Gempa Indonesia yang Direncanakan secara Pseudo Elastis dan Kapasitas sesuai SNI 03-2847-2002”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola keruntuhan pada bangunan *vertical set-back* yang menggunakan metode *Pseudo Elastis* dengan 6-10 lantai di wilayah VI peta gempa Indonesia. Terdapat beberapa kesimpulan pada penelitian ini, adapun kesimpulannya sebagai berikut.

1. Desain *Pseudo Elastis* dan Kapasitas belum menghasilkan mekanisme keruntuhan yang diharapkan, yaitu *partial side sway mechanism* dan *side sway mechanism*. Kedua metode desain masih menghasilkan sendi-sendi plastis pada kolom-kolom yang tidak diharapkan, walaupun tingkat pelelehannya masih tahap awal dan tidak menunjukkan *soft storey mechanism* yang membahayakan pada level gempa rencana. Hal ini disebabkan oleh.
 - a. Pada *Pseudo Elastis* :
 - 1) pemilihan dimensi kolom di daerah peralihan *vertical setback* yang kurang besar,
 - 2) penggunaan rumus empiris untuk memprediksi $T_{plastis}$ yang kurang sesuai karena diturunkan berdasarkan data-data bangunan beraturan.
 - b. Pada desain kapasitas :

Penggunaan faktor *overstrength* kolom sebesar 1,20 yang kurang besar.
2. Ditinjau dari parameter *drift* dan *damage index* balok/kolom, *Pseudo Elastis* masih lebih baik dibandingkan Desain Kapasitas.
3. Ditinjau dari segi penggunaan bahan, *Pseudo Elastis* dan Desain Kapasitas menggunakan volume beton yang relatif sama. Berdasarkan penggunaan baja tulangan, *Pseudo Elastis* lebih boros untuk bangunan 10-lantai ke bawah dan semakin hemat untuk bangunan 10-lantai ke atas.

Suryono (2013), dalam penelitiannya yang berjudul “Analisis Kinerja Struktur dengan Metode *Performance Based Design* terhadap Gedung Ketidak Beraturan Vertikal”. Dalam penelitian tersebut digunakan prosedur ATC-40 dan *software* SAP2000. Adapun kesimpulan dari penelitian tersebut adalah dari kurva kapasitas memberikan gambaran perilaku struktur mulai dari tahap kondisi elastis gedung dengan ketidakberaturan horisontal maksimal pada level kinerja menurut Prosedur SAP2000, A dan B adalah *Immediate Occupancy* (IO) yakni tidak ada kerusakan berarti pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Terjadi sendi plastis pada beberapa kolom sehingga kemungkinan dapat terjadi kegagalan struktur yang cukup fatal. Pada beberapa kolom terlihat pada *software* SAP2000 terjadi sendi plastis sebagai akibat ketidakberaturan vertikal.

Utomo, dkk (2007), dalam penelitiannya yang berjudul “Evaluasi Struktur dengan *Pushover Analysis* pada Gedung Kalibata Residences Jakarta”. Telah melakukan evaluasi perilaku seismik struktur terhadap beban gempa rencana, yaitu memperoleh nilai $\mu\Delta$ aktual dan R aktual, memperlihatkan kurva kapasitas (*capacity curve*) dan memperlihatkan skema kelelahan (distribusi sendi plastis) yang terjadi. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan. Dari analisis *pushover* didapatkan daktilitas ($\mu\Delta$) actual arah x (positif) 3,85, arah x (negatif) 3,96, arah y (positif) 2,97, dan arah y (negatif) 3,15. Hal ini menunjukkan bahwa daktilitas ($\mu\Delta$) aktual yang terjadi sesuai dengan SNI 03-1726-2002 ($\mu_m = 4,0$ untuk sistem ganda yang terdiri dari struktur dinding geser dan SRPMM beton bertulang). Dari analisis *pushover* didapatkan faktor reduksi gempa (R) aktual arah x (positif) 6,2, arah x (negatif) 6,3, arah y (positif) 4,7, dan arah y (negatif) : 5,0. Hal ini menunjukkan bahwa faktor reduksi gempa (R) aktual yang terjadi sesuai dengan SNI 03-1726-2002 ($R_m = 6,5$ untuk sistem ganda yang terdiri dari struktur dinding geser dan SRPMM beton bertulang). Nilai faktor daktilitas dan reduksi gempa aktual arah x lebih besar daripada nilai faktor daktilitas dan reduksi gempa aktual arah y, hal ini dipengaruhi oleh konfigurasi kolom dan dinding geser dari struktur yang tidak simetris.

Rachmat, Gery. M (2012), dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Pengaruh Variasi Dimensi Kolom Terhadap Kinerja Batas Layan dan Kinerja

Batas Ultimit pada Portal Gedung Perkantoran di Daerah Rawan Gempa yang Mengacu pada SNI 03-1726-2002". Adapun tujuan pada penelitian tersebut adalah untuk mengetahui pengaruh dimensi kolom terhadap kinerja batas gedung untuk sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), dan untuk mengetahui bagaimana pengaruh dimensi kolom terhadap beban gempa untuk menahan kekuatan bangunan apabila nilai kinerja batas terpenuhi. Penelitian ini menggunakan metode SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) dengan menggunakan program bantu yaitu SAP2000 v8. Studi literatur yang digunakan adalah perencanaan struktur beton sesuai dengan SNI 03-2847-2002, tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 03-1726-2002, tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung SNI 03-2847-2002, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) 1983.

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan analisis data yang didapat pada penelitian tersebut, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan.

1. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur gedung 4 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (40 x 40) cm.
2. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur gedung 6 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (45 x 45) cm.
3. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur gedung 8 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (60 x 60) cm.
4. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU), ada indikasi struktur gedung 10 lantai aman menggunakan kolom dengan dimensi persegi dengan ukuran diatas (60 x 60) cm.
5. Berdasar perhitungan kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU) menunjukkan bahwa semakin besar dimensi kolom yang digunakan pada bentuk model bangunan bertingkat, semakin kecil nilai kinerja batas layan (KBL) dan kinerja batas ultimit (KBU) yang didapat.
6. Penggunaan dimensi kolom yang seragam pada pengamatan yang telah dilakukan kurang efisien untuk menahan gaya gempa.

7. Seiring dengan gaya geser gempa yang meningkat akibat dari berat total bangunan, berdampak pada perubahan drift Δs antar tingkat dan drift Δm antar tingkat. Sehingga harus ditemukan dimensi kolom yang tepat yang bisa memenuhi nilai Kinerja Batas Layan (KBL) dan nilai Kinerja Batas Ultimit (KBU) dan tetap berada dibawah nilai kontrolnya.
8. Berdasar hasil perhitungan keseluruhan portal dengan menggunakan program SAP 2000 versi 8.08 goyangan gempa yang paling berbahaya terjadi pada lantai atap yang mengalami *joint displacement* yang paling besar.

2.5 KEASLIAN PENELITIAN

Bangunan yang digunakan untuk penelitian adalah dua bangunan empat tingkat yang dengan dan tanpa variasi ukuran kolom pada bangunan tersebut. Pada penelitian ini akan ditinjau kurva kapasitas (*capacity curve*) pada kedua bangunan yang ditinjau. Kurva kapasitas akan menunjukkan hubungan antara gaya gempa dan perpindahan yang terjadi hingga struktur runtuh. Perpindahan yang ditinjau adalah perpindahan atap (*roof displacement*) dan gaya geser dasar (*base shear*). Adapun perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang yang tercantum dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sebelumnya dan sekarang

Penelitian Sebelumnya		Penelitian Sekarang
Peneliti dan Judul	Substansi Penelitian	Substansi Penelitian
Ima Muljati 2010 “Evaluasi Tentang Kinerja Bangunan Tidak Beraturan 6-10 Lantai dengan Vertikal Setback 50% di Wilayah VI Peta Gempa Indonesia yang Direncanakan secara Pseudo Elastis dan Kapasitas sesuai SNI 03-2847-2002”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode yang digunakan adalah <i>Pseudo Elastis</i> dan Desain Kapasitas. 2. Bangunan yang diteliti berupa bangunan dengan <i>vertical setback</i> 6-10 lantai. 3. Bangunan tidak beraturan 6-10 lantai. 4. Peraturan ketahanan gempa mengacu pada SNI 03-1726-2002. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menggunakan metode analisis <i>pushover</i> dengan prosedur FEMA 356. 2. Bangunan berupa dua gedung empat lantai yang dimodelkan sendiri dan memiliki perbedaan pada ukuran kolomnya. 3. Peraturan ketahanan gempa mengacu pada SNI 03-1726-2012.
Lilik Hendri Suryono Anom (2013) “Analisis Kinerja Struktur dengan Metode <i>Performance Based Design</i> terhadap Gedung Ketidak Beraturan Vertikal”.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gedung dengan ketidakberaturan horisontal. 2. Menggunakan prosedur ATC-40 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bangunan gedung reguler dengan empat tingkat dan memiliki variasi ukuran kolom. 2. Menggunakan prosedur FEMA 356.
Utomo, Cipto, dkk (2007) “Evaluasi Struktur dengan <i>Pushover Analysis</i> pada Gedung Kalibata Residences Jakarta”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bangunan yang digunakan gedung Kalibata Residences Jakarta 2. Memperoleh nilai $\mu\Delta$ aktual dan R aktual, memperlihatkan kurva kapasitas (<i>capacity curve</i>) dan memperlihatkan skema kelelahan (distribusi sendi plastis) yang terjadi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bangunan gedung reguler dengan empat tingkat dan memiliki variasi ukuran kolom pada beda tingkat. 2. Hanya meperlihatkan sendi plastis bangunan dan kurva kapasitas (<i>capacity curve</i>) bangunan.

Lanjutan **Tabel 2.1** Perbandingan penelitian sebelumnya dan sekarang

Penelitian Sebelumnya		Penelitian Sekarang
Peneliti dan Judul	Substansi Penelitian	Substansi Penelitian
Rachmat, Gery. M (2012), dalam penelitiannya yang berjudul “Studi Pengaruh Variasi Dimensi Kolom Terhadap Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimit pada Portal Gedung Perkantoran di Daerah Rawan Gempa yang Mengacu pada SNI 03-1726-2002”	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peraturan gempa menggunakan SNI 03-1726-2002 2. Peraturan pembebanan menggunakan PPIUG 1983. 3. Program bantu menggunakan SAP2000 v8 4. Direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Peraturan gempa menggunakan SNI 03-1726-2012 2. Peraturan pembebanan menggunakan SNI 03-1727-1989 3. Program bantu menggunakan SAP2000 v14 4. Direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan analisis <i>pushover</i>.

Dari Tabel 2.1 di atas dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara penelitian terdahulu dan sekarang adalah pada model bangunan yang digunakan dan juga pada standarisasi atau peraturan yang digunakan peneliti. Dalam penelitian ini akan membahas tentang perbandingan kurva kapasitas antara gedung dengan dimensi kolom seragam dan gedung dengan variasi dimensi kolom. Mekanisme sendi plastis pada kedua bangunan tersebut juga akan dibahas pada penelitian ini. Keaslian penelitian ini dapat dilihat dari adanya perbedaan-perbedaan tersebut.