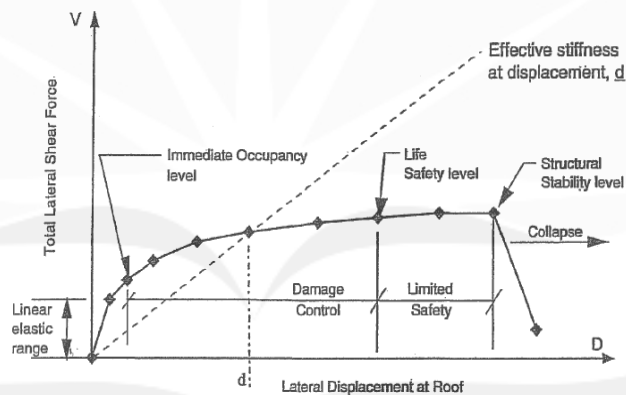


## BAB II

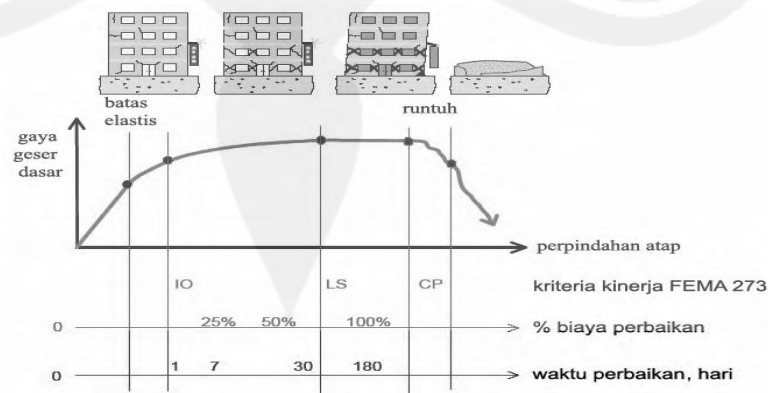
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perencanaan Tahan Gempa Berbasis Kinerja

Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*performance-based seismic design*) merupakan proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman yang realistis terhadap resiko keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*) dan kerugian harta benda (*economic loss*) yang akan terjadi (Dewobroto, 2005).



Gambar 2.1 Kurva Kapasitas ( ATC-40, 1996 )



Gambar 2.2 Kurva Kapasitas ( Fema 273, 1997 )

Kinerja struktur diperoleh dengan analisis *pushover*. Kriteria Kinerja yang ditetapkan Vision 2000 dan NEHRP seperti pada tabel 2.1, dan tingkat kinerja struktur yang diatur dalam dalam ATC-40 adalah seperti dijelaskan pada tabel 2.2 dan 2.3.

Tabel 2.1 Kriteria Kinerja ( NEHRP dan Vision 2000, 1995 )

Level Kinerja		Penjelasan
NEHRP	Vision 2000	
<i>Operation</i>	<i>Full Function</i>	Tak ada kerusakan berarti pada struktur dan non-struktur, bangunan tetap berfungsi
<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Operational</i>	Tidak ada kerusakan berarti pada struktur, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa. Komponen non-struktur berada di tempatnya dan sebagian besar masih berfungsi jika utilitasnya tersedia. Bangunan dapat tetap berfungsi dan tidak terganggu dengan masalah perbaikan.
<i>life safety</i>	<i>life safety</i>	Terjadi kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang,tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan. Komponen non-struktur masih ada tetapi tidak berfungsi. Dapat dipakai lagi jika sudah dilakukan perbaikan.
<i>Collapse Prevention</i>	<i>Near Collapse</i>	Kerusakan yang berarti pada komponen struktur dan non-struktur. Kekuatan struktur dan kekakuanya berkurang banyak, hampir runtuh. Kecelakaan akibat kejatuhan material bangunan yang rusak sangat mungkin terjadi.

Tabel 2.2 Batas Deformasi Bangunan Gedung ( ATC-40,1996 )

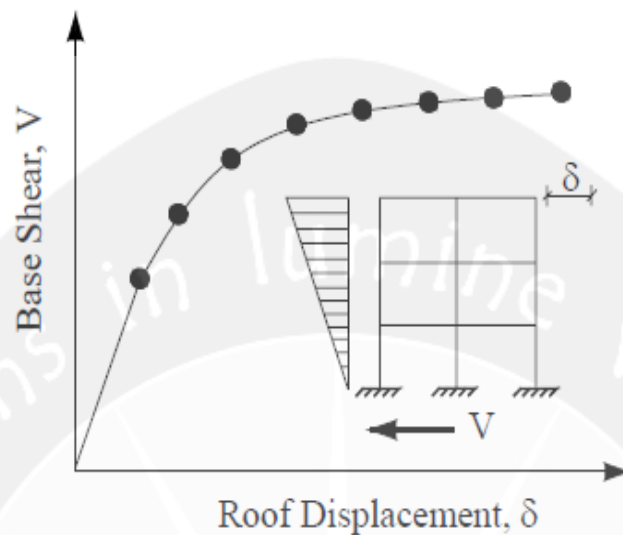
	Tingkat Kinerja			
	<i>Immediate Occupancy</i>	<i>Damage Control</i>	<i>Life Safety</i>	<i>Structural Stability</i>
<i>Interstory Drift Limit</i> ( Batas Simpangan Antar Lantai)				
<i>Maximum Total Drift</i> (Simpangan Total Maks)	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33Vi/Pi
<i>Maximum Inelastic Drift</i> (Simpangan Nonelastik Maks)	0,005	0,005-0,015	<i>No Limit</i>	<i>No Limit</i>

Tabel 2.3 Tingkat Kinerja Struktural ( ATC-40,1996 )

o	Tingkat Kinerja	Uraian
1	SP-1	<i>Immediate Occupancy</i> (Penggunaan Sedang)
2	SP-2	<i>Damage Control</i> (Kontrol Kerusakan)
3	SP-3	<i>Life Safety</i> (Aman untuk Dihuni)
4	SP-4	<i>Limited Safety</i> (Keamanan Terbatas)
5	SP-5	Structural Stability (Stabilitas Struktural)
6	SP-6	<i>No Considered</i> (Tidak Diperhitungkan)

## 2.2 Analisis Beban Dorong ( *Pushover Analysis* )

Analisis statik beban dorong (*pushover*) adalah suatu analisis nonlinier statik dimana pengaruh Gempa Rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang 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 ( Pranata, 2008 ).



Gambar 2.3 *Global Capacity ( pushover ) curve of a structure* ( Oguz, 2005 )

Analisis *pushover* menghasilkan kurva *pushover* (gambar 2.3), yang menggambarkan hubungan antara gaya geser dasar ( $V$ ) dengan perpindahan titik acuan pada atap ( $D$ ). Pada proses *pushover*, struktur didorong sampai mengalami leleh di satu atau lebih lokasi di struktur tersebut. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non-linier. Kurva *pushover* dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong. Pola pembebanan umumnya berupa respon ragam-1 struktur ( atau bisa juga berupa beban statik ekuivalen ) berdasarkan asumsi bahwa ragam struktur yang dominan adalah ragam-1.

Tujuan analisis *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi, serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang

kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya ( Dewobroto, 2005 ).

Tahapan utama dalam analisis *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 berbagai macam pola distribusi gaya lateral terutama yang ekuivalen dengan distribusi dari gaya inertia, sehingga diharapkan deformasi yang terjadi hampir sama atau mendekati deformasi yang terjadi akibat gempa. Oleh karena sifat gempa adalah tidak pasti, maka perlu dibuat beberapa pola pembebanan lateral yang berbeda untuk mendapatkan kondisi yang paling menentukan.
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 : merupakan hal utama dari perencanaan berbasis kinerja. 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). Oleh karena itulah pembahasan perencanaan berbasis kinerja banyak mengacu pada dokumen FEMA.

### 2.3 Target perpindahan

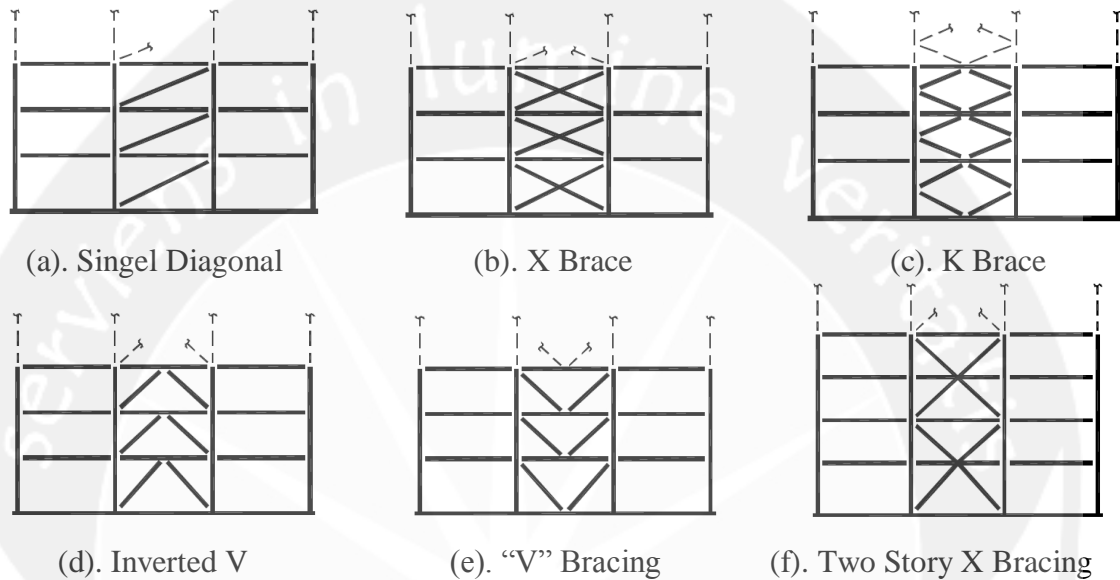
Gaya dan deformasi setiap komponen / elemen dihitung terhadap perpindahan tertentu” di titik kontrol yang disebut sebagai “target perpindahan” dengan notasi  $\delta_t$  dan dianggap sebagai perpindahan maksimum yang terjadi saat bangunan mengalami gempa rencana. Dalam menentukan target perpindahan terdapat 4 metode, antara lain :

1. Metoda Koefisien Perpindahan FEMA 273/356,
2. Metoda Koefisien Perpindahan FEMA 440,
3. Metoda Spektrum Kapasitas,
4. Kinerja Batas Ultimit Menurut SNI-1726-2002.

### 2.4 Rangka Bresing Konsentrik

Rangka baja bresing konsentrik (SRBK) sangat praktis dan ekonomis karena SRBK kuat dan kaku sehingga banyak dipilih untuk berbagai aplikasi. Bresing diagonal disambung dengan plat buhul (*gusset plate*), bresing ini sangat efisien untuk

membuat rangka menjadi kaku sehingga SRBK cocok untuk menahan beban lateral dari angin dan gempa. SRBK dapat dikonfigurasi dalam berbagai bentuk seperti ditunjukkan gambar di bawah ini :



Gambar 2.4 Bentuk-bentuk SRBK ( Michael, 2004 )

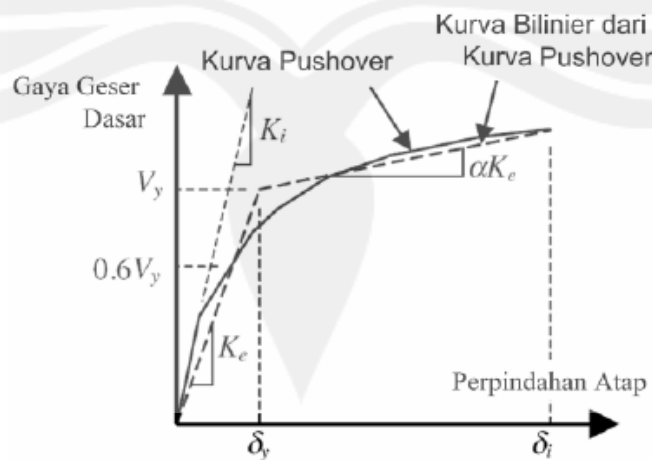
Pemilihan profil bresing tergantung dari besarnya gaya aksial yang bekerja, panjang bresing, kekakuan bresing, estetika dan ruang bebas yang diinginkan. Profil bresing bisa berupa profil siku ganda, profil kanal, profil T, profil WF dan profil tampang berongga (bulat atau kotak). Pemilihan profil bresing juga mempertimbangkan sambungan yang akan dipakai.

## 2.5 Waktu Getar Alami Efektif

Analisis *eigen-value* pada umumnya digunakan untuk mengetahui waktu getar alami bangunan, dimana informasi tersebut sangat penting untuk mendapatkan

estimasi besarnya gaya gempa yang akan diterima oleh bangunan tersebut. Analisis *eigen-value* dilaksanakan menggunakan data-data yang masih dalam kondisi elastis linier, padahal pada saat gempa kondisi bangunan mengalami keadaan yang berbeda, yaitu berperilaku in-elastis. Oleh karena itu waktu getar alami bangunan pada saat gempa maksimum berbeda dengan hasil analisa *eigen-value*. Waktu getar alami yang memperhitungkan kondisi in-elastis atau waktu getar efektif,  $T_e$ , dapat diperoleh dengan bantuan kurva hasil analisis *pushover*.

Untuk itu, kurva *pushover* diubah menjadi kurva bilinear untuk mengestimasi kekakuan lateral efektif bangunan,  $K_e$ , dan kuat leleh bangunan,  $V_y$ . Kekakuan lateral efektif dapat diambil dari kekakuan secant yang dihitung dari gaya geser dasar sebesar 60% dari kuat leleh. Karena kuat leleh diperoleh dari titik potong kekakuan lateral efektif pada kondisi elastis ( $K_e$ ) dan kondisi inelastis ( $\alpha K_e$ ), maka prosesnya dilakukan secara *trial-error* (Dewobroto, 2005).



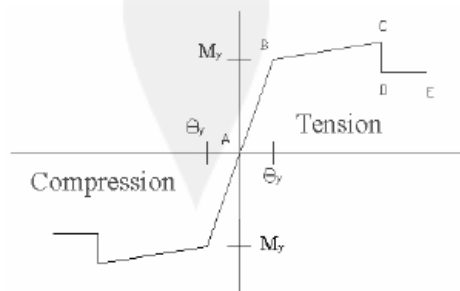
Gambar 2.5 Parameter Waktu Getar Fundamental Efektif dari Kurva *Pushover*



## 2.6 Properti Sendi ( Hinge Properties )

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, 2005 ).

Pemodelan sendi digunakan untuk mendefinisikan perilaku nonlinier *force dicplacement* atau momen-rotasi yang dapat ditempatkan pada beberapa lokasi berbeda di sepanjang bentang balok kolom. Pemodelan sendi adalah *rigid* dan tidak memiliki efek pada perilaku linier pada elemen. Dalam Studi ini, elemen kolom menggunakan tipe sendi default-PMM, dengan pertimbangan bahwa elemen kolom terdapat hubungan gaya asial dengan momen ( diagram interaksi P-M ). Sedangkan untuk 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 elemen kolom ( Sumargo, 2008 ).



Gambar 2.6 *Default M3 dan Default PMM*