

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Tahan Gempa Berbasis Kinerja**

Menurut Muntafi (2012) perancangan bangunan tahan gempa selama ini analisis terhadap gempa menggunakan metode *Force Based Design*, dan gaya gempa dilakukan dengan analisis linier, sehingga tidak menunjukkan kinerja bangunan terhadap gempa secara langsung, namun setelah tahun 2000-an mulai menggunakan perancangan tahan gempa berbasis kinerja.

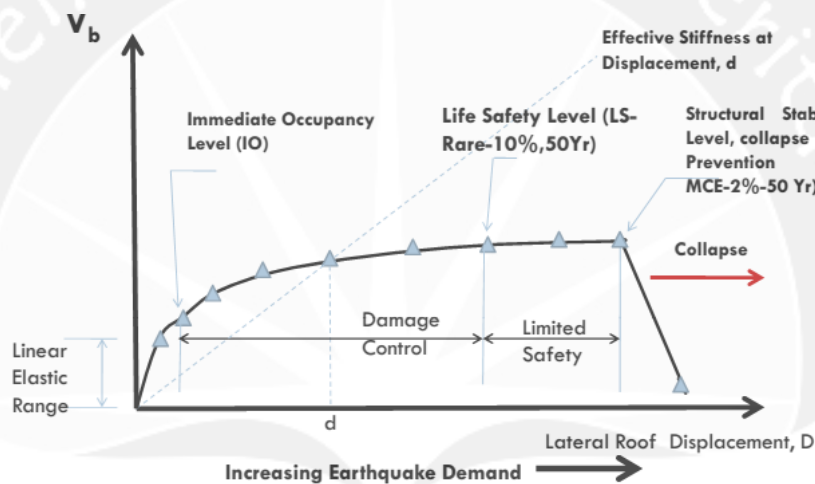
Dewobroto (2005) menjelaskan Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (*performance-based seismic design*) adalah proses yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perbaikan bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman realistic terhadap resiko keselamatan (*life*), kesiapan pakai (*occupancy*),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

SNI 03-1726-2002 mengatur bahwa tingkat kinerja struktur bangunan akibat gempa rencana adalah *life safety*, yaitu walaupun struktur bangunan dapat mengalami tingkat kerusakan yang cukup parah namun keselamatan penghuni tetap terjaga karena bangunan tidak sampai runtuh

Budiono (2010) menjelaskan tujuan kinerja struktur adalah pencapaian level kinerja struktur yang ditentukan oleh deformasi struktur di bawah beban gempa

yang ditentukan oleh maksimum perpindahan struktur dan elemen struktur yang dapat diterima dengan besaran gempa kuat yang ditinjau.

*Applied Technology Council-40* (1996) memberikan beberapa pertimbangan kondisi kerusakan (*damage states*) dan kinerja bangunan dibagi menjadi 6 kategori level kinerja struktur, pembagian level kinerja bangunan ditampilkan dalam gambar 2.1 dan tabel 2.1.



Gambar 2.1 Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40

Tabel 2.1 Level Kinerja Struktur Berdasarkan ATC-40

<i>Building Performance Levels</i>						
<i>Nonstruktural Performance Levels</i>	<i>Structure Performance Levels</i>					
	SP-1 <i>Immediate Occupancy</i>	SP-2 <i>Damage Control</i>	SP-3 <i>Life Safety</i>	SP-4 <i>Limited safety (Range)</i>	SP-5 <i>Structural Stability</i>	SP-6 <i>Not Considered</i>
<i>NP-A Operational</i>	1-A <i>Operational</i>	2-A	NR	NR	NR	NR
<i>NP-B Immediate Occupancy</i>	1-B <i>Immediate Occupancy</i>	2-B	3-B	NR	NR	NR
<i>NP-C Life Safety</i>	1-C	2-C	3-C <i>Life Safety</i>	4-C	5-C	6-C
<i>NP-D Hazards Reduced</i>	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
<i>NP-E Not Consider</i>	NR	NR	3-E	4-E	5-E <i>Structural Stability</i>	Not <i>Applicable</i>

Sumber : ATC-40 (1996)

Penjelasan lebih lanjut kinerja struktur menurut ATC-40 sebagai Berikut :

1. *Immediate Occupancy*, SP-1 : Bila terjadi gempa, hanya terjadi sedikit kerusakan, dimana kekuatan dan kekakuannya kira-kira hampir sama dengan kondisi sebelum gempa, sistem pemikul gaya vertikal dan lateral pada struktur masih mampu memikul gaya gempa yang terjadi.
2. *Damage Control*, SP-2 : Tingkat kerusakan struktural yang terjadi berada di antara IO dan LS. Tingkat ini memiliki kemampuan yang lebih baik dalam membatasi kerusakan struktural yang terjadi pada bangunan dibandingkan LS., dalam ATC-40 tidak disebutkan secara signifikan, dalam kategori ini, permodelan bangunan baru dengan beban rencana dengan beban gempa yang peluang dilampauinya dalam rentang masa layan gedung 50 tahun adalah 10%
3. *Life Safety*, SP-3: Saat gempa terjadi, pada struktur timbul kerusakan yang cukup signifikan tetapi belum mengalami keruntuhan, namun struktur mampu menahan gempa kembali. Komponen-komponen struktur utama tidak runtuh. Bangunan masih dapat digunakan jika dilakukan perbaikan.
4. *Limited Safety*, SP-4: Bangunan yang ada tidak sebaik *Life Safety* dan tidak seburuk *Structural Stability*, ketika *Life Safety* tidak efektif atau ketika hanya beberapa kerusakan kritis yang dapat dikurangi.
5. *Structural Stability*, SP-5: Kondisi dimana merupakan batas kemampuan dari struktur dimana struktural dan nonstruktural sudah mengalami kerusakan

yang parah, struktur sudah tidak lagi mampu menahan gaya lateral karena penurunan namun struktur belum mengalami kerutuhan.

6. *Not Considered*, SP-6: Struktur sudah dalam kondisi runtuh, sehingga hanya dapat dilakukan evaluasi seismik dan tidak dapat dipakai lagi.

ATC-40 juga memberikan batasan rasio drift pada *performance point* yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur. Batasan *rasio drift* ditampilkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Batasan Rasio *Drift* Atap Menurut ATC-40

Parameter	<i>Performance Level</i>			
	IO	<i>Damage Control</i>	LS	<i>Structural Stability</i>
<i>Maksimum total drift</i>	0,01	0,01 s.d. 0,02	0,02	$0,33 \frac{V_i}{P_i}$
<i>Maksimum inelastic drift</i>	0,005	0,005 s.d. 0,015	No limit	<i>No limit</i>

## **2.2 Struktur Sistem Ganda**

Shaf (2008) menyatakan bahwa salah satu sistem struktur yang kuat terhadap beban gempa adalah struktur gedung sistem ganda (*dual system structure*). Struktur sistem ganda berupa gabungan rangka dengan dinding geser yang dapat bekerja sama dalam menahan beban gempa.

Sistem Ganda menurut SNI-1726-2012 adalah struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing.

Giriwana (2012) menjelaskan *Shear wall* dan *space frame* dalam *dual system* merupakan satu kesatuan struktur maka diharapkan keduanya dapat mengalami defleksi lateral yang sama, atau setidaknya *space frame* mampu mengikuti defleksi lateral yang terjadi.

Imran (2010) menjelaskan perilaku Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dalam memikul beban lateral akibat gempa pada dasarnya berbeda dengan perilakunya dalam menahan beban gravitasi. Akibat beban lateral, pola deformasi pada balok dan kolom cenderung membentuk titik belok di daerah tengah bentang balok dan kolom, sedangkan pola deformasi dinding struktur pada dasarnya memperlihatkan pola deformasi kantilever.

### **2.3 Pushover Analysis**

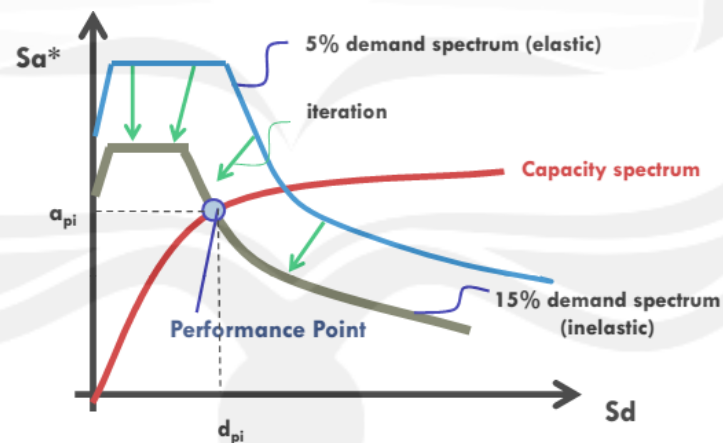
Menurut Wisnumurti (2008) Analisis Pushover sebuah sarana untuk memberikan solusi yang berdasarkan *Performance Based Seismic Design* yang pada intinya adalah mencari kapasitas struktur.

Dewobroto (2005) menjelaskan *Pushover* atau analisa statik nonlinier merupakan prosedur analisa yang digunakan untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan, analisa *pushover* dapat dilakukan dengan beberapa program komersil yang ada seperti SAP2000, ETABS, GTStrudl, Adina.

Pranata (2006) menjelaskan *Pushover* sendiri adalah suatu analisis statik nonlinier di mana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-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 suatu struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai kondisi plastik.

Lumantarna (2001) menjelaskan hubungan antara perpindahan lateral lantai atap dan gaya geser dasar digambarkan dalam suatu kurva yang menggambarkan kapasitas struktur dan dinamakan kurva kapasitas (*capacity curve*). Untuk mengetahui perilaku struktur yang ditinjau terhadap intensitas gempa yang diberikan, kurva kapasitas ini kemudian dibandingkan dengan tuntutan (*demand*) kinerja yang berupa *response spectrum* sebagai intensitas (periode ulang) gempa.



Gambar 2.2 Hubungan *Capacity Curve* dan *Demand* (ATC-40)

Dewobroto (2005) menjelaskan analisa *pushover* dapat digunakan sebagai alat bantu untuk perencanaan tahan gempa, walaupun demikian harus dapat menyesuaikan dengan keterbatasan yang ada yaitu :

1. hasil analisa *pushover* masih berupa suatu pendekatan, karena bagaimanapun perilaku gempa yang sebenarnya adalah bersifat bolak-balik melalui suatu siklus tertentu, sedangkan sifat pembebanan pada analisa *pushover* adalah statik monotonik
2. pemilihan pola beban lateral yang digunakan dalam analisa adalah sangat penting.
3. untuk membuat model analisa nonlinier akan lebih rumit dibandingkan model analisa linier. Model tersebut harus memperhitungkan karakteristik inelastik beban-deformasi dan elemen-elemen yang penting dan efek P- $\Delta$

Ginsar (2001) juga menjelaskan dengan *Capacity Spectrum Method* dapat ditunjukkan melalui kinerja bangunan yang telah direncanakan terhadap gempa dengan berbagai periode ulang. Bila kinerja yang dikendaki tidak dapat dicapai, dengan memperhatikan kerusakan serta letak sendi plastis yang terjadi, bagian-bagian tersebut dapat direncanakan kembali dan diperkuat untuk kemudian dilakukan pengujian ulang terhadap kinerja struktur yang sudah diperkuat.