

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### **2.1. Performance Based Design**

Menurut Tavio & Wijaya (2018), dalam desain struktur bangunan tahan gempa, ada tiga konsep desain yaitu:

1. Metode desain layan, diutamakan kemampuan layan, kontrol pada tegangan yang terjadi.
2. Metode desain ultimit (desain berbasis gaya), diutamakan kekuatan, kontrol pada regangan.
3. Metode desain berbasis kinerja (*performance based design*), diutamakan keamanan, kontrol pada deformasi dan kinerja struktur yang harus memenuhi persyaratan.

Dalam perkembangannya, desain berbasis gaya mulai dianggap memiliki kelemahan karena pada saat kondisi inelastik (plastis), kekuatan/gaya kurang berpengaruh dibandingkan perpindahan. Gaya geser nominal dan elastik mempunyai pengaruh yang kecil pada perpindahan akhir. Hal ini lebih logis untuk menggunakan perpindahan sebagai acuan desain struktur.

Perencanaan desain berbasis gaya (*force based design*) terbukti berhasil mengurangi korban jiwa akibat gempa, tetapi gedung dan fasilitas umum menjadi tidak berfungsi karena kerusakan yang terjadi. Pada perencanaan berbasis gaya, kinerja struktur hanya terjamin pada dua level kinerja yaitu pada

gempa-gempa kecil bangunan dalam keadaan siap pakai (*serviceability limit state*) sedangkan pada gempa rencana bangunan dalam keadaan tidak hancur (*safety limit state*). Tidak diketahui dengan jelas kinerja bangunan dalam keadaan gempa sedang maupun gempa besar (Wibowo et al., 2010)

Dalam *performance based design*, pemilik dimudahkan untuk menentukan level kinerja struktur yang diinginkan, sehingga level kinerja tersebut dapat direncanakan pada tahap awal perencanaan. Setelah desain selesai, target desain tersebut dapat menjadi kriteria penerimaan melalui evaluasi kinerja untuk level kinerja yang ditentukan. Desain berbasis kinerja memastikan struktur mampu memenuhi kapasitas layan dan kapasitas ulitimit serta memenuhi tingkat kinerja yang ditentukan (Ertanto, Satyarno, .& Suhendro, 2017).

*Performance based design* digunakan untuk melakukan asesmen struktur pada penelitian ini. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *non-linear static analysis (pushover analysis)* yang diatur dalam ASCE 41-17. Penelitian sebelumnya, *pushover* dilakukan dengan menggunakan program ETABS yang mengacu pada ATC 40. Program ETABS tidak secara jelas menentukan batasan *drift* dan respons spektrum yang digunakan dalam *pushover*. Dalam penelitian ini digunakan program *SeismoBuild* yang mengacu pada ASCE 41-17. Program *SeismoBuild* dipaparkan secara jelas mengenai batasan *drift*, tingkat kinerja, serta respons spektrum sehingga *user* dapat memiliki kontrol penuh terhadap *pushover*.

## 2.2. Kinerja Struktur

Kinerja struktur merupakan tingkatan performa suatu struktur terhadap gempa rencana. Tingkatan performa struktur dapat diketahui dengan melihat tingkat kerusakan pada struktur saat terkena gempa rencana dengan periode ulang tertentu. Dalam *performance based design* biasanya kinerja struktur didesain sesuai dengan tujuan dan kegunaan suatu bangunan dengan pertimbangan faktor ekonomis terhadap perencanaan dan perbaikan bangunan saat terjadi gempa tanpa mengesampingkan faktor keamanan dan keselamatan pengguna bangunan (Tavio & Wijaya, 2018)

Berdasarkan FEMA 356 kinerja struktur bangunan dikelompokkan menjadi beberapa kategori yaitu: (FEMA, 2000)

**Tabel 2.1 Tingkat Kinerja Struktur (FEMA-356, 2000, chap 1.5)**

	Tingkat Kinerja Struktur			
Parameter	<i>Collpase Prevention (5-E)</i>	<i>Life Safety (3-C)</i>	<i>Immediate Occupancy (1- B)</i>	<i>Operational Level (1-A)</i>
Kerusakan	Parah	Sedang	Ringan	Sangat Ringan

Lanjutan Tabel 2.1

	<i>Collpase Prevention (5-E)</i>	<i>Life Safety (3-C)</i>	<i>Immediate Occupancy (1-B)</i>	<i>Operational Level (1-A)</i>
<b>Umum</b>	Tersisa sedikit kekuatan dan kekakuan bangunan. Kolom dan dinding masih berfungsi. Bangunan hampir runtuh	Bangunan mengalami kerusakan tetapi tidak diperkenankan mengalami keruntuhan yang menyebabkan korban jiwa. Bangunan dapat dilakukan perbaikan.	Tidak ada <i>permanent drift</i> . Bangunan secara substansial mempertahankan kekuatan dan kekakuan aslinya. Terdapat keretakan minor pada dinding, partisi, dan langit-langit. serta komponen struktur.	Kinerja Struktur sama dengan <i>Immediate Occupancy</i> namun semua sistem penting dapat berfungsi dengan lancar.

Lanjutan Tabel 2.1

	<i>Collpase Prevention (5-E)</i>	<i>Life Safety (3-C)</i>	<i>Immediate Occupancy (1-B)</i>	<i>Operational Level (1-A)</i>
<b>Komponen Non- struktural</b>	Kerusakan yang menyeluruh	Arsitektural dan sistem MEP rusak.	Tidak mengalami kerusakan namun tidak bisa beroperasi karena terjadi kegagalan mekanis.	Kerusakan dapat diabaikan. Semua sistem dapat berjalan dengan normal.

*Target displacement* ( $\delta t$ ) merupakan suatu koefisien untuk merepresentasikan perpindahahan maksimum yang kemungkinan akan dialami struktur selama gempa rencana. Untuk gedung dengan diafragma kaku pada setiap lantai, *target displacement* dihitung menggunakan persamaan (7-28) dari ASCE 41-17.

$$\delta t = C_0 C_1 C_2 S_a \left( \frac{T_e^2}{4\pi^2} \right) g$$

Dengan:

$\delta t$  : target perpindahan

$T_e$  : waktu getar efektif

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

$T_i$  : waktu gelar elastik

$K_i$  : kekakuan lateral elastik

$K_e$  : kekakuan lateral efektif

$C_0$  : faktor modifikasi untuk perpindahan spektral menjadi perpindahan atap/puncak berdasarkan tabel 7-5 ASCE 41-17

**Tabel 2.2 Faktor Modifikasi  $C_0$  ASCE 41-17**

Number of Stories	Shear Buildings		Other Buildings
	Triangular Load Pattern (1.1, 1.2,	Uniform Load Pattern (2.1)	Any Load Pattern
1	1.00	1.00	1
2	1.20	1.15	1.2
3	1.20	1.20	1.3
5	1.30	1.20	1.4
10+	1.30	1.20	1.5

$C_1$  : faktor modifikasi untuk menghubungkan perpindahan inelastik maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linear

$$C_1 = 1.0 \text{ untuk } T_e \geq T_s$$

$$C_1 = \left[ 1 + \frac{\mu_{strength}^{-1}}{\alpha T_e^2} \right] \text{ untuk } 0.2s \leq T < 1s$$

$\alpha$  : faktor kelas situs (site A/B:130, site C: 90, site D/E/F: 60)

$$\mu_{strength} = \frac{S_a}{V_y/W} C_m$$

$C_m$  : faktor massa efektif

$C_2$  : faktor modifikasi yang mewakili efek dari bentuk histerestis pada perpindahan maksimum

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left( \frac{\mu_{strength}^{-1}}{T_e} \right)^2$$

Metode yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya untuk mengukur tingkatan kinerja struktur adalah metode spektrum kapasitas berdasarkan ATC-40. Metode spektrum kapasitas dilakukan dengan cara memplotkan respon spektrum desain dan kurva kapasitas hasil *pushover* dalam format *Acceleration-Displacement Response Spectra*.

Penelitian ini mengacu pada ASCE 41-17 yang menggunakan metode koefisien perpindahan dengan menentukan target *displacement* yang diperoleh dari periode getar struktur. Dengan metode koefisien perpindahan dapat ditaksir *displacement* pada titik-titik kinerja struktur. Penaksiran target *displacement* tersebut dipengaruhi oleh koefisien  $C_0$ ,  $C_1$ , dan  $C_2$  yang telah dibahas sebelumnya.