

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Umum

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari penelitian-penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya sebagai bahan perbandingan dan kajian. Adapun hasil-hasil penelitian yang dijadikan bahan perbandingan tidak terlepas dari topik yang dibahas oleh penulis yaitu tentang analisis kinerja gedung dengan Analisis Gempa *Time History*. Beberapa penelitian tersebut diantaranya yaitu:

1. Nessa, dkk (2012), yaitu tentang Analisis Dinamik Riwayat Waktu Gedung Beton Bertulang Akibat Gempa Utama Dan Gempa Susulan, Beban gempa yang digunakan adalah rekaman percepatan tanah untuk gempa tertentu, dalam studi kasus ini diambil rekaman gempa El Centro 1940, Chi-chi, Sakaria dan gempa Friuli Dam 1971. Analisis dinamik riwayat waktu pada penelitian ini menggunakan 4 macam percepatan gempa, yang tidak diskalakan (selanjutnya dalam tulisan ilmiah ini disebut metode A), diskalakan intensitasnya sesuai dengan SNI 1726-2002 (selanjutnya dalam tulisan ilmiah ini disebut metode B) dan tinjauan literatur [Fahjan, 2007] (selanjutnya dalam tulisan ilmiah ini disebut metode C).

- a. Metode A (faktor skala asli)

$$\text{faktor skala} = 1,0$$

- b. Metode B (faktor skala SNI)

Analisis menggunakan gempa yang diskalakan intensitasnya terhadap amplitudo maksimum percepatan tanah  $A_0$  ada kurva respons spektrum SNI 1726-2002. Dari output *ETABS* didapatkan waktu getar ( $T$ ) = 1,5058, kemudian dengan menggunakan *SeismoSignal* didapatkan maximum acceleration untuk percepatan gempa El Centro = 0,3420.

$$C = \frac{0,3}{T_{ETABS}} = \frac{0,3}{1,5058} = 0,1992$$

$$\text{faktor skala SNI} = \frac{0,3420}{0,1992} = 0,5825$$

### c. Metode C

Faktor skala didapatkan dengan cara merata-ratakan percepatan gempa secara statistik untuk rentang T tertentu.

Dari hasil analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik riwayat waktu diperoleh nilai gaya geser dasar maksimum untuk masing-masing percepatan gempa yang nilainya ditampilkan pada Tabel 2.1 dan tabel 2.2. Untuk metode A (tanpa skala), %- relatif beda antara gaya geser gedung yang dianalisis dengan analisis riwayat waktu terhadap gaya geser statik untuk arah x berkisar antara -60,94% sampai dengan +2,95%, sedangkan untuk arah y berkisar antara -55,21% sampai dengan +38,02%.

Sedangkan untuk metode B (kurva respons spektrum yang diskalakan berdasarkan metode SNI), %-relatif perbedaan hasil gaya geser riwayat waktu terhadap gaya geser statik untuk arah x berkisar antara -65,99% sampai dengan -77,16% dan untuk arah y berkisar antara -65,84% sampai dengan -78,23%.

Sedangkan untuk metode C (faktor skala rata-rata), %- relatif perbedaan hasil gaya geser riwayat waktu terhadap gaya geser statik untuk arah x berkisar antara -35,99% sampai dengan +103,45%, sedangkan untuk arah y berkisar antara -27,98% sampai dengan +104,33%. Melalui hasil gaya geser dasar diperoleh nilai *displacement* dan *story drift* dari tiap-tiap metode faktor skala.

Tabel 2.1 Gaya geser dasar maksimum arah x

Sumber: Nessa, dkk (2012)

Gempa		Vx	% beda
Static		227213.91	
Chi-chi	Faktor skala SNI 1726-2002	77280.73	-65.9877
	Faktor skala tanpa skala	312245.38	37.4235
	Faktor skala (fahjan, 2007)	462275.54	103.4539
El-Centro	Faktor skala SNI 1726-2002	51899.65	-77.1582
	Faktor skala tanpa skala	88747.68	-60.9409
	Faktor skala (fahjan, 2007)	145437.54	-35.9909
Friuli	Faktor skala SNI 1726-2002	56132.9	-75.2951
	Faktor skala tanpa skala	134450.07	-40.8267

	Faktor skala (fahjan, 2007)	185683.57	-18.2781
Sakaria	Faktor skala SNI 1726-2002	74505.86	-67.2089
	Faktor skala tanpa skala	233927.34	2.9547
	Faktor skala (fahjan, 2007)	264561.83	16.4387

Tabel 2.2 Gaya geser dasar maksimum arah y

Sumber: Nessa, dkk (2012)

Gempa		Vx	%beda
statik		227213.91	
Chi-chi	Faktor skala SNI 1726-2002	77614.65	-65.8407
	Faktor skala tanpa skala	313594.54	38.0173
	Faktor skala (fahjan, 2007)	464272.95	104.333
El-Centro	Faktor skala SNI 1726-2002	59520.98	-73.804
	Faktor skala tanpa skala	101780.05	-55.2052
	Faktor skala (fahjan, 2007)	166794.67	-26.5913
Friuli	Faktor skala SNI 1726-2002	49470.22	-78.2275
	Faktor skala tanpa skala	118.492	-47.8502
	Faktor skala (fahjan, 2007)	163643.9	-27.978
Sakaria	Faktor skala SNI 1726-2002	75609.99	-66.723
	Faktor skala tanpa skala	237394.01	4.4804
	Faktor skala (fahjan, 2007)	268485.53	18.1642

Dengan metode riwayat waktu juga didapatkan kesimpulan bahwa gedung yang dianalisis mampu menahan percepatan gempa Chi-chi sebesar 2,4 kali skala asli, gempa El Centro 6,4 kali skala asli, gempa Friuli 6,8 kali skala asli dan gempa Sakaria 2,8 kali skala asli.

2. Dian, dkk (2013), Penelitian yang dilakukan oleh Dian dkk (2013) adalah tentang Evaluasi Kinerja Struktur Pada Gedung Bertingkat Dengan Analisis Riwayat Waktu Menggunakan Software *ETABS V 9.5* (Studi Kasus : Gedung Solo Center Point). Daerah Surakarta memiliki Tanah dasar dengan kategori Tanah Sedang (Kelas D) dengan Level Gempa 10% dalam 50 tahun (Gempa 500 tahun). Digunakan 4 rekaman gempa, yaitu Elcentro, Kobe, Hokkaido, dan Sanriku. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dari kontrol displacement didapatkan hasil bahwa jika struktur gedung dianalisis dengan masing-masing rekaman gempa, maka displacement yang ditimbulkan masih memenuhi batas displacement maksimum.
  - b. Dari kontrol base shear didapatkan hasil bahwa jika struktur gedung dianalisis dengan gempa El Centro, Kobe, Hokkaido, dan Sanriku, base shear yang ditimbulkan memenuhi syarat base shear minimum.
  - c. Dari kontrol kinerja batas layan didapatkan hasil:
    - 1) Bangunan bila dianalisis dengan rekaman gempa El Centro dan Hokkaido, untuk arah X dan arah Y aman terhadap kinerja batas layan.
    - 2) Bangunan bila dianalisis dengan rekaman gempa Kobe dan Sanriku, untuk arah X dan arah Y tidak aman terhadap kinerja batas layan.
  - d. Dari kontrol kinerja batas ultimate didapatkan hasil:
    - 1) Bangunan bila dianalisis dengan rekaman gempa El Centro, Hokkaido, dan Sanriku untuk arah X dan arah Y aman terhadap kinerja batas layan.
    - 2) Bangunan bila dianalisis dengan rekaman gempa Kobe, untuk arah X dan arah Y tidak aman terhadap kinerja batas layan.
  - e. Menurut ATC-40, bila struktur gedung diberi beban gempa El Centro, Kobe, Hokkaido, dan Sanriku, maka gedung termasuk dalam level kinerja IO (Immediate Occupancy), yaitu tidak ada kerusakan berarti pada struktur dimana kekuatan dan kekakuannya hampir sama dengan kondisi sebelum gempa.
3. Fajri, dkk (2014), Melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Time History Pada Tinjauan Drift Dan Displacement Menggunakan Software *ETABS*.” Metode pada penelitian ini adalah metode analisis dimana pemodelan dibantu dengan software *ETABS*. Langkah analisis adalah dengan membuat model struktur yang terdiri dari elemen kolom, core wall, dinding basement, balok, dan pelat lantai. Beban yang diterapkan yaitu: beban gravitasi (beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup) ditambah beban percepatan gempa

(gempa rencana dan gempa aktual). Hasil analisis akibat gempa rencana dan gempa aktual kemudian dievaluasi untuk mengetahui kinerja dan tingkat kinerja struktur. Dari analisis yang dilakukan didapatkan beberapa hasil sebagai berikut:

- a. Hasil dari kontrol batas layan berdasarkan SNI-03-1726-2002 pasal 8.1:
  - 1) Untuk Gempa Rencana bila bangunan dianalisis dengan rekaman gempa El Centro 1940, displacement untuk arah x aman dan arah y terdapat 3 lantai yang tidak memenuhi syarat kinerja batas layan. Bila dianalisis dengan analisis statik, rekaman gempa Chi Chi Taiwan 1999, rekaman gempa Friuli Italia 1976, dan rekaman gempa Sumatra maka displacement untuk arah x dan arah y aman terhadap kinerja batas layan.
  - 2) Untuk Gempa Aktual bila bangunan dianalisis dengan rekaman gempa El Centro 1940, displacement untuk arah x terdapat 8 lantai yang tidak memenuhi syarat dan arah y terdapat 7 lantai yang tidak memenuhi syarat kinerja batas layan. Bila dianalisis dengan rekaman gempa Chi Chi Taiwan 1999, rekaman gempa Friuli Italia 1976, dan rekaman gempa Sumatra maka displacement untuk arah x dan arah y aman terhadap kinerja batas layan.
- b. Hasil dari kontrol batas ultimit berdasarkan SNI-03-1726-2002 pasal 8.2:
  - 1) Untuk Gempa Rencana bila bangunan dianalisis dengan rekaman gempa El Centro 1940, displacement untuk arah x aman dan arah y terdapat 4 lantai yang tidak memenuhi syarat kinerja batas ultimit. Bila dianalisis dengan analisis statik, displacement untuk arah x aman dan arah y terdapat 3 lantai yang tidak memenuhi syarat kinerja batas ultimit. Bila dianalisis dengan rekaman gempa Chi Chi Taiwan 1999, rekaman gempa Friuli Italia 1976, dan rekaman

gempa Sumatra maka displacement untuk arah x dan arah y aman terhadap kinerja batas ultimit.

- 2) Untuk Gempa Aktual bila bangunan dianalisis dengan rekaman gempa El Centro 1940, displacement untuk arah x terdapat 8 lantai yang tidak memenuhi syarat dan arah y terdapat 7 lantai yang tidak memenuhi syarat kinerja batas ultimit. Bila dianalisis dengan rekaman gempa Chi Chi Taiwan 1999, rekaman gempa Friuli Italia 1976, dan rekaman gempa Sumatra maka displacement untuk arah x dan arah y aman terhadap kinerja batas ultimit.

- c. Hasil dari kontrol maksimum total drift berdasarkan ATC-40:

Menurut ATC-40, untuk Gempa Rencana maupun Gempa Aktual setelah dianalisis dengan rekaman gempa El Centro 1940, gempa Chi Chi Taiwan 1999, gempa Friuli Italia 1976, dan gempa Sumatra Indonesia termasuk dalam Immediate Occupancy (IO).

4. Al Rasjid dkk, pada tahun 2013 melakukan penelitian menggunakan metode analisis time history dengan judul “Studi Perilaku Bangunan Multi Tower 15 Lantai Menggunakan Metode Nonlinear *Time History Analysis* Dengan Membandingkan Dua Letak Shearwall Pada Struktur (Studi Kasus Bentuk Struktur Apartemen Puncak Bukit Golf). Metode analisis *Time History* non linear akan digunakan dalam studi ini agar dapat melihat perilaku struktur dari pola keruntuhannya akibat gempa kuat seperti El-Centro 1940. Bangunan multi tower 15 lantai dengan dua posisi shear wall berbeda akan menjadi pembanding untuk melihat pola keruntuhan dengan metode analisis *Time History* nonlinear tersebut. Dari studi yang dilakukan terdapat beberapa hal diantaranya yang menjadi kajian adalah dari segi struktural yaitu sebagai berikut :

- a. Sistem struktur untuk bangunan multi tower 15 lantai model A dan B ini adalah Dual System, karena didapatkan nilai persentase 43% gaya geser ditahan SRPM dan 57% oleh Shearwall dari hasil analisa yang telah memenuhi syarat.

- b. Studi perilaku dari bangunan multi tower 15 lantai ini menghasilkan grafik-grafik yang menggambarkan perilaku sebuah bangunan jika dibebani gempa *time history* serta dianalisa secara nonlinier. Perhitungan energi atau gaya yang berasal dapat diterima struktur bangunan tersebut menunjukkan bahwa model multi tower A dapat menerima 2585 energi lebih optimal dibandingkan dengan multi tower B yaitu hanya 2391 (dalam satuan gaya). Nilai tersebut adalah besarnya energy yang didapatkan dari analisa menggunakan analisis *time history* non-linear ini.
5. Anggen, dkk (2014) melakukan studi ilmiah menggunakan analisis Time History dengan judul “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Dengan Analisis Dinamik *Time History* Menggunakan *ETABS* (Studi Kasus : Hotel Di Daerah Karang Anyar). Metode pada penelitian ini adalah metode analisis, dimana pemodelan struktur yang dijadikan studi kasus dibantu dengan program *ETABS*. Langkah analisis adalah dengan membuat model struktur yang terdiri dari elemen kolom, *core wall*, dinding basement, balok, dan pelat lantai. Beban: beban gravitasi (beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup) ditambah beban percepatan gempa (gempa rencana dan gempa aktual). Pada level gempa rencana digunakan analisis dinamik *time history* dan analisis statik ekuivalen sebagai pembanding, pada level gempa aktual hanya digunakan analisis dinamik *time history*. Keseluruhan analisis pada gempa rencana dan gempa aktual dilakukan secara linear. Gedung yang di analisis memiliki fungsi sebagai tempat hunian/Hotel/*apartment* dengan jumlah lantai 11 lantai dan 3 lantai *basement*. Dari studi yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:
  - a. *Interstory Drift* izin pada batas layan adalah 1,37 cm.
    - 1) Gempa Elcentro: struktur tidak aman pada arah X dan arah Y (Lantai 1 – Lantai 10).
    - 2) Gempa Northridge: struktur aman pada arah X sedangkan arah Y tidak aman pada Lantai 10 dan Lantai Atap.

- 3) Gempa Mentawai: struktur aman pada arah X dan arah Y.
- b. *Interstory Drift* izin pada batas ultimate adalah 6,40 cm.
- 1) Gempa Elcentro: struktur tidak aman pada arah X dan arah Y (Lantai 1 – Lantai 10).
  - 2) Gempa Northridge: struktur aman pada arah X sedangkan arah Y tidak aman pada Lantai 10 dan Lantai Atap.
  - 3) Gempa Mentawai: struktur aman pada arah X dan arah Y.
- c. *Maximum total drift* akibat Gempa Elcentro: 0,0117 (arah X) dan 0,0158 (arah Y), struktur masuk kategori damage control; akibat Gempa Northridge dan Gempa Mentawai struktur masuk kategori *immediate occupancy*.
6. Patil dan Kumbhar (2013) dalam jurnal yang berjudul “Time History Analysis Of Multistoried RCC Buildings For Diefferent Seismic Intensities” melakukan analisis menggunakan metode *time history* yang bertujuan untuk menganalisa riwayat waktu gempa yang ada dengan memperhitungkan perbedaan intensitas dari setiap gempa terhadap gedung *multi story* (10 lantai), membandingkan perilaku seismik terhadap gedung beton bertulang untuk berbagai intensitas dalam hal variasi respon seperti geseran dasar dan *displacement*, untuk mengetahui hubungan antara intensitas gempa dan responnya.

Tabel 2.3 Data Time History

Sumber : Patil dan Kumbhar (2013)

No	EQ	Date	Magnitude Richter Scale	P.G.A.g
1	Bhuj, India	26-Jan-01	6.9	0.11
2	Koyana, India	11-Des-64	6.5	0.489
3	Anza, USA	25-Feb-80	4.7	0.11
4	Nahanni, Canada	23-Des-85	6.9	0.489
5	Northridge, USA	17-Jan-94	6.7	0.489

Tabel 2.4 Perbedaan Intensitas Seismik

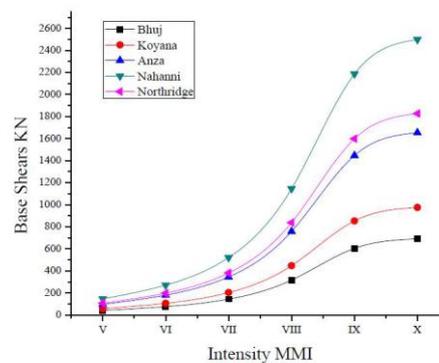
Sumber : Patil dan Kumbhar (2013)

No	Intensitas MMI	PGAg	Seismic Zone per IS:1893- 2002
1	V	0.03-0.04	-
2	VI	0.06-0.07	II
3	VII	0.10-0.15	II
4	VIII	0.25-0.30	IV
5	IX	0.50-0.55	V
6	X	>0.60	-

Tabel 2.5 Variasi Pergeseran Dasar Pada Arah X

Sumber : Patil dan Kumbhar (2013)

No	Intensity MMI	Pergeseran Dasar (kN)				
		Bhuj	Koyana	Anza	Nahanni	Northridge
1	V	40.628	56.87	96.479	145.774	106.544
2	VI	74.786	105.615	179.153	270.746	197.897
3	VII	143.801	203.112	344.554	520.643	380.542
4	VIII	316.37	446.84	757.985	1145.45	837.214
5	IX	603.975	853.056	1447.07	2186.74	1598.34
6	X	690.247	974.926	1653.8	2499.11	1826.66



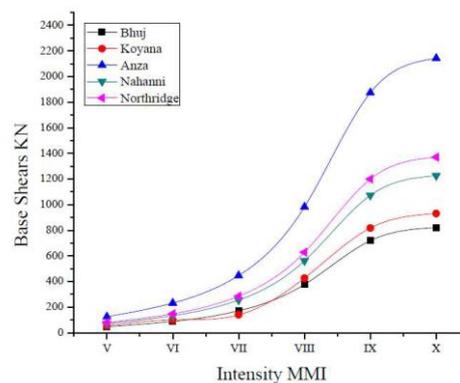
Gambar 2.1 Variasi Pergeseran Dasar Pada Arah X

Sumber : Patil dan Kumbhar (2013)

Tabel 2.6 Variasi Pergeseran Dasar Pada Arah Y

Sumber : Patil dan Kumbhar (2013)

No	Intensity MMI	Pergeseran Dasar (kN)				
		Bhuj	Koyana	Anza	Nahanni	Northridge
1	V	47.932	54.299	124.994	71.536	79.959
2	VI	89.028	100.874	232.111	132.834	148.504
3	VII	171.182	139.969	446.395	255.429	285.609
4	VIII	376.609	426.722	982.029	561.973	628.304
5	IX	718.996	817.659	1874.78	1072.83	1199.49
6	X	821.7	931.041	2142.61	1226.1	1370.82



Gambar 2.2 Variasi Pergeseran Dasar Pada Arah Y

Sumber : Patil dan Kumbhar (2013)

Respon seismik yakni berupa pergeseran dasar, *story displacement*, dan *story drift* terdapat perbedaan dikedua arah namun dengan intensitas pola yang sama (V ke X) untuk semua *time history*. Nilai dari respon seismik yaitu pergeseran dasar, *story displacement* dan *story drift* untuk semua *time history* meningkat sesuai dengan perbedaan intensitas seismik dari V ke X. Nilai pergeseran dasar, *story displacement* dan *story drift* (arah X dan Y) untuk intensitas seismik dari VI, VII, VIII, IX dan X ditemukan lebih dari 1.85, 3.56, 7.86, 15.1 dan 17.15 kali. *Time history* sebagai metode realistis, digunakan sebagai analisis seismik, menyediakan analisa pemeriksaan keamanan struktur dan desain dengan spesifikasi metode dengan kode IS.