

ANALISIS PERILAKU STRUKTUR PADA SISTEM GANDA APARTEMEN 9 LANTAI MENGGUNAKAN METODE *TIME HISTORY ANALYSIS* SESUAI PERATURAN SNI 1726:2012

Baehaki¹, Soelarso², Nurlaela Fitria³

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Soedirman Km.3, Cilegon-Banten

Email : nulafi.nf@gmail.com

INTISARI

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah jalur gempa pasifik dan jalur gempa asia sehingga sangat berpotensi mengalami gempa, karena itu Indonesia termasuk dalam jalur lingkaran api pasifik. Besarnya parameter gempa dan respon spektrum diatur dalam SNI 1726:2012 yang merupakan revisi dari SNI 1726:2002.

Penelitian ini membahas tentang sistem ganda apartemen 9 lantai yang meliputi dinding geser dan tiga elemen struktur utama yaitu balok, kolom dan *joint*, menggunakan analisis riwayat waktu dengan 3 rekaman gempa yaitu El Centro, Northridge dan Friuli yang disetarakan dengan gempa di Serang dengan tanah keras dan dimodelkan pada program ETABS v.9.6.

Hasil penelitian ini menunjukkan struktur gedung apartemen 9 lantai memiliki jenis sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus. Analisis simpangan pada gedung apartemen 9 lantai untuk arah x dan y tidak melampaui batas ijin yang ditentukan dalam SNI 1726:2012, translasi tanpa mengalami torsi terjadi di mode 1 dan 2, dan Gaya geser dasar yang didapatkan sebesar 11443.5 kNm untuk *time history* dan 3466.62 kNm untuk statik ekuivalen

Kata Kunci: *time history*, sistem ganda, simpangan, gaya geser dasar

ABSTRACT

Indonesia is a country located in circum pacific earthquake belt and trans asiatic earthquake belt so it has potentially lead the earthquake because Indonesia is located in the Pasific Ring of Fire lines (Ring of Fire). The size of the parameter earthquake and respon spectrum arranged in SNI 1726:2012 which is a revision of SNI 1726:2002.

This study discusses about dual system of apartments ninth floors which includes shear wall and three main structural elements, which are beams, columns and joint, using time history analysis with three recording of the earthquake, namely El Centro, Northridge and Friuli are synchronized with the earthquake in Serang with hard soil and is modeled on the program ETABS v.9.6.

Result from this research showed apartments ninth floors structure having dual system with special moment frames capable of resisting at least 25% of prescribed seismic forces. Displacement analysis of this building at the x and y not intemperate permission by SNI 1726:2012, translational without torsion occurs in mode 1 and 2, and the base shear force occurring at 11443.5 kN (due to the earthquake El Centro) and 3466.62 kN (due to the static ekuialent load)

Keywords : *Time history analysis, dual system, displacement, torsion, base shear*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah jalur gempa pasifik dan jalur gempa asia sehingga sangat berpotensi mengalami gempa, Karena itu Indonesia termasuk dalam jalur cincin api pasifik. Cincin api pasifik merupakan rangkaian gunung aktif dunia yang menyebabkan Indonesia mengalami frekuensi gempa yang cukup sering.

Kekuatan struktur dari sebuah bangunan menjadi syarat yang mutlak supaya jika sebuah bencana alam seperti gempa bumi terjadi, bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan yang menyebabkan jatuhnya korban jiwa maupun kerugian materi.

Dalam analisis dinamik ada dua metode analisis yang digunakan, yaitu respon spektrum dan *time history*. Riwayat waktu percepatan gempa (*time history*) memberikan informasi besarnya percepatan tanah akibat gempa selama durasi atau waktu terjadinya gempa. Pada penelitian ini digunakan analisis dinamik *time history* dengan menggunakan 3 rekaman gempa yaitu El Centro, Friuli dan Northridge.

Salah satu cara untuk meningkatkan kekakuan struktur dan ketahan dalam menahan gaya-gaya lateral, pemakaian *shearwall* merupakan salah satu solusi. Dalam studi ini struktur dipasang *shearwall* pada arah y.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Berapa besar nilai simpangan pada gedung apartemen 9 lantai ?.
2. Bagaimana perilaku struktur pada gedung apartemen 9 lantai ?.
3. Berapa besar nilai gaya geser dasar yang terjadi pada gedung apartemen 9 lantai ?.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai simpangan akibat pembebanan lateral pada apartemen 9 lantai.
2. Mengetahui perilaku struktur akibat pembebanan lateral pada apartemen 9 lantai.

3. Mengetahui gaya geser dasar pada apartemen 9 lantai.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari perencanaan struktur beton bertulang dengan kategori desain seismik D sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 adalah:

1. Untuk lebih memahami tentang desain struktur beton bertulang untuk sistem ganda apartemen 9 lantai menggunakan metode *Time History Analysis*
2. Untuk memberikan informasi dan gambaran mengenai simpangan, perilaku struktur dan gaya geser akibat pembebanan lateral pada struktur.

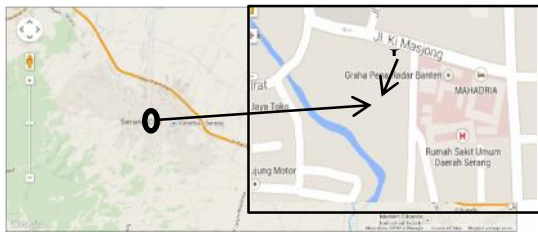
E. Batasan Masalah

Batasan masalah pada Analisis perencanaan struktur beton bertulang dengan kategori desain seismik D sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 adalah :

1. Elemen struktur terbuat dari beton bertulang
2. Analisis pembebanan gempa dinamik dan statik pada struktur menggunakan peraturan SNI 1726:2012
3. Pemodelan struktur menggunakan ETABS versi 9.6.0.
4. Pengambilan data parameter gempa diambil dari aplikasi desain spectra www.puski.pu.go.id dan rekaman gempa diambil dari www.peer.berkeley.edu
5. Rekaman gempa yang digunakan adalah 3 rekamana gempa, yaitu :
 - a) Nama gempa : El Centro 1940
 - b) Nama gempa : Northridge
 - c) Nama gempa : Friuli
6. Tumpuan pada pondasi di asumsikan terjepit penuh

F. Lokasi Penelitian

Daerah yang ditinjau berada di kota Serang. Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps, 2016

2. TINJAUAN PUSTAKA

Anne Zuhd Mahbubah ,Ir. Faimun,M.Sc,Ph.D, dan Ir. Sadji dengan judul “ Studi Perilaku Bangunan Multi Tower 15 Lantai Menggunakan *NonLiner Time History Analysis* Dengan Membandingkan Dua Posisi *Shear Wall* (Studi Kasus :Apartemen Puncak Kertajaya)”. Program yang digunakan adalah SAP2000 V.14, desain elemen struktur yang ditinjau adalah kolom, balok, plat dan *shear wall*, analisis gempa yang ditinjau adalah analisis statik ekuivalen, *response spectrum* dan *time history* (El Centro), jenis rangka pemikul momen adalah SRPMK, dan peraturan digunakan adalah SNI 1726:2002.

Yoyong Afriadi dan Iman Satyarno (2013) yang berjudul “Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI gempa 2012 dan 2002” didapati bahwa dari hasil perbandingan 15 kota besar di Indonesia meliputi Yogyakarta, Jakarta, Bandung, Surabaya, Semarang, Surakarta, Banda Aceh, Medan, Jayapura, Denpasar, Makasar, Padang, Palu, Manado dan Palembang, mayoritas mengalami kenaikan (sebagian mengalami penurunan) untuk spektra pada perioda pendek dan periode 1 detik.

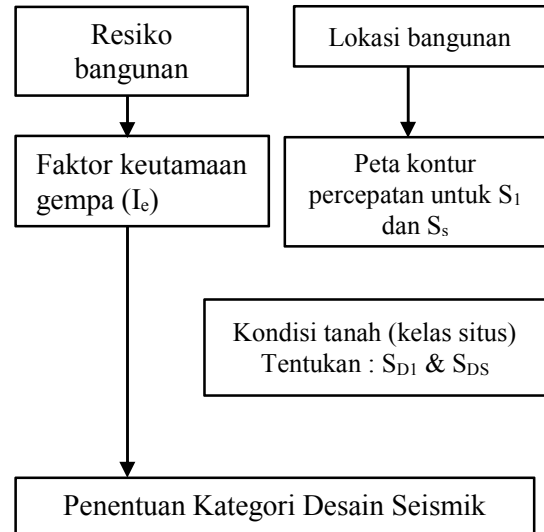
Fajri Pratama, Agus Setiya Budi, dan Wibowo, dengan judul “Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis *Time History* Pada Tinjauan *Drift* dan *Displacement* Menggunakan *Software ETABS*”. Program yang digunakan adalah ETABS, desain elemen struktur yang ditinjau adalah kolom, balok, plat dan *shear wall*, analisis gempa yang ditinjau adalah *Time History* (El Centro 1974, Taiwan 1999, Friuli 1976, dan Sumatera 2007), jenis rangka

pemikul momen adalah SRPMK, dan peraturan digunakan adalah SNI 03-1726:2012.

3. LANDASAN TEORI

1. Pendahuluan Beban Gempa berdasarkan SNI 1726:2012

Berikut dibawah ini merupakan *flow chart* tahapan penentuan KDS.



Gambar 2. Bagan alir penentuan kategori desain seismik (KDS)
Sumber : Bambang Budiono,2011

2. Kategori Desain Seismik
Kategori desain seismik dibagi menjadi 3 kategori, yaitu SPRMB, SPRMM, SRPMK seperti yang yang dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Tingkat resiko kegempaan

Kode	Tingkat risiko kegempaan		
	Rendah	Menengah	Tinggi
SNI 1726 2012	KDS A,B	KDS C	KDS D,E,F
Sistem Rangka	SRPMB /M/K SDSB/K	SRPMM/K SDSB/K	SRPMK SDSK

Sumber : Bambang Budiono,2011

3. Sistem struktur
Sistem struktur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus. Rangka pemikul momen harus mampu menahan

paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser dengan distribusi terhadap kekakuannya.

4. Analisis riwayat waktu (*time history analysis*)

Menentukan Percepatan Muka Tanah (PGA) wilayah yang kita ambil untuk diskalakan dengan rekaman gempa yang diambil. Nilai PGA menjadi acuan dalam menentukan nilai koefisien situs F_{PGA} , yang diperoleh dari Tabel 8 SNI-1726-2012, persamaan dibawah ini digunakan untuk memperhitungkan percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs (PGA_M), dengan perhitungan sebagai berikut:

$$PGA_M = F_{PGA} \times PGA \dots \dots \dots (1)$$

Pasal 11.1.4, SNI 1726 2012, mengenai parameter respon menetapkan setiap gerak tanah dalam analisis harus dikalikan dengan I/R , sesuai konsep desain kapasitas untuk gempa rencana, dimana I_e adalah faktor keutamaan struktur terhadap gempa dan R adalah koefisien modifikasi respon. Perhitungan PGA_M yang ditentukan dalam persamaan dibawah ini adalah sebagai berikut :

$$PGA_{M(diskalakan)} = F_{PGA} \times PGA \times (I_e/R) \dots (2)$$

Untuk memperoleh faktor skala yang dapat menyetarakan percepatan gempa masukan dari akselerogram menjadi percepatan puncak permukaan tanah setempat adalah dengan membagi PGA_M serang dengan PGA_{M-Max} percepatan gempa masukan dari akselerogram.

5. Menentukan perkiraan periode fundamental alami, dengan cara rumus pendekatan :

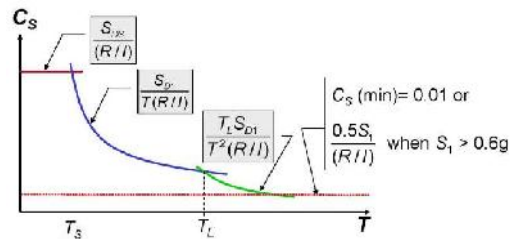
$$T_a = C_t h_n^x \dots \dots \dots (3)$$

Dengan syarat periode yang digunakan :

- Jika $T_c > C_u \cdot T_a$ digunakan perioda $T = C_u \cdot T_a$
- Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$ digunakan perioda $T = T_c$
- Jika $T_c < T_a$ digunakan perioda $T = T_a$

6. Gaya dasar seismik

Gaya geser dasar seismik V , dalam arah yang ditetapkan sesuai dengan persamaan 4 sampai 6 berikut ini :



Gambar 3. Grafik hubungan C_s dengan T
Sumber : Fema 451 B,2007

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R / I_e} \dots \dots \dots (4)$$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T (R/I_e)} \dots \dots \dots (5)$$

$$C_s = 0.044 \times S_{DS} \times I_e \dots \dots \dots (6)$$

7. Menentukan P-delta (indeks kestabilan struktur)

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_x C_d} \dots \dots \dots (7)$$

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat (kN)

Δ = simpangan antar lantai tingkat desain (mm)

I_e = faktor keutamaan gempa

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan $x-1$ (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x (mm)

C_d = faktor pembesaran defleksi

β = rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan $x-1$

8. Pembesaran momen torsi tak terduga

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1.2 \delta_{avg}} \right)^2 \dots \dots \dots (8)$$

Dimana δ_{avg} merupakan simpangan rata-rata yang dihitung sebagai berikut :

$$\delta_{avg} = \left(\frac{\delta_{max} + \delta_{min}}{2} \right) \dots \dots \dots (9)$$

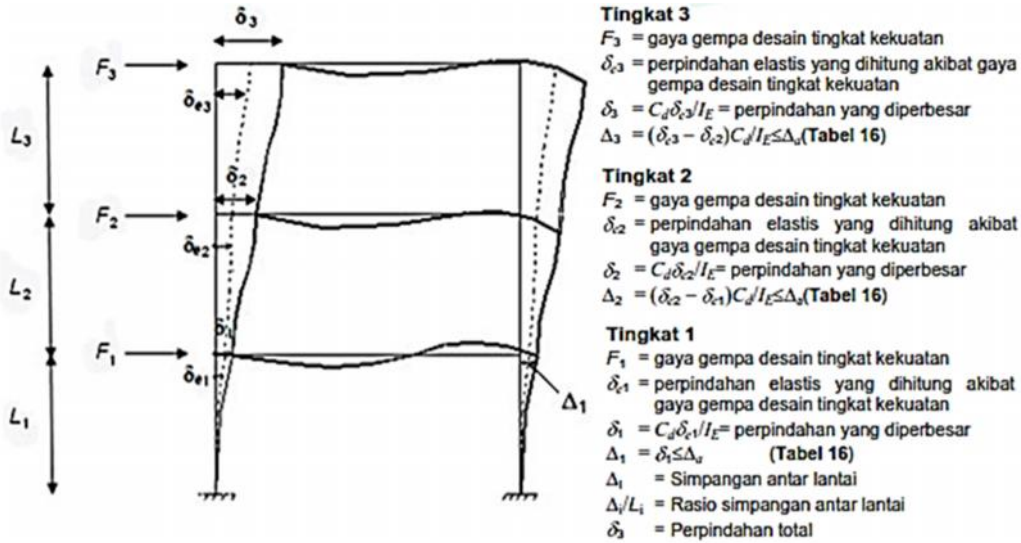
9. Menentukan beban statik ekuivalen

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur bangunan gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat (gambar 4) yang dihitung dari simpangan struktur tidak boleh melampaui $\Delta = 0,025h/\rho$ (arah x) dan $\Delta = 0,020h/\rho$ (arah y) kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

$$F_i = C_{vx} \cdot V \dots \dots \dots (11)$$

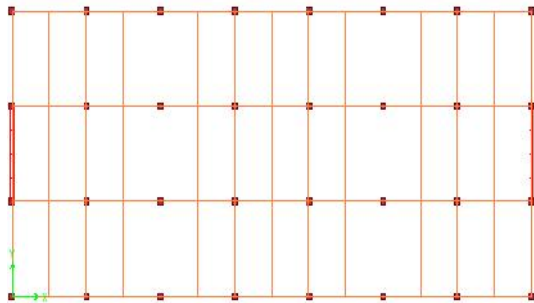
Dimana :

C_{vx} = Faktor Distribusi Vertikal



Gambar 4. Penentuan simpangan antar lantai
 Sumber : SNI 1726:2012, 2012

4. METODE PENELITIAN
 A. Deskripsi Gedung

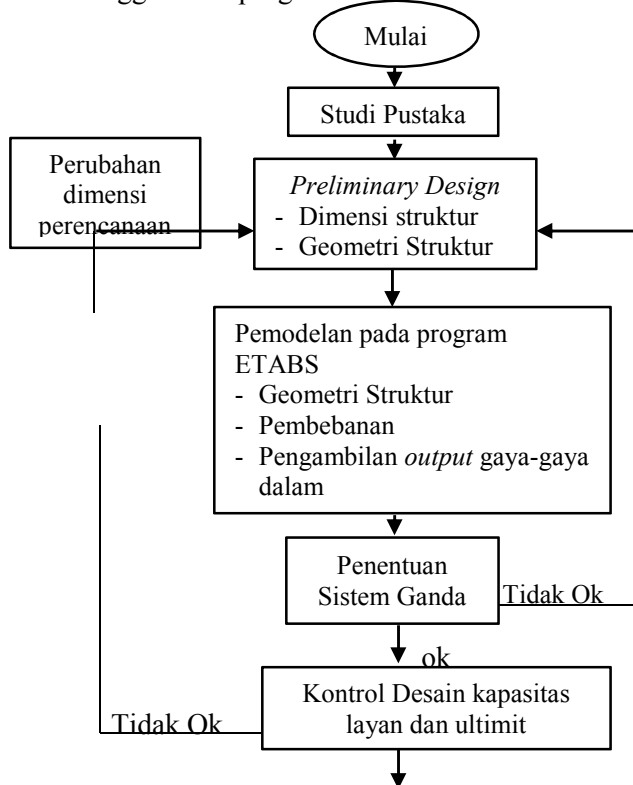


Gambar 5. Denah Bangunan

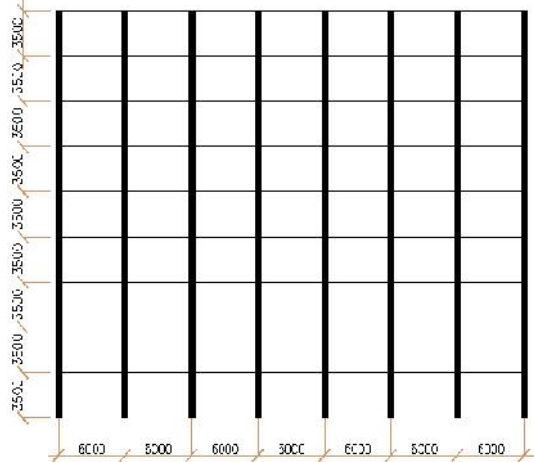
- Jumlah lantai : 9 lantai
- Tinggi bangunan : 31.5 m
- Jenis tanah : Keras

C. Bagan Alir Perencanaan

Analisis perilaku struktur pada sistem ganda apartemen 9 lantai sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 direncanakan menggunakan program ETABS.

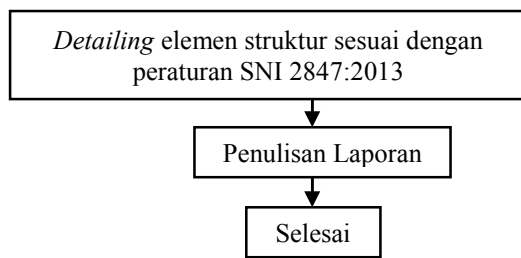


B. Deskripsi gedung



Gambar 6. Potongan Bangunan
 Sumber: Hasil Analisis, 2016

- Fungsi gedung : Apartemen
- Luas bangunan : 18 x 42 m²



Gambar 5. Skema Alur Penelitian

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

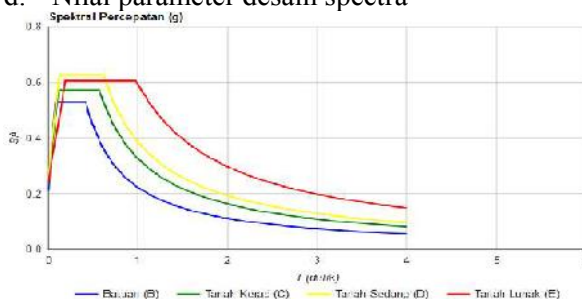
A. Aspek gedung dan tanah setempat terhadap keempaan

- a. Menentukan nilai kategori resiko bangunan, didapatkan dari tabel SNI 1726:2012 termasuk kategori resiko II
- b. Menentukan faktor keutamaan bangunan, didapatkan dari tabel SNI 1726:2012 nilai faktor keutamaan gedung sebesar $I_e = 1.0$
- c. Koefisien modifikasi respon

Tabel 2. Rekapitulasi koefisien modifikasi respon

Lokasi	Arah Respon	Tipe Rangka Gedung	R	Ω_0	C_d
Serang	X	Sistem Pemikul Rangka Momen Khusus (SPRMK)	8	3	5.5
	Y	Sistem Ganda Dengan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus	7	2.5	5.5

d. Nilai parameter desain spectra



Gambar 6. Grafik Respon Spektrum Wilayah Serang, Banten

Sumber: Aplikasi desain spektra, www.puskim.pu.pu.go.id, 2011

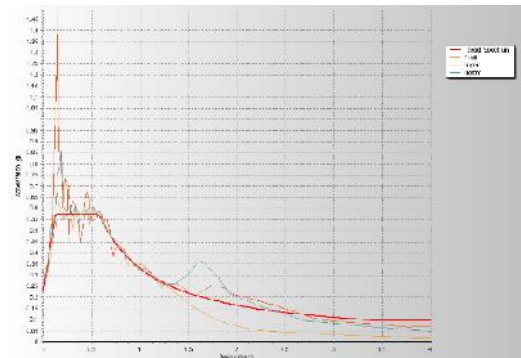
Nilai $S_{DS} = 0.573$, $S_{D1} = 0.328$

Nilai $T_0 = 0.1145$, $T_s = 0.572$

e. Pemilihan dan penskalaan akselerogram

- 1) Percepatan gempa yang dipilih harus memiliki respon spektrum yang berdekatan dengan respon spektrum desain

- a) Akselerogram El Centro 1940.
Percepatan puncak :0.3194 g
waktu :12.113 detik
- b) Akselerogram Friuli 1976
Percepatan puncak :0.312 g
Waktu :7.26 detik
- c) Akselerogram Northridge
Percepatan puncak :0.428 g
Waktu :7.988 detik



Gambar 7. Pemilihan Akselerogram Sumber: Program Seismomatch, 2016

- 2) Mengitung percepatan puncak yang disesuaikan dengsn klasifikasi situs (PGA_M)



Gambar 8. PGA Serang

Sumber: Hasil Analisis, 2016

$$PGA_M = F_{PGA} \times PGA = 1.0 \times 0.402 = 0.402 \text{ g}$$

- 3) Menskalakan nilai PGA_M
 $PGA_{M(diskalakan)} = F_{PGA} \times PGA \times I_e/R = 1.0 \times 0.402 \times (1/7) = 0.057 \text{ g (arah x)}$
 $PGA_{M(diskalakan)} = F_{PGA} \times PGA \times I_e/R = 1.0 \times 0.402 \times (1/8) = 0.050 \text{ g (arah y)}$

Tabel 3. Skala Akselogram arah x

Rekaman Gempa	Waktu (s)	Percepatan Puncak Tanah Asli (g)	PGA_M Max (g)	Skala Gempa
El Centro 1974	12.113	0.3194	0.057	0.178
Northridge 1994	7.988	0.428	0.057	0.133
Friuli 1976	7.26	0.31215	0.057	0.183

Tabel 4. Skala Akselogram arah y

Rekaman Gempa	Waktu (s)	Percepatan Puncak Tanah Asli (g)	PGAM- _{Max} (g)	Skala Gempa
El Centro 1974	12.113	0.3194	0.050	0.157
Northridge 1994	7.988	0.428	0.050	0.117
Friuli 1976	7.26	0.31215	0.050	0.160

ETABS (<i>gross</i>)	1.605	0.911
ETABS (<i>cracked</i>)	1.852	1.078

Sumber: Hasil Analisis, 2016

f. Periode getar struktur

Tabel 5. Periode getar struktur hasil analisis ETABS

Periode Getar Alami pada Program	Apartemen – Serang	
	X	Y

g. Koefisien respon seismik (C_s)

Tabel 6 . Nilai C_s

Arah	C_{smin}	C_{smax}	C_s	C_s yang dipakai
X	0.025	0.028	0.072	0.028
Y	0.025	0.052	0.082	0.052

h. Distribusi gempa statik ekuivalen

Arah x = 1893.723 kN

Arah y = 3466.617 kN

Tabel 7. Distribusi gempa arah x

Lantai	Tinggi (m)	Berat (kN)	$W \times h_x^k$ (kNm)	C_{vx}	$F_x = C_v \times V$	V_x (kN)	V_y (kN)
9	31.500	5775.289	946404.373	0.193	366.362	366.362	670.656
8	28.000	7631.962	1050838.031	0.215	406.789	773.151	1415.317
7	24.500	7631.961	862628.155	0.176	333.931	1107.082	2026.605
6	21.000	7631.962	686872.817	0.140	265.895	1372.977	2513.348
5	17.500	7670.988	527304.600	0.108	204.124	1577.101	2887.014
4	14.000	7727.023	381934.989	0.078	147.851	1724.951	3157.667
3	10.500	7727.023	249649.094	0.051	96.641	1821.593	3334.557
2	7.000	7727.023	137109.363	0.028	53.076	1874.669	3431.738
1	3.500	7727.023	49220.359	0.010	19.054	1893.723	3466.617
Σ		67250.256	4891961.780	1.000			

B. Kontrol sistem ganda

Dari hasil tabel 7 dapat dilihat bahwa persentase untuk semua kombinasi pembebanan bernilai lebih besar dari 25%. Jadi apartemen ini termasuk sistem ganda.

C. Kontrol nilai partisipasi massa

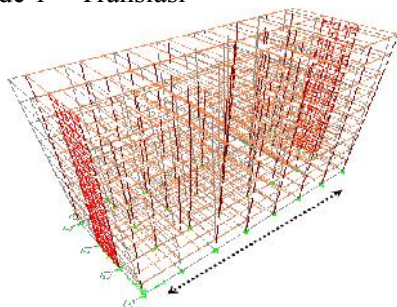
SNI 1726 2002 pasal 7.2.1 mensyaratkan partisipasi massa pada ragam respon sekurang-kurangnya 90%.

Tabel 9. Partisipasi masa

Mode	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
12	0.137	0.374	0	0	99.88	86.78
13	0.119	0.131	0	0	100	86.79
14	0.116	0	6.94	0	100	93.73

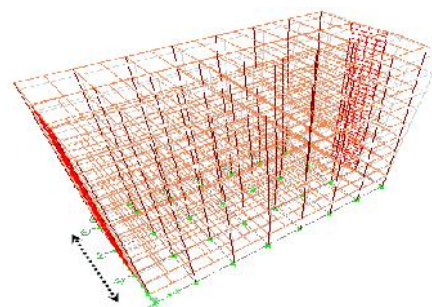
D. Perilaku Struktur

Mode 1 = Translasi



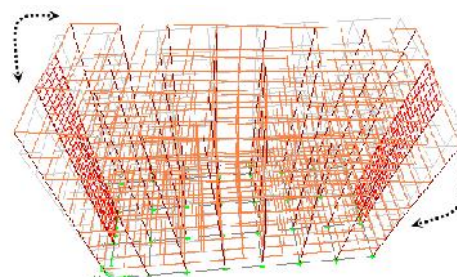
Gambar 9. Mode 1 Translasi arah x

Mode 2 = Translasi arah y



Gambar 10. Mode 2 Translasi arah y

Mode 3 = Rotasi



Gambar 11. Mode 3 Rotasi

E. Simpangan

a. Simpangan arah x

Tabel 10. Displacement arah x (El- Centro)

COMB	SPRM		DUAL SISTEM		TOTAL		PERSENTASE			
	X	Y	X	Y	X	Y	SPRM		SW	
							X	Y	X	Y
COMB 3	-319.11	85.8	-67.27	1006.1	-386.38	1091.9	82.59	7.86	17.41	92.14
COMB 4	533.74	-465.7	94.18	-916.18	627.92	-1382	85.00	33.70	15.00	66.30
COMB 5	-533.74	450.45	-94.19	931.42	-627.93	1381.9	85.00	32.60	15.00	67.40
COMB 6	538.18	453.16	95.12	929.66	633.3	1382.8	84.98	32.77	15.02	67.23
COMB 7	-1375.1	-190.27	-242.87	-349.98	-1618	-540.3	84.99	35.22	15.01	64.78
COMB 8	-1373.4	167.94	-242.5	370.01	-1615.9	537.95	84.99	31.22	15.01	68.78
COMB 9	1373.38	-183.14	242.51	-354.79	1615.89	-537.9	84.99	34.05	15.01	65.95
COMB 10	1375.07	175.04	242.88	365.2	1617.95	540.24	84.99	32.40	15.01	67.60
COMB 11	-538.2	-463.68	-95.13	-919.14	-633.33	-1383	84.98	33.53	15.02	66.47
COMB 12	533.74	-461.7	94.19	-920.2	627.93	-1382	85.00	33.41	15.00	66.59
COMB 13	-533.73	452.96	-94.17	928.96	-627.9	1381.9	85.00	32.78	15.00	67.22
COMB 14	538.17	454.97	95.12	927.82	633.29	1382.8	84.98	32.90	15.02	67.10
COMB 15	-1375.1	-185.6	-242.88	-354.65	-1618	-540.3	84.99	34.35	15.01	65.65
COMB 16	1373.36	-180.72	242.48	-357.27	1615.84	-538	84.99	33.59	15.01	66.41
COMB 17	-1373.4	172.04	-242.49	365.99	-1615.9	538.03	84.99	31.98	15.01	68.02
COMB 18	1375.11	176.9	242.85	363.39	1617.96	540.29	84.99	32.74	15.01	67.26

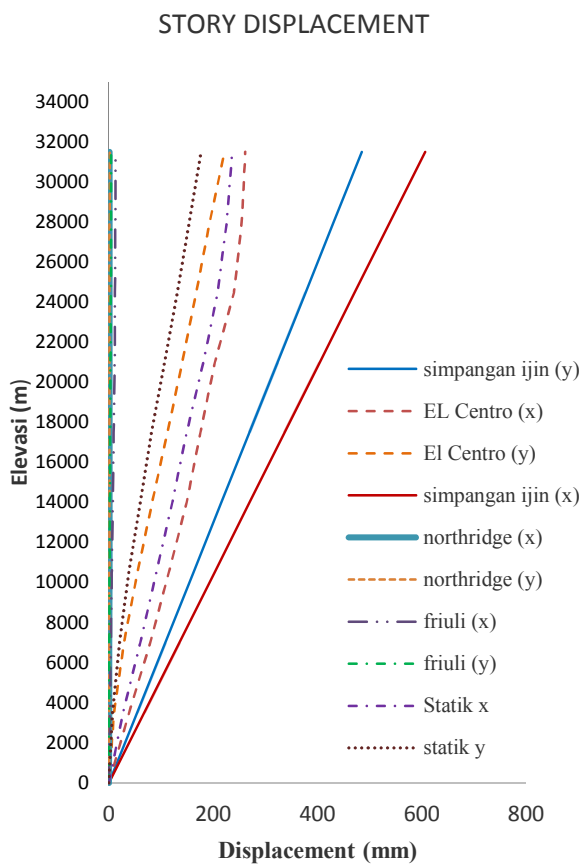
	δ (mm)	$\delta - \delta'$ (mm)	$\Delta =$ $(\delta - \delta')$ cd/Ie	$\Delta_{ijin} =$ 0.025 h/e	$\Delta <$ Δ_{ijin}									
	9	31500	47.516	1.277	7.023	67.308	OK	7	24500	30.408	4.890	26.895	53.846	OK
	8	28000	46.239	2.649	14.568	67.308	OK	6	21000	25.518	5.212	28.665	53.846	OK
	7	24500	43.591	6.727	36.997	67.308	OK	5	17500	20.306	5.307	29.188	53.846	OK
	6	21000	36.864	5.053	27.789	67.308	OK	4	14000	14.999	5.176	28.469	53.846	OK
	5	17500	31.811	4.743	26.086	67.308	OK	3	10500	9.823	4.623	25.424	53.846	OK
	4	14000	27.068	6.276	34.519	67.308	OK	2	7000	5.201	3.507	19.289	53.846	OK
	3	10500	20.792	6.485	35.666	67.308	OK	1	3500	1.694	1.694	9.316	53.846	OK
	2	7000	14.308	7.314	40.228	67.308	OK	0	0	0	0	0	0	0
	1	3500	6.993	6.993	38.463	67.308	OK							
	0	0	0	0	0	0	0							

b. Simpangan arah y

Dilihat dari gambar 12, dapat disimpulkan bahwa simpangan arah x dan arah y pada gempa El-Centro yang sudah dikalikan oleh faktor pembesaran (C_d) untuk tiap lantai tidak melebihi batas simpangan ijin

Tabel 11. Displacement arah y (El-Centro)

Lantai	h(mm)	δ (mm)	$\delta - \delta'$ (mm)	$\Delta =$ $(\delta - \delta')$ cd/Ie	$\Delta_{ijin} =$ 0.020 h/e	$\Delta <$ Δ_{ijin}
--------	-------	------------------	----------------------------	---	-------------------------------------	-------------------------------



Gambar 12. Story displacement

F. Pengaruh P delta

Tabel 12. Gaya Internal Struktur (P dan V)

Lantai	Load	P (KN)	Vx (KN)	Vy (KN)
9	Comb 3 Max	9279.3	1147.59	561.18
8	Comb 3 Max	21029.2	1252.68	1010.32
7	Comb 3 Max	32779.1	1424.75	1170.68
6	Comb 3 Max	44529	1778.26	1277.54
5	Comb 3 Max	56433.13	1970.82	1319.67
4	Comb 3 Max	68337.26	2418.64	1596.31
3	Comb 3 Max	80241.39	2304.73	1911
2	Comb 3 Max	92145.51	2448.35	2105.67
1	Comb 3 Max	104049.64	2614.15	2179.52
0	0	0	0	0

Dari Tabel 12 dan 13 didapat $\theta < \theta_{max}$ untuk lantai 1-9 maka pengaruh P delta dapat diabaikan

Tabel 13. P delta arah x dan y

Lantai	hx (mm)	Δx	Δy	θx	θy	θmax	θ<θmax
9	31500	1.277	5.0255	5.96E-05	0.00012188	0.091	OK
8	28000	2.6487	4.7365	0.000288732	0.000357994	0.091	OK
7	24500	6.7268	4.89	0.001148519	0.001397779	0.091	OK
6	21000	5.0526	5.2119	0.00109542	0.00152476	0.091	OK
5	17500	4.7429	5.3069	0.001411011	0.00210723	0.091	OK
4	14000	6.2761	5.1761	0.002302955	0.003489309	0.091	OK
3	10500	6.4848	4.6225	0.003909516	0.004715007	0.091	OK
2	7000	7.3142	3.507	0.007150012	0.008313616	0.091	OK
1	3500	6.9933	1.6938	0.014459774	0.017343277	0.091	OK
0	0	0	0	0	0	0	0

G. Torsi

Torsi merupakan puntir yang terjadi pada struktur yang disebabkan oleh ketidakberaturan antar struktur. Pada umumnya indikasi ketidakberaturan struktur adalah :

a. Ketidaksimetrisan beban pada struktur

b. Ketidaksimetrisan dimensi elemen-elemen pada struktur

c. Geometri antar lantai gedung yang tidak beraturan.

Dari tabel 14 dan 15 dibawah ini, nilai torsi tidak melebihi 1 , maka struktur yang ditinjau aman terhadap torsi.

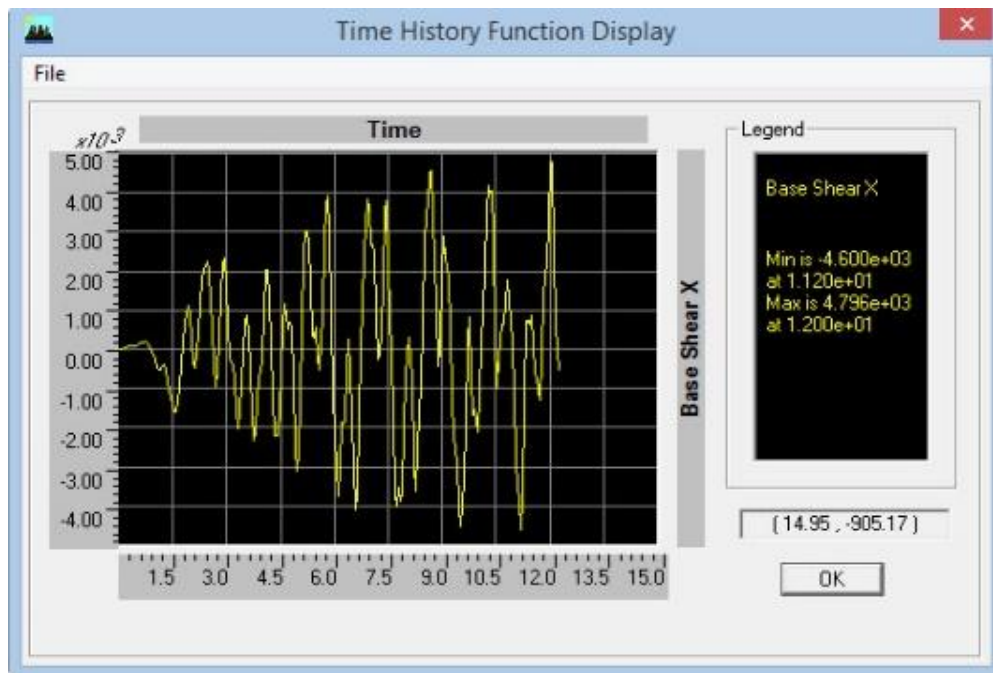
Tabel 14. Torsi pada arah x

Lantai	δ max (mm)	δ min (mm)	δ avg (mm)	Ax = (δmax/1.2*δavg)^2	Keterangan A<1
9	17.6	17.6	17.6	0.694	OK
8	17.1	17.1	17.1	0.694	OK
7	15.8	15.8	15.8	0.694	OK
6	14	14	14	0.694	OK
5	11.74	11.74	11.74	0.694	OK
4	9.6	9.6	9.6	0.694	OK
3	7.3	7.3	7.3	0.694	OK
2	4.76	4.76	4.76	0.694	OK
1	2.11	2.11	2.11	0.694	OK
0	0	0	0	0.000	0

Tabel 15. Torsi arah y

Lantai	δ max (mm)	δ min (mm)	δ avg (mm)	$A_x = (\delta_{max}/1.2*\delta_{avg})^2$	Keterangan $A < 1$
9	21.35	21.35	21.35	0.694	OK
8	18.64	18.64	18.64	0.694	OK
7	15.81	15.81	15.81	0.694	OK
6	12.88	12.88	12.88	0.694	OK
5	9.93	9.93	9.93	0.694	OK
4	7.11	7.11	7.11	0.694	OK
3	4.5	4.5	4.5	0.694	OK
2	2.3	2.3	2.3	0.694	OK
1	0.73	0.73	0.73	0.694	OK
0	0	0	0	0.000	0

H. Gaya Geser Dasar



Gambar 13. Hasil output gaya geser dasar pada ETABS
 Sumber: Program ETABS, 2016

Pada gambar 13, menampilkan hasil gaya geser dasar pada arah x. Gaya dasar dinamik time history
 Min = 4600 kNm
 Max = 4796 kNm

dari 85% dari gaya geser dasar *time history* (El Centro), maka skala faktor tidak perlu diubah

Hasil dari tabel 16 menunjukkan gaya geser hasil analisa statik ekuivalen lebih kecil

Tabel 16. Gaya geser dasar

Statik		0.85 Vstatik		Time History
Vx (kN)	Vy (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)	El Centro
366.36	670.66	311.407	570.057	Vbase dyn x = 0
773.15	1415.32	657.178	1203.02	min = 4600 kNm
1107.08	2026.61	941.02	1722.61	max = 4796 kNm
1372.98	2513.35	1167.03	2136.35	Vbase dyn y =
1577.10	2887.01	1340.54	2453.96	min = 11110 kNm
1724.95	3157.67	1466.21	2684.02	max = 10390 kNm
1821.59	3334.58	1548.35	2834.39	Vbase dyn min =
1874.67	3431.74	1593.47	2916.98	$(4600^2 + 11110^2)^{0.5} = 12024.65$ kNm
1893.72	3466.62	1609.66	2946.62	Vbase dyn max =
0.00	0.00	0	0	$(4796^2 + 10390^2)^{0.5} = 11443.5$ kNm

6. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

- a. Hasil penelitian ini menunjukkan struktur gedung memiliki jenis sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus. Analisis simpangan pada gedung apartemen 9 lantai untuk arah x dan y tidak melampaui batas ijin yang ditentukan dalam SNI 1726:2012.
- b. Perilaku struktur gedung apartemen 9 lantai adalah translasi tanpa mengalami rotasi yang terjadi pada mode 1 dan 2.
- c. Gaya geser dasar yang didapatkan sebesar 11443.5 kNm untuk *time history* dan 3466.62 kNm untuk statik ekuivalen

B. Saran

- a. Evaluasi kinerja struktur dengan menggunakan peraturan ATC-40
- b. Menggunakan rekaman gempa lebih dari 4 buah
- c. Menggunakan rekaman gempa yang ada di Indonesia

7. Daftar Pustaka

Anonim, 1989, *Buku Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Jakarta

Departemen Pekerjaan Umum, 2012, SNI 1726:2012 *Tata cara perencanaan struktur ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, Jakarta.

Mahbubah, Anne Zuhd Mahbubah, 2013, *Studi Perilaku Bangunan Multi Tower 15 Lantai Menggunakan NonLiner Time History Anaysis Dengan Membandingkan Dua Posisi Shear Wall (Studi Kasus :Apartemen Puncak Kertajaya)*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya

Pratama, Fajri Pratama, 2014, *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai dengan Analisis Time History Pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software ETABS*, Tugas Akhir, Universitas Negeri Solo, Solo

Afriadi, Yoyong Afriadi dan Iman Satyano, 2013, *Perbandingan Spektra Desain Beberapa Kota Besar di Indonesia dalam SNI gempa 2012 dan 2002*.

Subhan, Fajar Diantos Subhan, 2015, *Perencanaan Stuktur Beton Bertulang SRPMK dengan Kategori Desain Seismik D Sesuai dengan Peraturan SNI 1726:2012 dan SNI 2847 2013*, Tugas Akhir, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

Aggen, Wandrianto S. Aggen, 2014, *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung Bertingkat dengan Analisis Dinamik Time History Menggunakan Software ETABS*, Tugas Akhir, Universitas Negeri Solo, Solo

Satyarno, Iman Satyarno, 2012, *Belajar SAP 2000 Analisis Gempa*, Zamil Publishing, Yogyakarta.

Irsyam,M.,Sengara, I., Aldiamar, F.dkk,
2010, Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta
Gempa Indonesia 2012.