

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG GRAHA PENA MAKASSAR MENGGUNAKAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK) BERDASARKAN SNI 03-  
2847-2013 DAN SNI 03-1726-2012**

**Muhammad Haykal<sup>1</sup>, Elfira Resti Mulya<sup>2\*</sup>, Fitro Darwis**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada,

<sup>2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Pasifik Morotai, [resti.mulya@gmail.com](mailto:resti.mulya@gmail.com)

ABSTRAK

Perencanaan struktur dilakukan untuk mendapatkan struktur yang aman terhadap beban atau efek beban yang bekerja selama masa penggunaan bangunan. Tujuan perencanaan ini adalah merencanakan struktur gedung beton bertulang tahan gempa yang meliputi perhitungan dan gambar struktur berdasarkan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012) dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Metode pemodelan dan analisis struktur menggunakan software CSI ETABS V.13.1.1. Hasil dari analisis struktur menunjukkan bahwa pada masing – masing elemen struktur (plat lantai, balok, kolom, dan dinding geser) membutuhkan dimensi yang cukup besar serta tulangan yang cukup banyak baik pada tulangan lentur, tulangan geser, maupun tulangan torsinya. Hal ini disebabkan oleh besarnya beban yang didukung oleh struktur, sebab struktur memiliki dimensi yang cukup besar serta bentuk denah struktur yang tidak beraturan, yang kemudian menyebabkan beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gempa (E), dan beban angin (W) akan semakin besar pula. Selain itu, juga dipengaruhi oleh fungsi bangunan yang harus didukung oleh stuktur yaitu sebagai gedung perkuliahan dengan besar beban hidup (LL) 250 kg/m<sup>2</sup> dengan faktor keutamaan bangunan (I) = 1,5. Hal lain yang kemudian sangat berpengaruh adalah jenis tanah yang merupakan pendukung utama terhadap struktur yang dibangun di atasnya merupakan tanah lunak yang kemudian akan menyebabkan energi gempa yang diterima oleh struktur akan semakin besar pula.

Kata kunci : *beton bertulang, SRPMK, Response Spectrum Analysis dan Time History Analysis*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perencanaan struktur dilakukan untuk mendapatkan struktur yang aman terhadap beban atau efek beban yang bekerja selama masa penggunaan bangunan. Perencanaan struktur dibedakan dalam dua bagian. Pertama, perencanaan umum yang meliputi pemilihan tipe struktur dari berbagai alternatif yang memungkinkan. Selain itu, tata letak struktur, geometri atau bentuk bangunan, tinggi lantai, jarak antar kolom dan material bangunan ditetapkan secara percobaan. dan tahap kedua merupakan perencanaan terperinci, yaitu penentuan besar penampang-lintang balok, kolom, dan elemen struktur lainnya.

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa bertujuan untuk mencegah terjadinya keruntuhan struktur yang dapat berakibat fatal pada saat terjadi gempa. Kinerja struktur pada waktu menerima beban gempa dapat diklasifikasikan sebagai Akibat gempa ringan, struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada elemen strukturalnya maupun pada elemen non-strukturalnya. Akibat gempa sedang, elemen struktural bangunan tidak boleh rusak tetapi elemen nonstrukturalnya boleh mengalami kerusakan ringan namun struktur bangunan masih dapat digunakan. Akibat gempa besar, baik elemen struktural maupun elemen non-struktural bangunan akan mengalami kerusakan, tetapi struktur bangunan tidak boleh runtuh.

Model yang dianalisis adalah gedung Graha Pena Makasar dengan jenis tanah yang di gunakan yaitu tanah lunak. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan software CSI ETABS V.13.1.1.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan perencanaan ini adalah merencanakan struktur gedung beton bertulang tahan gempa yang meliputi perhitungan dan gambar struktur berdasarkan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012) dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)..

## 1.3 Batasan Masalah

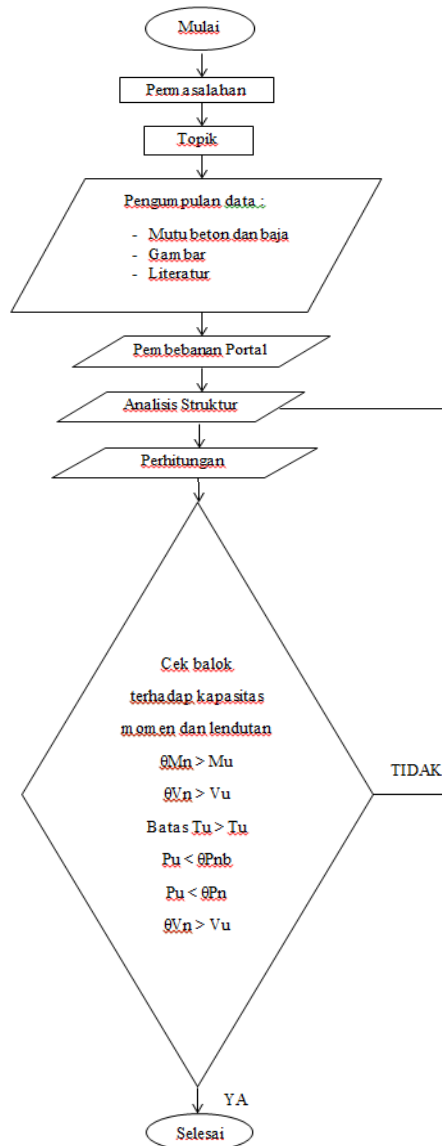
Batasan masalah dalam perencanaan ini meliputi :

- 1) Perencanaan dilakukan terhadap elemen struktur yang meliputi balok dan kolom, dengan analisis Frame 3D, Elemen dinding tidak dimodelkan sehingga hanya di asumsikan beban terbagi merata.
- 2) Perhitungan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 03-2847-2013 dan SNI 03-1726-2012
- 3) Cara analisis beban kerja struktur portal dilakukan dengan metode *Response Spectrum Analysis* dan *Time History Analysis*.
- 4) Struktur direncanakan dengan tingkat daktilitas penuh.
- 5) Gaya yang disebabkan oleh torsi dihitung hanya pada balok.
- 6) Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan program CSI ETABS V.13.1.1 dengan menganggap semua lantai adalah diafragma kaku terhadap arah lateral dan fleksible terhadap arah tegak lurus bidang (flexible out-of-plane).
- 7) Struktur beton bertulang memperhitungkan penampang inersia retak sehingga momen inersia kolom sebesar 70%, momen inersia balok 35%, momen inersia pelat 25 %, dan momen inersia dinding geser 70 %.
- 8) Hubungan balok dan kolom dinggap kaku dengan rigidity factor 0,5.
- 9) Ujung kolom lantai bawah dimodelkan perletakan jepit sempurna.

## 2 METODE PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dijelaskan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Tahapan penelitian

## 2.2 Pengumpulan Data

Perencanaan ini dilakukan menggunakan mutu beton untuk kolom, balok dan plat lantai menggunakan kuat desak ( $f_c'$ ) = 30 Mpa. Untuk kuat tarik baja tulangan ( $f_y$ ) dengan diameter  $\geq 13$  mm menggunakan tulangan deform (BJTD 400) dengan tegangan leleh minimum  $f_y = 400$  Mpa, adapun baja tulangan diameter  $\leq 12$  mm menggunakan baja tulangan polos (BJTP 240) dengan tegangan leleh minimum  $f_y = 240$  Mpa. Modulus elastis beton ( $E_c$ ) =  $4700 \sqrt{f_c'}$  = 25743 Mpa. Untuk modulus elastis baja ( $E_y$ ) = 200000 Mpa. Perencanaan struktur dalam penelitian ini dilakukan meliputi perencanaan balok, kolom, plat lantai dan dinding geser.

## 2.3 Pengolahan Data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengolah data adalah sebagai berikut:

- 1) Menggambar portal
- 2) Menghitung Beban
- 3) Meng-input beban
- 4) Menghitung beban gempa
- 5) Memasukkan data beban gempa
- 6) Memasukkan kombinasi beban
- 7) Menganalisis data dengan software CSI ETABS V.13.1.1.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Penentuan Parameter Gaya Gempa

Berdasarkan Tabel 9 SNI 1726 : 2012 untuk parameter struktur penahan gaya gempa Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK) diperoleh  $R = 8$  ;  $\Omega = 3$  ; dan  $Cd = 5,5$ .

#### 3.2 Penentuan Prosedur Analisis Gaya Lateral

Berdasarkan konsep SNI 1726 : 2012 pasal 6.5., pasal 4.1.2., pasal 7.5.4 dan pasal 7.6 tentang prosedur analisis gaya gempa yang boleh dilakukan dan melihat kategori desain seismik bahwa 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.

Struktur yang berkategori risiko IV ( jenis perkuliahan) dengan faktor keutamaan gempa  $I = 1,5$  yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik  $S1 = 1,1$  lebih besar dari 0,75 dan  $Ss = 1,3$  harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik yaitu E. Analisis statik ekuivalen (ELF) tidak diijinkan untuk kategori desain seismik E, maka prosedur analisis yang di iijinkan dan digunakan untuk analisis gaya gempa lateral yaitu Analisis Respon Spektrum dan Analisis Riwayat Waktu (THA).

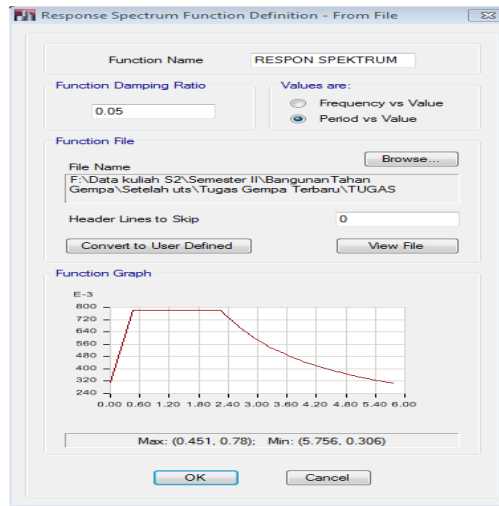
#### 3.3 Parameter Percepatan Desain

- Data gempa yang diperoleh dari soal yang telah ditentukan :  $Ss = 1,3$  ; dan  $S1 = 1,1$ .
- Berdasarkan tabel 4 dan tabel 5 SNI 1726 : 2012 diperoleh :
 

SE (tanah lunak)	$= Ss > 1,25$	diperoleh $Fa = 0,9$
	$S1 > 0,50$	diperoleh $Fv = 2,4$
- Berdasarkan SNI 1726 : 2012 halaman 21 persamaan (5) dan persamaan (6), maka :
 

$SMS$	$= Fa \times Ss$	$= 0,9 \times 1,3$	$= 1,17$
$SM1$	$= Fv \times S1$	$= 2,4 \times 1,1$	$= 2,64$
$Sds$	$= 2/3 \times SMS$	$= 2/3 \times 1,17$	$= 0,78$
$Sd1$	$= 2/3 \times SM1$	$= 2/3 \times 2,64$	$= 1,76.-$

Adapun grafik respon spektrum gempa rencana berdasarkan hasil perhitungan yang kemudian di input ke dalam software CSI ETABS V.13.1.1. seperti ditunjukkan pada Gambar dibawah ini :



**Gambar 2.** Grafik respon spektrum gempa rencana

### 3.4 Desain *Time History Analysis* (THA)

Nilai respon spektrum tersebut harus dikalikan dengan suatu faktor skala (FS) yang besarnya =  $g \times I/R$  dengan  $g$  = percepatan gravitasi ( $g = 9,81 \text{ m/det}^2$ ).  $FS = 9,81 \times 1,5/8 = 1,84$ . Analisis dinamik dilakukan dengan metode superposisi respon spektrum dengan mengambil respon maksimum dari 4 arah gempa yaitu  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ , dan  $135^\circ$ . Nilai redaman untuk struktur beton diambil,  $Damping = 0,05$ .

Digunakan number eigen  $NE = 3$  dengan mass participation factor  $\geq 90 \%$  dengan kombinasi dinamis (modal combination) CQC dan directional combination SRSS. Dalam analisis ini digunakan rekaman gerakan tanah akibat gempa yang diambil dari akselerogram gempa El-Centro N-S yang direkam pada tanggal 15 Mei 1940 dalam software CSI ETABS V.13.1.1. seperti ditunjukan pada Gambar dibawah ini :



**Gambar 3.** Grafik respon *time history* El-Centro

### 3.5 Waktu Getar Alami Hasil Analisis

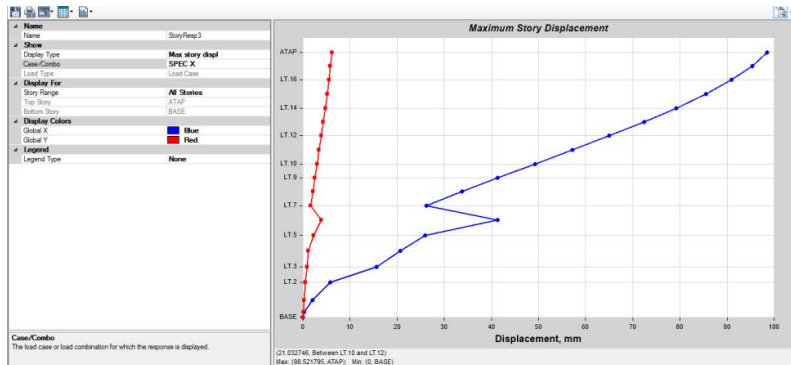
Hasil analisis waktu getar alami struktur periode alami penampang utuh dan penampang retak yang diperoleh dari ETABS sebagai berikut :

**Tabel 1.** Perbandingan periode alami penampang utuh dan penampang retak

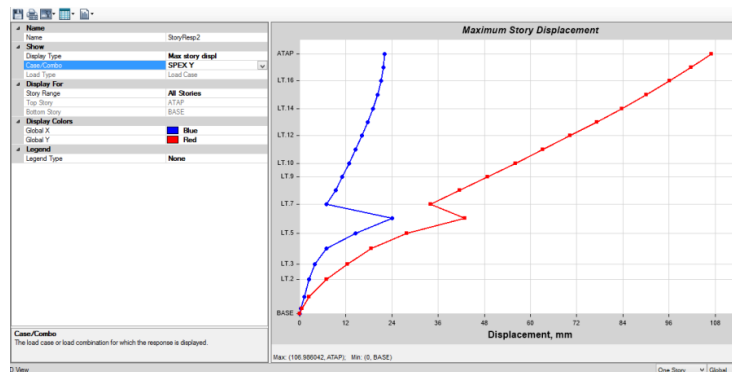
Metode Perhitungan Periode Alami	Periode alami (mode 1) sec
Etabs 2013 (penampang Utuh)	1.403
Etabs 2013 (penampang crack)	1.819

### 3.6 Analisis Respon Spektrum (RSA)

Hasil simpangan antar tingkat dari ETABS disajikan dalam tabel dan gambar di bawah ini :



Gambar 4. Story displacement arah X



Gambar 5. Story displacement arah Y

Tabel 2. Hasil perhitungan drift antar tingkat akibat gempa arah X

Lantai	hi (m)	Total Drift (m)	Stroy Drift (m)	Stroy Drift * Cd (m)	Drift Ratio (m)	Syarat Drift
story 17	4	0.0065	0.0003	0.00165	0.0150	OK
story 16	4	0.0062	0.0011	0.00605	0.0150	OK
story 15	4	0.0051	0.0002	0.0011	0.0150	OK
story 14	4	0.0049	0.0007	0.00385	0.0150	OK
story 13	4	0.0042	0.0008	0.0044	0.0150	OK
story 12	4	0.0034	0.0006	0.0033	0.0150	OK
story 11	4	0.0028	0.0008	0.0044	0.0150	OK
story 10	4	0.002	0.0002	0.0011	0.0150	OK
story 9	4	0.0018	0.0003	0.00165	0.0150	OK
story 8	4	0.0015	0.0005	0.00275	0.0150	OK
story 7	4	0.001	-0.003	-0.0165	0.0150	OK
story 6	4.5	0.004	0.0012	0.0066	0.0169	OK
story 5	4.5	0.0028	0.0017	0.00935	0.0169	OK
story 4	4.5	0.0011	0.0003	0.00165	0.0169	OK
story 3	4.5	0.0008	0.0005	0.00275	0.0169	OK
story 2	4.5	0.0003	0.0002	0.0011	0.0169	OK
story 1	5	0.0001	0.0001	0.00055	0.0188	OK

Tabel 3. Hasil perhitungan drift antar tingkat akibat gempa arah Y

Lantai	hi (m)	Total Drift (m)	Stroty Drift (m)	Stroty Drift * Cd (m)	Drift Ratio (m)	Syarat Drift
story 17	4	0.022	0.001	0.0055	0.0150	OK
story 16	4	0.021	0.001	0.0055	0.0150	OK
story 15	4	0.02	0.002	0.011	0.0150	OK
story 14	4	0.018	0.0008	0.0044	0.0150	OK
story 13	4	0.0172	0.0024	0.0132	0.0150	OK
story 12	4	0.0148	0.0008	0.0044	0.0150	OK
story 11	4	0.014	0.0015	0.00825	0.0150	OK
story 10	4	0.0125	0.001	0.0055	0.0150	OK
story 9	4	0.0115	0.0015	0.00825	0.0150	OK
story 8	4	0.01	0.002	0.011	0.0150	OK
story 7	4	0.008	-0.016	-0.088	0.0150	OK
story 6	4.5	0.024	0.011	0.0605	0.0169	NO
story 5	4.5	0.013	0.0035	0.01925	0.0169	NO
story 4	4.5	0.0095	0.0035	0.01925	0.0169	NO
story 3	4.5	0.006	0.002	0.011	0.0169	OK
story 2	4.5	0.004	0.002	0.011	0.0169	OK
story 1	5	0.002	0.002	0.011	0.0188	OK

### 3.7 Perencanaan Plat Lantai

Pada struktur gedung Garuda Pena terdapat 10 tipe pelat lantai sesuai dengan denah struktur dan dimensinya yang disimbolkan dengan S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, dan S10. Resume dari hasil perencanaan struktur masing – masing tipe plat lantai tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

**Tabel 4.** Resume hasil perencanaan plat lantai

Tipe Pelat	Ukuran (m)	Tebal (m)	Momen Ultimit (kNm)				Penulangan			
			Mu lx	Mu ly	Mu tx	Mu ty	Tul. lx	Tul. ly	Tul. tx	Tul. ty
S1	4 x 4	0,12	2,786	2,786	5,683	5,683	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S2	4 x 4	0,12	2,786	2,786	5,683	5,683	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S3	8 x 8	0,40	24,045	24,045	49,051	49,051	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 75	P 10 – 75
S4	4 x 4	0,50	7,163	7,163	14,613	14,613	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S5	3 x 4	0,15	2,795	1,339	4,932	3,898	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S6	2 x 4	0,20	2,150	0,556	3,040	1,965	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S7	5,5 x 6	0,15	6,986	5,565	13,497	12,432	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S8	4 x 10	0,50	17,765	4,011	23,782	14,613	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S9	4 x 8	0,40	13,946	3,607	19,717	12,744	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100
S10	4 x 4	0,12	2,786	2,786	5,683	5,683	P 10 – 150	P 10 – 150	P 10 – 100	P 10 – 100

### 3.8 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser direncanakan untuk menahan geser bidang horizontal dan vertikal serta momen lentur akibat gempa. Resume dari hasil perencanaan struktur dinding geser tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

**Tabel 5.** Resume hasil perencanaan dinding geser

Dimensi (m)				Gaya – Gaya Dalam			Penulangan	
Tebal	P total	P badan	h total	Mu (kNm)	Pu (kN)	Vu (kN)	Horisontal	Vertikal
0,45	5	6	76	21.409,88	19.541,16	8.789,81	D22 – 150	D22 – 150

### 3.9 Perencanaan Balok

Pada struktur gedung Garaha Pena terdapat 11 tipe balok sesuai dengan denah struktur dan dimensinya yang disimbolkan dengan B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, PC1, PC2, PC3, dan PC4. Resume dari hasil perencanaan struktur masing – masing tipe balok tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

**Tabel 6.** Resume hasil perencanaan balok

Tipe Balok	Ukuran b/h (m)	Gaya – Gaya Dalam								Penulangan							
		Momen lentur (kNm)				Gaya geser (kN)				Torsi (kNm)	Lentur				Geser		Torsi
		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan		Lapangan			Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
		Mu	φMn	Mu	φMn	Vu	φVn	Vu	φVn		Atas	Bawah	Atas	Bawah			
B1	0,3/0,4	204,39	358,32	263,82	358,32	212,15	316,06	202,26	277,42	9,13	8 D 22	4 D 22	4 D 22	8 D 22	4 P10 - 100	4 P10 - 120	2 D 13
B2	0,25/0,6	436,07	501,66	347,95	501,66	210,62	412,52	188,75	306,97	8,91	8 D 22	4 D 22	4 D 22	8 D 22	4 P10 - 100	4 P10 - 150	2 D 13
B3	0,3/0,7	492,65	601,60	391,09	601,60	324,18	508,78	308,15	384,38	21,23	8 D 22	4 D 22	4 D 22	8 D 22	4 P10 - 100	4 P10 - 150	2 D 13
B4	0,4/0,8	1.361,32	1.555,04	1.152,36	1.555,04	579,50	611,89	556,94	652,68	96,61	18 D 22	10 D 22	10 D 22	18 D 22	4 P10 - 100	4 P10 - 150	4 D 16
B5	0,8/1,0	1.730,75	1.795,26	1.462,02	1.795,26	657,48	797,25	543,53	706,77	88,75	16 D 22	8 D 22	8 D 22	16 D 22	P10 - 100	P10 - 150	4 D 13
B6	0,2/0,4	131,42	156,87	104,29	156,87	67,12	151,08	66,05	117,15	12,87	4 D 22	2 D 22	2 D 22	4 D 22	P10 - 100	P10 - 150	4 D 13
B7	0,15/0,6	276,06	378,14	228,17	378,14	88,17	215,85	75,05	163,07	19,72	6 D 22	4 D 22	4 D 22	6 D 22	P10 - 100	P10 - 150	4 D 13
PC1	0,5/1,0	1.501,72	3.0875,5	2.625,51	3.0875,5	1.082,8	1.110,4	932,94	1.045,4	172,41	28 D 22	14 D 22	14 D 22	28 D 22	4 P12 - 100	4 P12 - 120	4 D 16
PC2	0,6/0,8	1.147,95	1.914,31	1.615,61	1.914,31	787,18	1.002,9	658,93	821,99	195,24	22 D 22	12 D 22	12 D 22	22 D 22	4 P10 - 100	P10 - 150	4 D 13
PC3	0,7/0,8	2.116,48	2.425,37	1.994,94	2.425,37	835,92	983,11	803,52	879,96	187,73	28 D 22	14 D 22	14 D 22	28 D 22	4 P12 - 100	4 P12 - 120	4 D 13
PC4	0,4/0,8	871,03	1.045,84	802,67	1.045,84	533,19	637,91	167,63	351,39	871,03	12 D 22	6 D 22	6 D 22	12 D 22	4 P10 - 100	P10 - 150	4 D 13

### 3.10 Perencanaan Kolom

Pada struktur gedung Graha Pena terdapat 4 tipe kolom sesuai dengan denah struktur dan dimensinya yang disimbolkan dengan K1, K2, K4, dan K5. Resume dari hasil perencanaan struktur masing – masing tipe kolom tersebut dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

**Tabel 7.** Resume hasil perencanaan kolom

Tipe kolom	Ukuran b x h (m)	Gaya – gaya dalam				Penulangan		
		Pu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)	Nu (kN)	Lentur	Geser	
							Tumpuan	Lapangan
K1	1,2 x 1,2	9.292,10	1.450,12	681,39	-9.292,10	8 D 22	P12 - 100	P12 - 150
K2	0,8 x 0,8	2.752,59	1.297,37	606,11	-2.752,59	8 D 22	4 P12 - 100	4 P12 - 150
K4	0,9 x 0,9	940,33	880,02	380,69	-940,33	8 D 22	P12 - 100	P12 - 150
K5	1,2 x 1,2	9.285,23	1.894,43	693,30	-9.285,23	8 D 22	P12 - 100	P12 - 150

Model yang dianalisis adalah gedung Graha Pena Makasar dengan jenis tanah yang digunakan yaitu tanah lunak. Secara umum struktur bangunan tersebut memiliki 17 lantai dan 1 lantai basement dengan bentuk geometri bangunan tidak beraturan serta menggunakan material beton bertulang sebagai rangka utama strukturnya. Gedung tersebut direncanakan dan dibangun diatas tanah lunak dengan fungsi utama bangunan sebagai gedung perkuliahan. Spesifikasi bahan yang digunakan yaitu mutu beton ( $f'c$ ) = 30 MPa, sedangkan untuk baja tulangan menggunakan Baja U 24 untuk besi tulangan  $P \leq 12$ ,  $f_y = 240$  MPa. Baja U 40 untuk besi tulangan  $D > 13$ ,  $f_y = 400$  MPa. Struktur gedung Graha Pena memiliki denah struktur yang tidak beraturan serta memiliki tingkat lantai yang lebih dari 10 lantai dan berkategori resiko IV dengan faktor keutamaan gempa  $I = 1,5$  yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik  $S1 = 1,1$  lebih besar dari 0,75 dan  $Ss = 1,3$  harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik yaitu E. Oleh

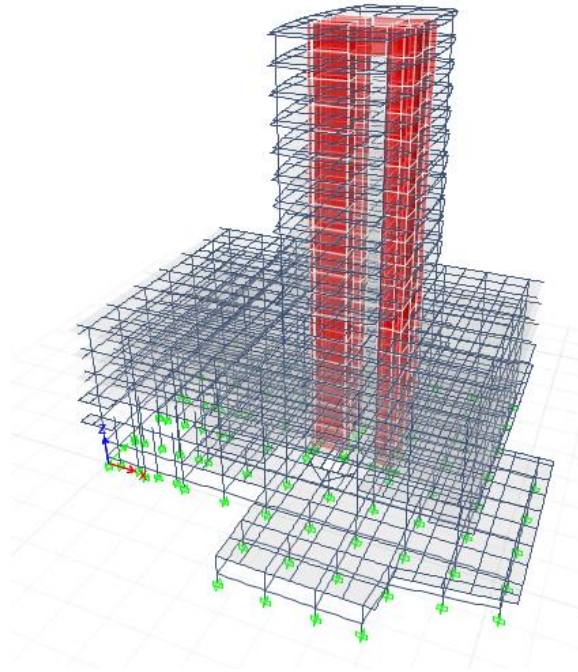


sebab itu, Analisis statik ekivalen (ELF) tidak diijinkan untuk kategori desain seismik E, maka prosedur analisis yang diijinkan dan digunakan untuk analisis gaya gempa lateral yaitu analisis dinamik Response Spectrum Analysis dan Time History Analysis. Analisis dinamik linier riwayat waktu (time history) sangat cocok digunakan untuk analisis struktur yang tidak beraturan terhadap pengaruh gempa rencana. Mengingat gerakan tanah akibat gempa di suatu lokasi sulit diperkirakan dengan tepat, maka sebagai input gempa dapat didekati dengan gerakan tanah yang disimulasikan. Dalam analisis ini digunakan hasil rekaman akselerogram gempa sebagai input data percepatan gerakan tanah akibat gempa. Rekaman gerakan tanah akibat gempa diambil dari akselerogram gempa El-Centro N-S yang direkam pada tanggal 15 Mei 1940.

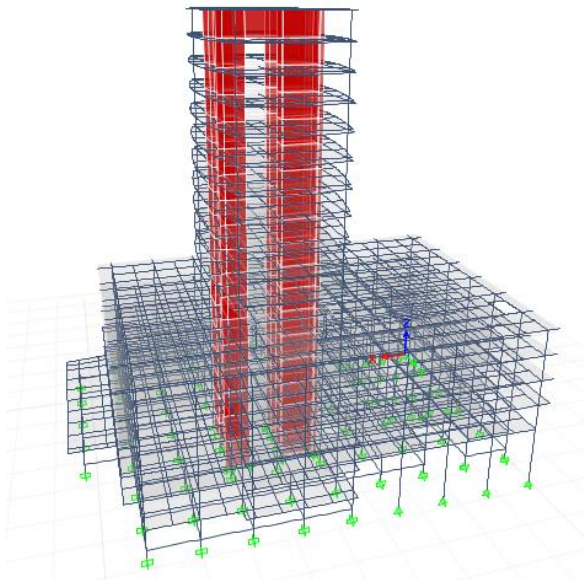
Pada gedung-gedung bertingkat, perilaku struktur akibat beban-beban yang bekerja mengakibatkan terjadinya distribusi gaya. Konsep perancangan konstruksi didasarkan pada analisis kekuatan batas (ultimate-strength) yang mempunyai daktilitas cukup untuk menyerap energi gempa sesuai dengan peraturan yang berlaku. Prosedur perhitungan struktur bangunan diasumsikan bahwa masing – masing elemen struktur tertentu pada bangunan portal memiliki persamaan gaya – gaya dalam sehingga cara perhitungannya juga sama dengan menggunakan nilai maksimum gaya – gaya dalam pada masing – masing elemen struktur tersebut. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan software CSI ETABS V.13.1.1, sedangkan untuk perhitungan tulangan menggunakan Microsoft excel 2010 untuk mempermudah perhitungan.

Hasil dari analisis software CSI ETABS V.13.1.1 menunjukkan bahwa struktur telah mencapai mass participation factor  $\geq 90$  % dengan kombinasi dinamis (modal combination) CQC dan directional combination SRSS, baik dari penampang utuh (full dimension) maupun penampang retak (crack dimension). Sedangkan perbandingan periode alami penampang utuh (full dimension) dan penampang retak (crack dimension) pada modal 1 berturut – turut yaitu 1,403 detik dan 1,819 detik.

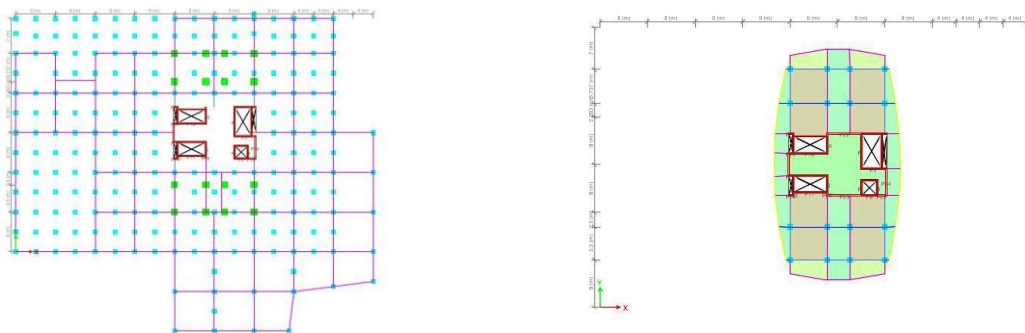
Hasil dari analisis struktur menunjukkan bahwa pada masing – masing elemen struktur (plat lantai, balok, kolom, dan dinding geser) membutuhkan dimensi yang cukup besar serta tulangan yang cukup banyak baik pada tulangan lentur, tulangan geser, maupun tulangan torsinya. Hal ini disebabkan oleh besarnya beban yang didukung oleh struktur, sebab struktur memiliki dimensi yang cukup besar serta bentuk denah struktur yang tidak beraturan, yang kemudian menyebabkan beban mati (DL), beban hidup (LL), beban gempa (E), dan beban angin (W) akan semakin besar pula. Selain itu dipengaruhi oleh fungsi bangunan yang harus didukung oleh stuktur dengan besar beban hidup (LL)  $250 \text{ kg/m}^2$  dengan faktor keutamaan bangunan ( $I$ ) = 1,5. Hal lain yang kemudian sangat berpengaruh adalah jenis tanah yang merupakan pendukung utama terhadap struktur yang dibangun di atasnya merupakan tanah lunak yang kemudian akan menyebabkan energi gempa yang diterima oleh struktur akan semakin besar pula.



**Gambar 6.** Tampak depan model pemodelan pada software CSI ETABS V.13.1.1.



**Gambar 7.** Tampak belakang model pemodelan pada software CSI ETABS V.13.1.1.



**Gambar 8.** Denah lantai 1 dan denah lantai atap

#### 4 KESIMPULAN

Struktur direncanakan sebagai Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK), sehingga diperoleh  $R = 8$  ;  $\Omega = 3$  ; dan  $Cd = 5,5$ . Struktur gedung Graha Pena memiliki denah struktur yang tidak beraturan serta memiliki tingkat lantai yang lebih dari 10 lantai dan berkategori risiko IV dengan faktor keutamaan gempa  $I = 1,5$  dan ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik yaitu E. Oleh sebab itu, Analisis statik ekuivalen (ELF) tidak diijinkan untuk kategori desain seismik E, maka prosedur analisis yang diijinkan dan digunakan untuk analisis gaya gempa lateral yaitu analisis dinamik Response Spectrum Analysis dan Time History Analysis. Hasil dari analisis software CSI ETABS V.13.1.1 menunjukkan bahwa struktur telah mencapai mass participation factor  $\geq 90$  % dengan kombinasi dinamis (modal combination) CQC dan directional combination SRSS, baik dari penampang utuh (full dimension) maupun penampang retak (crack dimension). Periode alami penampang utuh (full dimension) dan penampang retak (crack dimension) pada modal 1 berturut – turut yaitu 1,403 detik dan 1,819 detik. Oleh karena besarnya beban yang harus didukung, maka pada bentangan balok yang terlalu panjang (16 m), diperpendek bentangannya dengan cara menambahkan kolom pada tengah bentangnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim., (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Gedung SNI 2847-2013*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [2] Anonim., (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- [3] Dipohusodo. I., (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [4] Rastandi. J., I., (2006). *Dampak Pembatasan Waktu Getar Alami pada Gedung Bertingkat Rendah*. Seminar HAKI. Jakarta.
- [5] Vis. W., C., Kusuma Gedeon., (1993). *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Erlangga. Jakarta.