

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA
MENGUNAKAN METODE DINDING GESER YANG MENGACU
PADA SNI – 1726 – 2012 PADA GEDUNG DEKANAT
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

Muhammad Anugerah Ghaffar¹, Agoes Soehardjono MD², Devi Nuralinah²

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : ghaffarcool@rocketmail.com

ABSTRAK

Kemajuan ilmu dan teknologi berpengaruh besar dalam perkembangan Indonesia di segala aspek, terutama dalam aspek pembangunan. Pemerintah berperan aktif dalam mewujudkan pembangunan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup manusia yang beragam. Banyaknya fasilitas yang dibangun untuk kebutuhan masyarakat menimbulkan permasalahan dalam memperoleh lahan. Lahan yang tersedia tidak bertambah, sedangkan kebutuhan manusia terus meningkat. Oleh karena itu dipilih solusi untuk menciptakan bangunan tinggi dalam mengatasi masalah tersebut. Sesuai pedoman peraturan gempa terbaru SNI – 1726 – 2012 terdapat delapan alternatif sistem atau subsistem yang dapat digunakan dalam merencanakan struktur gedung bertingkat tinggi yang tahan terhadap gempa. Salah satu sistem yang saat ini menjadi alternatif adalah sistem dinding geser. Dalam hal ini dilakukan perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang terdiri dari delapan lantai. Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memperoleh besarnya momen, gaya lintang, dan gaya lateral yang akan digunakan untuk menghitung luas tulangan dan dimensi elemen struktur balok, kolom, dan dinding geser. Konsep perencanaan yang digunakan adalah metode kekuatan yang biasanya disebut dengan *ultimate strength method*, dimana beban bekerja pada elemen struktur dinaikkan secukupnya dengan beberapa faktor reduksi untuk mendapatkan beban yang mana keruntuhan dinyatakan “telah diambang pintu” atau biasa disebut juga dengan beban berfaktor. Pada perencanaan ulang ini dilakukan beberapa perubahan terhadap desain awal yaitu perubahan desain gedung, dimensi elemen struktur, dan dinding geser. Perencanaan tulangan lentur dan tulangan geser dibatasi pada Portal E yang dianggap telah mewakili portal yang lainnya. Dari hasil perhitungan untuk tulangan lentur balok dan kolom diperoleh tulangan D22 dan untuk tulangan geser diperoleh Ø10 dengan jarak sengkang yang berbeda – beda. Untuk dinding geser diperoleh tulangan horizontal dan tulangan vertikal yaitu Ø10 – 200 (2 lapis). Hasil perhitungan yang didapat digunakan untuk gambar detail penulangan.

Kata – kata kunci : Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, dinding geser, tahan gempa, SNI – 1726 – 2012.

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang sering terkena bencana gempa bumi. Secara sains dan teknologi hal ini disebabkan karena adanya pertemuan antara empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, lempeng Benua Australia, lempeng Samudera Hindia, dan lempeng Samudera Pasifik. Selain itu Indonesia juga terletak pada kawasan daerah cincin api pasifik yang mengakibatkan sering terjadi aktivitas gempa bumi pada kawasan ini.

Pertumbuhan aktivitas manusia yang terus meningkat menyebabkan perubahan pola bangunan terutama pada daerah perkotaan. Adanya krisis lahan pada perkotaan yang mengakibatkan harga tanah menjadi mahal maka bangunan didesain tidak lagi ke arah samping melainkan ke arah atas. Struktur bangunan bertingkat ini yang menjadi alternatif bagi masyarakat dalam memenuhi aktivitasnya.

Pada pembangunan gedung bertingkat sering terjadi permasalahan yaitu apakah bangunan tersebut aman terhadap beban luar seperti akibat angin dan gempa bumi. Semakin tinggi suatu bangunan maka semakin besar efek yang diterima oleh struktur. Oleh karena itu faktor keamanan bangunan harus menjadi pertimbangan para perencana untuk menghindari kerusakan dan kegagalan bangunan.

Setelah keluarnya peta dan peraturan gempa terbaru maka di dalam skripsi ini akan membahas tentang perencanaan ulang gedung tahan gempa dengan objek studi pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan metode dinding geser sebagai desain alternatif yang sesuai dengan peraturan yang ditetapkan di Indonesia, untuk struktur beton bertulang SNI – 03 – 2847 – 2002 dan peraturan gempa terbaru yaitu SNI – 1726 – 2012 dan dari hasil perhitungan dipakai untuk merencanakan pendetailan struktur.

Suatu gedung dikatakan tinggi jika pada analisis struktur dan desainnya dipengaruhi oleh beban lateral yang akan menyebabkan goyangan pada bangunan. Goyangan adalah

besarnya perpindahan lateral pada bagian atas bangunan terhadap dasarnya. Pada desain bangunan tinggi, sistem struktural harus mempertimbangkan persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas. Persyaratan kekuatan adalah faktor dominan dalam desain struktur bangunan rendah. Sedangkan untuk bangunan tinggi, persyaratan kekakuan dan stabilitas menjadi lebih penting dan lebih dominan dalam desain. (Taranath, 1998)

Perencanaan struktur dengan menggunakan metode kekuatan (*strength design method*), yang terlebih dahulu dinamakan *ultimate strength method*), beban kerja dinaikkan secukupnya dengan beberapa faktor reduksi untuk mendapatkan beban dengan keruntuhan yang dinyatakan f_c telah “diambang pintu” atau dinamakan beban terfaktor. Struktur atau unsurnya diproporsikan sedemikian sehingga mencapai kekuatannya pada saat bekerjanya beban terfaktor. Perhitungan kekuatan ini memperhitungkan sifat hubungan yang tidak linear antara tegangan dan regangan dari beton. (Wang dan Salmon, 1994)

Walaupun dinding struktural direncanakan memikul seluruh beban gempa, namun rangka balok – kolom di atas harus diperhitungkan terhadap efek simpangan lateral dinding struktural oleh beban gempa rencana, mengingat rangka tersebut ditiap lantai masih menyatu dengan dinding struktur melalui lantai – lantai. Efek tersebut di atas dinamakan “syarat kompatibilitas deformasi” yang oleh SNI – 03 – 2847 – 2002 Pasal 23.9 ditetapkan bahwa komponen struktur yang semula bukan merupakan sistem pemikul beban lateral harus sanggup tetap memikul beban gravitasi bila terkena deformasi lateral yang disebabkan oleh beban gempa rencana. Hal ini telah ditentukan oleh SNI – 03 – 2847 – 2002 Pasal 23.9, bahwa detail gempa khusus diperlukan untuk komponen – komponen non – sistem pemikul beban lateral. (R. Purwono, 2005)

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran langkah – langkah penelitian secara sistematis supaya proses penelitian dapat berjalan lebih teratur dan sesuai dengan peraturan struktur beton bertulang SNI – 03 – 2847 – 2002 dan peraturan gempa SNI – 1726 – 2012.

Pada perencanaan ulang pada penelitian ini tulangan yang dipakai direncanakan menggunakan tulangan deform yaitu tulangan yang memiliki bentuk permukaan tidak halus (bergerigi dan berulir) yang diharapkan mampu memiliki daya lekat yang baik terhadap beton bila dibandingkan dengan tulangan yang polos. Mutu bahan yang digunakan yaitu :

Mutu beton ($f'c$) = 300 kg/cm²
 Mutu tulangan polos (f_y) = 2400 kg/cm²
 Mutu tulangan ulir (f_y) = 4000 kg/cm²

Pembebanan yang diperhitungkan pada perencanaan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang secara garis besar adalah beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

Dalam perencanaan tugas akhir ini, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut SNI – 03 – 2847 – 2002 analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen karena bentuk struktur gedung beraturan dan simetris. Untuk mendapatkan nilai respons spektrum, faktor angka tertentu, dan peta gempa menggunakan peraturan gempa SNI – 1726 – 2012. Hasil perhitungan digunakan untuk mendapatkan besarnya gaya – gaya dalam yang bekerja pada struktur digunakan program STAAD Pro 2008 V8i.

Prinsip dasar yang digunakan untuk mendesain penampang beton bertulang pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang adalah dengan menggunakan metode kekuatan (*strength design method*) yaitu : $U \leq \phi R_n$. Hasil perhitungan yang telah dikontrol perhitungannya akan dituangkan ke dalam bentuk gambar detail penulangan.

Bagan alur perencanaan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alur perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Awal Dan Dimensi Struktur

Perencanaan struktur gedung yang kuat dan aman harus berdasarkan kebutuhan tata ruang dan desain secara arsitektural. Hal ini dilakukan agar adanya kesesuaian antara elemen struktur yang direncanakan dan fungsinya. Oleh karena itu pendimensian

setiap elemen struktur yang ditaksir harus sama dengan kebutuhan desain bangunan tersebut.

- Dimensi balok
 - Balok B1 = 40/70 cm
 - Balok B2 = 20/40 cm
 - Balok ring = 30/30 cm
- Dimensi kolom
 - Kolom K1 = 60/80 cm
 - Kolom K2 = 40/40 cm
- Dimensi dinding geser
 - Portal A (3 – 4) lantai 1 – 7 dengan ketebalan dinding geser 15 cm.
 - Portal F (3 – 4) lantai 1 – 7 dengan ketebalan dinding geser 15 cm.

Perhitungan Massa Bangunan

Perhitungan massa bangunan digunakan sebagai beban gempa yang akan bekerja pada bangunan.

Tabel 1 Rekapitulasi massa bangunan per lantai

Tingkat	Beban Mati (Kg)	Beban Hidup (Kg)	Reduksi Beban Hidup 50%	Beban Kombinasi 1,2 D + 1,6 L (Kg)
Atap	185721	4122	2061	226163
Lantai 8	483803	47355	23677	618447
Lantai 7	583849	111269	55635	789634
Lantai 6	569461	111269	55635	772369
Lantai 5	569461	111269	55635	772369
Lantai 4	569461	111269	55635	772369
Lantai 3	588059	111269	55635	794686
Lantai 2	777417	111269	55635	1021916
Total Beban Gravitasi Fy	4327233	719092		5767953

Perhitungan Spektrum Respons Desain

Pada peraturan gempa SNI – 1726 – 2012 yang terbaru nilai respons spektrum desain gempa tidak lagi mengikuti peraturan lama pada SNI – 1726 – 2002, sehingga besaran nilainya harus dicari terlebih dahulu. Tahapan perhitungannya adalah :

- Mencari parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}), dengan asumsi nilai F_a dan F_v diambil dari kelas situs SC.

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s = 1,1 \cdot 0,75 = 0,825$$

$$S_{m1} = F_v \cdot S_1 = 1,5 \cdot 0,3 = 0,45$$

- Menghitung parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek, S_{ds} dan periode 1 detik (S_{d1}).

$$S_{ds} = 2/3 \cdot S_{ms} = 2/3 \cdot 0,825 = 0,55$$

$$S_{d1} = 2/3 \cdot S_{m1} = 2/3 \cdot 0,45 = 0,3$$

- Menentukan periode fundamental pendekatan (T_a).

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2 \frac{A_i}{\left[1 + 0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2 \right]}$$

Tabel 2 Perhitungan nilai C_w

Lantai	Tinggi hi (m)	$\left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2$	Di (m)	Ai (m ²)	$\left(\frac{h_n}{D_i} \right)^2$	$\frac{1}{1+0,83 \left(\frac{h_i}{D_i} \right)^2}$	$A_i \left(\frac{h_n}{h_i} \right)^2$
7	4,840	59,839	5,400	52,272	0,803	1,667	1876,603
6	4,500	69,222	5,400	48,600	0,694	1,576	2134,124
5	4,500	69,222	5,400	48,600	0,694	1,576	2134,124
4	4,500	69,222	5,400	48,600	0,694	1,576	2134,124
3	4,500	69,222	5,400	48,600	0,694	1,576	2134,124
2	5,050	54,965	5,400	54,540	0,875	1,726	1736,960
1	5,050	54,965	5,400	54,540	0,875	1,726	1736,960
Total							13887,017

$$\begin{aligned} C_w &= (100 / A_B) \cdot 13387,017 \\ &= (100 / 413,7713) \cdot 13887,017 \\ &= 3356,206 \end{aligned}$$

Periode fundamental pendekatan, T_a , dalam detik untuk struktur dinding geser dapat digunakan rumus :

$$\begin{aligned} T_a &= \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n \\ &= \frac{0,0062}{\sqrt{3356,206}} 37,44 = 0,004 \text{ detik} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} h_n &= 37,44 \text{ m (tinggi total struktur gedung)} \\ A_B &= (5,4 \times 5,4 \times 12) + (3,65 \times 3,9 \times 2) + \\ &\quad (1,64 \times 2,7 \times 2) + (4,2 \times 3,28) + 127,493 \\ &= 413,7713 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Membuat spektrum respons desain
 - Untuk membuat periode yang lebih kecil dari T_0 , nilai S_a menggunakan persamaan berikut :

$$S_a = S_{ds} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

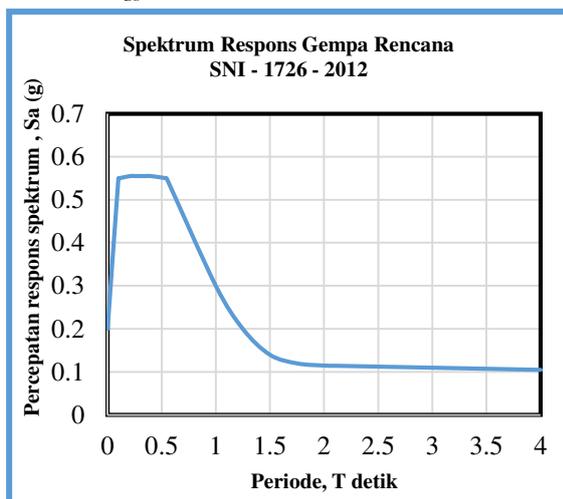
$$= 0,55 \left(0,4 + 0,6 \frac{0,004}{0,11} \right) = 0,232$$

- 2) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain S_a sama dengan S_{ds}
- 3) Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a diambil menggunakan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} = \frac{0,3}{0,004} = 74,872$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = 0,2 \frac{0,3}{0,55} = 0,109$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = \frac{0,3}{0,55} = 0,545$$



Gambar 2 Spektrum respons desain SNI – 1726 – 2012

- e. Menghitung koefisien respons seismik (C_s)
Koefisien respons seismik, C_s harus dihitung dengan persamaan :

$$C_s (\text{hitungan}) = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,55}{\left(\frac{5}{1} \right)} = 0,11$$

Keterangan :

I_e : 1 (faktor keutamaan gempa untuk kategori risiko II)

R : 5 (koefisien modifikasi respons untuk dinding geser beton bertulang biasa)

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan di atas tidak boleh melebihi :

$$C_s (\text{maks}) = \frac{S_1}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)} = \frac{0,3}{0,004 \left(\frac{5}{1} \right)} = 14,974$$

Nilai C_s yang dihitung juga tidak boleh kurang dari :

$$C_s (\text{min}) = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

$$= 0,044 \cdot 0,55 \cdot 1 \geq 0,01$$

$$= 0,0242 \geq 0,01$$

Jadi, nilai C_s yang diambil adalah nilai C_s yang dihitung karena :

$$C_s (\text{min}) \leq C_s (\text{hitungan}) \leq C_s (\text{maks}) :$$

$$0,0242 \leq \mathbf{0,11} \leq 14,97$$

Perhitungan Beban Geser Dasar Seismik Statik Ekuivalen

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W_{tot}$$

$$= 0,11 \cdot 5767953 = 634475 \text{ Kg}$$

Pada SNI – 1726 – 2002 disebutkan bahwa untuk perencanaan beban gempa sembarang, pembebanan gempa arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama, dengan efektifitas 30%.

$$V_x \text{ total} = V_y \text{ total} = 100\% V_x + 30\% V_y$$

$$= 1,3 V_x = 1,3 \cdot 634475$$

$$= 824817 \text{ Kg}$$

Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_i = C_{vx} \cdot V = \frac{w_i \cdot h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} V$$

Nilai k merupakan eksponen terkait dengan periode struktur. Nilai periode yang didapatkan pada perhitungan yang sebelumnya $T = 0,004$. Pada peraturan SNI – 1726 – 2012 disebutkan bahwa untuk struktur yang mempunyai periode 0,5 detik atau kurang, nilai $k = 1$.

Geser tingkat desain gaya gempa di semua tingkat (V_x) harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V_i = \sum_{i=1}^n F_i$$

Pada pembebanan portal melintang dinding geser didesain menerima beban gempa 100%, sedangkan portal melintang juga menerima beban gempa 20%, karena

lebar daerah penyaluran gempa 5,4 m dari lebar total gedung.

Tabel 3 Perhitungan distribusi gaya geser F_i dan V_i per lantai

Lantai	h_i (m)	W_i (kg)	$W_i h_i^k$ (kgm)	C_{vx}	F_i X-Y (kg)	V_x (kg)	SRG (kg) 100%	SRPM (kg) 20%
Atap	37,44	226163	8467555	0,08	64387	64387	64387	12877
8	32,94	618447	20371649	0,19	154906	219293	154906	30981
7	28,1	789634	22188716	0,20	168723	388016	168723	33745
6	23,6	772369	18227905	0,17	138605	526621	138605	27721
5	19,1	772369	14752245	0,14	112176	638796	112176	22435
4	14,6	772369	11276585	0,10	85747	724543	85747	17149
3	10,1	794686	8026329	0,07	61032	785576	61032	12206
2	5,05	1021916	5160677	0,05	39242	824817	39242	7848
Total			108471660	1,00				

Desain Penulangan Balok dan Kolom

Dari perencanaan pendimensian struktur dan kombinasi pembebanan, maka didapat hasil perhitungan yaitu nilai momen, gaya geser dari hasil perhitungan komputasi dengan menggunakan STAADPro.

Untuk merencanakan penulangan balok dipakai hasil dari nilai momen maksimum, dan gaya yang terbesar dari portal melintang yang ditinjau berdasarkan hasil perhitungan STAADPro tersebut. Nilai terbesar tersebut dipilih dengan anggapan bisa mewakili secara keseluruhan penulangan terbesar dari struktur balok tersebut.

Dari nilai momen dan gaya geser maksimum tersebut dicari dimensi tulangan dan jumlahnya. Dari parameter dimensi dan jumlah tulangan rencana tersebut akan dihitung nilai momen kapasitas. Apabila nilai momen dan gaya geser maksimum lebih kecil daripada momen dan geser kapasitasnya, maka struktur tersebut kuat dari beban kombinasi yang bekerja. Apabila

momen dan gaya geser maksimum lebih besar daripada momen dan geser kapasitasnya, maka perlu perubahan pada pendimensian tulangan, jumlah tulangan, jarak sengkang serta pendimensian balok tersebut.

Sama halnya dengan struktur balok, struktur kolom juga melakukan tahap yang sama, dari perencanaan pendimensian struktur dan kombinasi pembebanan, maka didapat hasil perhitungan yaitu nilai momen, gaya geser dan gaya aksial dari hasil perhitungan komputasi dengan menggunakan STAADPro.

Dari nilai momen, gaya geser, dan aksial maksimum tersebut dicari dimensi tulangan dan jumlahnya. Dari parameter dimensi dan jumlah tulangan rencana tersebut akan dihitung nilai momen kapasitas. Apabila nilai momen dan gaya geser maksimum lebih kecil daripada momen dan geser kapasitasnya, maka struktur tersebut kuat dari beban kombinasi yang bekerja. Apabila momen, gaya geser, dan aksial maksimum

lebih besar daripada momen dan geser kapasitasnya, maka perlu perubahan pada pendimensian tulangan, jumlah tulangan, jarak sengkang serta pendimensian balok tersebut.

Untuk ukuran balok ring atap dan ukuran balok B2 dipakai sengkang 2 kaki, baik di dalam dan di luar sendi plastis.

Tabel 4 Rekapitulasi kebutuhan tulangan lentur dan geser balok Portal E

Lantai	Balok	b (mm)	h (mm)	d' (mm)	Tulangan Lapangan		Tulangan Tumpuan		Sendi Plastis Sengkang (3 kaki)	Luar Sendi plastis Sengkang (2 kaki)
					Tul. atas (cm ²)	Tul. bawah (cm ²)	Tul. bawah (cm ²)	Tul. atas (cm ²)		
Atap	751	300	300	40	4 - D22	5 - D22	4 - D22	5 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	752	300	300	40	4 - D22	5 - D22	4 - D22	5 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	753	300	300	40	4 - D22	5 - D22	4 - D22	5 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	754	200	400	60	4 - D22	5 - D22	4 - D22	5 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
8	442	400	700	60	3 - D22	4 - D22	4 - D22	7 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	443	400	700	60	3 - D22	4 - D22	4 - D22	7 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	444	400	700	60	3 - D22	4 - D22	4 - D22	7 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	445	200	400	60	2 - D22	3 - D22	2 - D22	3 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
7	385	400	700	60	3 - D22	4 - D22	4 - D22	7 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	386	400	700	60	3 - D22	4 - D22	4 - D22	7 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	387	400	700	60	3 - D22	4 - D22	4 - D22	7 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	388	200	400	60	2 - D22	3 - D22	2 - D22	3 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
6	328	400	700	60	4 - D22	5 - D22	5 - D22	10-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	329	400	700	60	4 - D22	5 - D22	5 - D22	10-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	330	400	700	60	4 - D22	5 - D22	5 - D22	10-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	331	200	400	60	2 - D22	3 - D22	2 - D22	3 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
5	271	400	700	60	4 - D22	5 - D22	5 - D22	10-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	272	400	700	60	4 - D22	5 - D22	5 - D22	10-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	273	400	700	60	4 - D22	5 - D22	5 - D22	10-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	274	200	400	60	2 - D22	3 - D22	2 - D22	3-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
4	214	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	215	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	216	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	217	200	400	60	2 - D22	3 - D22	2 - D22	3 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
3	157	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	158	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	159	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	160	200	400	60	2 - D22	3 - D22	2 - D22	3 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
2	100	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	101	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	102	400	700	60	5 - D22	6 - D22	6 - D22	12-D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200
	103	200	400	60	2 - D22	3 - D22	2 - D22	3 - D22	Ø10 - 100	Ø10 - 200

Tabel 5 Rekapitulasi kebutuhan tulangan lentur dan geser kolom Portal E

Lantai	Kolom	b (mm)	h (mm)	d' (mm)	Tulangan Tarik = Tekan	Sendi Plastis		Luar Sendi Plastis	
						Senggang	Ket.	Senggang	Ket.
8	816	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	821	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	822	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	804	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	803	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki
7	728	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	729	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	730	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	714	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	713	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki
6	694	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	696	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	680	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	675	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	674	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki
5	658	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	660	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	644	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	639	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	638	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki
4	622	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	624	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	608	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	603	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	602	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki
3	586	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	588	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	572	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	567	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	566	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki
2	536	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	549	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	548	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	547	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	546	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki
1	500	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	513	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	512	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	511	600	800	50	6 - D 22	Ø 10 - 150	4 kaki	Ø 10 - 200	4 kaki
	510	400	400	40	4 - D 22	Ø 10 - 150	2 kaki	Ø 10 - 150	2 kaki

Desain Penulangan Dinding Geser

Dari perencanaan pendimensian struktur dan kombinasi pembebanan pada dinding geser pada *Tributary area*, dimana bagian yang termasuk area tersebut, maka didapat hasil perhitungan yaitu beban gravitasi sebagai nilai P_u dan beban lateral sebagai nilai V_u yang terdapat per lantai.

Untuk merencanakan penulangan dinding geser, dipilih hasil dari nilai beban gravitasi (P_u) maksimum, dan gaya lateral (V_u) maksimum pada Portal F (2 – 3). Dari parameter dimensi dan jumlah tulangan rencana tersebut akan dihitung nilai geser kapasitasnya. Apabila nilai kuat geser atau gaya lateral lebih kecil daripada nilai kuat geser kapasitasnya, maka struktur tersebut kuat dari beban kombinasi yang bekerja.

Apabila nilai kuat geser lebih besar daripada nilai kuat geser kapasitasnya, maka perlu perubahan pada pendimensian tulangan, jumlah tulangan, jarak tulangan serta pendimensian dinding geser tersebut.

Penambahan dinding geser pada struktur gedung yang direncanakan memiliki kelebihan diantaranya dari segi kekuatan, dinding geser memiliki kekuatan untuk melawan gaya lateral akibat gempa yang terjadi, sedangkan dari segi kekakuan dinding geser memberikan kekuatan lateral untuk mencegah goyangan pada gedung yang berlebihan, dan dimensi struktur kolom bisa didesain lebih kecil karena sebagian besar gaya lateral ditransfer ke dinding geser tersebut.

Tabel 6 Rekapitulasi tulangan dinding geser Portal F

Dinding Geser	Tebal Dinding Geser (mm)	Tinggi Dinding Geser (mm)	Beban Gravitasi, P_u (kg)	Beban Lateral, V_u (kg)	Tulangan Horizontal 2 sisi	Tulangan Vertikal 2 sisi
7	150	4840	23242	30981	Ø10 - 200 mm	Ø10 - 200 mm
6	150	4500	39191	33745	Ø10 - 200 mm	Ø10 - 200 mm
5	150	4500	38150	27721	Ø10 - 200 mm	Ø10 - 200 mm
4	150	4500	38150	22435	Ø10 - 200 mm	Ø10 - 200 mm
3	150	4500	38150	17149	Ø10 - 200 mm	Ø10 - 200 mm
2	150	5050	39552	12206	Ø10 - 200 mm	Ø10 - 200 mm
1	150	5050	53825	7848	Ø10 - 200 mm	Ø10 - 200 mm

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan, didapatkan kesimpulan bahwa pada perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang menggunakan metode dinding geser yang mengacu pada peraturan gempa terbaru SNI – 1726 – 2012 dipilih sebagai alternatif desain untuk memperhitungkan bahwa gedung tersebut juga dapat menerima gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa yang dikombinasikan dengan peraturan struktur beton SNI – 03 – 2847 – 2002. Pemilihan metode desain dinding geser sebagai alternatif desain bangunan juga menghasilkan gedung yang kuat dan aman karena sebagian gaya lateral sebagian

besar diterima oleh dinding geser. Dengan adanya pendetailan pada elemen – elemen struktur baik balok, kolom, dinding geser, dan hubungan balok kolom diharapkan mampu memperkecil kemungkinan kerusakan pada bangunan yang diakibatkan oleh gaya lateral tersebut. Pada perencanaan ulang ini dilakukan perubahan desain gedung struktur aktual terhadap dimensi elemen struktur balok, kolom, serta penambahan dinding geser pada Portal A dan Portal F. Perubahan denah dengan menghilangkan desain struktur ruang lobi pada lantai 1 dan ruang auditorium pada lantai 2. Hal ini bertujuan agar mengurangi proses perhitungan yang dikaji dan dianggap perlu. Perhitungan struktur hanya mengkaji aspek melintang pada portal yang

menggunakan metode komputasi dengan STAAD Pro 2008 V8i. Pada portal melintang (Portal E) digunakan metode sistem rangka pemikul momen yang menghasilkan penulangan pada balok, kolom dan hubungan balok kolom. Pada Portal F digunakan metode dinding geser yang menghasilkan penulangan dinding geser arah vertikal dan arah horizontal. Hasil perhitungan dipindahkan ke dalam gambar sesuai dengan kebutuhan setiap elemen struktur tersebut.

Pada perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya ini menggunakan batasan – batasan dan penyederhanaan dalam tahap perencanaan agar mempermudah perhitungan dan pendesainan. Hal yang tidak diperhitungkan dalam desain ini di antaranya peninjauan terhadap momen torsi, perencanaan terhadap rangka atap, tangga, bordes, plat lantai, lift, dan perencanaan terhadap struktur pondasi. Perlunya perbandingan desain alternatif pada gedung ini yang menggunakan peraturan gempa terbaru SNI – 1726 – 2012 agar didapat hasil yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonimous. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-1726-2002*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonimous. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 03-2487-2002*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonimous. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan non-Gedung, Standar Nasional Indonesia 1726-2012*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Imran, Iswandi. 2004. *Diktat Struktur Beton 1*. Bandung : Penerbit ITB.
- McCormac, J.C dan Nelson, J.K. 2006. *Design of Reinforced Concrete ACI 318 – 05 Code Edition*. USA : John Wiley & Sons, Inc.
- Muto, Kiyoshi. 1987. *Analisis Perancangan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta : Erlangga.
- Nawi, Edward G. 1990. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Eresco.
- Purwono, R. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITSpress.
- Schueller, W. 2001. *Struktur Bangunan Bertingkat Tinggi*. Bandung : Refika Aditama.
- Taranath, B. S. 1998. *Steel, Concrete, and Composite Design of Tall Building*. USA : McGraw-Hill.
- Wang, C.K dan Salmon, C.G. 1994. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.