

**ANALISIS BALOK PERANGKAI (COUPLING BEAMS) PADA APARTEMEN 15 LANTAI DI  
TIMIKA PAPUA****Jeply Murdiaman Guci<sup>1</sup>, Basirun<sup>2</sup>, Primus Wistipin<sup>3</sup>**Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Jl. Perintis Kemerdekaan I  
No.33,RT.007/RW.003, Babakan, Cikokol, Kec.Tangerang, Kota Tangerang, Banten 15118\*Co Responden Email : [primuswistipin@gmail.com](mailto:primuswistipin@gmail.com)**ABSTRAK**

Dewasa ini, perencanaan struktur gedung tahan gempa merupakan hal yang mutlak. Agar mampu memikul beban gempa, para perancang dan ahli struktur merancang bangunan berdasarkan sistem struktur dan juga menambahkan dinding geser sehingga mampu menahan gaya lateral akibat angin dan gempa. Namun pada beberapa keadaan, dinding geser diberi bukaan karena adanya beberapa hal sehingga dapat mempengaruhi kekakuan struktur. Mengacu dari hal tersebut, maka digunakan dinding geser berpasangan (coupled shearwall) sehingga bukaan dapat ditempatkan dan kekakuan struktur juga bertambah karena adanya dua dinding geser atau lebih yang saling terhubung dengan balok perangkai dalam menahan gaya lateral.

Dalam penulisan ini, dirancang suatu bangunan apartemen 15 tingkat yang berfungsi sebagai tempat hunian dan terletak pada wilayah gempa 3. Bangunan ini menggunakan dinding geser berpasangan agar dapat menempatkan bukaan dan juga untuk menahan gaya gempa. Gedung ini direncanakan dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan mutu beton  $f_c = 30$  Mpa, 25 Mpa dan mutu baja 420 Mpa, 280 Mpa. Beban-beban yang dianalisis meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Perencanaan yang dilakukan mengacu pada (SNI-1726-2019), (SNI-2847-2019), dan (SNI 1727-2020). Analisis struktur menggunakan software ETABS dengan tinjauan 3 dimensi. Pada penulisan tugas akhir ini, penulis merancang dinding geser berpasangan yang terdiri atas dua dinding geser yang saling terhubung dengan balok perangkai pada tiap tingkatnya.

**Kata kunci:** dinding geser, dinding geser berpasangan, balok perangkai, tulangan diagonal.

**ABSTRACT**

Today, the design of earthquake-resistant building structures is an absolute must. In order to be able to withstand earthquake loads, designers and structural experts design buildings based on structural systems and also add shear walls so that they are able to withstand lateral forces due to wind and earthquakes. However, in some circumstances, shear walls are given openings due to several things that can affect the stiffness of the structure. Referring to this, coupled shearwalls are used so that openings can be placed and the stiffness of the structure is also increased due to the presence of two or more shear walls that are connected to each other by the coupling beam in resisting lateral forces.

In this paper, a 15-storey apartment building is designed that functions as a residence and is located in an earthquake area 3. This building uses paired shear walls in order to place openings and also to withstand earthquake forces. This building is planned using the Special Moment Resistant Frame System (SRPMK) with concrete quality  $f_c = 30$  Mpa, 25 Mpa and steel quality 420 Mpa, 280 Mpa. The loads analyzed include dead loads, live loads, and earthquake loads. The planning carried out refers to (SNI-1726-2019), (SNI-2847-2019), and (SNI-1727-2020). Structural analysis using ETABS software with a 3-dimensional view. In writing this final project, the author designed a paired shear wall consisting of two shear walls that are connected to each other with a link beam at each level.

**Keywords:** shear walls, paired shear walls, coupling beams, diagonal reinforcement.

## 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, perencanaan struktur gedung tahan gempa merupakan hal yang mutlak dilakukan terutama pada daerah di wilayah rawan gempa seperti Indonesia. Agar mampu memikul gaya gempa, para perancang dan ahli struktur merancang suatu bangunan gedung berdasarkan suatu sistem struktur. Sistem struktur ini dibuat berdasarkan pada peraturan-peraturan yang telah ada. Contoh sistem struktur yang sering digunakan yaitu sistem rangka pemikul momen dan sistem rangka menggunakan bresing. Selain itu juga, ditambahkan pula dinding geser (shear wall) pada bangunan gedung yang berfungsi untuk menahan gaya lateral yang diakibatkan oleh gempa dan angin dan meningkatkan kekakuan struktur.

Pada beberapa keadaan, dinding geser tidak mungkin digunakan tanpa adanya beberapa bukaan (openings) di dalamnya. Permintaan para arsitek yang ingin menempatkan jendela, pintu, lift, koridor, saluran-saluran mekanikal dan elektrik dan beberapa fungsi lainnya pada suatu bangunan gedung menjadikan alasan bagi para insinyur dalam membuat bukaan pada dinding geser. Akan tetapi menempatkan bukaan (openings) pada dinding geser akan memberikan pengaruh terhadap kekakuan dan tegangan pada dinding

geser. Jika bukaan tersebut kecil dan sedikit, pengaruh yang diakibatkannya juga akan kecil terhadap dinding geser. Namun jika bukaan tersebut banyak dan besar tentu akan memberikan pengaruh yang besar juga terhadap kekakuan dinding geser dalam menahan beban lateral. Meskipun demikian, dengan perencanaan yang teliti bukaan (openings) tersebut dapat ditempatkan sehingga tidak banyak mempengaruhi kekakuan dan tegangan pada dinding geser.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk menempatkan bukaan (openings) pada dinding geser yaitu dengan menempatkan bukaan (openings) diantara dua dinding geser yang terletak secara sejajar dan diantara kedua dinding geser tersebut terhubung dengan balok-balok perangkai (*coupling beams*). Sistem seperti ini dinamakan dengan dinding geser cantilever berpasangan (*coupled shearwall*). Efeknya menyebabkan dinding berperilaku sebagai kantilever gabungan pada bidangnya masing-masing dan memberikan kekakuan horizontal yang lebih besar dari pada dinding bekerja sebagai dinding uncoupled yang terpisah. Dengan demikian, bukaan-bukaan (openings) untuk

jendela, pintu dan keperluan lainnya dapat ditempatkan dan kekakuan struktur juga ikut bertambah.

Berdasarkan latar belakang inilah penulis tertarik untuk menganalisis bagaimana kinerja dari dinding-dinding geser berpasangan pada suatu struktur gedung. Dan selanjutnya penulis akan merancang suatu bangunan gedung bertingkat tinggi yang menggunakan dinding geser dalam menahan beban lateral dan terdapat bukaan pada

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Metodologi Pengumpulan Data

Untuk membuat perencanaan struktur gedung dilakukan dua data sebagai bahan acuan. Data tersebut dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu:

- Data Perencanaan (Preliminary Design)
- Data Sekunder

### 2.2 Data Perencanaan

Struktur yang digunakan adalah model struktur gedung apartemen 15 lantai dengan struktur beton bertulang. Struktur gedung terletak di Timika Papua dengan kondisi tipe tanah yaitu tanah lunak.

Struktur yang akan dianalisis pada Tugas Akhir ini adalah merupakan struktur yang bersifat fiktif atau

dinding geser sehingga digunakan dinding geser berpasangan (*coupled shearwall*) untuk menempatkan bukaan (openings) tersebut. Dinding geser berpasangan ini terdiri atas dua buah dinding geser yang saling terhubung dengan balok perangkai (*coupling beams*) dan perencanaannya menggunakan peraturan yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional.

rekayasa. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam pencapaian tujuan dan perhitungan.

Adapun data mengenai gedung adalah sebagai berikut:

- Panjang Gedung = 56,00meter
- Lebar Gedung = 22,00 meter
- Tinggi Gedung = 54,00 meter
- Jumlah Lantai = 15 lantai
- Fungsi Gedung = Tempat Tingal
- Jenis Struktur = Dinding Geser

### 2.3 Peraturan – peraturan yang digunakan

- Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung, Badan Standarisasi Nasional 2019 (SNI-1726-2019)
- Persyaratan Beton Struktur Untuk Bagunan Gedung Dan Penjelasan (ACI 318M-14 dan 318RM-14, MOD), Badan Standarisasi Nasional 2019 (SNI-2847-2019)
- Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain 2020 (SNI 1727-2020)

### 2.4 Spesifikasi Bahan

Spesifikasi bahan untuk beton dan baja yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Mutu Beton  $f_c' = 30$  Mpa  
 $= 25$  Mpa

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

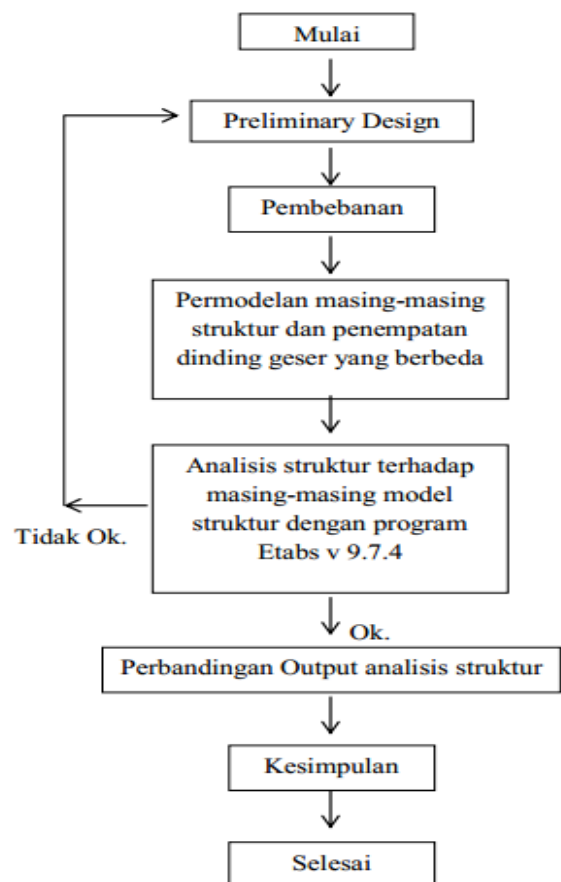
### 3.1 Preliminary Design Elemen Pelat Lantai

Preliminary Design pelat lantai

- Mutu Baja  $f_y = 420$  Mpa  
 $= 280$  Mpa

### 2.6 Diagram Alir

Secara umum langkah-langkah perhitungan dalam penelitian ini disajikan dengan diagram alir sebagai berikut:



dihitung berdasarkan pada SNI-2847-2019 tabel 9.5 (a) tentang tebal minimum balok dan pelat.

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

**CATATAN:**  
Panjang bentang dalam mm.  
Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:  
(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
(b) Untuk  $f_y$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

**Tabel 3. 1 Tebal minimum pelat dan balok 1 arah**

Tegangan leleh, $f_y$ MPa <sup>†</sup>	Tanpa penebalan <sup>‡</sup>			Dengan penebalan <sup>‡</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

<sup>†</sup>Untuk konstruksi dua arah,  $l_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.  
<sup>‡</sup>Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.  
<sup>§</sup>Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.  
<sup>§</sup>Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

**Tabel 3. 2 Tebal minimum pelat dan balok 2 arah**

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa perencanaan awal dimensi pelat dapat menggunakan panjang bentang pelat. Pada Penentuan tebal minimum pelat, ditetapkan pelat 1 arah jika  $l_y/l_x > 2$ , sedangkan untuk pelat 2 arah jika  $1 \leq l_y/l_x \leq 2$ , dengan  $l_y$  adalah bentang terpanjang dan  $l_x$  adalah

bentang terpendek. Digunakan rumus  $l_n/28$  untuk pelat 1 arah dan  $l_n/33$  untuk pelat 2 arah dengan  $l_n$  adalah bentang terpendek. Hasil Preliminary Design elemen pelat lantai pada struktur gedung pendidikan 20 lantai ini adalah sebagai berikut :

Penampang	Bentang bersih	Lihat tabel 9.5(a)	tebal pelat	tebal minimum SNI	tebal digunakan
Section	$I_n$ (mm)	Pembagi	$h$ (mm)	$h_{min}$ (mm)	$h_{pakai}$ (mm)
S1	5500	33	170	125	150
S2	4550	33	140	125	130
S3	3600	33	110	125	125

**Tabel 3.3 Preliminary Elemen Pelat**

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa didapat tebal pelat yang digunakan 3 tipe pelat dengan ketebalan S1 = 150 mm, S2 = 130 mm, S3 = 125 mm.

### 3.2 Preliminary Design Elemen Balok

Pada dimensi awal elemen

perhitungan balok, digunakan rumus tinggi balok (H) minimum untuk balok induk adalah  $L/12$ . Selanjutnya, untuk nilai lebar balok (B), digunakan rumus  $H/2$ . Tipe balok yang digunakan untuk seluruh balok adalah balok persegi panjang. Berikut adalah perhitungan dimensi awal balok :

Nama Balok	Status	Tipe	L (mm)	H min	H Dipakai (mm)	B min	B Dipakai (mm)	Balok Preliminary Design
B1	Induk	Balok persegi panjang	6000	500	500	250	250	B1 - 500 X 250
B2	Induk	Balok persegi panjang	5000	416,6667	450	225	250	B2 - 450 X 250
B3	Induk	Balok persegi panjang	4000	333,3333	350	175	200	B3 - 350 X 175
B4	Anak	Balok persegi panjang	6000	428,5714	450	225	250	B4 - 450 X 250
B5	Anak	Balok persegi panjang	5000	357,1429	400	200	200	B5 - 400 X 200
B6	Anak	Balok persegi panjang	4000	285,7143	300	150	150	B6 - 300 X 150

**Tabel 3.4 Hasil Preliminary Elemen Balok**

### 3.3 Preliminary Design Elemen Dinding Geser

Dinding geser yang digunakan memiliki ketebalan yang sama di sepanjang tinggi bangunan. Metode pertama, tebal dinding geser dapat direncanakan berdasarkan tinggi perlintai terbesar ( $hw$ )

$$\text{Tebal dinding geser } l = \frac{hw}{4} = \frac{4}{4} = 0,16 \text{ m}$$

di bagi 25 atau panjang dinding geser ( $lw$ ) di bagi 25, di antara nilai tersebut dipilih yang terkecil dan tidak boleh lebih kecil dari 100 mm. berikut perhitungan ketebalan dinding geser :

$$\text{Tebal dinding geser } l = 0,16 \text{ m}$$

$$\text{Tebal dinding geser } 2 = \frac{lw}{25} = \frac{6}{25} = 0,24 \text{ m}$$

$$H_w = 4 \text{ m}$$

$$L_w = 6 \text{ m}$$

$$\text{Tebal dinding geser } 2 = 0,24 \text{ m}$$

Diambil tebal dinding geser yaitu : 0,24 m

Jadi tebal dinding geser yang di pakai adalah 0,25 m

### 3.4 Preliminary Design Elemen Kolom

NO	TIPE	B	H	F C	DIMENSI KOLOM
1	KOLOM 1	850	850	30	850 X 850
2	KOLOM 2	650	650	25	650 X 650
3	KOLOM 3	610	610	25	610 X 610

**Tabel 3.5 Tabel Hasil Preliminary Design Kolom**

### 3.5 Pemodelan Struktur

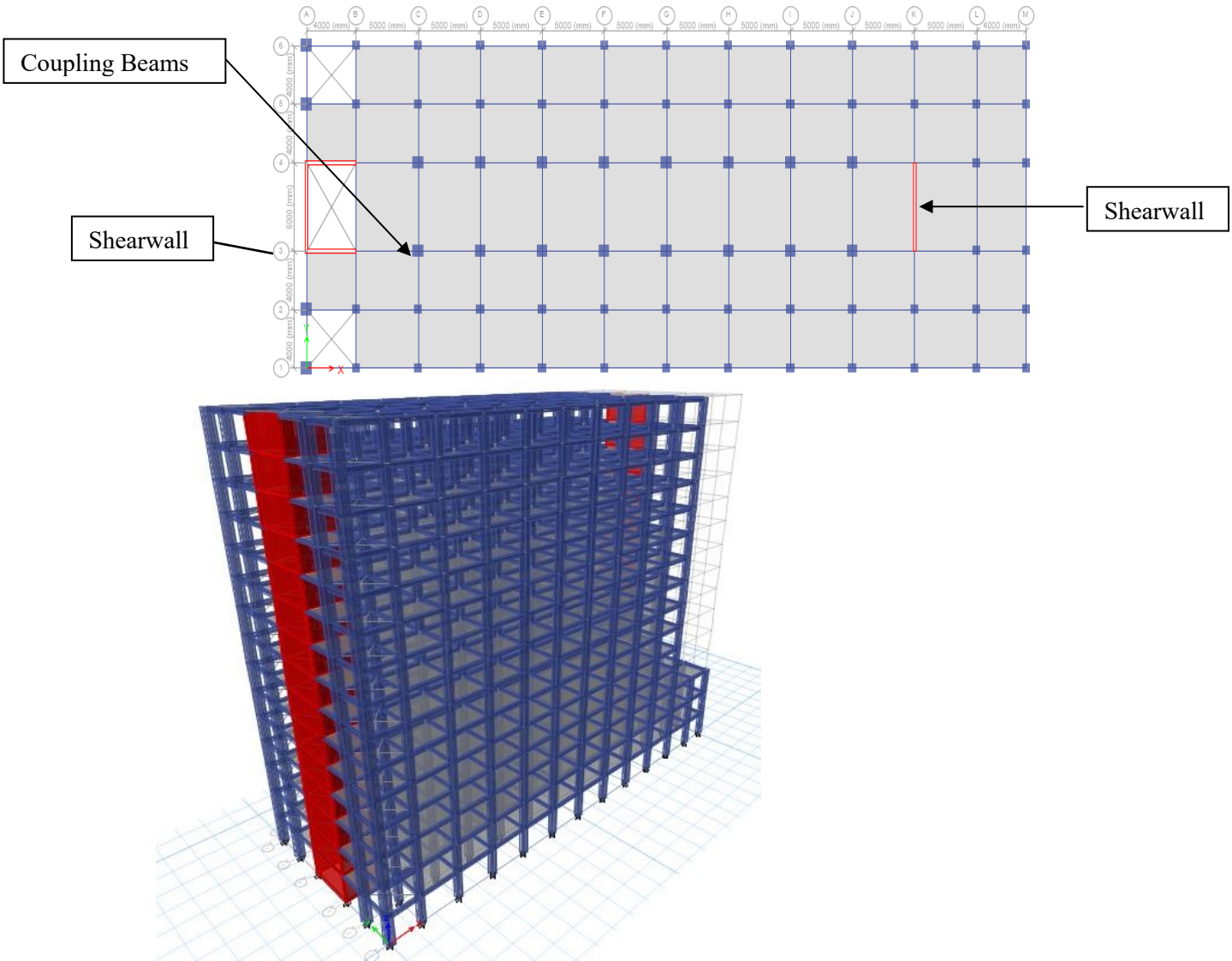
Pemodelan struktur gedung apartemen 15 lantai ini dilakukan menggunakan program

### 3.6 Pemodelan Struktur

Elemen struktur yang telah di input ke dalam program ETABS selanjutnya dibuat menjadi model 3D. Model 3D ini dibuat sebagai desain awal sebelum nantinya akan dilakukan analisa lebih lanjut untuk mengetahui perilaku struktur.

ETABS pemodelan struktur mengacu pada denah struktur yang sudah di buat.

Jika perilaku struktur belum memenuhi syarat dan ketentuan dari SNI 1726-2019 maka akan dilakukan perubahan baik dalam segi mutu material yang digunakan pada elemen struktur, dimensi ataupun tata letak elemen struktur. Berikut adalah model awal 3D struktur yang dibuat:



### 3.7 Pengecekan Perilaku Struktur

Pada tahap pengecekan perilaku struktur bangunan perlu dilakukan beberapa percobaan untuk dapat menghasilkan perilaku struktur yang sesuai

### 3.8 Pengecekan Rasio Partisipasi Modal Massa (MPMR)

dengan pedoman SNI 1726-2019. Percobaan dilakukan dengan metode *trial and error*. Berikut adalah 3 model struktur dalam proses *trial and error* untuk mendapatkan perilaku terhadap elemen struktur yang akan dianalisa:

Setelah struktur selesai dimodelkan pada program ETABS dan dilakukan



analisa pada struktur (run analysis), perlu dicek hasil analisa dari program ETABS tersebut salah satunya rasio partisipasi modal massa untuk mengetahui respon struktur yang berpengaruh dalam arah pembebanan gempa. Adapun beberapa syarat yang harus terpenuhi dalam hasil analisa rasio partisipasi modal massa antara lain sebagai berikut :

- a. Mode pertama harus translasi arah X atau arah Y
- b. Mode kedua harus translasi

kearah yang berbeda dengan dengan mode pertama

- c. Mode ketiga harus rotasi/torsi
- d.  $\Sigma UX$  dan  $\Sigma UY > 90$

Dari permodelan struktur yang telah dilakukan, didapatkan hasil analisa rasio partisipasi modal massa yang sudah memenuhi beberapa syarat yang ditetapkan. berikut adalah hasil analisa rasio partisipasi modal massa yang diperoleh dari program ETABS :

MODE	PERIODE	UX	UY	RZ	KETERANGAN
1	2,722	0,7571	0,0054	0,1078	Arah Y
2	2,286	0,0062	0,6726	0	Arah X
3	1,544	0	0,0618	0,5425	Torsi
4	0,865	0,1114	1,24E-05	0,0289	Arah Y
5	0,666	1,07E-05	0,1155	0	Arah X
6	0,479	0	0,0134	0,032	Torsi
7	0,398	0,0477	1,22E-06	0,1373	Arah Y
8	0,331	8,52E-07	0,0488	0	Arah X
9	0,306	0,0001	2,65E-06	0,0144	Torsi
10	0,22	0,0249	1,01E-06	0,0578	Arah Y
11	0,205	1,11E-06	0,0248	0	Arah X
12	0,204	2,63E-06	0,0135	0,0011	Torsi
1	2,722	0,7571	0,0054	0,1078	Arah Y
2	2,286	0,0062	0,6726	0	Arah X
3	1,544	0	0,0618	0,5425	Torsi
4	0,865	0,1114	1,24E-05	0,0289	Arah Y
5	0,666	1,07E-05	0,1155	0	Arah X
6	0,479	0	0,0134	0,032	Torsi
7	0,398	0,0477	1,22E-06	0,1373	Arah Y
8	0,331	8,52E-07	0,0488	0	Arah X
9	0,306	0,0001	2,65E-06	0,0144	Torsi
10	0,22	0,0249	1,01E-06	0,0578	Arah Y
11	0,205	1,11E-06	0,0248	0	Arah X
12	0,204	2,63E-06	0,0135	0,0011	Torsi
13	0,167	0,0149	1,12E-05	0,0123	Arah Y
14	0,148	0,0001	0,0003	0,0017	Arah X
15	0,145	1,03E-06	0,0092	0	Torsi
16	0,138	0,0109	2,44E-05	0,003	Arah Y
17	0,117	0,0001	0,0025	0,0085	Arah X
18	0,113	0	0,0006	0,0004	Torsi
19	0,112	0	0,0054	0	Arah Y

20	0,107	0	0,0017	0,0044	Arah X
21	0,103	0,0084	1,18E-05	0,0065	Torsi
22	0,1	0,0001	0,001	0,0082	Arah Y
23	0,093	0	0,0004	0,0051	Arah X
24	0,092	0	0,0048	0	Torsi
25	0,09	0	0,0003	0,0001	Arah Y
26	0,084	0,0052	0	0,0013	Arah X
27	0,081	1,77E-06	0,0013	0,0012	Torsi
28	0,077	2,09E-06	0,0008	0	Arah Y
29	0,073	7,64E-07	0,0005	0,0002	Arah X
30	0,072	0	0,0037	4,02E-05	Torsi
31	0,071	0,0032	0	0	Arah Y
32	0,067	0	7,61E-06	0,0003	Arah X
33	0,067	0	0,0001	7,76E-07	Torsi
34	0,065	3,79E-06	0	0,0033	Arah Y
35	0,065	0	0,0003	0,0011	Arah X
36	0,064	0,0003	1,61E-06	0,0002	Torsi
		0,9905	0,9886		

**Tabel 3. 4 Ringkasan rasio partisipasi modal massa model struktur**

### 3.9 Perhitungan Koefisien Seismic (Cs)

Koefisien respon seismik (Cs) di hitung berdasarkan SNI 1726-2019 :

Model 1Cs arah X	0,108
Cs minimum	0,035
Cs maksimum	0,076
Cs yang dipakai arah X	0,076

**Tabel 3. 8 koefisien respon**

### 3.10 Perhitungan Faktor Skala Gaya

Berdasarkan output analisis spektrum pada program ETABS, di dapatkan hasil Analisa ragam respon spektrum yang telah

### seismix Arah X

Cs arah Y	0,108
Cs minimum	0,035
Cs maksimum	0,076
Cs yang dipakai arah Y	0,076

**Tabel 3. 5 koefisien respon seismix Arah Y**

dilakukan (vt) serta nilai gaya geser dasar nominal repon ragam pertama (v) untuk arah X dan Y. perhitungan factor skala di hitung berdasarkan SNI 1726-2019.

Gempa Statis EQ - X			Gempa Dinamis Spek - X		
Story	Tinggi (H) (m)	VX (Ton)	Story	Tinggi (H) (m)	VX (Ton)
Story15	54	134,3008	Story15	54	70,8327
Story14	50,5	322,4879	Story14	50,5	160,9596
Story13	47	492,3056	Story13	47	231,2081
Story12	43,5	644,3332	Story12	43,5	285,8206
Story11	40	779,1764	Story11	40	330,3161
Story10	36,5	897,4701	Story10	36,5	367,8273
Story9	33	1000,95	Story9	33	400,3068
Story8	29,5	1089,053	Story8	29,5	429,7295
Story7	26	1162,597	Story7	26	458,653
Story6	22,5	1222,406	Story6	22,5	487,7878
Story5	19	1269,369	Story5	19	516,3242
Story4	15,5	1304,577	Story4	15,5	543,7413
Story3	12	1333,477	Story3	12	574,351
Story2	8	1348,966	Story2	8	596,1654
Story1	4	1354,707	Story1	4	604,856
Total (Ton)		14356,175	Total		6058,879

Tabel 3. 6 Tabel skala gempa EQ Y dan SPEK Y

Arah X = 1 Statik = Dinamik	
1Eq <sub>x</sub> = Spek X	
Eq <sub>x</sub> = Spek X	
SF awal =	1,401 m/s <sup>2</sup>
SF baru =	2,014 m/s <sup>2</sup>
SF Akhir Dinamik =	2,820
Awal Arah X	
EQX (V <sub>x</sub> )	14356,175 Ton
Spek X (V <sub>x</sub> )	6058,8794 Ton
0,85 x Eq <sub>x</sub>	12202,74833 m/s <sup>2</sup>
Cek	NOT OK
Skala Faktor Awal (SF awal)	1,40095 m/s <sup>2</sup>
Skala Faktor Baru (SF baru)	2,014 m/s <sup>2</sup>
SF Akhir Dinamik	2,820 m/s <sup>2</sup>
Arah X = 1 Statik = Dinamik	
1Eq <sub>x</sub> = Spek X	
Eq <sub>x</sub> = Spek X	
SF awal =	1,401 m/s <sup>2</sup>
SF baru =	2,168 m/s <sup>2</sup>
SF Akhir Dinamik =	3,036
Awal Arah X	
EQX (V <sub>x</sub> )	14356,175 Ton
Spek X (V <sub>x</sub> )	6058,8794 Ton
0,85 x Eq <sub>x</sub>	12202,74833 m/s <sup>2</sup>
Cek	NOT OK
Skala Faktor Awal (SF awal)	1,40095 m/s <sup>2</sup>
Skala Faktor Baru (SF baru)	2,014 m/s <sup>2</sup>
SF Akhir Dinamik	2,820 m/s <sup>2</sup>

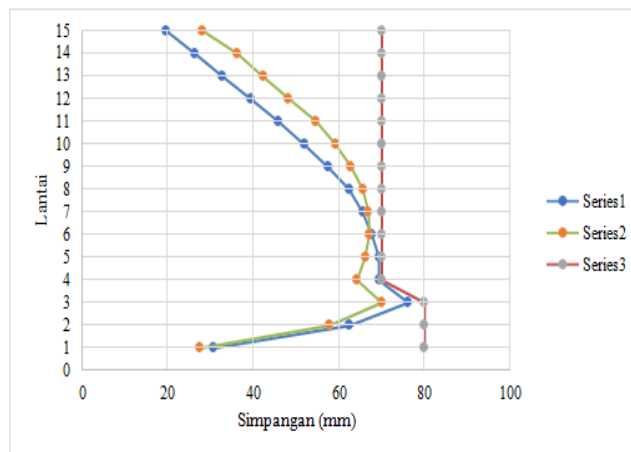
Tabel 3. 7 Tabel skala gempa arah X dan Y

### 3.11 Pengecekan Simpangan Antar

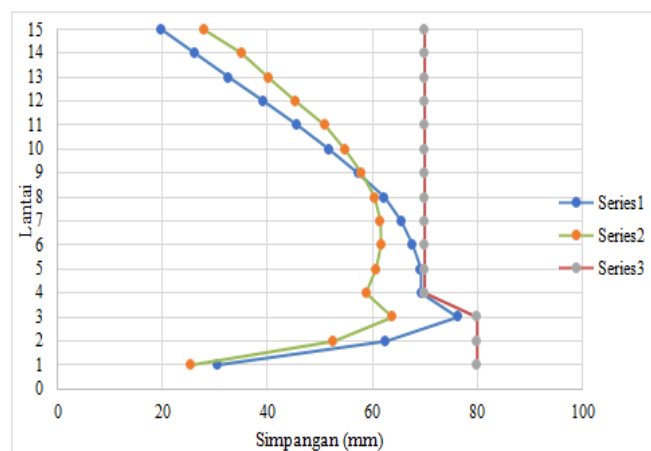
### Lantai (*Story Drift*)

*Story drift* dilakukan berdasarkan hasil analisa dari program ETABS. Perhitungan *story drift* diawali dengan mengambil nilai simpangan total arah X dan Y berdasarkan nilai rata-rata tiap tingkat lantai pada tabel output point displacement, kemudian dilakukan perhitungan simpangan antar lantai arah X dan Y yang dikalikan dengan nilai faktor amplifikasi defleksi ( $C_d$ ) berdasarkan

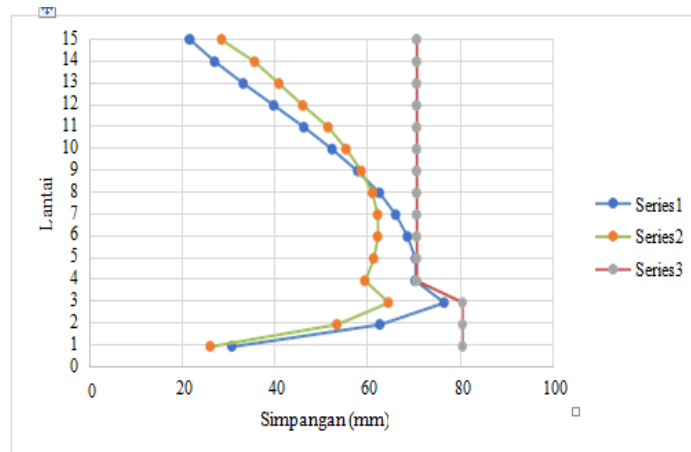
SNI 1726-2019 tabel 9. Batas izin simpangan antar lantai dihitung berdasarkan SNI 2748-2019 dengan rumus  $0,02h \cdot s_x$  dengan  $h_{sx}$  adalah nilai tinggi tingkat dibawah tingkat x. Berikut adalah tabel dan grafik hasil analisa simpangan antar lantai (*story drift*) berdasarkan program ETABS:



**Gambar 3.1 Grafik Simpangan nominal kumulatif sepanjang tinggi bangunan arah X dan Y label 63**



**Gambar 3.2 Grafik Simpangan nominal kumulatif sepanjang tinggi bangunan arah X dan Y label 62**

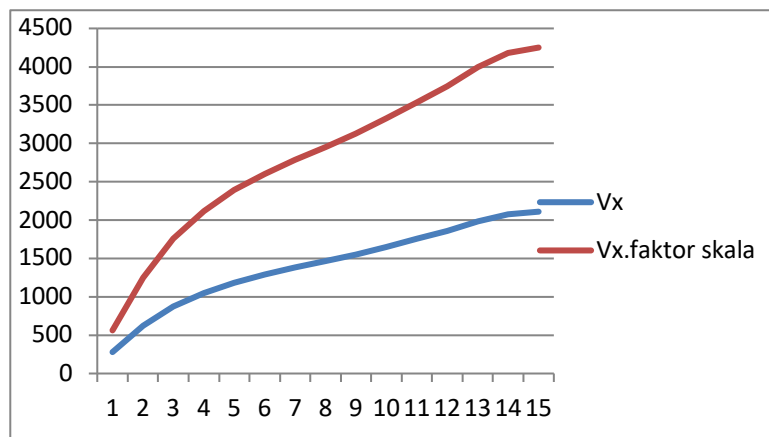


**Gambar 3.3 Grafik Simpangan nominal kumulatif sepanjang tinggi bangunan arah X dan Y label 4**

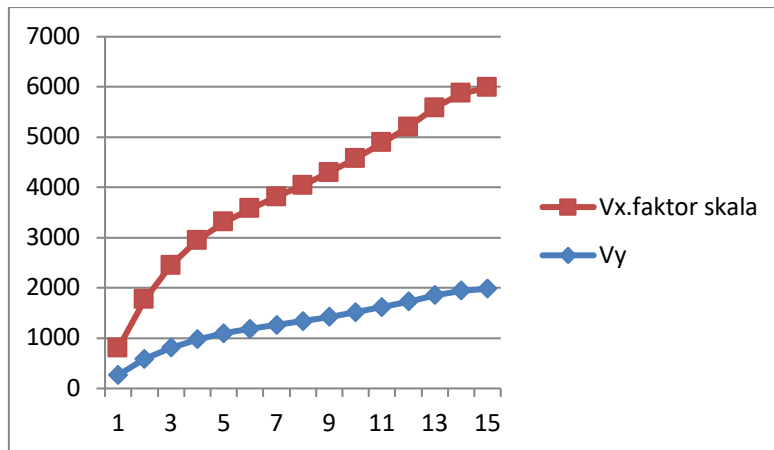
### 3.12 Pengecekan Gaya Geser

Pengecekan gaya geser dilakukan berdasarkan hasil analisa dari program

ETABS. Berikut grafik gaya geser struktur arah X dan Y terhadap ketinggian yang diambil dari analisa program ETABS :



**Gambar 4. 1 Grafik geser nominal kumulatif sepanjang tinggi bangunan arah X**



Gambar 4. 2 Grafik geser nominal kumulatif sepanjang tinggi bangunan arah Y

### 3.13 Penulangan Balok Perangkai

Balok perangkai yang digunakan mempunyai ukuran penampang yaitu:

$$I_n = 600 \text{ cm}$$

$$b_w = 25 \text{ cm}$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

maka pengecekan syarat stabilitas balok perangkai dilakukan sebagai berikut

- $\frac{I_n}{b_w} \leq 25 = \frac{600}{25} = 24 \leq 25$  .... (Ok)
- $\frac{I_n \times h}{b_w^2} \leq 100 = \frac{600 \times 100}{25^2} = 96 \leq 100$  .... (Ok)

Karena kedua persyaratan telah terpenuhi maka untuk balok perangkai telah memenuhi syarat stabilitas balok perangkai.

Tulangan transversal pada tulangan diagonal diperlukan untuk mencegah tekuk. Persyaratan spasi sengkang

maksimum pada tulangan longitudinal yang mungkin mengalami leleh akibat tarik maupun tekan adalah:

- 100 mm
- 6 kali diameter tulangan longitudinal
- $\frac{1600 \cdot f_y \cdot t \cdot A_{s1}}{\sum A_{s1} \cdot f_{y1}}$

Batasan diperlukannya penulangan diagonal adalah

$$V_i = 0,1(1_n / h)\sqrt{f_c'} \text{ Mpa}$$

dimana untuk balok perangkai 1 s/d 4

$$1_n = 6000 \text{ mm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$\text{maka diperoleh ; } V_i = 0,1 ( 6000 / 1000 ) \sqrt{25} = 3 \text{ Mpa}$$

gaya geser rencana minimum yang memerlukan penulangan diagonal adalah:

$$V_i = \frac{V_{u.b}}{\phi b_w d}$$

$$V_{u.b} = V_i \cdot \phi \cdot b_w \cdot d = 3 \times 0,6 \times 250 \times 0,9 \times 1000 = 405 \text{ Kn}$$

Dalam hal ini perencanaan untuk balok perangkai. Dimana gaya geser rencana dari balok perangkai ini diperoleh dari kombinasi gaya geser maksimum. Dengan memperhitungkan bahwa reduksi dari momen inersia akibat peretakan berbeda untuk dinding tarik dan dinding tekan, maka hasil kombinasi pembebanan diperoleh seperti ditunjukkan pada tabel 4.14 .Hasil kombinasi pembebanan untuk balok perangkai:

Maka diperlukan penulangan diagonal pada lantai 1 sampai dengan lantai 15

- Balok perangkai lantai 1 sampai lantai 9

$$\alpha = \arctg ( 250 / 1000 ) = 21,8^\circ$$

$$T_b = C_b = \frac{V_{u.b}}{2 \sin \alpha}$$

$$A_{sd} = \frac{T_b}{\phi \cdot f_y} = \frac{V_{u.b}}{2 \phi \cdot f_y \cdot \sin \alpha}$$

$$= \frac{405}{2 \times 0,65 \times 250 \times \sin 21,8^\circ} = 120,695$$

Untuk menahan gaya geser rencana maksimum pada lantai 2 maka

$$V_{u.b \text{ perlu}} = 490,68 \text{ kN, sehingga:}$$

$$A_{u.b \text{ perlu}} = \frac{490,68 \times 1000}{2541} = 120,695 \text{ mm}^2$$

Dengan mempertimbangkan redistribusi gaya geser diantara balok-balok perangkai sampai dengan 20%, maka dicoba dipakai tulangan 4D28 ( $A_{s.d} = 2464 \text{ mm}^2$ ) pada lantai 1 sampai dengan lantai 9. Jadi untuk masing-masing balok perangkai:

$$A_{s.d \text{ terpasang}} = 2464 \text{ mm}^2$$

$$V_{u.b \text{ terpasang}} = (2464 / 2541) \times 490,68 = 475,81 \text{ Kn}$$

Total gaya geser rencana yang harus dipikul pada ke-9 lantai tersebut adalah:

$$\sum V_{u.b \text{ perlu}} = \sum V_{u.b.i} = 3451,29 \text{ kN}$$

Sedang total gaya geser yang dapat diterima pada ke-9 lantai tersebut adalah:

$$\sum V_{u.b \text{ terpasang}} = 9 \times 475,81 = 4282,29 \text{ kN} > \sum V_{u.b \text{ perlu}} = 3451,29 \text{ kN} \dots\dots ( \text{Ok} )$$

Reduksi gaya geser maksimum akibat redistribusi pada lantai 2

adalah :

$$\frac{(490,68 - 475,81)}{490,68} \times 100\% = 3.03\%$$

$$= 20\%$$

Tulangan transversal direncanakan dengan diameter 10 mm. Jarak sengkang maksimum adalah:

$$S = 100 \text{ mm}$$

$$S = 6 \times 28 = 168 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1600 \times 240 \times 79}{308 \times 250} = 246,24 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang  $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

- Balok perangkai lantai 10 sampai lantai 15

Untuk menahan gaya geser rencana maksimum pada lantai 10 maka:

$Vu.b_{perlu} = 244,79 \text{ kN}$ , sehingga :

$$Au.b_{perlu} = \frac{244,79 \times 100}{1268} = 1268 \text{ mm}^2$$

$$120,695$$

Dipakai tulangan 4D22 (As.d = 1521 mm<sup>2</sup>)

$$As.d_{terpasang} = 1521 \text{ mm}^2$$

$$Vu.b_{terpasang} = \frac{1521}{1268} \times 244,79 = 293,63 \text{ kN}$$

$$1268$$

Total gaya geser rencana yang harus dipikul pada ke-6 lantai tersebut adalah :

$$\sum Vu.b_{perlu} = \sum Vu.b.i = 1257,12 \text{ kN}$$

Sedang total gaya geser yang dapat diterima pada ke-9 lantai tersebut adalah :

$$\sum Vu.b_{terpasang} = 6 \times 293,63 = 1761,78 \text{ kN} > Vu.b_{perlu} = 1257,12 \text{ kN} \dots(\text{Ok})$$

Tulangan transversal direncanakan dengan diameter 8 mm. Jarak sengkang maksimum adalah :

$$S = 100 \text{ mm}$$

$$S = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$S = \frac{1600 \times 240 \times 50}{190 \times 420} = 252,64 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang  $\phi 10 - 100 \text{ mm}$

### 3.14 Panjang Penyaluran Balok

#### Perangkai

Sesuai dengan panjang penyaluran dari sekelompok tulangan, dalam tarik atau tekan, harus diambil:

- 1,5  $I_{db}$ , dimana :

Berdasarkan konsep yang diberikan:

$$I_{db} = \frac{1.38 A_b \cdot f_y}{C \cdot \sqrt{f_c}}$$

Sedangkan berdasarkan SNI pasal 3.5.2 butir 2

$$I_{db} = \frac{0.02 A_b \cdot f_y}{\sqrt{f_c}} < 0.06 d_b \cdot f_y$$

- Untuk Balok perangkai lantai 1 sampai lantai 9 :

$$A_b = 1D28 = 616 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$



$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

C = nilai terkecil dari:

- 3 kali diameter tulangan longitudinal =  $3 \times 28 = 84 \text{ mm}$
- Jarak tulangan longitudinal kepermukaan beton =  $40 + 0.5 \times 28 = 54 \text{ mm}$
- Setengah jarak antara tulangan longitudinal pada lapisan yang sama  $(50 + 28) / 2 = 39 \text{ mm}$

Sehingga C dipilih = 39 mm

Dengan perhitungan dilakukan diperoleh :

$$I_{db} = \frac{1.38 A_b f_y}{C \sqrt{f_c'}} = \frac{1.38 \times 616 \times 420}{39 \times \sqrt{25}} = 1743,75 \text{ mm}$$

$$I_d = 1,5 I_{db} = 1,5 \times 1743,75 = 2615,625 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran 2700 mm

Sedangkan bila perhitungan dilakukan dengan:

$$I_{db} = \frac{0.02 A_b f_y}{\sqrt{f_c'}} = \frac{0.02 \times 616 \times 420}{\sqrt{25}} = 985,6 \text{ mm} > 0.06 \times 28 \times 420 \dots (\text{Ok})$$

$$I_d = 1,5 I_{db} = 1,5 \times 985,6 = 1478,4 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran 1700 mm

- Untuk Balok perangkai lantai 10

sampai lantai 15 :

$$A_b = 1D22 = 380 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

C = nilai terkecil dari :

- 3 kali diameter tulangan longitudinal =  $3 \times 22 = 66 \text{ mm}$
- Jarak tulangan longitudinal kepermukaan beton =  $40 + 0.5 \times 22 = 51 \text{ mm}$
- Setengah jarak antara tulangan longitudinal pada lapisan yang sama =  $(50 + 22) / 2 = 36 \text{ mm}$

Sehingga C dipilih = 36 mm

Dengan perhitungan dilakukan berdasarkan pers.5.21 diperoleh :

$$I_{db} = \frac{1.38 A_b f_y}{C \sqrt{f_c'}} = \frac{1.38 \times 380 \times 420}{36 \times \sqrt{25}} = 1165,33 \text{ mm}$$

$$I_d = 1,5 I_{db} = 1,5 \times 1165,33 = 1748 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran 1800 mm

Sedangkan bila perhitungan dilakukan dengan pers.5.22

$$I_{db} = \frac{0.02 A_b f_y}{\sqrt{f_c'}} = \frac{0.02 \times 380 \times 420}{\sqrt{25}} = 608 \text{ mm} > 0.06 \times 22 \times 420 \dots (\text{Ok})$$

$$I_d = 1,5 I_{db} = 1,5 \times 608 = 912 \text{ mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran  
1000 mm

$$0.0029.....(Ok)$$

$$420 \times 1000$$

$$f_y$$

### 3.15 Tulangan Untuk Mencegah

#### Retakan Pada Balok Perangkai

Batasan rasio tulangan horisontal dan vertikal pada balok perangkai untuk mencegah retak sama dengan batasan tulangan minimum untuk dinding.

- Tidak boleh kurang dari 0.7 dan 0.0025

$F_y$

Dalam hal ini :

$$\rho_h = \frac{A_s}{b_w \cdot h}$$

$$\rho_v = \frac{A_s}{b_w \cdot S_v}$$

- Pada semua balok perangkai

❖ Arah Horizontal :

Dipakai Tulangan Ø12  
sejumlah 12 sehingga :

$$\rho_h = \frac{12 \times 0.25 \times \pi \times 12^2}{b_w \cdot h} =$$

$$0,003394 > \underline{0,7} =$$

❖ Arah Vertikal :

Dipakai Tulangan Ø12  
sejarak 175 sehingga :

$$\rho_v = \frac{2 \times 0.25 \times \pi \times 12^2}{b_w \cdot S_v} =$$

$$0,003229 > \underline{0,7} =$$

$$0.0029.....(Ok)$$

$$420 \times 175$$

$$f_y$$

Hasil perencanaan balok perangkai untuk keseluruhan lantai ditunjukkan seperti pada tabel 4.14 dan gambar penulangan balok perangkai untuk keseluruhan lantai ditunjukkan seperti pada gambar 4.51

**Tabel 4. 8 Penulangan Balok Perangkai**

lantai	Tulangan Logitudinal	Tulangan Transversal	Panjang Penyaluran	Tulangan Untuk Retak	
				Horizontal	Vertikal
1 s/d 9	4-D28	Φ10-100 mm	1700 mm	12Φ12	Φ12-175 mm
10 s/d 15	4-D22	Φ8-100 mm	1000 mm	12Φ12	Φ12-175 mm

### 3.16 Menentukan Overstrength Dari Balok Perangkai

Untuk menjamin bahwa kekuatan geser dari struktur dinding berangkai dan beban maksimum pada pondasi tidak

berlebihan, overstrength dari daerah-daerah plastis potensial harus diperkirakan. Maka overstrength geser  $V_{10}$  dari setiap balok perangkai, yang didasarkan pada jumlah tulangan terpasang dan

overstrength ( $\phi_0 \times f_y$ ) dari tulangan diagonal ditentukan dengan perumusan berikut:

- Untuk lantai 1 s/d 9

$$V_{10} = \phi_0 A_{sd} f_y 2 \sin \alpha$$

$\alpha$

$$\phi_0 = 1.25 \text{ untuk } f_y \leq 420$$

Mpa

$$\phi_0 = 1.4 \text{ untuk } f_y > 420$$

Mpa

$$V_{10} = \phi_0 A_{sd} f_y 2 \sin \alpha = 1.25 \times 2464 \times$$

$$420 \times 2 \sin 21,8^\circ = 960.8 \text{ KN}$$

- Untuk lantai 10 s/d 15

$$V_{10} = \phi_0 A_{sd} f_y 2 \sin \alpha$$

$\alpha$

$$\phi_0 = 1.25 \text{ untuk } f_y \leq 420$$

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dan perancangan dinding geser berpasangan dan balok perangkainya yang disesuaikan dengan SNI-1726-2019, SNI-2847-2019, dan SNI 1727-2020 pada bab-bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. kinerja dari dinding geser dan balok perangkai dalam menahan gaya geser yang diakibatkan oleh beban-beban lateral memenuhi persyaratan dalam kinerja batas layan dan batas ultimit yang mana simpangan antar tingkat

Mpa

$$\phi_0 = 1.4 \text{ untuk } f_y > 420$$

Mpa

$$V_{10} = \phi_0 A_{sd} f_y 2 \sin \alpha = 1.25 \times 1521 \times$$

$$420 \times 2 \sin 21,8^\circ = 593.1 \text{ KN}$$

Hasil untuk balok perangkai pada lantai ditunjukkan pada tabel 4.16.

**Tabel 4. 9 Over Strength Geser  $V_{10}$  Balok Perangkai**

Lantai	Tulangan Diagonal $A_{sd}$ (mm <sup>2</sup> )	Overstrength Geser $V_{10} = \phi_0 A_{sd} f_y 2 \sin \alpha$ (KN)
10 s/d 15	1521	593.1
1 s/d 9	2464	960.8

(drift) yang terjadi pada struktur bangunan kecil dan memenuhi persyaratan struktur bangunan SNI 2847-2019.

2. Balok perangkai merupakan balok yang berfungsi sebagai penghubung antar dinding geser sehingga dinding memiliki kekakuan horizontal yang lebih besar dari pada dinding yang bekerja sebagai dinding uncoupled yang terpisah. Sehingga dibuat desain balok perangkai diagonal berpasangan dengan ukuran dan

penulangan per lantai yang sesuai  
yaitu :

Tabel 4. 10 Penulangan Balok Perangkai

					Horizonta l	Vertikal				
					1 s/d 9	4-D28	Φ10-100 mm	1700 mm	12Φ12	Φ12- 175 mm
					10 s/d 15	4-D22	Φ8-100 mm	1000 mm	12Φ12	Φ12- 175 mm

lantai	Tulangan Logitudinal	Tulangan Transversal	Panjang Penyaluran	Tulangan Untuk Retak

## 5. REFERENSI

ACI Comitee 318, 2005, *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318-05)*, American Concrete Institute, Detroit, Mich.

Departemen Pekerjaan Umum, 1983, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*, Yayasan LPMB, Bandung.

Dewobroto, W., diakses 3 agustus 2011, <http://wiryanto.wordpress.com/2010/10/23/detailnya-aneh-betul-nggaksih-pak/>

Imran, I.; Hendrik, F., 2009, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*, Penerbit ITB, Bandung.

McCormac, J.C., 2006, *Design of Reinforced Concrete*, John Wiley & Sons Inc., Canada.

Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2019, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan nongedung (SNI-1726-2019)*, Badan

Standarisasi Nasional.

Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2019, *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI-2847-2019)*, Badan Standarisasi

Nasional.

Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan, 2020, *beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan bangunan lain (SNI-1727-2020)*, Badan

Standarisasi Nasional.

Paulay, T.; Priestley, M.J.N., 1992, *Seismic Design of Reinforced Concrete and*

*Masonry Buildings*, John Wiley & Sons Inc., Canada.

Purwono, R., 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan gempa*, ITS Press, Surabaya.

Schueller, W., 1977, *High-Rise Building Structure*, Krieger Pub Corp, USA.

Tavio; Kusuma, B., 2009, *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding*

*Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*, ITS Press, Surabaya.

Uniform Building Code (UBC), 1997, *"Volume 2, Structural Engineering Design*

*Provisions"*, International Conference of Building Official