

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL DELMARE 10 LANTAI TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM GANDA DI KOTA MATARAM

Novita Sari Anggreini¹, Soerjandani Priantoro Machmoed^{2*}

^{1&2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XXV no. 54, Kota Surabaya, Jawa Timur, Indonesia, 62205

E-mail: ¹novitasarianggreini@gmail.com & ^{2*}soerjandani@uwks.ac.id

(*) Penulis Koresponden

ABSTRAK: Perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi di Kota Mataram karena berada dalam KDS D, harus dilakukan dengan memperhitungkan beban lateral akibat gempa. Oleh sebab itu, gedung Hotel Delmare direncanakan menggunakan sistem ganda, serta merujuk pada pedoman yang tercantum dalam SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Perencanaan ini bertujuan untuk menghasilkan struktur gedung tahan gempa menggunakan dinding geser agar simpangan antar lantai yang sesuai dengan persyaratan sistem ganda dan peraturan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Sistem ganda dipilih karena memiliki kelebihan antara lain memberikan kemampuan struktur yang lebih baik untuk menahan beban terutama beban gempa akibat adanya interaksi antara SRPMK dengan dinding geser yang meningkatkan kestabilan struktur dan mengatasi gaya geser yang signifikan seiring dengan ketinggian struktur bangunan yang meningkat. Perencanaan meliputi komponen struktur gedung dan pemodelan serta analisis desain struktur menggunakan program struktur. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Hotel Delmare memenuhi standar sebagai bangunan tahan gempa yang diperoleh dari sistem rangka pemikul momen khusus telah mampu menanggung setidaknya $25,65\% \geq 25\%$ gaya seismik desain dan dinding geser menerima gaya gempa maksimal $74,35\% \leq 75\%$ sesuai dengan peraturan SNI 1726-2019. Perencanaan dinding geser juga telah memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019 dimana kekuatan aksial desain dari dinding struktur bernilai 247500 kN, lebih besar dibanding gaya aksial akibat beban yang terjadi, yaitu 2659,06 kN. Nilai simpangan antar lantai yang terjadi juga telah memenuhi persyaratan dalam peraturan SNI 1726-2019 dimana simpangan tingkat desain rerata bernilai 23,66 mm, lebih kecil dari nilai simpangan tingkat ijin 80 mm.

KATA KUNCI: Gempa, Hotel Delmare, Mataram, Sistem Ganda, SRPMK, Struktur Beton Bertulang

1. PENDAHULUAN

Kota Mataram diketahui termasuk dalam KDS D di Indonesia dengan parameter gerak tanah (S_s) sebesar 1,0 – 1,2 g. Beban gempa menimbulkan adanya deformasi yang terjadi pada struktur bangunan bertingkat tinggi, sehingga perlu dilakukan perencanaan menggunakan struktur tahan gempa (Kusuma dan Machmoed, 2018). Sistem ganda dapat dipilih dalam perencanaan struktur tahan gempa. Sistem ganda merupakan kombinasi antara SRPM dengan SDS.

Menurut SNI 1726-2019 pasal 3.51.3, sistem ganda adalah sebuah sistem struktural yang memiliki kerangka ruang penuh untuk menanggung beban gravitasi, sementara perlindungan terhadap gempa dihasilkan melalui penggabungan antara SRPM dan dinding geser. Dalam sistem ganda, kerangka pemikul momen harus memiliki kapasitas untuk menanggung setidaknya 25% dari gaya seismik desain, sementara dinding geser akan menyerap hingga 75% dari gaya gempa maksimum (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019).

Gedung Hotel Delmare akan direncanakan dengan sistem ganda dan mengacu pada SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019. Sistem ganda dipilih dalam perencanaan Hotel Delmare karena sistem ini memiliki keunggulan berupa struktur yang tangguh dan efisien. Hal ini karena sistem ini menggabungkan SRPM dengan SDS, dua jenis struktur yang berperilaku dan bermacam sifat yang berbeda, sehingga saat digabungkan, menghasilkan struktur gedung yang lebih unggul dalam ketahanan terhadap gempa (Hendra dkk., 2021).

Meninjau dari uraian latar belakang di atas, rumusan masalah yang dapat diambil diantaranya; yang pertama, apakah perencanaan struktur gedung tahan gempa Hotel Delmare 10 lantai dengan menggunakan sistem ganda telah memenuhi persyaratan dalam SNI 1726-2019 dimana SRPMK harus menerima paling sedikit 25% gaya seismik desain dan dinding geser akan menerima gaya gempa maksimal 75%. Kedua, apakah kekuatan aksial dinding geser pada struktur gedung Hotel Delmare yang direncanakan dengan sistem ganda telah

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL DELMARE 10 LANTAI TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM GANDA DI KOTA MATARAM

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

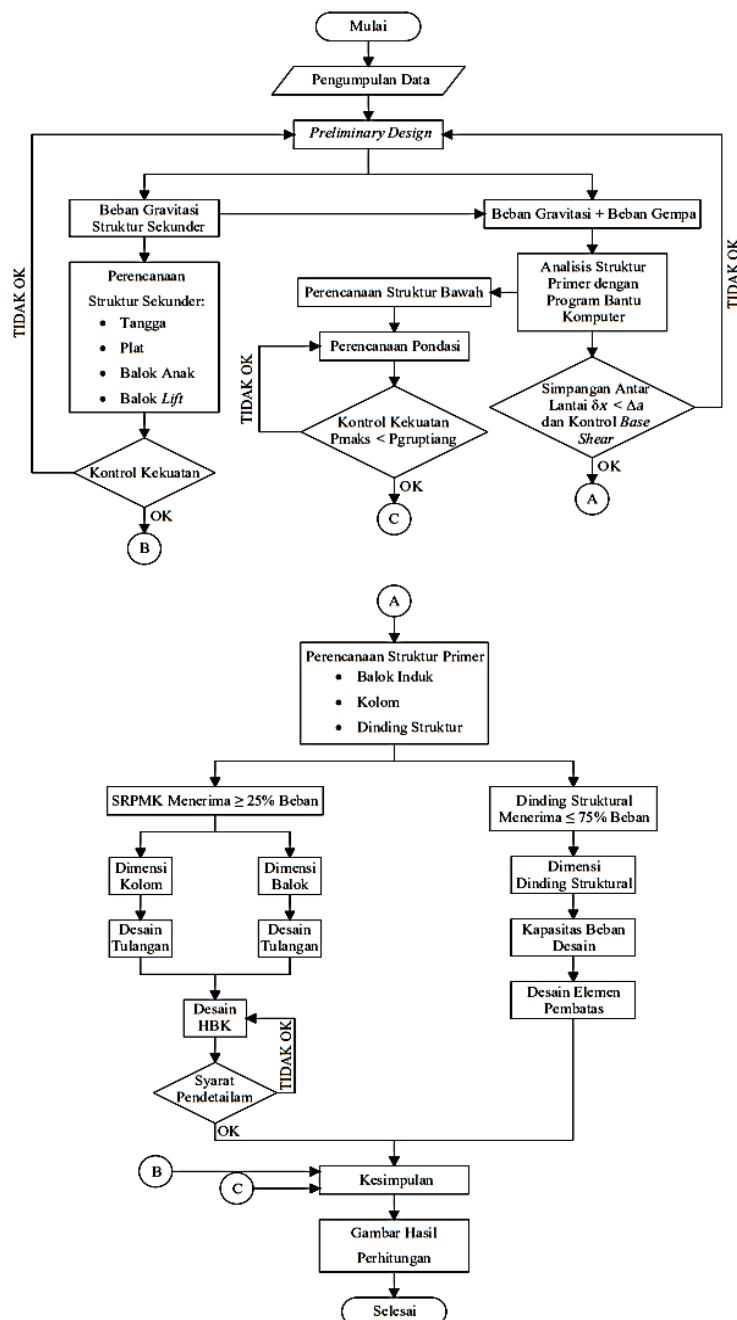
memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019. Ketiga, apakah simpangan antar lantai dari gedung Hotel Delmare yang direncanakan dengan sistem ganda telah memenuhi persyaratan dalam SNI 1726-2019.

Tujuan dari perencanaan struktur gedung Hotel Delmare antara lain yaitu; menghasilkan struktur gedung Hotel Delmare 10 lantai tahan gempa yang sesuai dengan persyaratan sistem ganda dalam peraturan SNI 1726-2019, menghasilkan perencanaan dinding geser dengan kekuatan

aksial yang memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019, menghasilkan simpangan antar lantai dari gedung Hotel Delmare yang memenuhi persyaratan dalam SNI 1726-2019.

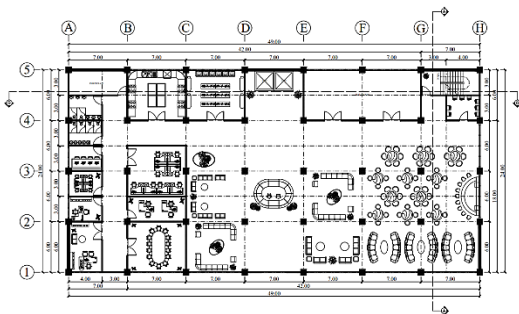
2. METODOLOGI PERENCANAAN

Metodologi perencanaan struktur gedung Hotel Delmare dijabarkan pada diagram alir perencanaan pada **Gambar 1**.

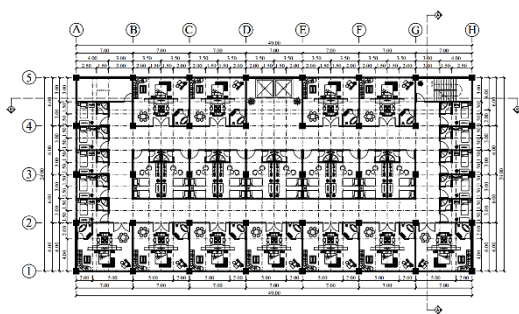


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

Tahapan-tahapan perencanaan diantaranya terdiri dari pengumpulan data, *preliminary design*, pembebanan, perencanaan struktur sekunder, analisis struktur dengan program bantu komputer, kontrol simpangan antar lantai, perencanaan struktur primer, syarat pendetailan, perencanaan struktur bawah, gambar hasil perhitungan dan juga kesimpulan. Denah lantai 1 dan denah lantai 2-10 pada struktur gedung Hotel Delmare ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Denah Lantai 1



Gambar 3. Denah Lantai 2-10

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design

Preliminary design yaitu tahapan awal perencanaan dengan tujuan untuk memperkirakan dimensi komponen struktur yang dibutuhkan diantaranya dimensi kolom, balok anak, balok induk hingga dimensi dinding geser. *Preliminary design* bertujuan untuk memastikan bahwa dimensi-dimensi struktur yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan, tidak terlalu kecil maupun terlalu besar.

Dimensi elemen struktur rencana yang digunakan dalam perencanaan antara lain:

Balok induk	= 400 mm × 600 mm
Balok anak	= 300 mm × 500 mm
Tebal pelat atap	= 100 mm
Tebal pelat lantai	= 120 mm
Kolom	= 800 mm × 800 mm
Tebal DS	= 300 mm
Mutu beton (f_c')	= 40 MPa

Mutu baja (f_y) = 400 MPa

3.2 Perencanaan Struktur Sekunder

Struktur sekunder tidak dirancang untuk menahan gaya gempa, melainkan hanya dirancang hanya untuk menerima beban lentur (Yuliana dan Machmoed, 2021). Namun perlu diingat, struktur sekunder tetap menjadi beban yang mempengaruhi struktur utama.

3.2.1 Perencanaan Pelat Atap & Pelat Lantai

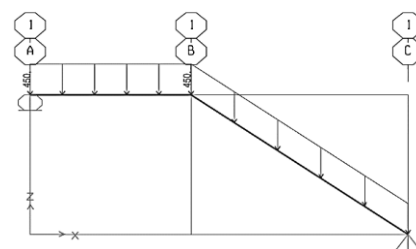
Perhitungan pembebanan pelat atap dengan tebal 100 mm dilakukan sesuai dengan peraturan PPI '83 dengan perhitungan momen mengacu pada peraturan PBI '71. Diperoleh hasil tulangan yang dipakai pada arah X dan arah Y yaitu $\varnothing 10-200$ mm. Perhitungan pembebanan pelat lantai dengan tebal 100 mm dilakukan sesuai dengan peraturan PPI '83 dengan perhitungan momen mengacu pada peraturan PBI '71. Diperoleh hasil tulangan yang digunakan untuk arah X dan arah Y yaitu $\varnothing 12-200$ mm.

3.2.2 Perencanaan Tangga

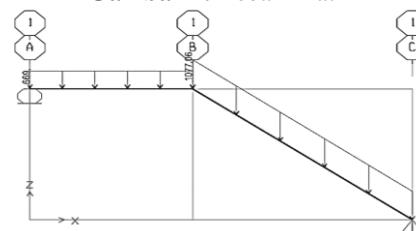
Data perencanaan tangga antara lain sebagai berikut:

Selisih tinggi lantai	= 400 cm
Panjang bordes	= 300 cm
Tinggi injakan	= 20 cm
Lebar injakan	= 30 cm
Panjang tangga	= 470 cm
Elevasi bordes	= 200 cm
Mutu beton (f_c')	= 40 MPa
Mutu baja (f_y)	= 400 MPa

Pembebanan beban mati serta beban hidup yang terjadi pada tangga ditunjukkan oleh **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 4. Beban Mati



Gambar 5. Beban Hidup

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL DELMARE 10 LANTAI TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM GANDA DI KOTA MATARAM

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

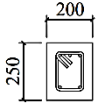
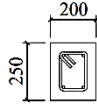
Perhitungan gaya dalam pada tangga dan bordes dilakukan dengan bantuan program bantu struktur dan didapatkan hasil $M_{u \text{ tangga}} = 5757,85$ Kgm dan $M_{u \text{ bordes}} = 5757,85$ Kgm. Tulangan utama yang digunakan untuk pelat tangga dan pelat bordes yaitu $\emptyset 13-75$ mm dan $\emptyset 12-200$ mm untuk tulangan susut.

3.2.3 Perencanaan Balok Bordes

Perencanaan balok bordes dilakukan dengan data sebagai berikut:

Dimensi balok bordes = 200 mm \times 250 mm
 Mutu beton (f_c') = 40 MPa
 Mutu baja (f_y) = 400 MPa
 Tebal selimut beton (s) = 40 mm
 Tulangan utama = D12 mm
 Tulangan sengkang = D10 mm

Berdasarkan perhitungan beban dan analisa struktur yang telah dilakukan, diperoleh detail penulangan balok bordes seperti **Gambar 6**.

TIPE	BALOK BORDES 200/250	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	200/250	200/250
TULANGAN ATAS	3D12	2D12
TULANGAN BAWAH	2D12	2D12
SENGKANG	D10 - 95	D10 - 200

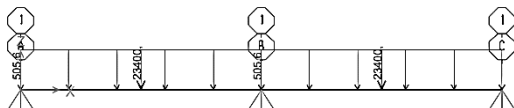
Gambar 6. Penulangan Balok Bordes

3.2.4 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Data perencanaan balok penggantung lift adalah sebagai berikut:

Dimensi balok lift = 300 \times 400 mm
 Mutu beton (f_c') = 40 MPa
 Mutu baja (f_y) = 400 MPa
 Tebal selimut beton (s) = 40 mm
 Tulangan utama = D19 mm
 Tulangan sengkang = D10 mm

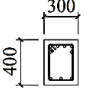
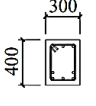
Pembebanan pada balok penggantung lift ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Pembebanan Balok Penggantung Lift

Perhitungan gaya dalam balok penggantung lift dihitung menggunakan program struktur dan didapatkan hasil $M_{u \text{ tumpuan}} = 16417,06$ Kgm, $M_{u \text{ lapangan}} = 13481,67$ Kgm dan $V = 17779,39$ Kg.

Detail penulangan balok penggantung lift ditunjukkan pada **Gambar 8**.

TIPE	BALOK LIFT 300/400	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	300/400	300/400
TULANGAN ATAS	6D19	3D19
TULANGAN BAWAH	3D19	5D19
SENGKANG	D10 - 100	D10 - 150

Gambar 8. Penulangan Balok Penggantung Lift

3.2.5 Perencanaan Balok Anak Atap

Data perencanaan balok anak atap adalah sebagai berikut:

Dimensi balok anak atap = 300 mm \times 500 mm
 Mutu beton (f_c') = 40 MPa
 Mutu baja (f_y) = 400 MPa
 Tebal selimut beton (s) = 40 mm
 Tulangan utama = D10 mm
 Tulangan sengkang = D8 mm

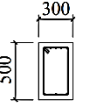
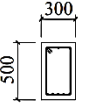
Berdasarkan perhitungan pembebanan balok anak atap, didapatkan hasil gaya dalam sebagai berikut:

$M_{u \text{ tumpuan}} = 249,68$ Kgm

$M_{u \text{ lapangan}} = 171,65$ Kgm

$V_u = 725,32$ Kg

Detail penulangan balok anak atap ditunjukkan pada **Gambar 9**.

TIPE	BALOK ANAK ATAP 300/500	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	300/500	300/500
TULANGAN ATAS	5D10	3D10
TULANGAN BAWAH	3D10	5D10
SENGKANG	D8 - 100	D8 - 200

Gambar 9. Penulangan Balok Anak Atap

3.2.6 Perencanaan Balok Anak Lantai

Data perencanaan balok anak lantai adalah sebagai berikut:

Dimensi balok anak lantai = 300 mm \times 500 mm
 Mutu beton (f_c') = 40 MPa
 Mutu baja (f_y) = 400 MPa
 Tebal selimut beton (s) = 40 mm
 Tulangan utama = D10 mm
 Tulangan sengkang = D8 mm

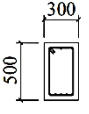
Berdasarkan hasil perhitungan pembebanan balok anak atap, didapatkan hasil gaya-gaya dalam sebagai berikut:

$$M_{\text{tumpuan}} = 3002,61 \text{ Kgm}$$

$$M_{\text{lapangan}} = 2064,30 \text{ Kgm}$$

$$V_u = 4524,49 \text{ Kg}$$

Detail penulangan balok anak atap dapat dilihat pada **Gambar 10**.

TIPE	BALOK ANAK LANTAI 300/500	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	300/500	300/500
TULANGAN ATAS	5D10	3D10
TULANGAN BAWAH	3D10	5D10
SENGKANG	D8 - 100	D8 - 200

Gambar 10. Penulangan Balok Anak Lantai

3.3 Perencanaan Struktur Primer

Struktur primer yaitu komponen utama suatu bangunan gedung yang dirancang untuk menahan gaya gempa dan tingkat kekakuannya menentukan perilaku suatu bangunan gedung (Hilario dan Machmoed, 2023). Komponen struktur primer harus direncanakan sedemikian rupa hingga dapat memperkecil kemungkinan keruntuhan bangunan gedung akibat gaya gempa yang terjadi.

3.3.1 Pembebanan Gempa

Gaya gempa tiap lantai diawali dari perhitungan berat tiap lantai diperoleh dari beban gravitasi, dengan rekapitulasi berat tiap lantai dari gedung Hotel Delmare seperti pada **Tabel 1**.

Lantai Ke-	Berat Lantai (Kg)
10	1173484
9	1660496
8	1660496
7	1660496
6	1660496
5	1660496
4	1660496
3	1660496
2	1660496
1	1549496

Total	16006948
-------	----------

Penentuan jenis tanah dapat dilakukan berdasarkan data SPT dan perhitungan yang diuraikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perhitungan Penentuan Jenis Tanah

di (m)	NSPT (Ni)	\bar{N}
1	2	0,50
3	3	1,00
4	5	0,80
6	3	2,00
7	2	3,50
8	3	2,67
10	5	2,00
12	12	1,00
13	21	0,62
14	22	0,64
16	18	0,89
18	19	0,95
19	32	0,59
20	32	0,63
22	34	0,65
24	40	0,60
$\Sigma di = 197$		$\Sigma \bar{N} = 19,02$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \bar{N}_i} = \frac{197}{19,02} = 10,36 < 15$$

Termasuk jenis tanah lunak, SE.

$$T_a = 0,0488 \cdot 40^{0,75} = 0,77$$

Kota Mataram memiliki nilai $S_{D1} = 0,65$, menurut SNI 1726-2019 Tabel 17, maka Kota Mataram memiliki koefisien $C_u = 1,4$

$$C_u > T_a = 1,4 > 0,77 \quad (\text{OK})$$

Sehingga, beban geser dasar seismik dapat dihitung sebagai berikut:

$$C_s = \frac{0,74}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,1057$$

$$V = 0,1057 \times 14217988 = 1502841,33 \text{ Kg}$$

Sehingga, gaya seismik lateral (F_x) sebagai contoh untuk menghitung beban gempa pada lantai 6 dapat dihitung sebagai berikut:

$$k = 1 - \left(\frac{0,77 - 0,5}{2,5 - 0,5}\right)(1 - 2) = 1,135$$

$$C_{vx} = \frac{1478720 \cdot 24^{1,135}}{474293608,89} = 0,115$$

$$F_x = 0,115 \times 1502841,33 = 172699,69 \text{ Kg}$$

Dengan cara yang sama, perhitungan besarnya gaya seismik lateral tiap lantai dapat dilihat pada **Tabel 3**.

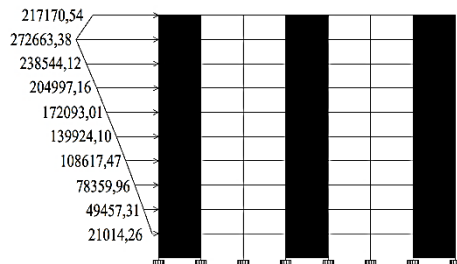
PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL DELMARE 10 LANTAI TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM GANDA DI KOTA MATARAM

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

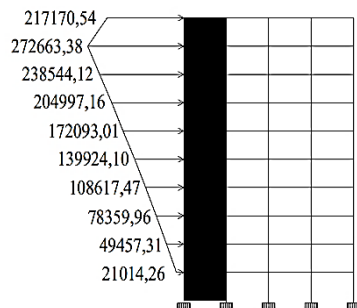
Tabel 3. Distribusi Gaya Gempa Tiap Lantai

Lantai ke -	Tinggi (h_x) (m)	Berat (w) (Kg)	k	$w_x \cdot h_x^k$	F_x (Kg)
10	40	1173484	1,135	77235197,73	217170,54
9	36	1660496	1,135	96970843,23	272663,38
8	32	1660496	1,135	84836561,75	238544,12
7	28	1660496	1,135	72905820,05	204997,16
6	24	1660496	1,135	61203688,07	172093,01
5	20	1660496	1,135	49763037,19	139924,10
4	16	1660496	1,135	38629048,79	108617,47
3	12	1660496	1,135	27868176,22	78359,96
2	8	1660496	1,135	17589154,71	49457,31
1	4	1549496	1,135	7473577,62	21014,26
$\Sigma = 534475105,37$					

Berdasarkan hasil perhitungan gaya gempa pada tiap lantai, dapat digambarkan distribusi gaya gempa pada tiap lantai pada arah X dan Y pada **Gambar 11** dan **Gambar 12**.

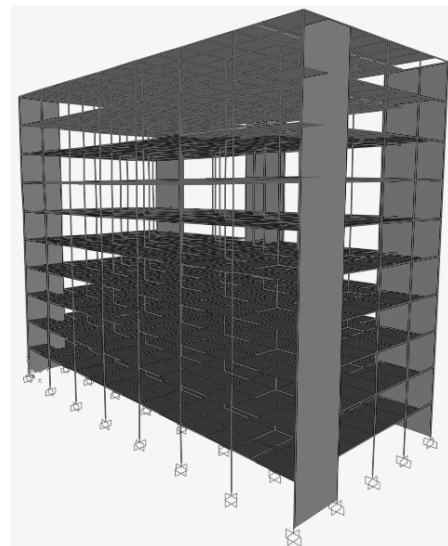


Gambar 11. Arah X



Gambar 12. Arah Y

Pemodelan struktur menggunakan program struktur ditunjukkan pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Pemodelan Struktur

Perhitungan simpangan tiap lantai dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai Simpangan antar Lantai

Lantai	h_x (mm)	δ_x (mm)	δ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δa (ijin) (mm)	Keterangan $\Delta_{xy} < \Delta a$
Atap	4000	53,61672	41,01084	1,67	2,37	80	OK
10	4000	53,31384	40,57950	3,45	3,35	80	OK
9	4000	52,68619	39,96993	12,49	9,98	80	OK
8	4000	50,41549	38,15468	23,22	17,87	80	OK
7	4000	46,19372	34,90568	33,70	25,58	80	OK
6	4000	40,06560	30,25460	42,88	32,36	80	OK
5	4000	32,26974	24,37062	49,86	37,57	80	OK
4	4000	23,20477	17,54052	53,13	40,06	80	OK
3	4000	13,54417	10,25580	48,83	36,92	80	OK
2	4000	4,66542	3,54385	25,66	19,49	80	OK
1	0	0	0	0	0	80	OK

Diperoleh nilai simpangan antar lantai pada struktur gedung Hotel Delmare telah memenuhi persyaratan dimana simpangan yang terjadi pada struktur tersebut memiliki besaran yang lebih kecil daripada simpangan tingkat ijin, dimana simpangan tingkat desain rerata bernilai 23,66 mm, lebih kecil dibanding simpangan tingkat ijin sebesar 80 mm.

3.3.2 Analisa Sistem Ganda

Besarnya presentase beban yang diterima oleh dinding struktural dan SRPMK pada arah X dan arah Y ditunjukkan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Presentase *Base Shear* DS dan SRPMK

Kombinasi	Dinding Struktural $\leq 75\%$			SRPMK $\geq 25\%$		
	Fx	Fy	Kontrol	Fx	Fy	Kontrol
COMB1	50%	50%	OK	50%	50%	OK
COMB2	50%	50%	OK	50%	50%	OK
COMB3	74,35%	73,55%	OK	25,65%	26,45%	OK
COMB4	72,22%	71,39%	OK	27,78%	28,61%	OK
COMB5	74,35%	73,55%	OK	25,65%	26,45%	OK
COMB6	72,22%	71,39%	OK	27,78%	28,61%	OK
COMB7	74,02%	73,36%	OK	25,98%	26,64%	OK
COMB8	71,69%	71,09%	OK	28,31%	28,91%	OK
COMB9	74,02%	73,36%	OK	25,98%	26,64%	OK
COMB10	71,69%	71,09%	OK	28,31%	28,91%	OK
COMB11	72,93%	72,40%	OK	27,07%	27,60%	OK
COMB12	72,26%	71,64%	OK	27,74%	28,36%	OK
COMB13	72,94%	72,41%	OK	27,06%	27,59%	OK
COMB14	72,26%	71,64%	OK	27,74%	28,36%	OK
COMB15	72,53%	71,95%	OK	27,47%	28,05%	OK
COMB16	72,43%	71,88%	OK	27,57%	28,12%	OK
COMB17	72,53%	71,95%	OK	27,47%	28,05%	OK
COMB18	72,43%	71,88%	OK	27,57%	28,12%	OK

Didapatkan hasil bahwa sistem rangka pemikul momen khusus telah mampu memikul paling sedikit 25,65% $\geq 25\%$ gaya seismik desain dan dinding geser menerima gaya gempa maksimal 74,35% $\leq 75\%$. Sehingga konfigurasi struktur pada perencanaan ini telah memenuhi persyaratan dalam peraturan SNI 1726-2019.

3.3.3 Perencanaan Balok Induk

Momen pada balok induk dapat dilihat pada **Tabel 6**.

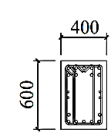
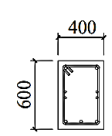
Tabel 6. Rekapitulasi Momen Balok Induk

Momen Tumpuan (-)	697902565 Nmm
Momen Tumpuan (+)	526039657 Nmm
Momen Lap. (+)	137103461,20 Nmm
Torsi	4352013,25 Nmm
Geser	230702,76 N
Geser (1,2D + 1L)	64604,3 N

Data perencanaan balok induk antara lain:
Bentang balok (L) = 6000 mm

Mutu beton (f_c') = 40 MPa
Mutu baja (f_y) = 400 MPa
Dimensi balok = 400 mm \times 600 mm
Tebal selimut beton (s) = 40 mm
Tulangan utama = D25 mm
Tulangan sengkang = D13 mm

Detail penulangan balok induk dapat dilihat pada **Gambar 14**.

TIPE	BALOK INDUK 400/600	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	400/600	400/600
TULANGAN ATAS	9D25	2D25
TULANGAN TENGAH	4D16	4D16
TULANGAN BAWAH	7D25	3D25
SENGKANG	4D13 - 100	2D13 - 150

Gambar 14. Penulangan Balok Induk

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL DELMARE 10 LANTAI TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM GANDA DI KOTA MATARAM

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

3.3.4 Perencanaan Kolom

Data mengenai nilai gaya dalam yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan program perhitungan struktur tercantum dalam **Tabel 7**.

Tabel 7. Rekapitulasi Gaya Dalam Kolom

Gaya Dalam Akibat Gaya Gempa	Nilai
M1ns Arah X (M3)	7642,82 Kgm
M2ns Arah X (M3)	93711,31 Kgm
M1ns Arah Y (M2)	11826,12 Kgm
M2ns Arah Y (M2)	84209,98 Kgm
Aksial	437448,15 Kg
Torsi	2756,30 Kgm
Geser	25229,16 Kg
Δ_0	4,80 mm

Data perencanaan kolom antara lain:

- Mutu beton = 40 MPa
 - Mutu tulangan = 400 MPa
 - Panjang (L) = 4000 mm
 - Tinggi (h) = 800 mm
 - Lebar (b) = 800 mm
 - Tulangan lentur = D25
 - Tulangan geser = D13
 - Tebal selimut = 40 mm
- $$Q = \frac{\sum P_u \cdot \Delta_0}{V_{us} \cdot L_c} = \frac{437448,15 \cdot 4,80}{25229,16 \cdot 4000} = 0,21 \leq 0,05$$

(Maka kolom termasuk kolom *non sway*)

Untuk Kolom 800 x 800 mm:

- $E_c = 4700 \sqrt{40} = 29725,41 \text{ N/mm}^2$
- $I_g = 0,7 \cdot (1/12) \cdot 800 \cdot 800^3 = 2,38 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $E_c \cdot I_g = 7,10 \times 10^{14} \text{ Nmm}^2$

Untuk Balok Induk 400 x 600 mm Arah X:

- $E_c = 4700 \sqrt{40} = 29725,41 \text{ N/mm}^2$
- $I_g = 0,7 \cdot (1/12) \cdot 400 \cdot 600^3 = 2,52 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- $E_c \cdot I_g = 7,49 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$

Untuk Balok Induk 400 x 600 mm Arah Y:

- $E_c = 4700 \sqrt{40} = 29725,41 \text{ N/mm}^2$
- $I_g = 0,7 \cdot (1/12) \cdot 400 \cdot 600^3 = 2,52 \times 10^9 \text{ mm}^4$
- $E_c \cdot I_g = 7,49 \times 10^{13} \text{ Nmm}^2$

Kekakuan Kolom Atas

$$\Psi_A = \frac{\frac{7,10 \times 10^{14}}{4000} + \frac{7,10 \times 10^{14}}{4000}}{\frac{7,49 \times 10^{13}}{7000} + \frac{7,49 \times 10^{13}}{7000} + \frac{7,49 \times 10^{13}}{6000} + \frac{7,49 \times 10^{13}}{6000}}$$

$$\Psi_A = 7,66$$

Kekakuan Kolom Bawah

$$\Psi_B = 1,00 \text{ karena terjepit penuh}$$

Kontrol Kelangsingan

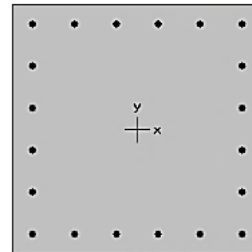
$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

$$\frac{0,86 \cdot 4}{0,24} \leq 34 - 12 \left(\frac{7642,82}{93711,31} \right) \leq 40$$

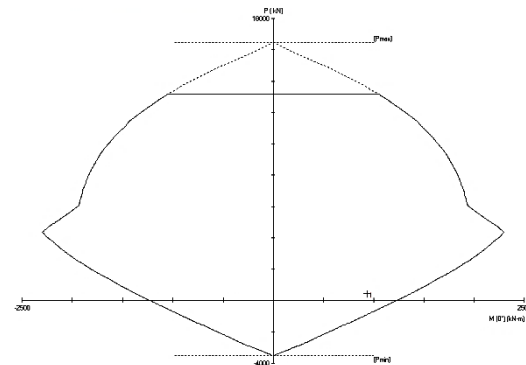
$$14,33 \leq 33,02 \leq 40 \quad (\text{OK})$$

(Maka kelangsingan kolom dapat diabaikan)

Guna memperoleh susunan tulangan, dilakukan dengan bantuan program bantu struktur dan didapatkan konfigurasi penulangan 20D25. Konfigurasi penulangan kolom dan diagram interaksi gaya aksial dengan momen dapat dilihat pada **Gambar 15** dan **Gambar 16**.



Gambar 15. Konfigurasi Penulangan Kolom



Gambar 16. Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen

Syarat *Strong Column Weak Beam* adalah

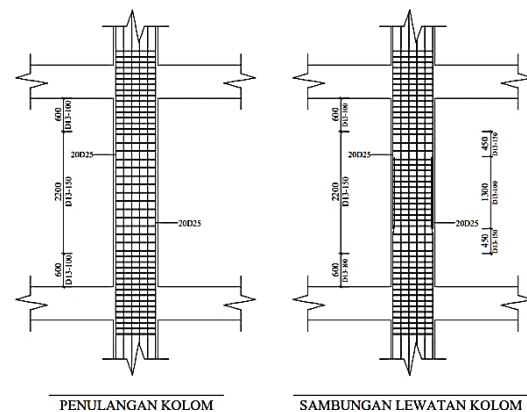
$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$6927,69 \geq 1,2(1544,93)$$

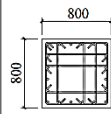
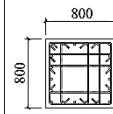
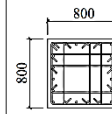
$$6927,69 \text{ kNm} \geq 1853,92 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

Detail penulangan kolom dapat dilihat pada **Gambar 17** dan **Gambar 18**.



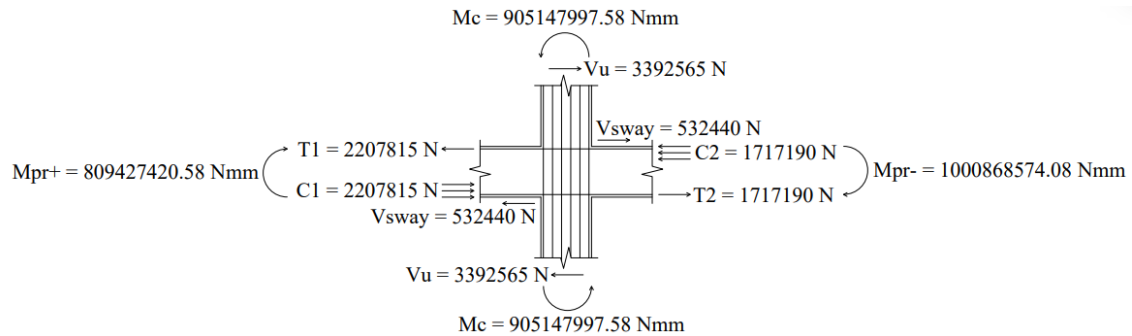
Gambar 17. Penulangan Kolom dan Sambungan Lewatan Kolom

TIPE	KOLOM (POT. 1)	KOLOM (POT. 2)	KOLOM (POT. 3)
POTONGAN			
DIMENSI	800/800	800/800	800/800
TULANGAN	20D25	20D25	20D25
SENGKANG	5D13-100	5D13-150	5D13-100

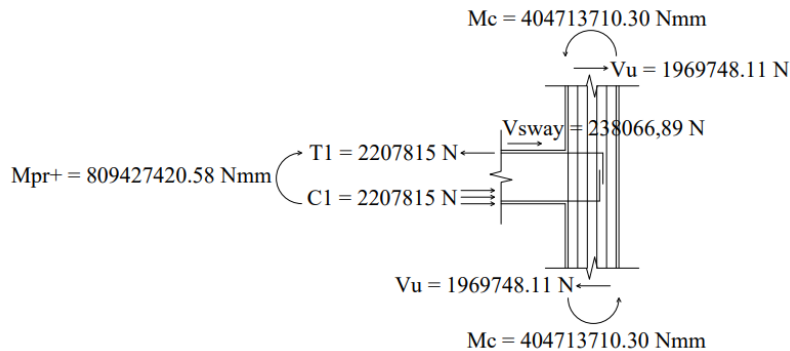
Gambar 18. Penulangan Kolom

3.3.5 Desain Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok kolom terkekang 4 balok dan hubungan balok kolom terkekang 3 balok ditunjukkan pada Gambar 19 dan Gambar 20.



Gambar 19. Desain HBK Terkekang 4 Balok



Gambar 20. Desain HBK Terkekang 3 Balok

3.3.6 Perencanaan Dinding Struktur

Nilai gaya dalam diperoleh dari hasil *output* perhitungan program bantu struktur ditunjukkan pada Tabel 8.

Aksial	2659,06 kN
Geser	213,23 kN
Momen	887,78 kNm

Data perencanaan dinding struktur antara lain:

Tebal dinding struktur	= 300 mm
Panjang dinding struktur	= 7000 mm
Tinggi dinding struktur	= 4000 mm
Mutu beton (f_c')	= 40 MPa

Mutu baja (f_y)	= 400 MPa
Selimut beton	= 50 mm
\emptyset Tulangan utama	= D25
\emptyset Tulangan sengkang	= D19

Kontrol Kekuatan Aksial DS

Kekuatan aksial yang direncanakan untuk dinding struktural harus lebih besar daripada kekuatan aksial yang terjadi pada dinding struktural yang ditinjau.

$$247500 \text{ kN} > 2659,06 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Sehingga kekuatan aksial dinding struktur telah mampu menahan gaya aksial pada dinding struktur.

Desain Elemen Pembatas

M_n' dari tiap-tiap beban aksial terfaktor diperoleh dari *output* hasil perhitungan dengan program bantu komputer untuk dinding struktur,

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL DELMARE 10 LANTAI TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM GANDA DI KOTA MATARAM

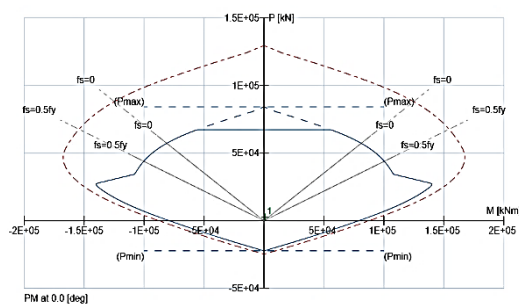
(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

namun untuk $\phi = 1$ dan $f_s = f_y$, telah dihasilkan $A_s = 39250 \text{ mm}^2$, sehingga diperoleh nilai c sebagai berikut:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{39250 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 300} = 1539,21 \text{ mm}$$

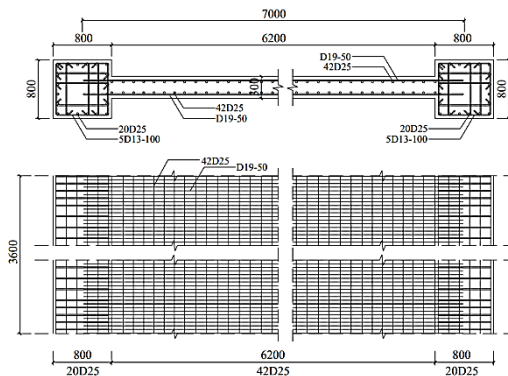
$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1539,21}{0,80} = 19420,02 > 388,89 \text{ mm}$$

Karena nilai c hasil perhitungan lebih besar dari perhitungan sesuai peraturan SNI 2847-2019 Pasal 18.10.6.2 (a), maka dinding struktur memerlukan elemen pembatas. Dengan bantuan program bantu komputer, diperoleh rasio tulangan ρ sebesar 1,97%.



Gambar 21. Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Desain Kekuatan DS dengan Elemen Pembatas

Perhitungan penulangan vertikal DS dilakukan dengan program bantu komputer dengan hasil tulangan 42D25 jarak 150 mm. Gambar detail tulangan DS ditunjukkan pada **Gambar 22**.



Gambar 22. Penulangan Dinding Struktur

Tabel 9. Kontrol Satu Tiang Pancang pada Satu Kelompok Tiang

Titik	Jumlah Tiang	Beban (P) (ton)	Mx (tm)	My (tm)	Pmax	ΣP_{ijin}	Kontrol
					(ton)	(ton)	
D1	6	415,91	93,03	74,37	104,75	195,21	OK
DS1	24	2296,84	847,64	189,52	193,95	195,21	OK

3.4.3 Perencanaan Sloof

Data perencanaan sloof antara lain:
Mutu beton (f_c') = 40 MPa

3.4 Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah elemen dasar suatu struktur bangunan atau gedung dengan fungsi sebagai perantara dan penopang beban yang dikenakan pada bagian atas bangunan, sehingga bangunan dapat berdiri dengan stabil dan mampu menopang gaya lateral dan gravitasi yang diberlakukan pada struktur tersebut (Tiasmoro dan Machmoed, 2021).

3.4.1 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Produk tiang pancang direncanakan menggunakan jenis *prestressed concrete square piles*, dari PT. Wika Beton dengan dengan spesifikasi sebagai berikut:

Ukuran (mm)	= 500 × 500
Cross section (cm ²)	= 2500
Berat (kg/m)	= 625
Kelas	= A
Momen retak (tm)	= 15,16
Momen lentur <i>ultimate</i> (tm)	= 18,68
Kuat Beban (ton)	= 335,12
Kedalaman (m)	= 19

Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data CPT

JHP = 2000 kg/cm

$C_n = 74,41 \text{ kg/cm}^2$

$$P_{\text{tiang}} = \frac{\Sigma C_n \cdot A_{\text{tiang}}}{n_1} + \frac{K \cdot JHP}{n_2}$$

$$P_{\text{tiang}} = 127,08 + 80 = 207,08 \text{ ton}$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = P_{\text{tiang}} - \text{berat tiang}$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = 207,08 - ((625 \cdot 19)/1000)$$

$$P_{\text{ijin tiang bersih}} = 195,21 \text{ ton}$$

3.4.2 Perencanaan Pile Cap

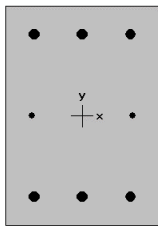
Direncanakan 2 tipe pile cap untuk dua kebutuhan yang berbeda, tipe 1 digunakan untuk pondasi kolom biasa dengan 6 buah tiang pancang dan tipe 2 untuk pondasi dinding struktural dengan 24 buah tiang pancang. Hasil kontrol jumlah tiang pancang untuk dua tipe *pile cap* dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Mutu baja (f_y) = 400 MPa

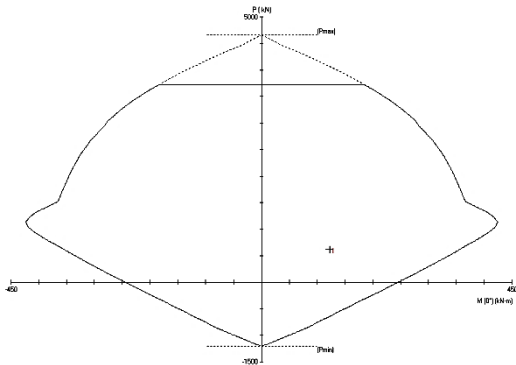
Lebar = 350 mm

Tinggi = 500 mm

Panjang = 7000 mm
 Panjang bersih = 6200 mm
 Tulangan lentur = D25
 Tulangan geser = D13
 Tebal selimut = 40 mm
 Perhitungan analisa gaya dalam sloof diperoleh hasil sebagai berikut:
 $P_u = 10\% \cdot 622820 = 62282 \text{ Kg} = 622,82 \text{ kN}$
 $M_u = (1/8) \cdot 1988 \cdot 7^2 = 121,77 \text{ kNm}$
 Perhitungan penulangan sloof dilakukan dengan program bantu komputer, diperoleh hasil konfigurasi tulangan 6D25 dengan tulangan samping 2D16. Diperoleh rasio tulangan ρ sebesar 1,91%. Gambar konfigurasi penulangan sloof dan diagram interaksi ditunjukkan pada **Gambar 23** dan **Gambar 24**.

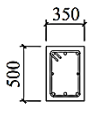


Gambar 23. Konfigurasi Penulangan Sloof



Gambar 24. Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Sloof

Gambar detail tulangan sloof ditunjukkan pada **Gambar 25**.

TIPE	SLOOF (POT. 4)
POTONGAN	
DIMENSI	350/500
TULANGAN ATAS	3D25
TULANGAN TENGAH	2D16
TULANGAN BAWAH	3D25
SENGKANG	D13 - 250

Gambar 25. Penulangan Sloof

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi dan perhitungan yang dilakukan dalam perencanaan gedung Hotel Delmare di Kota Mataram dengan sistem ganda, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dalam sistem ganda, kerangka pemikul momen harus memiliki kapasitas untuk menanggung setidaknya 25% dari gaya seismik desain, sementara dinding geser akan menyerap hingga 75% dari gaya gempa maksimum. Hasil perhitungan yang diperoleh telah memenuhi persyaratan SNI 1726-2019 bahwa SRPMK telah menerima paling sedikit $25,65\% \geq 25\%$ gaya seismik desain dan dinding geser menerima gaya gempa maksimal $74,35\% \leq 75\%$.
- 2) Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan, diperoleh hasil nilai kekuatan aksial desain dari dinding struktur bernilai 247500 kN, lebih besar dibanding gaya aksial akibat beban yang terjadi pada dinding struktur yaitu 2659,06 kN. Sehingga kekuatan desain aksial dinding struktur telah memenuhi persyaratan SNI 2847-2019 dan mencukupi untuk menopang gaya aksial yang terjadi.
- 3) Nilai simpangan antar lantai yang terjadi pada struktur gedung hotel Delmare bernilai lebih kecil dibanding simpangan tingkat ijin, nilai simpangan tingkat desain rerata (δ) yaitu 23,66 mm, kurang dari simpangan tingkat ijin (Δ_a) 80 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa simpangan gedung tingkat desain telah memenuhi ketentuan yang diatur dalam SNI 1726-2019.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2019. "SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung". *Badan Standarisasi Nasional Indonesia* (8):254.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2019. "SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung". *Badan Standar Nasional Indonesia* (8):720.
- Hendra; Zulkarnaen, Lio Varan; Rosanti, Indah; Ariyansyah, Rona. 2021. "Analisis Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Sistem Ganda (Dual System)". *Construction and Material Journal* 3(3):189–96. doi: 10.32722/cmj.v3i3.4205.
- Hilario, J. A., & Machmoed, S. P. 2023. Perencanaan Struktur Gedung Hotel "Azona" Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Yogyakarta". *Axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 11(1), 029-036.

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG GEDUNG HOTEL DELMARE 10 LANTAI TAHAN GEMPA DENGAN SISTEM GANDA DI KOTA MATARAM

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

- Kusuma, H. A., & Machmoed, S. P. 2019. "Perencanaan Struktur Gedung Kampus Hnk Menggunakan Sistem Ganda Di Daerah Semarang". *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 6(3):155-64.
- Ninna, N. K., & Siswoyo. 2023. "Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Beton Prategang Menggunakan V-Girder Di Kecamatan Busang, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur". *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 11(3), 187-196.
- Retno T., Gede S., Hery W., Hario W. R., M. Hafidh M. 2023. "Analisis Kinerja Gedung Beton Bertulang Dengan Variasi Penempatan Dinding Geser Terhadap Beban Gempa". *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 11(2), 061-068.
- Tiasmoro, H., & Machmoed, S. P. 2021. "Perencanaan Gedung Apartment Soedono 10 Lantai dengan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan SRPMK". *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 9(1), 051-060.
- Thoriqul H., & Utari K. 2021. "Perencanaan Struktur Gedung Hotel Huda Menggunakan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kota Yogyakarta". *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 9(1), 023-034.
- Yuliana, M., & Machmoed, S. P. 2021. "Perencanaan Gedung Apartemen D'Rini 10 Lantai Dengan Struktur Beton Ringan BJ 1760 kg/M3 Bertulang Tahan Gempa Menggunakan SRPMK". *axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 9(3), 163-172.