

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

Novita Sari Anggreini , Soerjandani Priantoro Machmoed*

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

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

E-mail: novitasarianggreini@gmail.com & [*soerjandani@uwks.ac.id](mailto: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 dengan dinding geser dan 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. 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, kurang dari simpangan tingkat ijin 80 mm.

KATA KUNCI: Struktur beton bertulang, hotel Delmare, sistem ganda, SRPMK, gempa, Mataram

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, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. 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%?
2. Apakah kekuatan aksial dinding geser pada struktur gedung Hotel Delmare yang direncanakan dengan sistem ganda telah memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019?

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

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

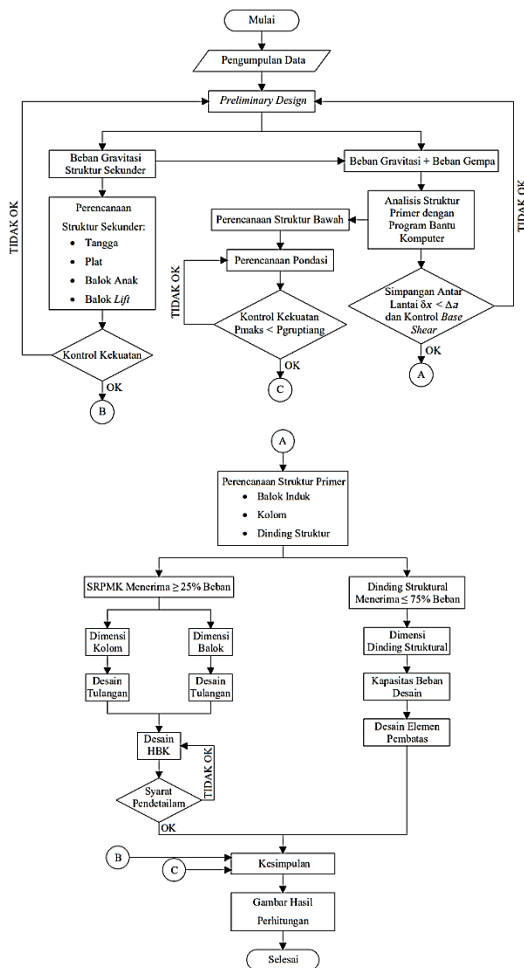
3. Apakah simpangan antar lantai dari gedung Hotel Delmare yang direncanakan dengan sistem ganda telah memenuhi persyaratan dalam SNI 1726-2019?

Tujuan dari perencanaan struktur gedung Hotel Delmare yaitu:

1. Menghasilkan struktur gedung Hotel Delmare 10 lantai tahan gempa yang sesuai dengan persyaratan sistem ganda dalam peraturan SNI 1726-2019.
2. Menghasilkan perencanaan dinding geser dengan kekuatan aksial yang memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2019.
3. 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

Adapun 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.

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 perhitungan perencanaan antara lain:

Balok induk	= 400 × 600 mm
Balok anak	= 300 × 500 mm
Tebal pelat atap	= 100 mm
Tebal pelat lantai	= 120 mm
Kolom	= 800 × 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

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 $\phi 10-200$ mm.

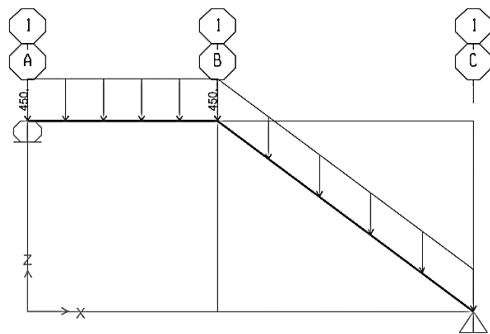
3.2.2 Perencanaan Pelat Lantai

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 $\phi 12-200$ mm.

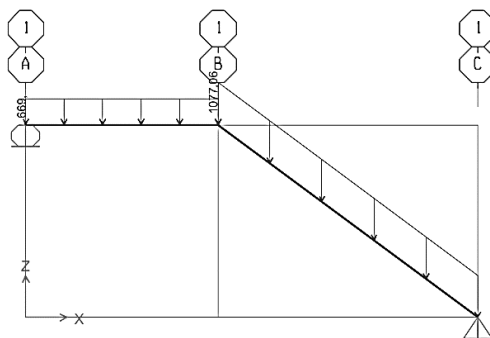
3.2.3 Perencanaan Tangga

Adapun 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 dan beban hidup pada tangga ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Beban Mati



Gambar 3. Beban Hidup

Perhitungan gaya dalam pada tangga dan bordes dilakukan dengan bantuan program bantu struktur dan didapatkan hasil M_u tangga = 5757,85 Kgm dan M_u bordes = 5757,85 Kgm. Tulangan utama yang digunakan untuk pelat tangga dan pelat bordes yaitu ϕ 13-75 mm dan ϕ 12-200 mm untuk tulangan susut.

3.2.4 Perencanaan Balok Bordes

Perencanaan balok bordes dilakukan dengan data sebagai berikut:

- Dimensi balok bordes = 200 x 500 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 pada Gambar 4.

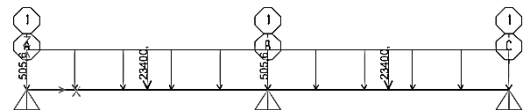
TIPE	BALOK BORDES 200/250	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
DIMENSI	200/250	200/250
TULANGAN ATAS	3D12	2D12
TULANGAN BAWAH	2D12	2D12
SENGKANG	D10 - 95	D10 - 200

Gambar 4. Penulangan Balok Bordes

3.2.5 Perencanaan Balok Lift

Adapun data perencanaan balok lift adalah sebagai berikut:

- Dimensi balok lift = 300 x 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 lift ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembebanan Balok Lift

Perhitungan gaya dalam balok lift dihitung menggunakan program bantu struktur dan didapatkan hasil M_u tumpuan = 16417,06 Kgm, M_u lapangan = 13481,67 Kgm dan V = 17779,39 Kg. Detail penulangan balok lift ditunjukkan pada Gambar 6.

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 6. Penulangan Balok Lift

3.2.6 Perencanaan Balok Anak Atap

Adapun data perencanaan balok anak atap adalah sebagai berikut:

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

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

Dimensi balok anak atap = 300 × 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 dalam sebagai berikut:

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

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

$$V_u = 725,32 \text{ Kg}$$

Detail penulangan balok anak atap ditunjukkan pada Gambar 7.

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 7. Penulangan Balok Anak Atap

3.2.7 Perencanaan Balok Anak Lantai

Adapun data perencanaan balok anak lantai adalah sebagai berikut:

Dimensi balok anak lantai = 300 × 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 8.

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 8. 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

Perhitungan berat tiap lantai diperoleh dari beban gravitasi, dengan rekapitulasi berat tiap lantai dari gedung Hotel Delmare seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Berat Tiap Lantai

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 dan perhitungan 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
$\Sigma di = 197$		$\Sigma \bar{N} = 19,02$

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

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:

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

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

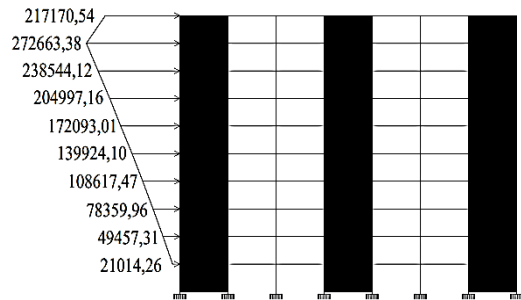
$$F_x = 0,115 \times 1502841,33 = 172699,69 \text{ Kg}$$

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

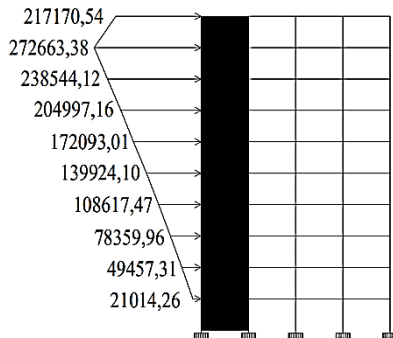
Tabel 3. Distribusi Gaya Gempa Tiap Lantai

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 9 dan Gambar 10.

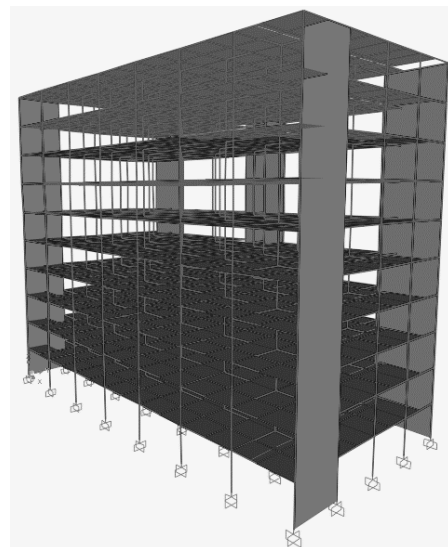


Gambar 9. Arah X



Gambar 10. Arah Y

Pemodelan struktur menggunakan program bantu ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pemodelan Struktur

Perhitungan simpangan tiap lantai dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Simpangan antar Lantai

Lantai	hx (mm)	δx (mm)	δy (mm)	Δx (mm)	Δy (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 merata bernilai 23,66 mm, lebih kecil dibanding simpangan tingkat ijin 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 tugas akhir ini telah memenuhi persyaratan dalam peraturan SNI 1726-2019.

3.3.3 Perencanaan Balok Induk

Momen pada balok induk dapat dilihat pada Tabel 6.

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

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

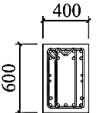
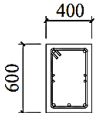
Tabel 6. Rekapitulasi Momen Balok Induk

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 × 600 mm
Tebal selimut beton (s)	= 40 mm
Tulangan utama	= D25 mm
Tulangan sengkang	= D13 mm

Detail penulangan balok induk dapat dilihat pada Gambar 12.

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 12. Penulangan Balok Induk

3.3.4 Perencanaan Kolom

Data mengenai nilai gaya dalam yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan program bantu 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 × 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 × 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 × 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

$\Psi_B = 1,00$ karena terjepit penuh

Kontrol Kelangsingan

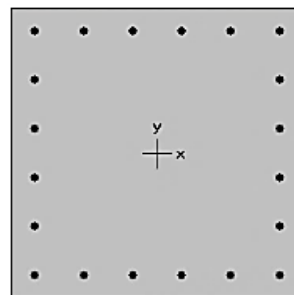
$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

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

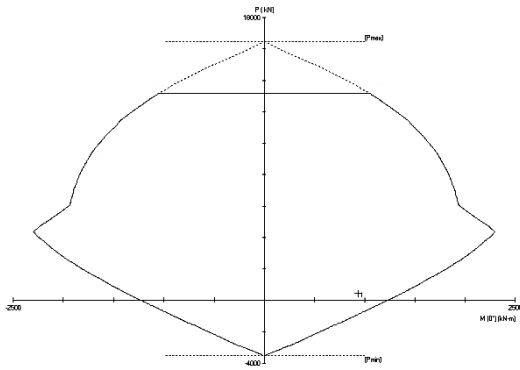
$$14,33 \leq 33,02 \leq 40 \quad (\text{OK})$$

(Maka kelangsingan kolom dapat diabaikan)

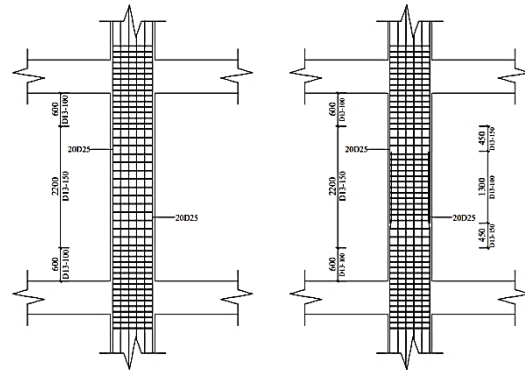
Guna memperoleh susunan tulangan, dilakukan bantuan program bantu struktur dan didapatkan konfigurasi penulangan 20D25. Konfigurasi penulangan kolom dan diagram interaksi gaya aksial dengan momen dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Konfigurasi Penulangan Kolom



Gambar 14. Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen



Gambar 15. Penulangan Kolum dan Sambungan Lewatan Kolum

Pendetailan Strong Column Weak Beam

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

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

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

Persyaratan *Strong Column Weak Beam* terpenuhi.

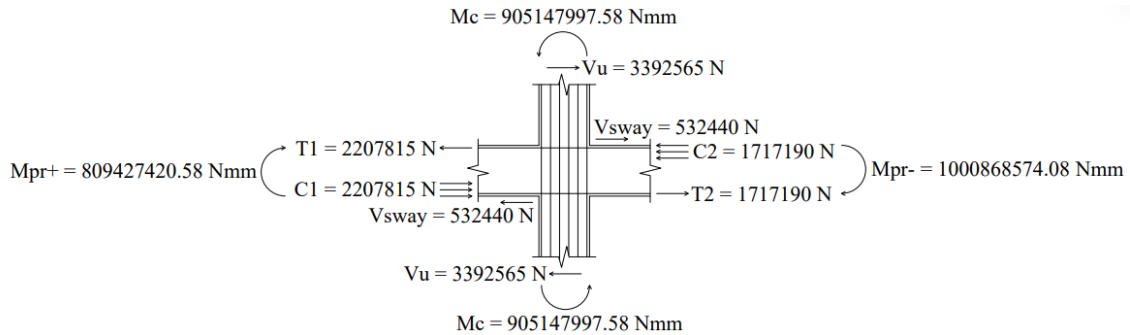
Detail penulangan kolum dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.

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

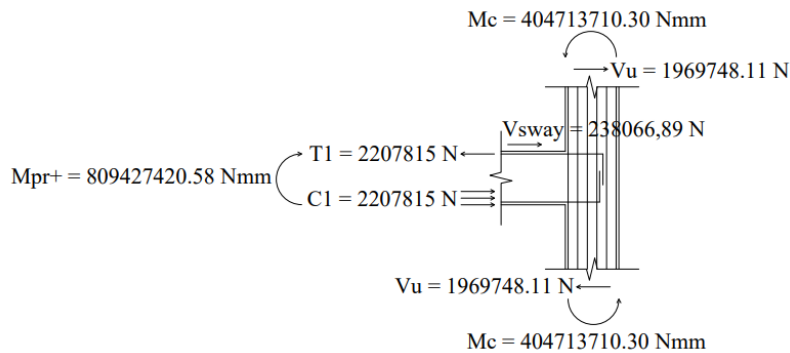
Gambar 16. Penulangan Kolum

3.3.5 Desain Hubungan Balok Kolum

HBK terkekang 4 balok dan 3 balok ditunjukkan pada Gambar 17 dan Gambar 18.



Gambar 17. Desain HBK Terkekang 4 Balok



Gambar 18. Desain HBK Terkekang 3 Balok

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

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

3.3.6 Perencanaan Dinding Struktur

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

Tabel 8. Rekapitulasi Gaya Dalam DS

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.

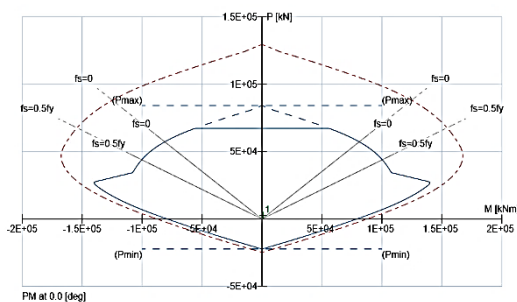
Desain Elemen Pembatas

M_n dari tiap-tiap beban aksial terfaktor diperoleh dari *output* hasil perhitungan dengan program bantu komputer untuk dinding struktur, namun untuk $\phi = 1$ dan $f_s = f_y$, telah dihasilkan $A_s = 39250 \text{ mm}^2$, sehingga diperoleh nilai c sebagai berikut:

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

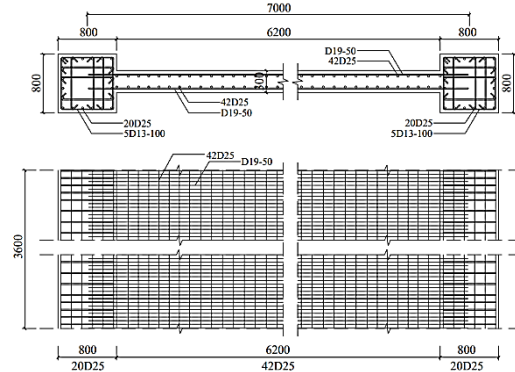
$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1539,21}{0,80} = 19420,02 > 388,89 \text{ mm}$$

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 19. 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 20.



Gambar 20. Penulangan Dinding Struktur

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 ultimat (tm)	= 18,68
Kuat Beban (ton)	= 335,12
Kedalaman (m)	= 19

Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data CPT

$$JHP = 2000 \text{ kg/cm}$$

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

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

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

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

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

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

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.

Tabel 9. Kontrol Satu Tiang Pancang pada Satu Kelompok Tiang

Titik	Jumlah Tiang	Beban (P) (ton)	M _x (tm)	M _y (tm)	P _{max} (ton)	ΣP _{ijin} (ton)	Kontrol (1) < (2)
					(1)	(2)	
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

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

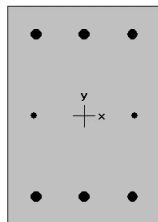
Tebal selimut = 40 mm

Perhitungan analisa gaya dalam sloof diperoleh hasil sebagai berikut:

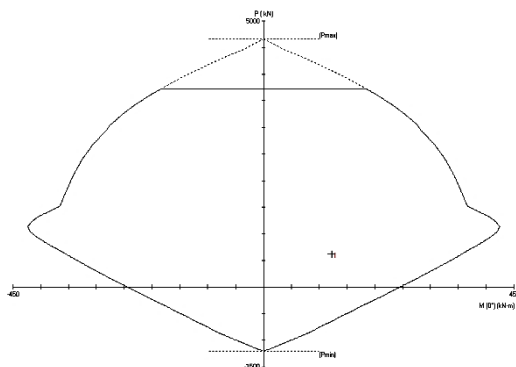
$P_u = 10\% \cdot 622820 = 62282 \text{ Kg} = 622,82 \text{ kN}$

$M_u = (1/8) \cdot 1988 \cdot 7^2 = 121,77 \text{ kNm}$

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 21 dan Gambar 22.

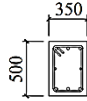


Gambar 21. Konfigurasi Penulangan Sloof



Gambar 22. Diagram Interaksi Gaya Aksial dengan Momen Sloof

Gambar detail tulangan sloof ditunjukkan pada Gambar 23.

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

Gambar 23. Penulangan Sloof

4. UCAPAN TERIMA KASIH

Secara khusus, ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

- 1) Bapak Johan Paing Heru Waskito, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- 2) Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.
- 3) Bapak Dr. Ir. H. Soerjandani Priantoro Machmoed, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta masukan atas penulisan jurnal.
- 4) Bapak Akhmad Maliki, S.T., M.T. selaku ketua tim editor Jurnal Axial beserta jajarannya yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penyempurnaan tulisan ini.

5. 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

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

(Novita Sari Anggreini, Soerjandani Priantoro Machmoed)

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.

Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Yogyakarta”. *Axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 11(1), 029-036.

- Tiasmoro, H., & Machmoed, S. P. 2021. “Perencanaan Gedung Apartemen Soedono 10 Lantai dengan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Menggunakan SRPMK”. *Axial: jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, 9(1), 051-060.

6. 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.
- Kusuma, H. A., & Machmoed, S. P. 2019. “Perencanaan Struktur Gedung Kampus Hnk Menggunakan Sistem Ganda Di Daerah Semarang”. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen ...* 6(3):155–64.
- 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.
- 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.
- Hilario, J. A., & Machmoed, S. P. 2023. Perencanaan Struktur Gedung Hotel “Azona” Menggunakan Metode Sistem