

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL ISNIN 10 LANTAI MENGGUNAKAN METODE SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

Mochamad Erwin Isnin Diansyah¹, Utari Khatulistiani²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

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

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email: erwinisnin0909@gmail.com, utari.kh@gmail.com

Abstrak. Surabaya membutuhkan tempat tinggal sementara seperti hotel, untuk keperluan wisata maupun pekerjaan bagi masyarakat dari dalam atau luar Kota Surabaya, dan hotel Royal Isnin didesain untuk memenuhi hal tersebut. Gedung Hotel Royal Isnin terdiri dari 10 lantai dan atap, lokasi gedung berada di wilayah gempa 5. Struktur yang digunakan dalam perencanaan adalah beton bertulang dengan menggunakan sistem ganda (dual system). Perhitungan beban gempa pada gedung menggunakan analisis statik ekuivalen. Perencanaan gedung mengacu pada SNI 2847:2013, SNI 1726:2012, dan SNI 1727:2013. Analisa gaya-gaya dalam struktur menggunakan SAP 2000, sedangkan rasio penulangan pada kolom, dinding geser, dan sloof menggunakan PCA Coloumn. Dari hasil perhitungan diperoleh pembagian gaya yang diterima oleh dinding geser dengan SRPM sudah memenuhi ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 yaitu SRPM menerima $\geq 25\%$ dari total gaya yang terjadi dan dinding geser $\leq 75\%$ dari total gaya yang terjadi. Tebal dinding geser 30 cm dengan tulangan horisontal 81D25, tulangan longitudinal 86D25, dan tulangan elemen pembatas 7D12. Pondasi Dinding Geser menggunakan 49 buah tiang pancang dengan kedalaman 20 m, pile cap ukuran 900 x 900 x 200 cm dengan tulangan arah sumbu X adalah 41D32 dan tulangan arah sumbu Y adalah 47D32 sudah mampu menerima gaya yang bekerja dan telah memenuhi syarat geser pons sesuai pasal 11.11.2.1 SNI 2847:2013.

Kata kunci : sistem ganda, beton bertulang, dinding geser

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya adalah salah satu kota maju di Indonesia, dimana aktifitas yang dilakukan oleh masyarakat dari luar dan dalam kota cukup besar, baik untuk keperluan wisata maupun pekerjaan. Untuk itu dibutuhkan tempat tinggal sementara seperti hotel. Hotel Royal Isnin didesain untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dibutuhkan unit kamar yang banyak, tetapi kapasitas lahan terbatas maka Hotel Royal Isnin didesain secara vertikal dengan jumlah lantai sebanyak 10 lantai.

Dalam perancangan struktur suatu bangunan gedung bertingkat tinggi ada banyak faktor yang harus diperhatikan, antara lain meliputi fungsi gedung, keamanan, kekuatan, kekakuan, kestabilan, keindahan serta pertimbangan ekonomis. Jadi, suatu bangunan harus didesain sehingga memenuhi kriteria bangunan yang kuat, aman, nyaman tetapi tetap ekonomis. Dari sekian banyak faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan suatu gedung bertingkat tinggi tersebut. Beban berupa gaya lateral akibat gempa maupun gaya searah gravitasi bumi harus diperhitungkan agar struktur memiliki

kemampuan untuk dapat menahan gaya-gaya tersebut. Terutama untuk menahan gaya lateral akibat gempa, gedung didesain agar tidak runtuh secara tiba-tiba atau termasuk gedung tahan gempa.

Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng utama dunia yaitu Lempeng Australia, Eurasia, dan Pasifik. Oleh karena itu banyak terjadi tumbukan antara 3 lempeng tersebut dan mengakibatkan gempa. Wilayah Indonesia memiliki 6 wilayah gempa, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Pembagian wilayah gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun (SNI-1726-2002) (Pandaleke, et al. 2016).

Gedung hotel Royal Isnin berlokasi di Surabaya yang terletak pada zona gempa 5 yaitu gempa tinggi. Perencanaan struktur yang digunakan adalah metode sistem ganda (*dual system*). Agar struktur gedung sanggup memikul beban-beban yang terjadi baik gravitasi maupun lateral (gempa), di wilayah risiko gempa tinggi. Keuntungan yang diperoleh dari sistem ganda adalah kontrol yang lebih baik untuk simpangan

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL ISNIN 10 LANTAI MENGGUNAKAN METODE SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Mochamad Erwin Isnin Diansyah, Utari Khatulistiani)

antar tingkat (*drift*) dimana nilainya tereduksi secara signifikan dibandingkan hanya didesain sebagai sistem tunggal dengan hanya dinding geser sebagai elemen penahan beban lateral. Momen yang diterima oleh dinding akan berkurang dan pola distribusi gaya geser tingkat yang ditanggung rangka pemikul momen *uniform* sehingga relatif lebih ekonomis (Chamid, 2012).

1.2 Tujuan Perencanaan

1) Mendapatkan analisa perhitungan struktur gedung beton bertulang menggunakan sistem ganda (*dual system*), agar gedung mampu menahan beban gempa; 2) Mendapatkan hasil desain bangunan yang mampu menahan beban gempa dengan menggunakan sistem ganda (*dual system*) sesuai persyaratan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013.

1.3 Identifikasi Masalah

Gedung Hotel Royal Isnin direncanakan 10 lantai termasuk atap yang berlokasi di kota Surabaya dengan klasifikasi wilayah gempa 5 yaitu gempa getaran tinggi. Struktur gedung menggunakan beton bertulang dan perencanaan digunakan metode Sistem Ganda (*dual system*), yaitu 75 % beban gempa diterima oleh dinding geser (*shear wall*) dan 25% beban gempa di terima oleh rangka pemikul momen (portal) (SNI 2847:2013). Penempatan dinding geser (*shear wall*) perlu dipertimbangkan agar struktur gedung mampu menerima beban gempa sesuai persyaratan SNI.

1.4 Rumusan Masalah

1) Bagaimana cara merencanakan gedung beton bertulang menggunakan sistem ganda (*dual system*), agar gedung mampu menahan beban gempa sesuai persyaratan SNI 1726:2012 ?; 2) Bagaimana detailing untuk struktur gedung beton bertulang dengan menggunakan sistem ganda (*dual system*) sesuai persyaratan SNI 2847:2013?

1.5 Batasan Masalah

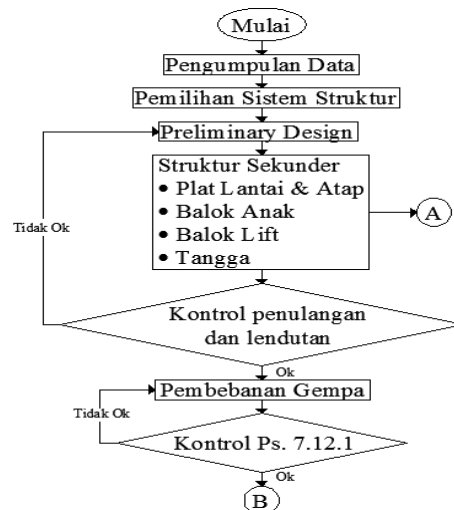
Untuk menghindari melebarnya pembahasan perencanaan gedung, maka pembahasan dibatasi pada masalah-masalah berikut:

- 1) Desain Struktur dan pendetailan tulangan memakai peraturan SNI 2847:2013
- 2) Perhitungan gaya gempa memakai peraturan SNI 1726:2012
- 3) Menggunakan Sistem struktur berupa Sistem Ganda (*dual system*)
- 4) Menggunakan mutu beton $f'c = 35$ MPa dan mutu baja $f_y = 400$ MPa

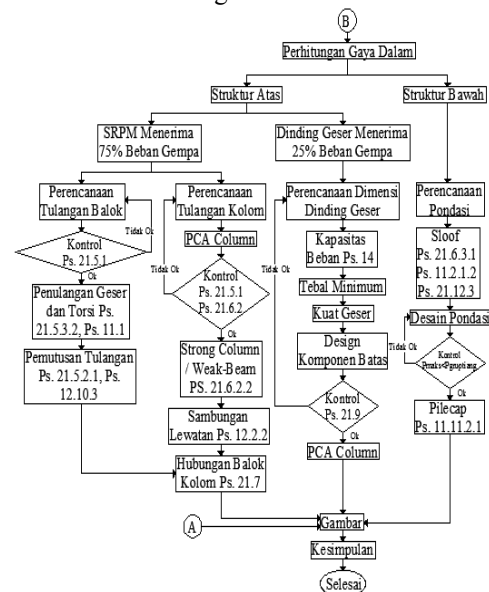
- 5) Tidak meninjau Analisa Rencana Anggaran Biaya
- 6) Perhitungan analisis struktur menggunakan program SAP2000
- 7) Perencanaan struktur meliputi perencanaan Perhitungan Beton pada struktur bangunan, Perhitungan Gempa, Dinding Struktur, Dan Perencanaan Struktur Pondasi
- 8) Tidak meninjau sistem utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, finishing, arsitektur, manajemen konstruksi dan pelaksanaan yang ada di lapangan.

2. METODOLOGI PERENCANAAN

Langkah perencanaan dijabarkan pada diagram alir perencanaan (Gambar 1 dan Gambar 2).

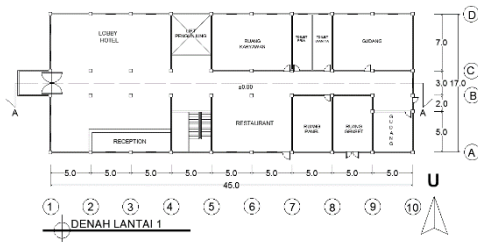


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

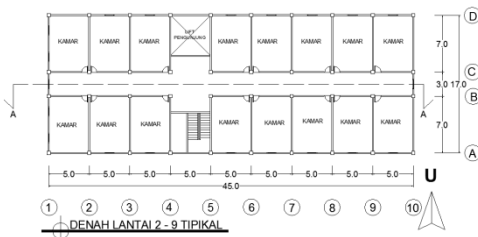


Gambar 2. Diagram Alir Perencanaan (Lanjutan)

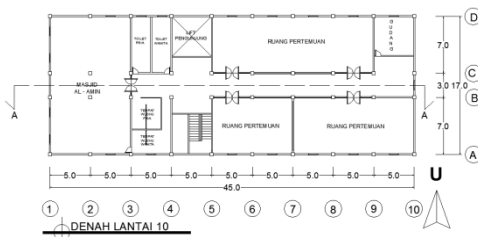
Denah lantai 1 hingga 10 gedung Hotel Royal Isnin ditampilkan pada Gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3. Denah Lantai 1



Gambar 4. Denah Lantai 2-9



Gambar 5. Denah Lantai 10

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Struktur Sekunder

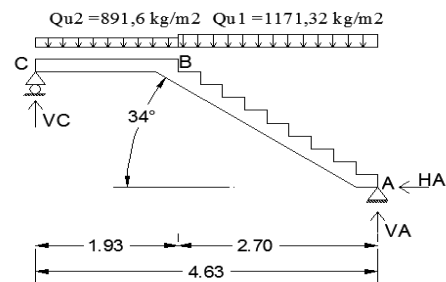
Struktur sekunder merupakan bagian dari struktur gedung yang tidak menahan kekuatan secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan-tegangan akibat pembebanan yang bekerja pada bagian tersebut secara langsung. Struktur sekunder menggunakan beton bertulang dengan mutu beton $f'_c = 35\text{MPa}$ dan mutu baja tulangan $f_y = 400\text{MPa}$.

3.1.1 Perencanaan Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat atap dan pelat lantai menggunakan konstruksi beton bertulang. Momen pelat ditentukan berdasarkan PBI 1971 tabel 13.3.2 dan perencanaan penulangan berdasarkan SNI2847:2013. Tebal Pelat Atap = 10 cm; tebal Pelat Lantai = 12 cm. Dari perhitungan diperoleh penulangan pelat atap arah sumbu $x = \text{D10-250 mm}$ dan sumbu $y = \text{D10-250 mm}$. Penulangan pelat lantai arah sumbu $x = \text{D10-200 mm}$ dan sumbu $y = \text{D10-250 mm}$.

3.1.2 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan suatu sarana untuk menghubungkan antara ruang yang memiliki perbedaan elevasi di dalam sebuah bangunan. Pada perencanaan ini tangga dijadikan sebagai sarana penghubung tiap lantai. Tangga pada gedung ini direncanakan sebagai berikut : beda tinggi antar lantai = 400 cm; elevasi bordes = 200 cm; panjang bordes = 288 cm; lebar bordes = 193 cm; tinggi tanjakan = 20 cm; lebar tanjakan = 30 cm. Balok tangga untuk tumpuan bordes didesain ukuran 25x30 cm.



Gambar 6. Statika Tangga

Statika pembebanan tangga digambarkan seperti pada Gambar 6. Dari hasil perhitungan beban, maka didapatkan nilai momen dan gaya geser sebagai berikut :

- Gaya geser dan nilai momen pada tangga miring : $M_u = 2888,31\text{kgm}$; $V_u = 2601,21\text{kg}$
- Gaya geser dan nilai momen pada plat bordes : $M_u = 541,7\text{kgm}$; $V_u = 2282,14\text{kg}$
- Gaya geser, nilai momen tumpuan dan lapangan pada balok bordes : $MT_u = 1553,04\text{kgm}$; $ML_{ap} = 2258,96\text{kgm}$; $V = 4141,44\text{kg}$

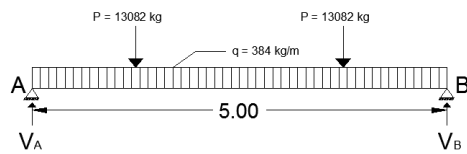
Hasil penulangan pelat tangga diperoleh D10-100 mm yang disusun sebagai tulangan rangkap; pelat bordes D10-225 mm. Penulangan balok bordes diperoleh 3D10 dan tulangan sengkang D8-100 mm.

3.1.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Balok penggantung lift digunakan untuk tumpuan katrol lift. Ada dua lift yang ditahan oleh balok. Dimensi balok lift 40x40 cm. Data lift yang digunakan merk Hyundai, tipe LUXEN. Kapasitas lift sebesar 700 kg (10 person), speed (v) = 1,5 m/s, Clear Opening = 800 mm, Opening Type = 2 panel center open, Car Size Internal = 1400 mm x 1250 mm, Hoistway size = 1800 mm x 1850 mm, Room reaction $R_1 = 4200\text{kg}$ dan $R_2 = 2700\text{kg}$

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL ISNIN 10 LANTAI MENGUNAKAN METODE SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Mochamad Erwin Isnin Diansyah, Utari Khatulistiani)



Gambar 7. Reaksi Perletakan Pada Balok Penggantungan Lift

Statika pembebanan balok penggantung lift digambarkan seperti pada Gambar 7. Dari hasil perhitungan beban dengan bantuan SAP 2000, maka didapatkan nilai momen dan gaya geser sebagai berikut : $MT_u = 213506567,7 \text{ Nmm}$; $ML_{ap} = 201389824 \text{ Nmm}$; $V_u = 171209,15 \text{ N}$. Hasil penulangan balok penggantung lift 5D19, tulangan sengkang = D10-100 mm.

3.1.4 Perencanaan Balok Anak

Data perencanaan sebagai berikut:
Dimensi balok 30 cm x 40cm, tulangan utama digunakan D19 mm dan tulangan sengkang D10 mm, tebal selimut beton = 40mm. Dari program bantu SAP 2000 didapat hasil nilai geser dan momen sebagai berikut : $MT_u = 129025704,8 \text{ Nmm}$; $ML_{ap} = 133251979,2 \text{ Nmm}$; $V_u = 110871,66 \text{ N}$. Hasil penulangan balok anak diperoleh 5D19, tulangan sengkang D10-80 mm.

3.2 Pembebanan Gempa

Data Perencanaan struktur Hotel Royal Isnin sebagai berikut : tinggi tiap antar lantai = 4 meter, jumlah lantai = 10 lantai dan atap, tinggi bangunan = 40 meter. Panjang bangunan = 45 meter, lebar bangunan = 17 meter. Nilai $SDS = 0,607$; Nilai $SD1 = 0,506$; $R = 7$; $\Omega_u = 2,5$; $C_d = 5,5$.

Beban gempa ditentukan dari keseluruhan beban gedung (W) :

$$\begin{aligned} W &= \text{Pelat Atap} + \text{Lantai 7 - 10} + \text{Lantai 2 - 6} + \text{Lantai 1} \\ &= 496426,5 \text{ kg} + (1294067,5 \text{ kg} \times 4) + \\ &\quad (1773107,5 \text{ kg} \times 5) + 620071,1 \text{ kg} \\ &= 15158305 \text{ kg} \end{aligned}$$

Periode fundamental pendekatan T_a (dalam detik) harus ditentukan dari persamaan :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x, \text{ maka diperoleh } T_a = 0,0466 \times (40,10)^{0,9} = 1,2918 \text{ s}$$

Diketahui $SD1 = 0.506$ (g), dari tabel 14 didapat $C_u = 1,4$

$$C_u > T_a \\ 1,4 > 1,292 \text{ (ok)}$$

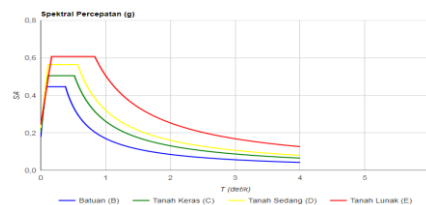
Tabel 1. Hasil Perhitungan Kategori Tanah

No	Tebal Lapisan Tanah di (m)	Selisih tebal lapisan tanah di (m)	N SPT	di/NSPT
1	2.25	2.25	4	0.563
2	4.25	2	6	0.333
3	6.25	2	9	0.222
4	8.25	2	10	0.200
5	10.25	2	9	0.222
6	12.25	2	11	0.182
7	14.25	2	11	0.182
8	16.25	2	13	0.154
9	18.25	2	24	0.083
10	20.25	2	26	0.077
11	21.25	1	64	0.016
12	22.25	1	63	0.016
13	23.25	1	75	0.013
14	24.25	1	48	0.021
15	26.25	2	36	0.056
16	28.25	2	32	0.063
17	30.25	2	28	0.071
Σ		30.25		2.473
$\Sigma di/(di/NSPT)$				12.231

Klasifikasi situs untuk desain seismik ditentukan dari hasil SPT penyelidikan tanah di lokasi gedung hotel Royal Isnin, daerah Gayung Sari Barat, kota Surabaya. Kemudian ditentukan nilai rata-rata SPT (Tabel 1). Diperoleh hasil nilai N rata-rata

< 15 , dan dikategorikan sebagai tanah lunak.

Dari hasil tersebut ditentukan respons spektrum. Untuk kategori tanah lunak seperti ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Respons Spektrum Tanah Lunak (E)

Sesuai SNI 1726 : 2012 pasal 7.8.1 distribusi gaya gempa berdasarkan beban geser dasar seismik yang dibagi sepanjang tinggi struktur gedung:

$$C_s = \frac{SDS}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,607}{1,292 \times \frac{7}{1,0}} = 0,067$$

$$V = C_s \cdot W \\ = 0,067(15158305 \text{ kg}) = 1015606,435 \text{ kg}$$

Distribusi beban gempa F_i dihitung sesuai SNI 1726:2012 pasal 7.8.3, dengan nilai $k = 1$ maka diperoleh $T_a < 0,5$.

Beban gempa statika ekuivalen menggunakan rumus :

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i^k}{\Sigma W_i \cdot Z_i^k} V \text{ dan diperoleh hasil yang ditampilkan pada Tabel 2.}$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Distribusi Gempa

Lantai i	Tinggi Z _i (m)	Berat Lantai W _i (kg)	W _i · Z _i ^{2k} (Kg·m)	V (kg)	F _i (kg)
10	40000	496426.5	2772482431	1015606.43	71633.0145
			3	5	5
9	36000	1294067.5	6504490529	1015606.43	168057.427
			5	5	3
8	32000	1294067.5	5781769359	1015606.43	149384.379
			5	5	9
7	28000	1294067.5	5059048189	1015606.43	130711.332
			6	5	4
6	24000	1294067.5	4336327019	1015606.43	112038.284
			6	5	9
5	20000	1773107.5	4951296307	1015606.43	127927.332
			3	5	102341.865
4	16000	1773107.5	3961037045	1015606.43	102341.865
			8	5	6
3	12000	1773107.5	2970777784	1015606.43	76756.3992
			4	5	5
2	8000	1773107.5	1980518522	1015606.43	51170.9328
			9	5	5
1	4000	1773107.5	9902592615	1015606.43	25585.4664
				5	1015606.43
Σ	14538234	3.9308E+11			5

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ atau δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a), dengan kategori risiko II $\Delta_a = 0,02h_{sx}$ dan untuk faktor redundansi (ρ) dalam pasal 7.3.4.2 SNI 1726:2012, $\rho = 1,3$. Nilai simpangan antar lantai gedung arah X dan arah Y diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Simpangan Antar Lantai Arah X dan Arah Y

Lantai	Simpangan terjadi	Simpangan terjadi	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat desain	Simpangan antar lantai tingkat ijin	Syarat
	dx (m)	dy (m)	d _{xe} (m)	d _{ye} (m)	(Δ_a) (m)	
Atap	0.0190	0.0200	0.0055	0.0000	0.0615	OK
9	0.0180	0.0200	0.0000	0.0055	0.0615	OK
8	0.0180	0.0190	0.0055	0.0110	0.0615	OK
7	0.0170	0.0170	0.0110	0.0055	0.0615	OK
6	0.0150	0.0160	0.0110	0.0110	0.0615	OK
5	0.0130	0.0140	0.0110	0.0110	0.0615	OK
4	0.011	0.012	0.0110	0.0165	0.0615	OK
3	0.009	0.009	0.0165	0.0110	0.0615	OK
2	0.006	0.007	0.0165	0.0165	0.0615	OK
1	0.003	0.004	0.0165	0.0220	0.0615	OK

3.3 Struktur Primer

Struktur primer merupakan komponen utama yang kekakuannya mempengaruhi perilaku dari gedung tersebut. Fungsinya untuk menahan beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa. Pemodelan struktur mengikuti persyaratan SNI 1726:2012 dengan sistem yang dipergunakan adalah sistem rangka pemikul momen. Struktur primer pada perencanaan Sistem Ganda ini terdiri dari balok induk, kolom dan dinding geser.

3.3.1 Perencanaan Balok Induk

Struktur primer menggunakan beton mutu $f'c = 35$ MPa; mutu baja tulangan $f_y = 400$ MPa; tebal selimut beton $s = 40$ mm. Lebar balok induk (b) = 400 mm dan tinggi (h) = 600 mm. Tulangan digunakan ulir berdiameter 25 mm dan tulangan sengkang digunakan diameter 12 mm.

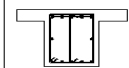
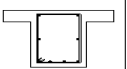
Gaya-gaya dalam dianalisa menggunakan bantuan program SAP 2000, diperoleh hasil seperti ditampilkan pada Tabel 4, dan penulangan balok induk ditampilkan pada Tabel 5. Gambar penulangan balok induk ditampilkan pada Gambar 9.

Tabel 4. Resume Momen Balok Induk

Lokasi	Momen (Nmm)
Kiri	570630514.5
tengah	274700000
kanan	-715487490

Tabel 5. Resume Penulangan Balok Induk

Lokasi	Mn (Nmm)	Tulangan	As pakai	Jumlah Tulangan	Mu (Nmm)
kiri	800552294.6	Atas	4909	10D25	570630514.5
		Bawah	2454	5D25	
tengah	355112638.5	Atas	1963	2D25	274700000
		Bawah	982	4D25	
kanan	800552294.6	Atas	4909	10D25	-715487490
		Bawah	2454	5D25	

TIPE LETAK	BALOK INDUK 400X600	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN ATAS	10D25	2D25
TULANGAN BAWAH	5D25	4D25
TULANGAN TORSI	2D12	2D12
SENGKANG	3D12 - 100	2D12 - 125

Gambar 9. Penulangan Balok Induk

3.3.2 Perencanaan Kolom

Data perencanaan:

Dimensi kolom 600 mm x 600 mm, tebal selimut beton $s = 50$ mm. Tulangan utama digunakan ulir berdiameter 25 mm dan tulangan sengkang 12 mm.

Nilai gaya aksial tekan terbesar terjadi pada nomer 36, frame = 2164 b3 : B6 yang didapat dari hasil setiap jenis kombinasi beban SAP 2000 (Tabel 6).

Tabel 6. Perhitungan Gaya Aksial Pada Kolom

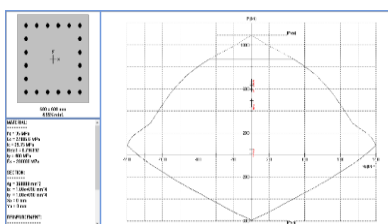
No.	Jenis Beban	Pu (KN)	Momen (KNm)
1	Mati	4956.41	1.7656
2	Hidup	486.299	1.5687
3	Gempa	104.547	0.1246
4	1,2D	5947.692	2.1872
5	1,2D + 1,6L	6725.77	4.62864
6	1,2D + 1,0L + 1,0E	6538.538	3.81202
7	1,2D + 1,0L - 1,0E	6329.444	3.56282
8	0,9D + 1,0E	4565.316	1.71364
9	0,9D - 1,0E	4356.222	1.46444

$$Pu > \frac{Ag \cdot f_c}{10}$$

$$6938,985 \text{ kN} > 1260 \text{ kN(OK)}$$

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL ISNIN 10 LANTAI MENGUNAKAN METODE SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Mochamad Erwin Isnin Diansyah, Utari Khatulistiani)



Gambar 10. Diagram Interaksi Pada Kolom

Diagram interaksi momen Mn dan gaya aksial Pn ditentukan menggunakan bantuan PCA Col (Gambar 10), dan kolom memerlukan tulangan memanjang 20D25 atau 4,55% dari luas penampang kolom (0,0455 Ag). Penulangan kolom seperti ditampilkan pada Gambar 11.

Syarat *Strong Column Weak Beam*

$$\sum M_{nc} \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_{nb}$$

2153,84 KNm ≥ 2142,07 KNm (Ok)

TIPE LETAK	KOLOM 600X600	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN UTAMA	20D25	20D25
SENGKANG	7D12 - 100	7D12 - 100

Gambar 11. Penulangan Kolom

3.3.3 Desain Hubungan Balok Kolom

Gedung yang didesain agar mampu menahan gaya gempa, diperlukan detailing hubungan balok dan kolom.

Desain HBK Terkekang 4 Balok

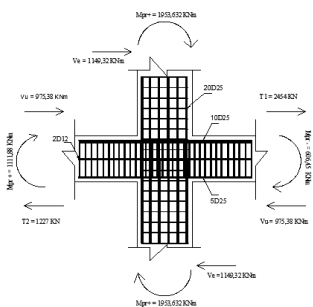
Besarnya tegangan geser nominal joint Vn adalah:

$$\phi V_n = \phi \cdot 1,7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j$$

$$= 0,75 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{35} \cdot (360000)$$

$$= 2715500 \text{ N} = 2715,50 \text{ kN}$$

$\phi V_n = 2715,50 \text{ kN} > V_{x-x} = 2712,62 \text{ kN}$ (OK)



Gambar 12. HBK Terkekang 4 Balok

Desain HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

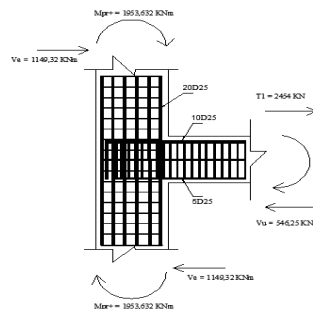
Besarnya tegangan geser nominal joint Vn adalah:

$$\phi V_n = \phi \cdot 1,2 \cdot \sqrt{f_c} \cdot A_j$$

$$= 0,75 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{35} \cdot (360000)$$

$$= 1916900 \text{ N} = 1916,90 \text{ kN}$$

$\phi V_n = 1916,90 \text{ kN} > V_{x-x} = 1907,75 \text{ kN}$ (OK)



Gambar 13. HBK Terkekang 3 atau 2 Balok

3.3.4 Perencanaan Dinding Geser

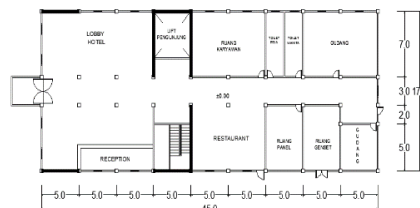
Penempatan dinding geser pada gedung ini seperti ditampilkan berupa garis tebal pada Gambar 14.

Data perencanaan :

- Tebal Dinding Geser = 30 cm
- Panjang Dinding Geser = 700 cm
- Tinggi Dinding Geser = 400 cm
- Selimut beton = 50 mm
- Tulangan utama = D36
- Tulangan sengkang = D25

Gaya-gaya yang diambil untuk perencanaan dinding struktur adalah gaya yang terletak pada dinding geser lantai 1.

Dari hasil output SAP2000 kemudian dilakukan pengecekan pada *base shear* bahwa sistem struktur yang terdiri dari struktur dinding geser dan sistem rangka masing-masing sudah menerima beban sesuai persyaratan.



Gambar 14. Desain Penempatan Perletakan Dinding Geser

Tabel 7. Nilai Prosentase Antara SRPM dan Dinding Geser

KOMBINAS I	SRPM					
	Arah Gempa Fx			Arah Gempa Fy		
	Dinding g Geser	SRPM K	DG < 75%	Dinding g Geser	SRPM K	DG < 75%
COMB1	62%	38%	OK	55%	45%	OK
COMB2	62%	38%	OK	56%	44%	OK
COMB3	61%	39%	OK	58%	42%	OK
COMB4	61%	39%	OK	54%	46%	OK

COMB5	64%	36%	OK	58%	42%	OK
COMB6	64%	36%	OK	54%	46%	OK
COMB7	60%	40%	OK	60%	40%	OK
COMB8	60%	40%	OK	55%	45%	OK
COMB9	64%	36%	OK	60%	40%	OK
COMB10	64%	36%	OK	55%	45%	OK
COMB11	62%	38%	OK	62%	38%	OK
COMB12	62%	38%	OK	50%	50%	OK
COMB13	62%	38%	OK	62%	38%	OK
COMB14	62%	38%	OK	50%	50%	OK
COMB15	62%	38%	OK	60%	40%	OK
COMB16	62%	38%	OK	55%	45%	OK
COMB17	63%	37%	OK	66%	34%	OK

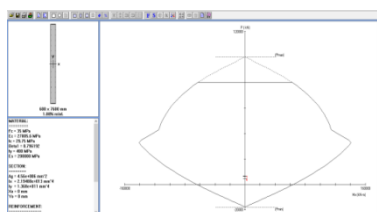
Dari hasil desain penempatan dinding geser diperoleh sudah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda (*dual system*) menurut SNI 1726:2012. Dinding geser digunakan untuk perencanaan karena didesain memiliki kemampuan 60% menahan beban gempa dan 40% beban gempa di terima oleh SRPM seperti ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Resume Gaya pada Dinding Geser Lantai 1

No.	Jenis Beban	Pu (KN)	Vu (KN)	Momen (KNm)
1	Mati	495.1	3.59	2.118
2	Hidup	463.100	1.46	1.901
3	Gempa	103.7	1.87	1.122
4	1,4D	693.2	5.02	2.5416
5	1,2D + 1,6L	668.3	6.64	5.5832
6	1,2D + 1,0L + 1,0E	1160.92	7.63	5.5646
7	1,2D + 1,0L - 1,0E	953.52	3.89	3.3206
8	0,9D + 1,0E	549.29	5,1	3.0282
9	0,9D - 1,0E	341.89	1,36	0.7842

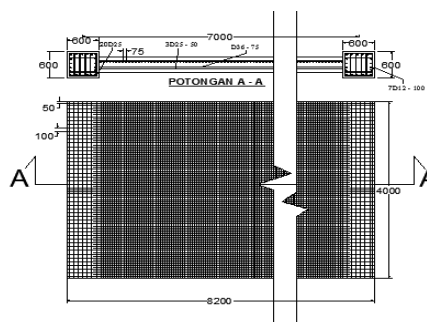
Nilai kekuatan aksial desain dari dinding geser (DS) ini harus lebih besar dari pada kekuatan aksial yang terjadi pada dinding struktur yang ditinjau, maka cek aksial desain:
 $\phi P_n = 1810285 \text{KN} > 1160,92 \text{KN}$ (OK)

Hasil presentasi program PCA Column adalah sebesar 1,08% Ag atau 0,0108Ag. Hasil ini memenuhi syarat 0,01 hingga 0,06 Ag, sehingga hasil tulangan ini memenuhi untuk desain tulangan memanjang DS.



Gambar 15. Diagram Interaksi Desain Kekuatan Dinding Geser Dengan Elemen Pembatas

Penulangan horisontal dinding geser diperoleh D25-50, jumlah tirai = 81 buah; penulangan vertikal D36-75 sebanyak 2 tirai untuk dinding geser, jumlah 1 tirai = 86 buah; sengkang elemen pembatas = 7D12-100; tulangan longitudinal elemen pembatas = 14D25 untuk 1 elemen pembatas (Gambar 16).



Gambar 16. Penulangan pada Dinding Geser

3.4 Perencanaan Pondasi

3.4.1 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Kekuatan Bahan

Data-data perencanaan sebagai berikut :
 Dimensi tiang pancang = 50 x 50 cm
 Tebal selimut beton = 70 mm
 Kelas = D
 Berat = 625 kg/m
 Kuat beban (Ptiang) = 325,09 ton
 Panjang tiang pancang = 20 m

3.4.2 Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Kekuatan Tanah

Dari hasil penyelidikan tanah diperoleh nilai JHP = 1200 kg/cm dan $C_n = 60 \text{ kg/cm}^2$. Beban ijin untuk 1 tiang diketahui dari daya dukung terhadap kekuatan tanah sebagai berikut :

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{C_n \times A}{SF_1} + \frac{JHP \times K}{SF_2}$$

dimana $SF_1 = 3$ dan $SF_2 = 5$

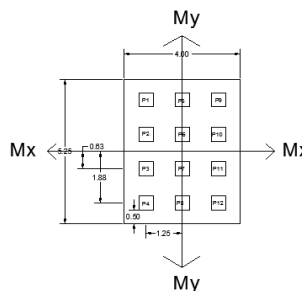
maka :

$$P \text{ ijin 1 tiang} = \frac{60 \times 50 \times 50}{3} + \frac{1200 \times 2(50 + 50)}{5}$$

$$= 98000 \text{ kg} = 98 \text{ ton}$$

3.4.3 Perencanaan Pondasi Kolom

Hasil perhitungan gaya-gaya dalam diperoleh nilai $P = 693898 \text{ kg}$; $M_x = 111556 \text{ kgm}$; $M_y = 247194 \text{ kgm}$
 Direncanakan kelompok tiang pancang terdiri dari 27 buah tiang. Dimensi pile cap 400x525x100 cm dan sloof 40x60 cm (Gambar 17).



Gambar 17. Denah Kolompok Tiang Pancang Pondasi Kolom

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL ISNIN 10 LANTAI MENGUNAKAN METODE SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Mochamad Erwin Isnin Diansyah, Utari Khatulistiani)

$$P_{\text{group tiang}} = \eta \times P_{\text{ijin}} \times 12$$

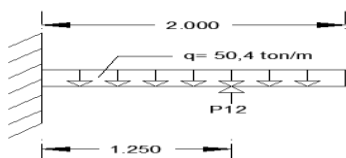
$$= 0,65 \times 98 \times 12$$

$$= 764,4 \text{ ton} > \sum P = 760,8 \text{ ton (OK)}$$

Perencanaan Pile Cap

Data-data perencanaan sebagai berikut :

Dimensi pile cap	= 400 cm x 525 cm
Tebal pile cap	= 100 cm
Dimensi kolom	= 60 x 60 cm
Mutu beton (f'c)	= 35 MPa
Mutu baja (fy)	= 400 MPa
D tulangan utama	= 29 mm
Selimit beton (p)	= 70 mm
Tinggi efektif (dx)	= 1000 - 70 - 1/2 x 29 = 915,5 mm
Tinggi efektif (dy)	= 1000 - 70 - 29 - 1/2 x 29 = 886,5 mm



Gambar 18. Reaksi Perletakan Pada Pile Cap

Geser Pons

$$\phi V_c = 920,96 \text{ ton} > \sum P = 760,8 \text{ ton (OK)}$$

Hasil Penulangan:

Penulangan Arah X = 10D29-200 mm

Penulangan Arah Y = 13D29-200 mm

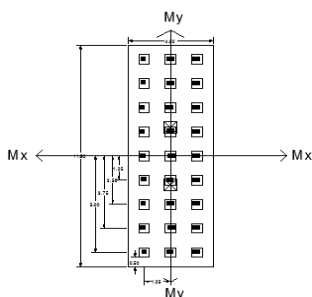
3.4.4 Perencanaan Pondasi Kolom Gabungan

P = 1387796 kg; Mx = 111556 kgm;

My = 247194 kgm

Direncanakan kelompok tiang pancang terdiri dari 27 buah tiang. Pile cap 400x1150x150 cm dan sloof 40x60 cm.

(Gambar 19)



Gambar 19. Denah Kolompok Tiang Pancang Pondasi Kolom Gabungan

$$P_{\text{group tiang}} = \eta \times P_{\text{ijin}} \times 27$$

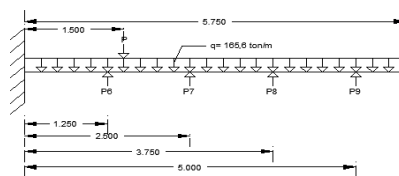
$$= 0,62 \times 98 \times 27$$

$$= 1640,5 \text{ ton} > \sum P = 1568,7 \text{ ton (OK)}$$

Perencanaan Pile Cap

Data-data perencanaan sebagai berikut :

Dimensi pile cap	= 400 cm x 1150 cm
Tebal pile cap	= 150 cm
Dimensi kolom	= 60 x 60 cm
Mutu beton (f'c)	= 35 MPa
Mutu baja (fy)	= 400 MPa
D tulangan utama	= 32 mm
Selimit beton (p)	= 70 mm
Tinggi efektif (dx)	= 1500 - 70 - 1/2 x 32 = 1414 mm
Tinggi efektif (dy)	= 1500 - 70 - 32 - 1/2 x 32 = 1382 mm



Gambar 20. Reaksi Perletakan Pada Pile Cap

Geser Pons

$$\phi V_c = 1890,321 \text{ ton} > \sum P = 1568,7 \text{ ton (OK)}$$

Hasil Penulangan:

Penulangan Arah X = 15D32-125 mm

Penulangan Arah Y = 36D32-150 mm

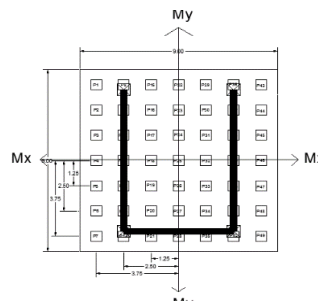
3.4.5 Perencanaan Pondasi Dinding Geser Tipe 1

P = 1679740 kg; Mx = 217800 kgm;

My = 225754 kgm

Direncanakan kelompok tiang pancang terdiri dari 49 buah tiang. Pile cap 900x900x200 cm dan sloof 40x60 cm.

(Gambar 21)



Gambar 21. Denah Kolompok Tiang Pancang Pondasi Dinding Geser Tipe 1

$$P_{\text{group tiang}} = \eta \times P_{\text{ijin}} \times 49$$

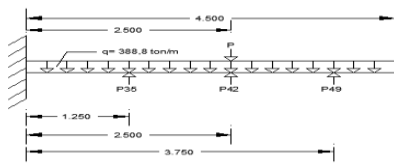
$$= 0,58 \times 98 \times 49$$

$$= 2785,1 \text{ ton} > \sum P = 2590,2 \text{ ton (OK)}$$

Perencanaan Pile Cap

Data-data perencanaan sebagai berikut :

- Dimensi pile cap = 900 cm x 900 cm
- Tebal pile cap = 200 cm
- Dimensi kolom = 60 x 60 cm
- Mutu beton (f'c) = 35 MPa
- Mutu baja(fy) = 400MPa
- D tulangan utama = 32 mm
- Selimut beton (p) = 70 mm
- Tinggi efektif (dx) = 2000 - 70 - 1/2 x 32 = 1914 mm
- Tinggi efektif (dy) = 2000 - 70 - 32 - 1/2 x 32 = 1882 mm



Gambar 22. Reaksi Perletakan Pada Pile Cap

Geser Pons

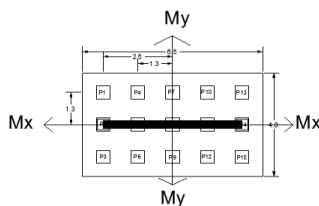
$$\phi V_c = 3193,99 \text{ ton} > \sum P = 2590,2 \text{ ton (OK)}$$

Hasil Penulangan:

- Penulangan Arah X = 41D32-100 mm
- Penulangan Arah Y = 47D32-90 mm

3.4.6 Perencanaan Pondasi Dinding Geser Tipe 2

P = 657232 kg; Mx = 233800 kgm;
My = 215300kgm
Direncanakan kelompok tiang pancang terdiri dari 15 buah tiang.Pile cap 650x400x150 cm dan sloof 40x60 cm.
(Gambar 23)



Gambar 23.Denah Kolompok Tiang Pancang Pondasi Dinding Geser Tipe 2

$$P_{group \text{ tiang}} = \eta \times P_{ijin} \times 15$$

$$= 0,64 \times 98 \times 15$$

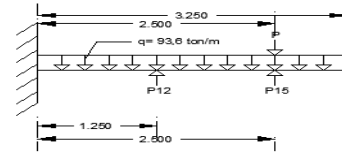
$$= 940,8 \text{ ton} > \sum P = 910,2 \text{ ton (OK)}$$

Perencanaan Pile Cap

Data-data perencanaan sebagai berikut :

- Dimensi pile cap = 650 cm x 400 cm
- Tebal pile cap = 150 cm
- Dimensi kolom = 60 x 60 cm
- Mutu beton (f'c) = 35 MPa

- Mutu baja(fy) = 400MPa
- D tulangan utama = 32 mm
- Selimut beton (p) = 70 mm
- Tinggi efektif (dx) = 1500 - 70 - 1/2 x 32 = 1414 mm
- Tinggi efektif (dy) = 1500 - 70 - 32 - 1/2 x 32 = 1382 mm



Gambar 24. Reaksi Perletakan Pada Pile Cap

Geser Pons

$$\phi V_c = 1890,3 \text{ ton} > \sum P = 910,2 \text{ ton (OK)}$$

Hasil Penulangan:

- Penulangan Arah X = 23D32-125 mm
- Penulangan Arah Y = 13D32-125 mm

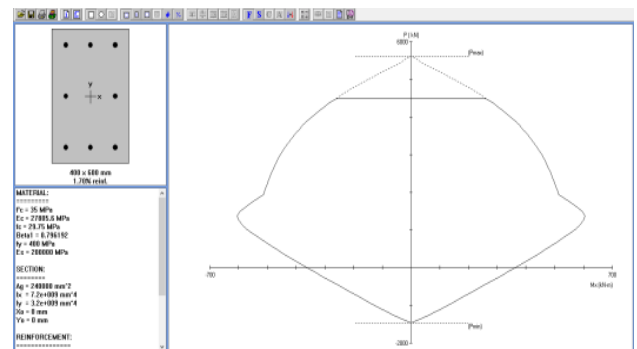
3.4.7 Perencanaan Sloof

Momen yang terjadi :

$$M_u = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot l^2 = \frac{1}{12} \times 2206,4 \times 7^2$$

$$= 9009,4 \text{ kgm} = 90,1 \text{ kNm}$$

$$P_{U_{sloof}} = 901 \text{ kN}$$



Gambar 25. Diagram Interaksi Dsain Kekuatan Sloof

Penulangan Geser Sloof

$$V_u = \frac{1}{2} \times 2206,4 \times 7 = 7722,4 \text{ N}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{901000}{14(400 \times 600)} \right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 523,5$$

$$= 267074 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 0,75 \times 267074$$



$$= 100152,75 \text{ N}$$

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \text{ (SNI 2847:2013)}$$

$$7722,4 \text{ N} < 100152,75 \text{ N}$$

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL ROYAL ISNIN 10 LANTAI MENGUNAKAN METODE SISTEM GANDA DI KOTA SURABAYA

(Mochamad Erwin Isnin Diansyah, Utari Khatulistiani)

TIPE LETAK	SLOOF 400X600	
	TUMPUAN	LAPANGAN
SKETSA		
TULANGAN UTAMA	8D29	8D29
SENGKANG	D 12 - 150	D 12 - 150

Gambar 26. Hasil Penulangan Sloof

4 KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan perencanaan Gedung Hotel Royal Isnin menggunakan sistem ganda di kota Surabaya, dengan menggunakan peraturan SNI yaitu SNI 2847:2013, SNI 1727:2013, dan SNI 1726:2012, dihasilkan beberapa hal yang harus di perhatikan dalam perencanaan gedung di antaranya :

1. Dimensi balok induk 40/60 cm (tulangan tumpuan atas :10D25, tulangan tumpuan bawah :5D25, tulangan lapangan atas :2D25, tulangan lapangan bawah :4D25), dimensi kolom 60/60 cm (20D25) dan tebal dinding geser 30 cm (tulangan dinding geser :86D25, tulangan elemen pembatas :7D12).
2. Pembagian gaya yang diterima oleh dinding geser dengan SRPM sudah memenuhi ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1 yaitu SRPM menerima $\geq 25\%$ dari total gaya yang terjadi dan untuk dinding geser $\leq 75\%$ dari total gaya yang terjadi.
3. Struktur bawah (pondasi) menggunakan tiang pancang dari PT. Wika Beton dengan kedalaman 20 m dan telah memenuhi syarat geser pondasi sesuai pasal 11.11.2.1 SNI 2847:2013.

Pondasi dibagi 4 tipe yaitu :

- Pondasi Kolom : menggunakan 12 buah tiang pancang dengan pile cap 525 x 400 x 100 cm (tulangan arah X :10D29 dan tulangan arah Y :13D29) .
- Pondasi Kolom Gabungan: menggunakan 27 buah tiang pancang dengan pile cap 11500 x 400 x 150 cm (tulangan arah X :15D32 dan tulangan arah Y :36D32).
- Pondasi Dinding Geser Tipe 1 : menggunakan 49 buah tiang pancang dengan pile cap 900 x 900 x 200 cm (tulangan arah X :41D32 dan tulangan arah Y :47D32).
- Pondasi Dinding Geser Tipe 2 : menggunakan 15 buah tiang pancang dengan pile cap 650 x 400 x 150 cm (tulangan arah X :23D32 dan tulangan arah Y :13D32).

DAFTAR PUSTAKA

- Al Chamid Achmad Damar, 2012, *Perbandingan Tiga Metode Penentuan Sistem Ganda Dari Struktur Portal – Dinding Geser Akibat Beban Gempa*, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung* (SNI 1726:2012): Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, *Tata Cara Perencanaan Untuk Bangunan Gedung* (SNI 2847:2013): Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* (SNI 1727:2013): Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Cita Hendiyar, 2012, *Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Kantor Direktorat Jendral Bea Dan Cukai Kediri Dengan Sistem Ganda Menggunakan Basement*, Makalah Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Pardoyo, dkk. 2015. *Perencanaan Struktur Gedung Hotel Persona Jakarta*, Jurnal Karya Teknik Sipil, Volume 4, Nomor 4, Halaman, 96 – 106, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wallah, dkk. 2016. *Efisiensi Penggunaan Dinding Geser Untuk Mereduksi Efek Torsi Pada Bangunan Yang Tidak Beraturan*, Jurnal Sipil Statik, Vol.4, No.1, Universitas Sam Ratulangi, Manado