

PERENCANAAN STRUKTUR APARTEMEN CANDILAND, JALAN DIPONEGORO SEMARANG

Mario Jesayas B. G., Fernando Daniel M. T., Sri Tudjono.*), Parang Sabdono*)

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50239, Telp : (024)7474770, Fax : (024)7460060

ABSTRAK

Gedung Apartemen Candiland Semarang memiliki desain struktur yang relatif besar, dengan jumlah tingkat 20 lantai, dimana terdapat 2 lantai untuk keperluan *mechanical*, *electrical*, dan *plumbing*, 3 lantai semi *basement* untuk keperluan parkir, 1 lantai *ground floor* untuk keperluan kantor, 16 lantai di atasnya sebagai ruang tinggal apartemen, dan 1 lantai atap. Total dari ketinggian gedung ini 63,45 meter, dimana untuk bangunan *high rise building* yang didesain terhadap ketahanan gempa perlu adanya penentuan kelas situs bangunan, kontrol terhadap batasan *base shear*, sistem rangka, partisipasi massa, dan defleksi bangunan yang sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012 mengenai Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Peraturan lainnya yang digunakan yaitu peraturan SNI 1727-2013 mengenai Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, dan peraturan SNI 2847-2013 mengenai Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Dengan digunakannya peraturan-peraturan tersebut, diharapkan bangunan yang didisain sudah aman dan layak terhadap kekuatan dan efektifitas material.

Konfigurasi bangunan yang memanjang dan tidak simetris, dan kolom sebagai pengaku ke arah yang pendek sedikit menunjukkan ada pengaruh gaya lateral gempa yang mempengaruhi desain struktur, sehingga digunakan struktur *dual system*, yaitu gabungan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus dan penggunaan Dinding Geser Khusus. Untuk mengefektifkan fungsi dari *dual system* ini diatur bahwa Rangka Pemikul Momen harus mampu mengaku minimal 25% gaya geser dasar yang terjadi di bangunan untuk masing-masing kombinasi pembebanan.

Kata kunci: gaya lateral, *shear wall*, *dual system*.

*Penulis Penanggung Jawab

ABSTRACT

The building of Candiland Apartment Semarang has a relatively large structural design, with 22 floors, with 2 floors for mechanical, electrical and plumbing, 3 floors for semi basement, 1 ground floor for office, 16 floors above for apartment's living room, and 1 roof floor. The high total of this building is 63,45 meters, where for high rise building which is designed also for earthquake resistance, it is necessary to determine the class of building site, control of base shear constraints, dual system that used, mass participation and deflection of building in accordance with SNI 1726-2012 on Earthquake Resilience Planning Procedure for Building Structure and Non-Building Building. The other rules used are SNI 1727-2013 on Minimum Expenses for Building and Other Structure Building Plans, and 2847-2013 on Structural Concrete Requirements for Buildings. With the use of these regulations, it is expected that the designed buildings are safe and feasible on the strength and effectiveness of the material.

The building configuration is elongated and not symmetrical, and the column as the sterner in the slightest direction indicates no effect of the lateral forces of the earthquake affecting the design of the structure, so that the dual-system structure is used, which are the special moment bearer frame structure and the use of the special sliding wall. To streamline the functionality of the dual sytem it is stipulated that the Moment Frame should be able to recognize at least 25% base shear forces occurring in the building for each combination of loading.

Keywords: *lateral force, shear wall, dual system.*

PENDAHULUAN

Bangunan ini berada di pusat kota Semarang. Lokasinya yang strategis berada dekat dengan Kawasan Simpang Lima Semarang, Rumah Sakit St. Elisabeth, Tugu Muda, Pusat oleh-oleh khas Semarang serta kemudahan akses menuju Stasiun Semarang Poncol, Stasiun Semarang Tawang, dan Bandar Udara Ahmad Yani. Bangunan ini terletak di Jalan Diponegoro, Semarang. Pada Gambar 1, bangunan ini ditunjukkan dengan huruf A, sementara pada sisi utara dibatasi oleh Jalan Diponegoro, Semarang

(B), sisi timur dibatasi oleh Fave Hotel (C) dan pemukiman warga (D), sisi selatan dibatasi oleh Seven Bistro dan Cafe (G), dan sisi barat dibatasi oleh jalan Diponegoro (E) dan Vina House (F).



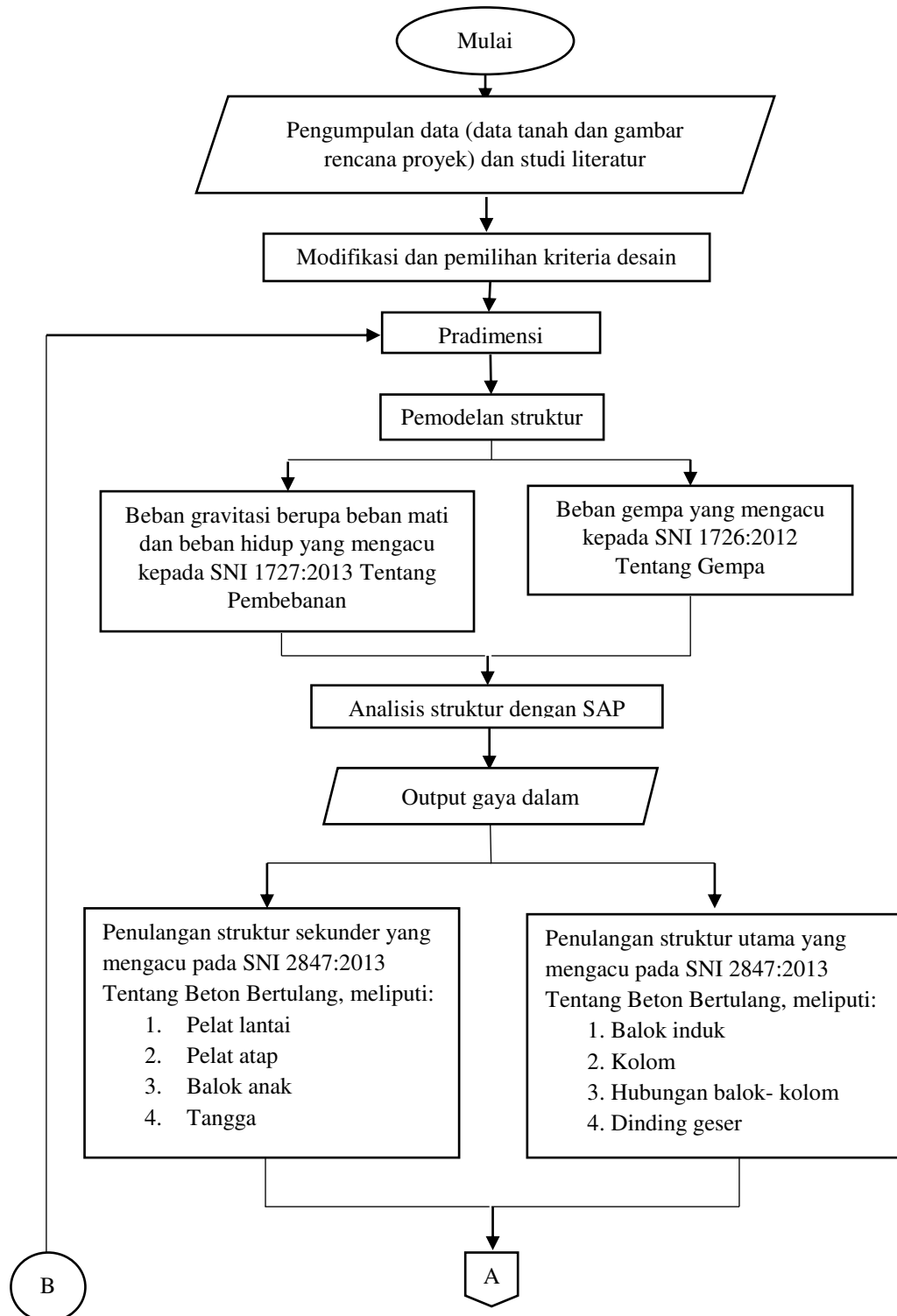
Gambar 1. Lokasi Proyek

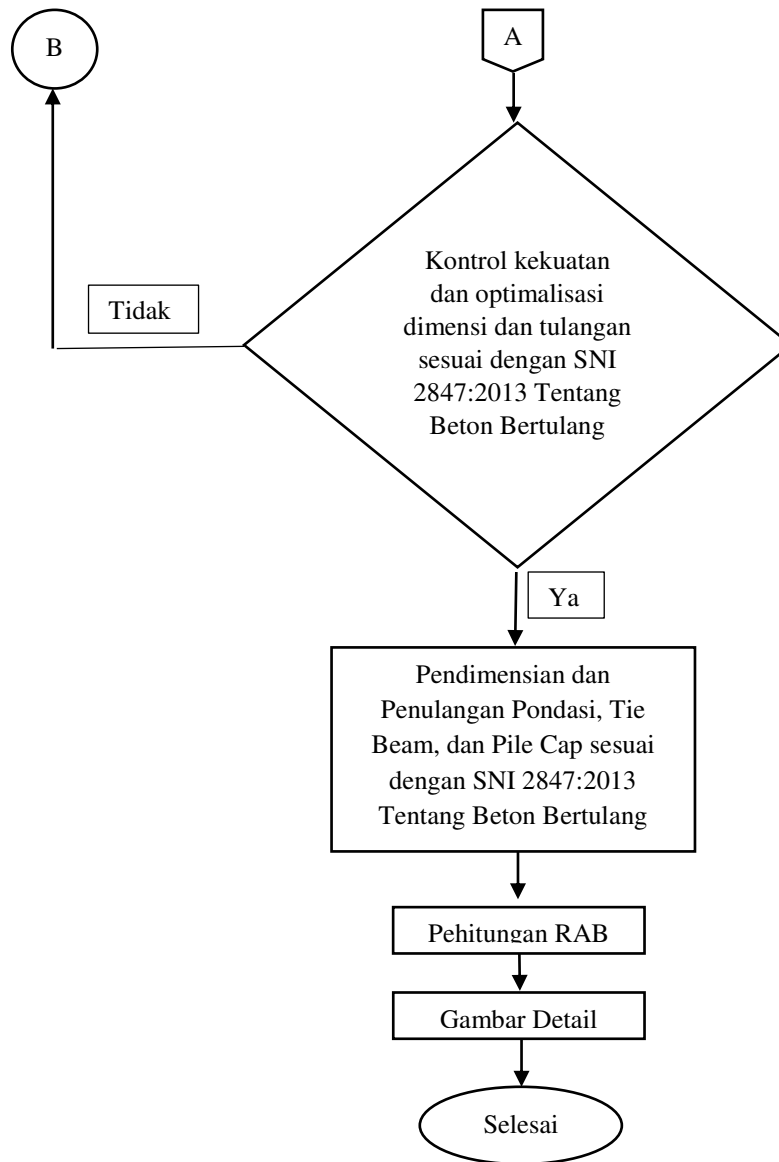
MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari perencanaan bangunan ini adalah melakukan desain sebuah bangunan tinggi tahan gempa.

METODOLOGI

Tahapan-tahapan dalam perencanaan struktur gedung ini ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 2 sebagai berikut:





Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Perencanaan Struktur

HASIL STUDI DAN PEMBAHASAN

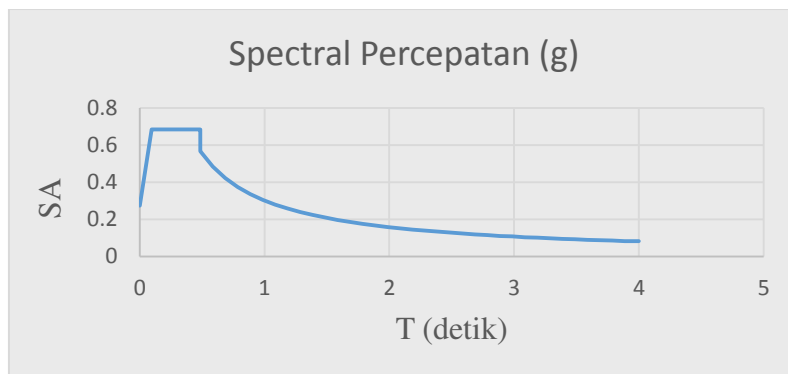
Bangunan ini didesain tahan gempa dan dalam melakukan pemodelan dibantu dengan software SAP, namun tetap dilakukan pengontrolan desain yang sesuai batasan SNI. Sesuai dengan pemanfaatan bangunan sebagai Apartemen, maka di dapat kategori resiko yaitu II dengan nilai Faktor keutamaan (I_e) adalah 1,0. Dari hasil data Nilai Standart Penetration Test di titik bor yang berada pada lokasi proyek yang di tunjukkan Tabel 1, dapat diklasifikasikan situs dari bangunan termasuk kelas situs SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak).

Tabel 1. Nilai Standart Penetration Test BH-3

Lapisan ke-i	Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (d _i) meter	Standart Penetration Test (N)
1	0 – 3	3	> 60
2	3 – 6	3	> 60
3	6 – 9	3	> 60
4	9 – 12	3	> 60
5	12 – 15	3	> 60
6	15 – 18	3	> 60
7	18 – 21	3	> 60
8	21 – 25	4	> 60

Sumber: Laporan Hasil Penyelidikan Tanah Apartemen Candiland

Dengan menggunakan aplikasi puskim, didapatkan wilayah respon yang ditunjukkan oleh Gambar 3 dan juga nilai terhadap beberapa variabel pada Tabel 2 yang disesuaikan dengan koordinat dan klasifikasi situs bangunan.



Sumber : [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

Gambar 3. Kurva Spektrum Respons Percepatan Desain

Tabel 2. Variabel dan nilai

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.464
S _S (g)	1.027
S _I (g)	0.342
C _{RS}	0.867
C _{RI}	0.000
F _{PGA}	1.000
F _A	1.000
F _V	1.458
PSA (g)	0.464
S _{MS} (g)	1.027
S _{M1} (g)	0.499
S _{DS} (g)	0.684

Variabel	Nilai
S_{D1} (g)	0.332
T_0 (detik)	0.097
T_S (detik)	0.486

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Masing- masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik, dengan mengacu pada Tabel 3 dan Tabel 4, terlepas dari nilai perioda fundamental getaran struktur, T .

Tabel 3. Kategori desain seismik pada perioda pendek

Nilai S_1	Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
		I, II atau III	IV
$S_1 < 0,75$	$S_{DS} < 0,167$	A	A
	$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
	$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
	$0,50 \leq S_{DS}$	D	D
$S_1 \geq 0,75$		E	F

Tabel 4. Kategori desain seismik pada perioda 1 detik

Nilai S_1	Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
		I, II atau III	IV
$S_1 < 0,75$	$S_{D1} < 0,067$	A	A
	$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
	$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
	$0,20 \leq S_{D1}$	D	D
$S_1 \geq 0,75$		E	F

Dengan nilai $S_{DS} = 0,684$ dan $S_{D1} = 0,332$, maka bangunan memiliki Kategori Desain Seismik D.

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Faktor keutamaan gempa

D.	Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
3.	Dinding geser beton bertulang khusus	7	2^1_2	5^1_2	TB	TB	TB	TB	TB
4.	Dinding geser beton bertulang biasa	6	2^1_2	5	TB	TB	TI	TI	TI

Catatan TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Dijinkan

Dengan memplot kategori desain seismik (D) ke dalam Tabel 5, maka struktur bangunan harus didesain sebagai Dinding Geser Beton Bertulang Khusus (Sistem Ganda dengan Rangka Pemikul Momen Khusus), dengan Koefisien Modifikasi Respons (R) = 7, Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0) = 2,5, dan Faktor Pembesaran Defleksi (Cd) = 5,5.

Bila perioda fundamental yang dihitung melebihi $C_u T_a$, maka $C_u T_a$ harus digunakan sebagai pengganti dari T dalam arah itu. Batasan *baseshear* dinamik tidak boleh kurang dari 85 persen *baseshear* statik. Dengan melakukan analisis didapatkan nilai gaya geser dasar yang diberikan pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai Gaya Geser Dasar Statik Ekuivalen dan Dinamik

Geser Dasar	Statik Ekuivalen (0,85 V) (kN)	Dinamik (kN)
Quake X	450,301	546,298
Quake Y	450,301	485,37

Rangka Pemikul Momen minimum harus menahan 25% beban geser total struktur untuk setiap arah gempa- X dan gempa-Y dimana hasil pengecekan ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Persentase Kontribusi Gaya Geser Dasar *Shear Wall* dan Rangka Pemikul Momen

No	Kombinasi		Geser Dasar	Struktur	Shear Wall	Rangka Pemikul Momen
Text	Text	Text	Text	Text	Text	Text
1	COMB3 A	Max	F1 (FX)	100%	20,865%	79,134%
2	COMB4 A	Max	F1 (FX)	100%	18,238%	81,761%
3	COMB7 A	Max	F1 (FX)	100%	18,851%	81,148%
4	COMB8 A	Max	F1 (FX)	100%	18,206%	81,793%
5	COMB3 B	Max	F2 (FY)	100%	65,676%	34,323%
6	COMB4 B	Max	F2 (FY)	100%	66,643%	33,356%
7	COMB7 B	Max	F2 (FY)	100%	61,348%	38,651%
8	COMB8 B	Max	F2 (FY)	100%	66,895%	33,104%
9	COMB9 A	Max	F1 (FX)	100%	24,367%	75,632%
10	COMB9 B	Max	F2 (FY)	100%	67,693%	32,306%
11	COMB10 A	Max	F1 (FX)	100%	21,624%	78,375%
12	COMB10 B	Max	F2 (FY)	100%	68,097%	31,902%
13	COMB11 A	Max	F1 (FX)	100%	22,193%	77,806%
14	COMB11 B	Max	F2 (FY)	100%	63,732%	36,267%
15	COMB12 A	Max	F1 (FX)	100%	21,593%	78,406%
16	COMB12 B	Max	F2 (FY)	100%	68,308%	31,691%
17	ENVELOPE	Max	F1 (FX)	100%	27,322%	72,677%

Pelat didesain dimana syarat rasio penulangan $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, tulangan terpakai ditunjukkan pada Tabel 8

Tabel 8. Tabulasi Penulangan Pelat

Tipe Pelat	Tulangan Tepakai			
	Tumpuan Arah X	Lapangan Arah Y	Tumpuan Arah X	Lapangan Arah Y
A	D10-135	D10-150	D10-135	D10-150
B	D10-100	D10-100	D10-100	D10-100
C	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150
D	D10-125	D10-200	D10-125	D10-200
E	D10-200	D10-250	D10-200	D10-250
F	D10-250	D10-300	D10-250	D10-300

Sistem rangka pemikul momen khusus harus didesai sendi plastis terjadi pada ujung-ujung balok, dan untuk kolom khusus berada diatas *pilecap*. Untuk elemen balok diberikan tulangan transversal sepanjang l_o , besarnya $l_o = 2 H$, dan dapat diasumsikan $V_c = 0$, bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan poin 1 mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu masimum dalam panjang tersebut.
- Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 20$.

Hasil perhitungan balok anak ditunjukkan pada tabel 9, sementara untuk balok induk diberikan pada Tabel 10.

- Balok Anak

Tabel 9. Tabulasi Penulangan Balok Anak

Balok	H	B	Tulangan Longitudinal (Lentur + Torsi)			Tulangan Transversal (Geser + Torsi)	
			Letak	Posisi Tulangan	Jumlah Tulangan	Letak	Jumlah Tulangan
B1	400	250	Tumpuan Ka & Ki	Atas	2-D16	Di sepanjang Balok	D10-150
				Tengah	0		
				Bawah	2-D16		
			Tengah Bentang	Atas	2-D16		
				Tengah	0		
				Bawah	2-D16		
B2	550	250	Tumpuan Ka & Ki	Atas	3-D16	Di sepanjang Balok	D10-200
				Tengah	0		
				Bawah	2-D16		
			Tengah Bentang	Atas	2-D16		
				Tengah	0		
				Bawah	3-D16		

- Balok Induk

Tabel 10. Tabulasi Penulangan Balok Induk

Balok	H	B	Tulangan Longitudinal (Lentur + Torsi)			Tulangan Transversal (Geser + Torsi)	
			Letak	Posisi Tulangan	Jumlah Tulangan	Letak	Jumlah Tulangan
B3	500	300	Tumpuan Ka & Ki	Atas	5-D22	Di sepanjang lo	2 Leg D10-50
				Tengah Bentang	Tengah Bawah		
B4	550	300	Tumpuan Ka & Ki	Atas	5-D22	Di sepanjang lo	2 Leg D10-50
				Tengah Bentang	Tengah Bawah		
B5	600	400	Tumpuan Ka & Ki	Atas	4-D22	Di sepanjang lo	2 Leg D10-100
				Tengah Bentang	Tengah Bawah		

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi persamaan:

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

Dengan:

$\sum M_{nc}$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\sum M_{nb}$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam *joint*, yang dievaluasi di muka-muka *joint*.

Untuk kolom, tulangan transversal sepanjang panjang l_o yang telah diidentifikasi sebelumnya, besarnya $l_o = 2 H$, dan dapat diasumsikan $V_c = 0$, bilamana keduanya (a) dan (b) terjadi:

- a. Gaya geser ditimbulkan gempa, yang dihitung sesuai dengan poin 1, mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_0 .
- b. Gaya aksial tekan terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f'_c / 10$.

Dari hasil analisis didapatkan komposisi penulangan untuk kolom yang diberikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Perhitungan Penulangan Kolom

Kolom	H (mm)	B (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal (Confinement + Geser)	
				Sepanjang l_0	Di luar l_0
K1	1000	600	16D22	H=3 leg D13 – 100 V=5 leg D13 – 100	H=3 leg D13 – 150 V=2 leg D13 – 150
K2	800	600	16D22	H=2 leg D13 – 100 V=3 leg D13 – 100	H=2 leg D13 – 150 V=2 leg D13 – 150
K3	700	400	8D22	H=2 leg D13 – 100 V=2 leg D13 – 100	H=2 leg D13 – 150 V=2 leg D13 – 150
K4	600	300	8D22	H=2 leg D13 – 100 V=2 leg D13 – 100	H=2 leg D13 – 150 V=2 leg D13 – 150
K5	500	500	8D22	H=2 leg D13 – 100 V=2 leg D13 – 100	H=2 leg D13 – 150 V=2 leg D13 – 150

Shearwall Tipe C

Tabel 12. Tabulasi Tulangan *Shear Wall*

Shearwall	Lw (mm)	H (mm)	Tulangan Vertikal	Tulangan Horizontal
SW A	4250	300	D19-150	2 leg D10 - 450
SW B	2300	300	D19-200	2 leg D10 - 450
SW C	4250	300	D19-150	2 leg D10 - 450

Penulangan yang didapatkan dari hasil analisis untuk *shearwall* diberikan pada Tabel 12.

Pile Cap

Tabel 13. menunjukkan penulangan dari *pile cap* yang digunakan.

Tabel 13. Tabulasi Tulangan *Pile Cap*

Tipe Pile Cap	Dimensi (meter)			Tulangan	
	Panjang	Lebar	Tinggi	Tarik	Tekan
PC-1	1,6	1,6	1	D22-150	D22-350
PC-4	4	4	1	D22-150	D22-350

Tipe Pile Cap	Dimensi (meter)			Tulangan	
	Panjang	Lebar	Tinggi	Tarik	Tekan
PC-6	6,8	5	1,5	D25-150	D25-350
PC-10	11,2	4	1,5	D25-150	D25-350
PC-12	13,6	4	1,5	D25-150	D25-350

Bored Pile

Tabel 14. menunjukkan penulangan dari *bored pile* yang digunakan.

Tabel 14. Tabulasi Tulangan *Bore Pile*

Jenis Pile	Diameter (mm)	Tulangan Utama	Sengkang Spiral
Bore Pile	800	18 D22	D10-200

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional (2012), *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non- gedung* (SNI 1726- 2012). BSN, Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional (2013), *Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain* (SNI 1727- 2013). BSN, Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional (2013), *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung* (SNI 2847- 2013). BSN, Jakarta.

Christady, Hary. 2008. *Teknik Fondasi 2* (Cetakan ke- 4). Beta Offset, Jakarta.

Kusuma, Gideon. 1995. *Dasar- dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 Edisi Kedua*. Erlangga, Jakarta.

McCormac, Jack C. 2000. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.

Pemerintah Kota Semarang, 2017. *Standarisasi Harga Satuan Bahan Bangunan, Upah dan Analisa Pekerjaan, untuk Kegiatan Pembangunan*, Semarang.

Pusat Litbang Perumahan dan Pemukiman Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2011. “Aplikasi Desain Spektra Indonesia”. http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/