



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 5 Tahun 2023 Page 5371-5384

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan Metode Sistem Ganda (Dual System) pada Studi Kasus Rusun Pik-Pulo Gadung

Fransiskus Anggoro Budi Susilo^{1✉}, Sulardi², Didiék Pramono³

Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma

Email: elredfransiskus24@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Perancangan gedung ini bertujuan untuk mendapatkan dimensi, tulangan, gambar, dan rancangan biaya dari pelat lantai, balok, kolom, dinding geser serta fondasi. Perancangan struktur gedung tahan gempa pada studi kasus Rusun PIK – Pulo gadung direncanakan menggunakan metode sistem ganda sesuai SNI 1726:2019. Elemen struktur beton bertulang direncanakan sesuai SNI 2847:2019. Dari hasil perhitungan didapatkan dimensi dan penulangan elemen struktur pelat yaitu tebal 130 mm untuk lantai atap dan 150 mm untuk lantai unit dipasang tulangan tumpuan arah X dan arah Y D10-150 sedangkan tulangan lapangan arah X dan arah Y D10-200. Balok B1 dengan dimensi 350 x 550 menghasilkan tulangan longitudinal tumpuan atas 5D22, tumpuan bawah 3D22, tulangan longitudinal lapangan bawah 4D22 lapangan atas 2D22, sedangkan tulangan sengkang tumpuan D13-100 dan sengkang lapangan D13-200. Kolom K1 dengan dimensi 700 x 1000 menghasilkan tulangan tumpuan dan lapangan 22D25 dengan tulangan sengkang tumpuan D13-100 dan sengkang lapangan D13-150. Dinding geser P3 mempunyai tebal 350 mm, dengan lebar 5500 mm didapatkan 46D25-250 untuk tulangan utama dan D13-150 untuk tulangan sengkang. Fondasi tiang pancang digunakan diameter 550 mm dengan kedalaman 13,5 m. jumlah kebutuhan tiang fondasi pada satu kelompok terdapat 2,3,4, dan 6 tiang pancang. Rencana Anggaran Biaya untuk pembangunan Rusun ini sebanyak Rp 56.262.394.063,000.

Kata Kunci: *Struktur Tahan Gempa, Sistem Ganda, Pelat Lantai, Balok, Kolom, Dinding Geser, Fondasi*

Abstract

Building desing is very important to obtain dimensions, reinforcement, drawings, and cost designs of floor slabs, beams, columns, shear walls and foundations. The design of earthquake-resistant building structures in the case study of the PIK – Pulo Gadung Flats is design to use the dual system method according to SNI 1726:2019. Reinforced concrete structural elements are planned according to SNI 2847:2019. From the calculation results, it is obtained that the dimensions and reinforcement of the plate structural elements are 130 mm thick for the roof floor and 150 mm for the unit floor, where the pedestal reinforcement in the X direction and Y direction is D10-150 while the field reinforcement in the X direction and Y direction is D10-200. Beam B1 with dimensions of 350 × 550 produces longitudinal reinforcement for the top support 5D22, bottom support 3D22, longitudinal reinforcement for the bottom field 4D22 for the top court 2D22, while the hoop reinforcement for support is D13-100 and field hoops D13-200. Column K1 with dimensions of 700 × 1000 produces support reinforcement and field 22D25 with support stirrup reinforcement D13-100 and field stirrup D13-150. The shear wall P3 has a thickness of 350 mm, with a width of 5500 mm obtained 46D25-250 for main reinforcement and D13-150 for stirrup reinforcement. The pile foundation is used with a diameter of 550 mm with a depth of 13.5 m. The number of foundation piles needed in one group is 2,3,4, and 6 piles. The budget plan for the construction of Rusun is Rp 56,262,394,063,000.

Keyword: Earthquake Resistant Structure, Dual System, Floor Plate, Beam, Column, Shear Wall, Foundation

PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil penelitian dari penelitian kebumihan, menyimpulkan bahwa hampir 95% lebih gempa bumi alamiah yang cukup besar biasa terjadi di daerah batas pertemuan antara lempeng yang menyusun kerak bumi dan di daerah sesar atau fault. Indonesia termasuk Negara yang sering tertimpa bencana gempa bumi baik skala kecil maupun skala besar. Hal ini sangat berpengaruh pada perilaku struktur teknik sipil atau dalam hal ini struktur bangunan gedung, dan dapat sangat berisiko terjadinya keruntuhan dan membahayakan jiwa manusia. Untuk itu perlu adanya perencanaan struktur tahan gempa yang dapat meminimalisir terjadinya kerusakan akibat bencana gempa berkekuatan tinggi.

Gaya yang dihasilkan oleh gempa bumi bekerja sebagai gaya lateral atau gaya horizontal pada struktur terutama struktur gedung. Semakin tinggi suatu gedung, maka semakin besar pula deformasi lateral yang terjadi akibat gempa, karena itu suatu struktur harus memiliki stabilitas dan kemampuan yang cukup untuk menahan gaya lateral tersebut. Tahanan lateral struktur gedung dihasilkan oleh komponen vertical struktur yaitu kolom-kolom dan pengaku lateral yang dipakai. Pengaku lateral yang umum digunakan pada struktur beton bertulang adalah dinding geser (shear wall). Sistem Ganda sebagai salah satu alternatif sistem struktur, disyaratkan untuk memikul sebagian besar beban lateral, yaitu

maksimum sebesar 75%. Distribusi beban lateral pada struktur dengan Sistem Ganda adalah proporsional sesuai dengan kekakuan relatif masing-masing komponennya. Selanjutnya, dengan beban yang sudah terdistribusi, dilakukan perencanaan pada dinding geser. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral. Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi/ sistem ganda (SNI 1726, 2019).

Berdasarkan hal tersebut penulis tertarik untuk merencanakan gedung bertingkat yang aman. Dalam penelitian ini struktur yang akan direncanakan adalah struktur beton bertulang Rumah susun PIK Pulo Gadung 15 lantai yang berlokasi di kota Jakarta Utara. Berdasarkan data jenis tanah, lokasi gedung, dan parameter percepatan respon spectral termasuk ke dalam Kategori Desain Seismik D. Berdasarkan SNI-1726-2019 metode sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) untuk kategori Desain Seismik D, E, F tidak diizinkan. Selain itu struktur gedung tingkat tinggi juga memerlukan perkuatan tambahan berupa struktur dinding geser (Shearwall).

METODE PENELITIAN

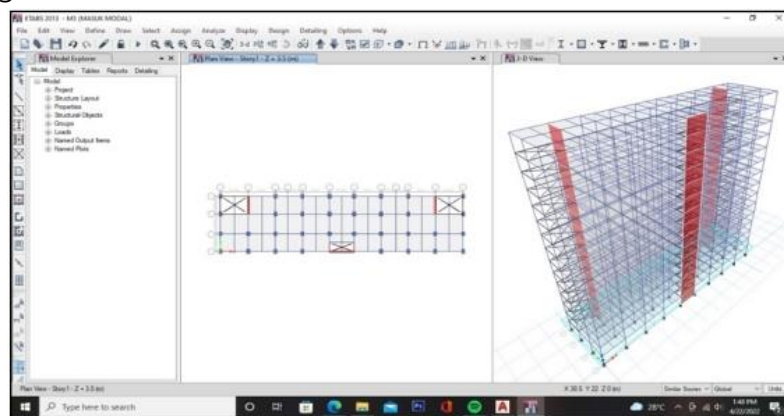
Penjelasan dari metode perencanaan struktur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data
2. Studi Literatur
3. *Preliminary Design*
4. Pemodelan (Pemodelan struktur dilakukan menggunakan aplikasi ETABS dengan dimensi yang sudah direncanakan pada *preliminary design*.)
5. Perhitungan pembebanan (Pembebanan Beban Mati dan Beban Hidup dihitung berdasarkan PPIUG 1983 dan data pembebanan yang didapatkan.)
6. Kontrol Desain Awal (Dilakukan control desain awal pada massa statis dan massa dinamis, dimana massa statis yang bekerja harus 100% dan massa dinamis yang bekerja minimal 90%. Ragam getar arah Y, dan rotasi arah Z harus dominan pada modal 1,2, dan 3).
7. Relasi Statik – Dinamik (Berdasarkan SNI 1726:2019 beban gempa dinamik minimum 100% dari beban gempa static ($V_{DINAMIK} \geq 100\% V_{STATIK}$). Jika syarat tersebut tidak terpenuhi maka beban gempa dinamik tersebut harus dikalikan dengan faktor skala.)
8. Gaya Gempa Desain (Gaya gempa desain didapatkan dengan mempertimbangkan nilai antara gaya geser statik minimal yang disyaratkan (100%) dan gaya gempa dinamik yang kemudian diambil yang terbesar.)

9. Kontrol Simpangan (Struktur harus tahan terhadap gaya gempa desain yang sudah dihitung sebelumnya. Control simpangan dan kestabilan struktur dilakukan untuk mengetahui bahwa struktur gedung sudah memenuhi batas simpangan dan kestabilan maksimum yang sudah diatur dalam SNI 1726:2019.
10. Analisis Sistem Ganda (Proporsi gaya geser yang terjadi pada dinding geser dan rangka sudah diatur dalam SNI 1726:2019 yakni rangka mampu menahan setidaknya 25% gaya gempa yang bekerja. Hal ini sesuai dengan sistem yang dipilih pada bangunan struktur Gedung).
11. Kombinasi Pembebanan
12. Kontrol Gaya Dalam
13. *Output* Gaya
14. Perencanaan Tulangan Struktur
15. Penggambaran Hasil Perencanaan
16. Penyusunan RAB

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Gedung



Gambar 1. Modeling Gedung

Jumlah Ragam

Tabel 2. *Modal Load Participation Ratios*

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	97.85
Modal	Acceleration	UY	100	96.84
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Berdasarkan hasil modal ke-1 yang bekerja dominan adalah translasi arah X sebesar 70,6% dengan waktu periode 1,557 detik. Pada modal ke-2 yang bekerja dominan adalah translasi arah Y sebesar 72,8% dengan waktu periode 1,509 detik. Pada modal ke-3 yang bekerja dominan adalah rotasi sebesar 68,3% dengan waktu periode 1,329 detik. Hal ini menunjukkan bahwa mode gerak struktur sudah sesuai terhadap pergerakan translasi dan rotasi yang disyaratkan.

Berdasarkan hasil tabel 2 didapat bahwa jumlah partisipasi massa ragam terkombinasi untuk static adalah sebesar 100% untuk arah X dan arah Y. Sementara untuk partisipasi massa ragam terkombinasi untuk dinamik adalah sebesar 97,85% untuk arah X dan 96,84% untuk arah Y. hal ini sudah sesuai dikarenakan partisipasi massa dinamik telah mencapai lebih dari 90%.

Relasi Gempa Statik – Dinamik

Berdasarkan SNI 1726:2019 beban gempa dinamik minimum 100% dari beban gempa statik ($V_{DINAMIK} \geq 100\% V_{STATIK}$). Jika syarat tidak terpenuhi maka beban gempa dinamik harus dikalikan dengan faktor skala.

Tabel 4. Relasi Gaya Geser Statik dan Dinamik

Gaya Gempa	Vx	Vy
	(Kgf)	(Kgf)
Statik	572330,5528	572330,5528
100%Statik	572330,5528	572330,5528
Dinamik	390198,1138	409952,1749

Dari hasil analisis tabel 4. Gaya gempa dinamis didapatkan lebih kecil 100% gaya gempa statis, sehingga perlu dilakukan factor skala. Faktor skala = $(100\% V_{statis})/V_{dinamis}$. Sehingga dihasilkan gaya gempa desain seperti terlihat pada tabel 5.

Gaya Gempa Desain

Gaya gempa lateral desain tiap lantai didapat dari gaya geser tiap lantai desain hasil analisis sebelumnya. Contoh perhitungan Gaya Gempa Desain arah X (F_x) :

$$F_{15} = V_{15} = 75029,18158$$

$$F_{14} = V_{14} - V_{15} = 152547,475 - 75029,18158 = 77518,29341$$

$$F_{13} = V_{13} - V_{14} = 222340,9141 - 152547,47579 = 69793,43912$$

Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan dibawah tingkat yang ditinjau. Berikut ini merupakan maksimum lantai akibat gempa arah X dan arah Y.

Tabel 6. Simpangan Antar Lantai Arah X

Story	Hsx	δ_e	Δ	Δ_i	Δ_{ijin}	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Story15	3500	74,4	409,2	13,75	70	OKE
Story14		71,9	395,45	17,05		OKE
Story13		68,8	378,4	20,35		OKE
Story12		65,1	358,05	23,65		OKE
Story11		60,8	334,4	27,5		OKE
Story10		55,8	306,9	30,25		OKE
Story9		50,3	276,65	33		OKE
Story8		44,3	243,65	35,2		OKE
Story7		37,9	208,45	36,85		OKE
Story6		31,2	171,6	37,4		OKE
Story5		24,4	134,2	36,3		OKE
Story4		17,8	97,9	34,1		OKE
Story3		11,6	63,8	30,25		OKE
Story2		6,1	33,55	23,1		OKE
Story1		1,9	10,45	10,45		OKE
Base	0	0	0	OKE		

Tabel 7. Simpangan Antar Lantai Arah Y

Story	Hsx	δ_e	Δ	Δ_i	Δ_{ijin}	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Story15	3500	87,4	480,7	24,75	70	OKE
Story14		82,9	455,95	26,4		OKE
Story13		78,1	429,55	28,6		OKE
Story12		72,9	400,95	30,25		OKE
Story11		67,4	370,7	31,9		OKE
Story10		61,6	338,8	35,2		OKE
Story9		55,2	303,6	37,95		OKE
Story8		48,3	265,65	40,15		OKE
Story7		41	225,5	41,8		OKE
Story6		33,4	183,7	41,25		OKE
Story5		25,9	142,45	40,15		OKE
Story4		18,6	102,3	36,85		OKE
Story3		11,9	65,45	31,9		OKE
Story2		6,1	33,55	23,1		OKE
Story1		1,9	10,45	10,45		OKE
Base		0	0	0		OKE

Contoh perhitungan penentuan simpangan antar tingkat/lantai 15 (*Story*15) untuk gempa arah Y adalah sebagai berikut :

$$\delta_{15} = \frac{C_d \delta_{e15}}{I_e} = \frac{5,5 \times 79}{1} = 434,5 \text{ mm}$$

$$\delta_{14} = \frac{C_d \delta_{e14}}{I_e} = \frac{5,5 \times 76}{1} = 418 \text{ mm}$$

$$\Delta_{15} = \delta_{15} - \delta_{14} = 434,5 - 418 \text{ mm} = 16,5 \text{ mm}$$

$$\Delta_{ijin} = 0,020h_{sx} \times 3.500 = 70,000 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } \Delta_{15} < \Delta_{ijin}$$

$$16,500 < 70,000 \text{ mm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Kestabilan Bangunan

Pengecekan kestabilan bangunan atau akibat efek Delta, dibutuhkan nilai beban kumulatif *gravity* pada tiap lantai dengan faktor beban individu tidak melebihi 1,0.

Tabel 9. Kestabilan Bangunan Arah Y (Lanjutan)

Story	Hsx	Δ_i	P	Vx	θ	θ_{max}	Cek
	(mm)	(mm)	(kgf)	(Kgf)			
Story8	3500	40,15	3351980	467850,17	0,0149	0,090	STABIL
Story7		41,8	4041909	497896,74	0,0176	0,090	STABIL
Story6		41,25	4228892	522049,38	0,0173	0,090	STABIL
Story5		40,15	4918810	541155,34	0,0189	0,090	STABIL
Story4		36,85	5127742	555454,12	0,0176	0,090	STABIL
Story3		31,9	5817664	564967,25	0,0170	0,090	STABIL
Story2		23,1	6026596	570323,85	0,0126	0,090	STABIL
Story1		10,45	6716524	572330,55	0,0063	0,090	STABIL
Base		0	6925457	0	0	0	

Adapun contoh perhitungan control efek P-Delta pada *Story 3* akibat gempa Y adalah sebagai berikut:

$$\theta = \frac{P_3 \Delta I_e}{V_3 h_{sx} C_d} = \frac{5.817.664 \times 31,9 \times 1}{564.967,251 \times 3.500 \times 5.5} = 0,0170642 < 0,1$$

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 = \frac{0,5}{1 \times 5,5} = \leq 0,25$$

$$\theta_{max} = 0,090909091 \leq 0,25$$

Analisis Sistem Ganda (*Dual system*)

Pengecekan terhadap gaya geser desain yang ditahan oleh pemikul momen dan dinding geser (*shearwall*) harus dilakukan sebagai syarat sistem ganda. Menurut SNI 1726:2019 menatakan bahwa untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain.

Tabel 10. Rekapitulasi Interaksi Sistem Ganda

URAIAN	V _{shearwall}	V _{kolom}
	%	%
Gaya Geser yang ditahan akibat gempa arah X	71,96	28,04
Gaya Geser yang ditahan akibat gempa arah Y	69,90	30,10

Berdasarkan Tabel 10 Diambil kesimpulan menurut SNI 1726:2019 Frame telah menahan lebih dari 25% beban gempa maka sudah memenuhi persyaratan sistem ganda. Oleh karena itu rangka pemikul momen sudah mampu menahan gaya gempa desain.

Perhitungan Struktur Pelat

Perencanaan perhitungan struktur pelat didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 11. Rekapitulasi Interaksi Sistem Ganda

Rekapitulasi Penulangan Pelat		
Arah	Tumpuan	Lapangan
X	D10-150	D10-200
Y	D10-150	D10-200

Perhitungan Struktur Balok

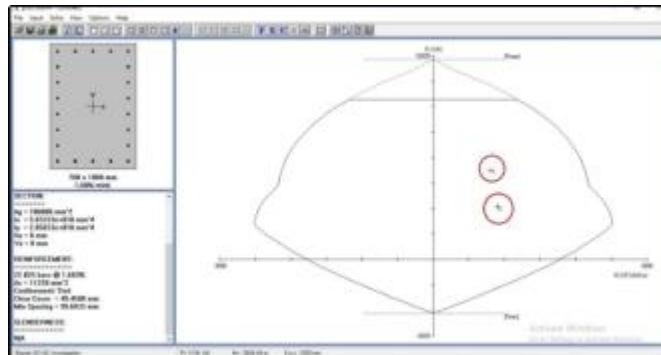
Perencanaan perhitungan struktur balok B1 didapatkan hasil sebagai berikut:

Jenis	Balok Induk (B1)			
	1 - 14		Atap	
Lantai	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
Gambar				
Dimensi	350 x 550		350 x 550	
Tul. Atas	5D22	2D22	4D19	2D19
Tul. Bawah	3D22	4D22	3D19	4D19
Sengkang	D13-100	D13-200	D10-300	D10-300

Gambar 3. Rekapitulasi Penulangan Balok B1

Perhitungan Struktur Kolom

Perencanaan perhitungan struktur kolom didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Interaksi Kolom Menggunakan PCACOL

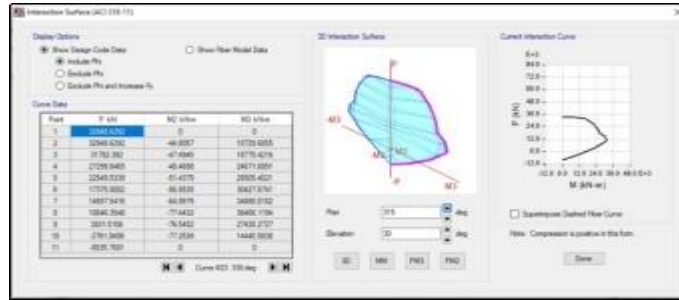
Dari gambar 4. Gambar diagram interaksi kolom menunjukkan bahwa gaya aksial dan momen perlu berada didalam diagram interaksi berarti kolom mampu menahan gaya dalam.

TIPE	KOLOM K1 700 x 1.000	
	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN		
Tul Longitudinal	22D25	22D25
Tul sengkang	D13-100	D13-150

Gambar 5. Detail Penulangan Kolom

Perhitungan Struktur *Shearwall*

Perencanaan perhitungan struktur *shearwall* didapatkan hasil sebagai berikut:



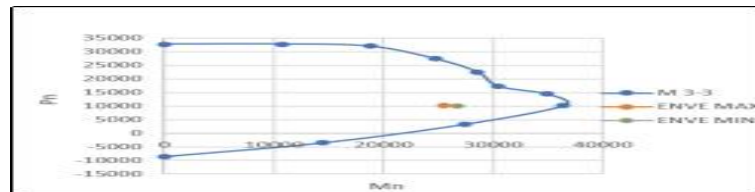
Gambar 6. Section Designer pada *Shearwall* P3

Adapun nilai gaya aksial dan momen lentur pada *shearwall* P3 yang didapat dari program ETABS, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 13. Nilai Gaya Dalam *Shearwall* P3


Point	P kN	M2 kN.m	M3 KN.m
1	32848,63	0	0
2	32848,63	44,806	10729,686
3	31782,39	47,495	18775,422
4	27299,85	48,470	24671,685
5	22549,53	51,438	28505,402
6	17375,8	56,854	30427,874
7	14657,54	64,898	34880,018
8	10646,35	77,443	36406,119
9	3931,516	76,545	27435,273
10	-2761,04	77,254	14440,584
11	-8535,77	0	0

Pengecekan kapasitas dilakukan menggunakan diagram interaksi dengan mengelola data yang didapat pada program ETABS seperti yang tercantum pada tabel 13 di atas. Hasil pengecekan dapat dilihat pada diagram berikut



Gambar 7. Diagram Interaksi *Shearwall* P3

Berdasarkan diagram interaksi, gaya dalam yang bekerja terhadap *shearwall* dapat diterima oleh kapasitas *shearwall* desain, sehingga kapasitas *shearwall* aman terhadap beban aksial dan lentur.

SHEARWALL P3	
Tipe	SHEARWALL P3
Dimensi	350 X 5500
Potongan	
Tulangan	LONGITUDINAL
	TRANSVERSAL
	46D25 - 250
	D13 - 150

Gambar 8. Detail Penulangan *Shearwall* P3

Perhitungan Struktur Fondasi

Perencanaan perhitungan struktur fondasi adapun contoh perhitungan jumlah tiang pada *joint label/6* dapat dilihat pada perhitungan berikut:

$$n = \frac{P}{Q_{\text{ijin}}} = \frac{549,483}{146,982} = 3,738 \approx 4, \text{ dipasang 4 tiang}$$

Tabel 14. Jumlah Kebutuhan Tiang Fondasi pada *shearwall*

Story	Label	Combo	Fz	Jumlah tiang	
			tonf	Perlu	Pakai
Base	35	Comb Pondasi	421,997	5,304	6
Base	39	Comb Pondasi	357,618		
Base	37	Comb Pondasi	407,346	5,102	6
Base	38	Comb Pondasi	342,495		
Base	40	Comb Pondasi	399,547	5,437	6
Base	41	Comb Pondasi	399,580		

Tabel 15. Jumlah Kebutuhan Tiang Fondasi pada Kolom

Story	Label	Combo	Fz	Jumlah tiang	
			tonf	Perlu	Pakai
Base	33	Comb Pondasi	254,152	1,729	2
Base	2	Comb Pondasi	339,249	2,308	3
Base	3	Comb Pondasi	253,652	1,726	2
Base	4	Comb Pondasi	160,488	1,092	2
Base	5	Comb Pondasi	358,388	2,438	3
Base	6	Comb Pondasi	549,483	3,738	4
Base	7	Comb Pondasi	360,573	2,453	3
Base	8	Comb Pondasi	558,739	3,801	4
Base	9	Comb Pondasi	559,310	3,805	4
Base	10	Comb Pondasi	348,945	2,374	3
Base	11	Comb Pondasi	354,128	2,409	3
Base	12	Comb Pondasi	551,595	3,753	4
Base	13	Comb Pondasi	557,371	3,792	4
Base	14	Comb Pondasi	347,383	2,363	3
Base	15	Comb Pondasi	459,164	3,124	4
Base	16	Comb Pondasi	539,131	3,668	4
Base	17	Comb Pondasi	338,243	2,301	3
Base	18	Comb Pondasi	459,150	3,124	4
Base	19	Comb Pondasi	539,122	3,668	4
Base	20	Comb Pondasi	338,249	2,301	3
Base	21	Comb Pondasi	354,065	2,409	3
Base	22	Comb Pondasi	551,600	3,753	4
Base	23	Comb Pondasi	557,371	3,792	4
Base	24	Comb Pondasi	347,445	2,364	3
Base	25	Comb Pondasi	360,485	2,453	3
Base	26	Comb Pondasi	558,781	3,802	4
Base	27	Comb Pondasi	559,550	3,807	4
Base	28	Comb Pondasi	349,343	2,377	3
Base	29	Comb Pondasi	358,323	2,438	3
Base	30	Comb Pondasi	550,213	3,743	4
Base	1	Comb Pondasi	245,299	1,603	2
Base	32	Comb Pondasi	339,299	2,308	3
Base	31	Comb Pondasi	235,434	1,602	2
Base	34	Comb Pondasi	181,200	1,233	2

Perhitungan penurunan fondasi tiang kelompok dihitung menggunakan metode Vesic (1977). Adapun contoh perhitungan penurunan tiang kelompok dengan jumlah 4 tiang adalah sebagai berikut:

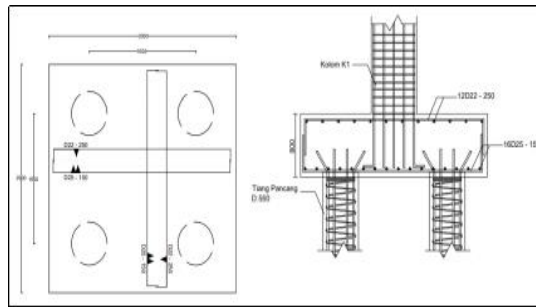
$$S = 0,0197 \text{ m} = 2,850 \text{ m} = 0,55 \text{ m}$$

$$S_g = S \times \sqrt{\frac{B_g}{D}} = 0,0197 \times \sqrt{\frac{2,850}{0,55}} = 0,0448 \text{ m}$$

Berdasarkan batas penurunan maksimum fondasi tiang kelompok menurut Skempton dan Mac Donald (1955) yaitu 65 -100 mm. Maka : 44,8 mm < 65 – 100 mm (Syarat terpenuhi). Didapat hasil rekapitulasi dari perhitungan penurunan fondasi kelompok tiang seperti pada tabel 17, sebagai berikut :

Tabel 17. Rekapitulasi Penurunan Fondasi Tiang Kelompok

Jenis	Jumlah Tiang	B _g	L _g	D	S	S _g
		m	m	m	m	m
PC1	2	2,850	0,850	0,550	0,0197	0,045
PC2	3	2,900	1,250	0,550	0,0197	0,045
PC3	4	2,900	2,900	0,550	0,0197	0,045
PC4a	6	5,685	2,900	0,550	0,0197	0,063
PC4b	6	2,900	6,860	0,550	0,0197	0,045



Gambar 11. Detail *Pile Cap 3*

Perhitungan RAB

Berdasarkan Perhitungan Volume dan AHSP yang sudah dilakukan, maka penyusunan Rancangan Anggaran Biaya dapat dilakukan dengan mengalikan volume elemen struktur dengan AHSP sehingga didapatkan harga akhir pada setiap pekerjaan. Jadi untuk total keseluruhan Rencana Anggaran Biaya termasuk PPN 11% pada struktur beton bertulang Rumah Susun PIK adalah sebesar Rp 56.262.394.063,000, dengan harga/m² sebesar Rp 5.240.390,845.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan desain bangunan Rusun PIK Pulo Gadung struktur beton bertulang dengan menggunakan Sistem Ganda adalah sebagai berikut:

Desain didapatkan meliputi dimensi dan detail penulangan perencanaan bangunan gedung pada struktur atas dengan hasil sebagai berikut:

1. Struktur Pelat, desain penulangan struktur pelat menggunakan perhitungan pelat dua arah dengan tebal 150 mm. tulangan tumpuan arah X dan Y D10–150 serta tulangan lapangan arah X dan Y D10 – 200.
2. Struktur Balok
 - a. Balok Induk, untuk struktur balok induk dengan dimensi 350 x 550 mm tulangan longitudinal tumpuan atas 5D22, tumpuan bawah 3D22, tulangan longitudinal lapangan bawah 4D22, lapangan atas 2D22. Tulangan sengkang tumpuan didapatkan D13-100 sengkang lapangan D13-200.
 - b. Balok Anak, untuk struktur balok anak dengan dimensi 250 x 450 mm tulangan longitudinal tumpuan atas 4D19, tumpuan bawah 2D19, tulangan longitudinal lapangan atas 3D19, lapangan bawah 4D19. Tulangan sengkang tumpuan didapatkan D10- 100 dan sengkang lapangan D10-200.
3. Struktur Kolom, kolom tipe K1 memiliki dimensi 700 x1000 mm. Tulangan longitudinal yang dibutuhkan 22D25, tulangan sengkang daerah tumpuan D13-100 dan sengkang daerah lapangan D13-150.

- a. Kolom tipe K2 memiliki dimensi 650x900 mm. Tulangan longitudinal yang dibutuhkan 20D25, tulangan sengkang daerah tumpuan D13-100 dan sengkang daerah lapangan D13-150.
 - b. Kolom tipe K3 memiliki dimensi 600x800 mm. Tulangan longitudinal yang dibutuhkan 20D22, tulangan sengkang daerah tumpuan D13-100 dan sengkang daerah lapangan D13-150.
4. Struktur *Shearwall*
- a. *Shearwall* tipe P1 dan P2 dengan dimensi 350x4.325 mm membutuhkan tulangan utama 32D25-180 dan tulangan Sengkang D13-150.
 - b. *Shearwall* tipe P3 dengan dimensi 350 × 5.500 mm membutuhkan tulangan utama 46D25-250 dan tulangan Sengkang D13-150.
 - c. Jenis fondasi yang digunakan untuk perencanaan struktur bawah adalah tiang pancang dengan diameter 550 mm dan kedalaman 13,5 m. kelompok tiang yang didapatkan yaitu kelompok 2 tiang, kelompok 3 tiang, kelompok 4 tiang dan kelompok 6 tiang untuk *shearwall*. Penurunan fondasi tiang tunggal adalah 19,7 mm, penurunan kelompok tiang terbesar adalah 63 mm, penurunan izin sebesar 65 – 100 mm.
- Rencana Anggaran Biaya (RAB) termasuk PPN 11% pada struktur beton bertulang Rusun PIK Pulo Gadung adalah sebesar Rp 56.262.394.063,000 dengan harga/m² Rp 5.240.390,845

DAFTAR PUSTAKA

- Arsoni, Ali, Balok dan Pelat Beton Bertulang, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.
- Hardiyatmo, Hary Christady, Analisis dan Perancangan Fondasi I, Gajdah Mada University Press, Yogyakarta, 2014.
- Hardiyatmo, Hary Christady., Analisis dan Perancangan Fondasi II, Penerbit Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2018.
- Honarto, R. J., Handono, B. D., & Pandaleke, R., "Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado", Jurnal Sipil Statik, Vol 7(2), pp. 201– 208, 2019.
- Kariso, P. H., Dapas, S. O., & Pandaleke, R., "Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)", Jurnal Sipil Statik, Vol 6(6), pp. 361– 372, 2018.
- Lesmana, Yudha, Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2019, Penerbit Nas Media Pustaka, 2020.
- Pamungkas, Anugrah dan Harianti, Erny, Desain Pondasi Tahan Gempa, Penerbit Andi,

Yogyakarta, 2013.

PPIUG 1983, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta, 1983.

Setiawan, Agus , Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013, Erlangga, Jakarta, 2016

SNI-2847-2019, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2019.

SNI-1726-2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2019.

SNI 1727:2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2020