

Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen One East Surabaya Menggunakan Struktur *Flat Slab* dengan Penambahan *Shear Wall*

Firly Ayu Agus Dian, I Gusti Putu Raka, Tawio

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

e-mail: tawio@ce.its.ac.id; raka@ce.its.ac.id

Abstrak—Gedung Apartemen One East di Surabaya merupakan gedung yang difungsikan sebagai hunian vertikal yang dibangun di kawasan perumahan. Apartemen One East sendiri merupakan gedung dengan struktur 31 lantai yang memiliki tipe tipikal sehingga mulai dari lantai 4 ke atas mempunyai konfigurasi denah yang sama. Pada Desain struktur gedung apartemen One East ini akan di desain ulang dengan menggunakan struktur *Flat Slab*. Rangka utama akan didesain sebagai Sistem Rangka Gedung dan dinding struktur didesain sebagai dinding struktur beton khusus. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan ringkasan bahwa rangka utama gedung mampu menahan beban lateral arah X dan Y yang masing-masing arah sebesar 8,41% dan 4,85% sehingga syarat Sistem Rangka Gedung terpenuhi. Analisa harga terhadap perbedaan tebal pelat dilakukan untuk mengetahui efektivitas pemilihan tebal pelat yang efisien dan ekonomis. Dari hasil analisa tersebut didapatkan bahwa biaya pembuatan Option 1 (t pelat=350 mm, t drop panel =100 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp74.553.887 dan biaya pembuatan Option 2 (t pelat=250 mm, t drop panel =200 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp66.499.595. Sehingga dalam pembuatannya Option 2 dapat menghemat biaya pembuatan pelat sebesar 10,803%.

Kata Kunci—*Flat Slab, Beton bertulang, Shear Wall, Drop Panel, Coloumn Capital.*

I. PENDAHULUAN

BERKEMBANGNYA infrastruktur yang semakin pesat memacu peningkatan laju pertumbuhan urbanisasi dari desa ke kota. Menurut data Dinas Pendaftaran Penduduk dan Pencatatan Sipil kota Surabaya, pada tahun 2009 angka urbanisasi penduduk dari luar kota ke wilayah Surabaya yakni sebesar 50,995 jiwa, sedangkan pada tahun 2014 mengalami peningkatan yang cukup signifikan yakni sebesar 67,416 jiwa. Tingginya tingkat urbanisasi masyarakat ke wilayah Surabaya mengakibatkan adanya peningkatan kebutuhan hunian. Semakin minim lahan yang tersedia di Surabaya mendorong adanya pembangunan hunian ke arah vertikal. Salah satu upaya pemerintah untuk menciptakan hunian yang layak di wilayah Surabaya adalah dengan memaksimalkan pembangunan hunian ke arah vertikal seperti hunian apartemen.

Meningkatnya permintaan terhadap kebutuhan hunian vertikal membuat pengembang/investor berlomba dalam menciptakan hunian vertikal yang ekonomis, sehingga mengesampingkan faktor kenyamanan hunian seperti tinggi ruang bebas yang menjadi salah satu faktor kenyamanan penghuni apartemen.

Struktur gedung pada umumnya memiliki komponen-komponen penyusun yang menyatu seperti pelat, balok dan

kolom. Namun saat ini penggunaan sistem struktur konvensional balok – kolom dinilai kurang efektif diaplikasikan pada gedung apartemen karena memiliki tinggi ruang bebas yang rendah. Melihat kondisi yang harus dipertimbangkan seperti yang dijelaskan sebelumnya, maka diperlukan adanya alternatif sistem struktur yang memiliki tinggi ruang bebas yang besar, namun tetap bernilai ekonomis. Salah satu alternatif sistem struktur yang dapat meningkatkan tinggi ruang bebas gedung adalah sistem struktur *Flat Slab*.

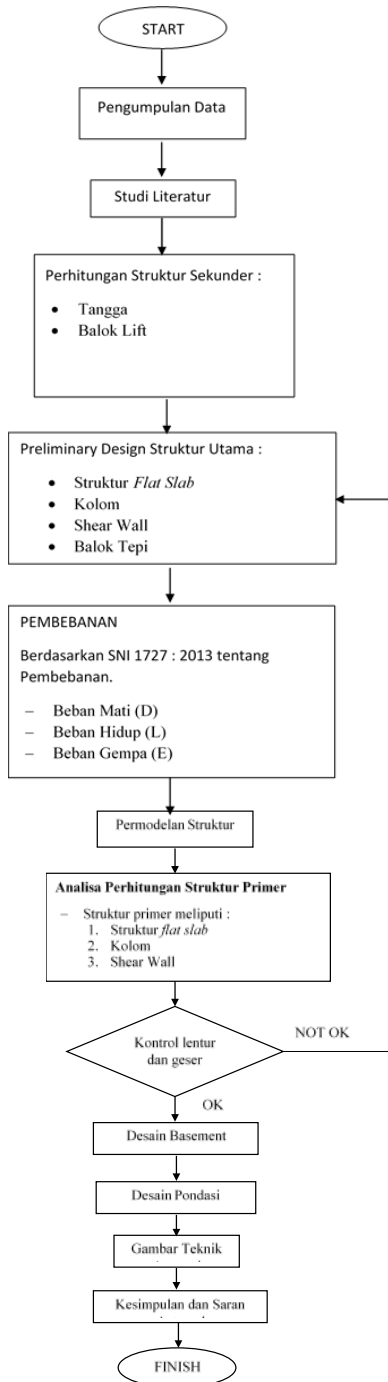
Pada studi ini akan direncanakan alternatif sistem struktur konstruksi *Flat Slab* pada gedung apartemen One East Surabaya dengan menggunakan beberapa alternatif perkuatan untuk menunjang sistem struktur *Flat Slab*. Alternatif konstruksi perkuatan yang pertama adalah dengan adanya Drop Panel sebagai penahan geser struktur, dan alternatif konstruksi perkuatan yang kedua adalah dengan adanya Coloumn Capital sebagai penahan geser pada bagian kritis daerah kolom. Dari kedua alternative konstruksi tersebut akan dibandingkan efisiensi tinggi ruang bebas yang didapatkan pada pemgedung apartemen One East Surabaya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Flat Slab merupakan sistem struktur dengan pelat beton bertulang yang diperkuat dua arah langsung ditunjang oleh kolom tanpa adanya balok[1]. Sistem flat slab merupakan sistem yang sangat simpel untuk metode konstruksi dan untuk bangunan dengan tinggi yang minimum. Analisis dinamik dari flat slab dan pelat dua arah konvensional untuk analisis seismik dengan mempertimbangkan perbedaan area seismik yang sangat mempengaruhi[2].

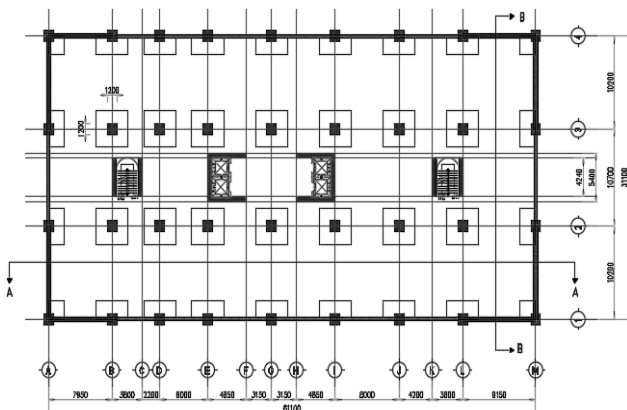
Tebal pelat dan kebutuhan tulangan untuk sistem *flat slab* dihitung berdasarkan nilai-nilai ultimit gaya dalam hasil analisis struktur. Setelah itu, tulangan yang akan dirancang harus kuat untuk menahan besarnya momen positif dan momen negatif, sehingga terdapat dua bagian perancangan dalam hal ini, yaitu perancangan tulangan momen positif dan tulangan momen negatif.

III. METODOLOGI

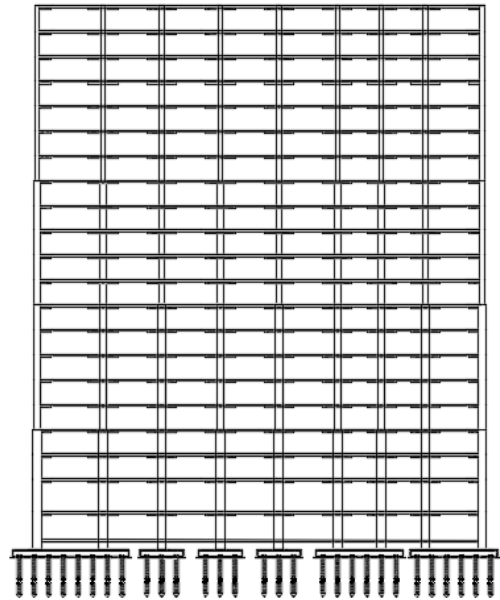


Gambar 1. Bagan Alur Metodologi

Data Gedung



Gambar 2. Denah Gedung



Gambar 3 Potongan Memanjang Apartemen One East Surabaya

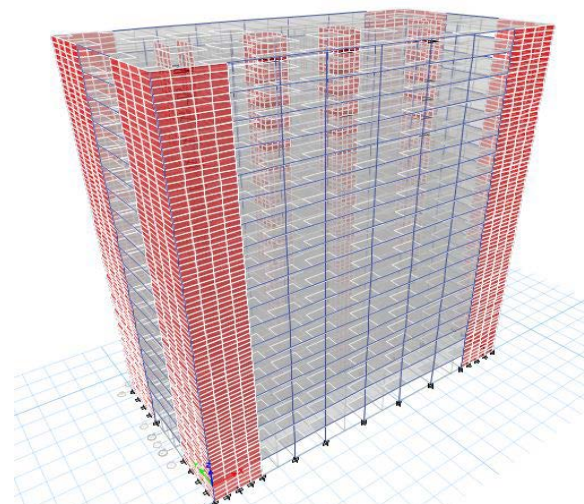
Desain Gedung Apartemen One East menggunakan sistem *Flat Slab*. Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Studi yaitu :

- Tipe Bangunan : Gedung Apartemen
- Lokasi : Surabaya
- Ketinggian Lantai
 - Basement : 4 m
 - Ground Floor : 4,5 m
 - Lantai 1 – 19 : 3,4 m
- Luas Lantai : ± 1842,586 m²
- Tinggi Total Bangunan: ± 69,7 m
- Mutu Beton ($f'c$) : 40 MPa
- Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
- Data Tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir

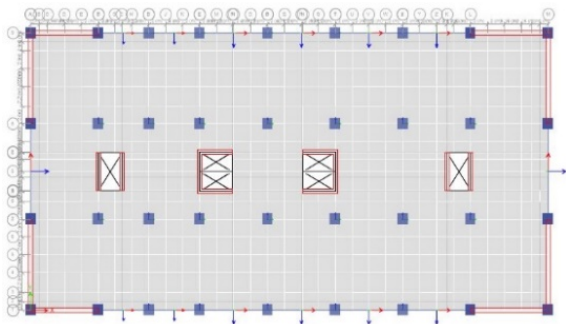
IV. ANALISA PERHITUNGAN

A. Permodelan Struktur

Dalam Desain gedung bertingkat perlu dilakukan adanya Desain pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Program bantu ETABS 2016 akan membantu dalam cek serta kontrol perhitungan struktur sesuai persyaratan yang telah ditetapkan dalam SNI 1726 : 2012.



Gambar 4. Permodelan Struktur pada ETABS



Gambar 5. Permodelan Denah Struktur

B. Pembebanan Gravitasi

Pembebanan Gravitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Beban mati dan hidup yang dipehitungkan berupa beban mati berdasarkan PPIUG 1983 dan beban hidup berdasarkan SNI 1727:2013[3], [4].

Dari analisa pembebanan Gravitasi pada gedung Apartemen One East yang telah dilakukan didapatkan total beban secara manual (1D +1L) adalah **53105903,87 kg**.

Didapatkan total beban gravitasi pada ETABS (1D+1L) sebesar **51445162,90 kg**. Sehingga selisih antara perhitungan manual dengan permodelan ETABS yaitu sebagai berikut :

Tabel 1.
Rekapitulasi Beban Mati dan Beban Hidup

Dead Manual (D)	46201729,98	kg
Live Manual (L)	6904173,89	kg
Berat Etabs (D)	44548168,00	kg
Berat Etabs (L)	6896994,90	kg
D+L Etabs	51445162,90	kg
D+L Manual	53105903,87	kg
Selisih	1660740,97	kg
% Selisih	3,228	%

Selisih 3,228% < 5%, dengan perhitungan manual. Dengan demikian pemodelan struktur dianggap sesuai.

C. Pembebanan Gempa

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa[5].

Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012, struktur ini termasuk dalam kategori risiko II (Gedung Apartemen) dengan faktor keutamaan gempa (Ie) = 1.

Berdasarkan pasal 6.2 SNI 1726-2012, nilai Ss dan S1 ditentukan berdasarkan peta zona gempa pada Gambar 9 dan 10 di SNI 1726-2012. Sehingga didapatkan nilai Ss = 0,663 dan S1= 0,247.

Berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012, parameter percepatan spektral desain, yaitu SDS dan SD1 ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,607 \tag{1}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,74 = 0,496 \tag{2}$$

Dengan nilai-nilai tersebut, struktur gedung diklasifikasikan sebagai kategori desain seismik kategori D. Untuk kategori desain seismik D, dapat digunakan sistem rangka gedung (SRG) sebagai sistem strukturnya. Dengan sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang khusus maka 90% gaya gempa akan di pikul dinding geser. Parameter sistem struktur untuk arah x dan y dengan dinding

geser beton bertulang khusus adalah $R_o=6$, $\Omega_o=2,5$ dan $C_d=5$.

Berdasarkan analisa program bantu ETABS 2016 didapatkan periode fundamental struktur sebesar 1,528. Sehingga $T_c = 1,528$ detik. Berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T_c berada diantara range T_a minimum dan T_a maksimum yakni :

$$T_a \text{ minimum} < T_c < T_a \text{ maksimum}$$

$$1,177 < 1,528 < 1,648$$

Dan nilai koefisien respon seismik (C_s) :

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,607 \times 1 = 0,0267 \geq 0,01$$

Maka nilai C_s diambil sebesar 0,064.

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$V = C_s \times W$$

$$V = 0,064 \times 46617266,33 = 2983505,045 \text{ kgf}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan faktor skala $0,85V/V_t$ (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Sehingga didapatkan nilai gaya geser dasar yang telah dikalikan dengan faktor skala adalah sebagai berikut $V = 2983505,045 \text{ kgf}$ dan $0,85V = 2535979,288 \text{ kgf}$.

D. Perencanaan Struktur Sekunder

Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer.

Analisis Perhitungan struktur sekunder yang akan dibahas pada bab ini diantaranya adalah perancangan tangga, balok bordes dan perancangan balok penggantung lift.

1) Perencanaan Tangga

Tangga akan didesain dengan meletakkan pelat bordes pada setengah tinggi antar lantai dengan denah tangga data desain sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 400 MPa
- Tinggi antar lantai = 340 cm
- Panjang bordes = 280 cm
- Lebar bordes = 124 cm
- Lebar injakan = 30 cm
- Tinggi tanjakan = 15 cm
- Lebar tangga = 130 cm
- Tebal pelat tangga (t_p) = 15 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm

Tabel 2.

Rekapitulasi Penulangan Tangga

Nama Struktur	Tulangan		
	Lentur	Susut	Bagi
Pelat Tangga	D16-140	D10-200	D10 -200
Pelat Bordes	D16-200	D10-200	D10 -200

2) Perencanaan Balok Bordes

Desain balok bordes sesuai dengan SNI-2847-2013 pasal 9.5.2.1 tabel 9.5a. Direncanakan balok bordes dengan dimensi $b = 200 \text{ mm}$, $h = 300 \text{ mm}$. Berikut adalah hasil rekapitulasi penulangan balok bordes :

Tabel 3.
Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes

Nama Struktur	Tulangan	
	Lentur	Geser
Balok Bordes	D12	D10 - 100

3) *Perencanaan Balok Penggantung Lift*

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai Elevator dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe Lift : Passenger Elevator
- Kapasitas : 1000 Kg
- Kecepatan : 105 m/min
- Dimensi sangkar (car size)
 - o Car Wide (CW) : 1660 mm
 - o Car Depth (CD) : 1655 mm
 - o Opening : 900 mm
- Dimensi ruang luncur (Hoistway)
 - o Hoistway width (HW) : 4200 mm
 - o Hoistway Depth (HD) : 2130 mm
- Beban reaksi ruang mesin
 - o R1 : 5450 kg
 - o R2 : 4300 kg

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11, dengan data sebagai berikut :

W = 49,6 kg/m	tw = 7 mm	Zx = 841 cm ³
A = 63,14 cm ²	tf = 11 mm	Ix = 13600 cm ⁴
d = 350 mm	r = 14 mm	Iy = 984 cm ⁴
bf = 175 mm	h = 300 mm	Sx = 775 cm

4) *Preliminary Design*

Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan SNI 2847:2013. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok tepi, balok anak, pelat, shearwall dan kolom. Sebelum melakukan preliminary baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

- Pelat
 - o Option 1 : 350 mm
 - o Option 2 : 250 mm
- Drop Panel
 - o Option 1
 - o Dimensi : 4000 x 4000 mm
 - o Tebal : 100 mm
 - o Option 2
 - o Dimensi : 4000 x 4000 mm
 - o Tebal : 200 mm
- Dimensi Kolom
 - o Groundfloor – Lt 3 : 1200 m x 1200 m
 - o Lantai 4 – 8 : 1000 m x 1000 m
 - o Lantai 9 – 13 : 800 m x 800 m
 - o Lantai 14 – Atap : 600 m x 600 m
- Dimensi Shearwall
 - o Tebal : 500 mm
- Dimensi Balok Tepi

Tabel 5.
Rekapitulasi Dimensi Balok Tepi

No	Bentang	Arah	h min	b min	Dimensi	
					h	b
1	10200	Memanjang	619,3	412,9	650	450
2	9150	Melintang	555,5	370,4	650	450
3	10700	Memanjang	649,6	433,1	650	450

4	9150	Melintang	555,5	370,4	650	450
5	8000	Melintang	485,7	323,8	650	450
6	6000	Melintang	364,3	242,9	650	450
7	7950	Melintang	482,7	321,8	650	450

E. *Perencanaan Struktur Primer*

Struktur utama adalah elemen utama suatu gedung dan berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Elemen utama terdiri dari pelat, balok tepi, kolom dan *shear wall*. Perancangan elemen-elemen tersebut mengacu pada SNI-2847-2013[6].

1) *Desain Pelat*

Tabel 6.
Rekapitulasi Penulangan Pelat Option 1

Arah Penulangan	Posisi Tulangan	Penulangan
Arah X	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik D 22 – 100 mm
		Tekan D 22 – 200 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik D 13 – 150 mm
		Tekan D 13 – 300 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik D 13 – 100 mm
		Tekan D 13 – 200 mm
Lapangan Middle Strip	Tarik D 13 – 150 mm	
	Tekan D 13 – 300 mm	
Arah Y	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik D 22 – 90 mm
		Tekan D 22 – 150 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik D 13 – 200 mm
		Tekan D 13 – 400 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik D 13 – 200 mm
		Tekan D 13 – 400 mm
Lapangan Middle Strip	Tarik D 13 – 200 mm	
	Tekan D 13 – 400 mm	

Tabel 7.
Rekapitulasi Penulangan Pelat Option 2

Arah Penulangan	Posisi Tulangan	Penulangan
Arah X	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik D 19 – 100 mm
		Tekan D 19 – 150 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik D 13 – 100 mm
		Tekan D 13 – 200 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik D 13 – 100 mm
		Tekan D 13 – 200 mm
Lapangan Middle Strip	Tarik D 13 – 150 mm	
	Tekan D 13 – 300 mm	
Arah Y	Tumpuan Coloumn Strip	Tarik D 19 – 75 mm
		Tekan D 19 – 150 mm
	Lapangan Coloumn Strip	Tarik D 13 – 120 mm
		Tekan D 13 – 250 mm
	Tumpuan Middle Strip	Tarik D 13 – 100 mm
		Tekan D 13 – 200 mm
Lapangan Middle Strip	Tarik D 13 – 150 mm	
	Tekan D 13 – 300 mm	

2) *Analisa Harga Besi Tulangan dan Beton Cor pada Pelat t = 250 mm dan t = 350 mm*

Dalam analisa perbandingan penulangan tebal pelat didapatkan kebutuhan tulangan untuk masing – masing ketebalan pelat yang berbeda. Setelah didapatkan kebutuhan tulangan pada masing - masing ketebalan pelat, maka selajutnya dilakukan analisa harga dari besi tulangan dan beton cor yang diperlukan. Pada perhitungan berikut ini akan diambil sampel contoh salah satu pelat ukuran 10200 mm x 6000 mm.

Tabel 8.
Analisa Harga t = 350 mm

Material	Harga Satuan	Harga
Besi	340160,040	Rp57.146.887
Beton	1314524,85	Rp17.407.000
Total Harga		Rp74.553.887

Tabel 9.
Analisa Harga t = 250 mm

Material	Harga Satuan	Harga
Besi	253714,41	Rp47.444.595
Beton	1314524,85	Rp19.055.000
Total Harga		Rp66.499.595

$$\text{Perbandingan harga} = \frac{\text{Rp74.553.887} - \text{Rp66.499.595}}{\text{Rp74.553.887}} \times 100 \% = 10,803 \%$$

Berdasarkan perhitungan analisa harga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan alternatif Option 2 dapat menghemat biaya pembuatan pelat dengan presentase sebesar **10,803%**.

Tabel 10.
Rekapitulasi Penulangan Drop Panel

Posisi Tulangan	Penulangan
Lapangan Tarik	D 22 – 300 mm
Lapangan Tekan	D 22 – 450 mm
Tumpuan Tarik	D 22 – 100 mm
Tumpuan Tekan	D 22 – 300 mm

Tabel 11.
Rekapitulasi Penulangan Balok Tepi

Letak	Tumpuan	Lapangan
Atas	9 D22 As= 3422,57 mm ²	2 D22 As= 760,571 mm ²
Bawah	5 D22 As= 1901,43 mm ²	4 D22 As= 1521,14 mm ²

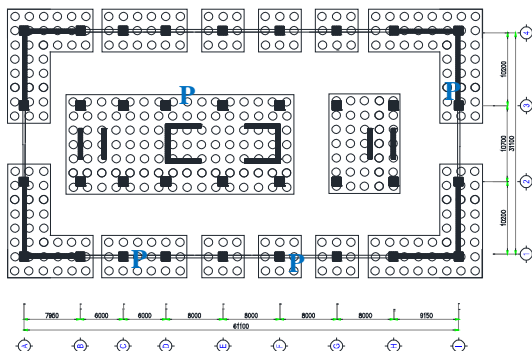
Tabel 12.
Rekapitulasi Penulangan Kolom

Letak	Kolom		0,01 Ag (mm ²)	0,06 Ag (mm ²)	Tul pakai	Ag tul (mm ²)
	Dimensi	Luas				
Groundfloor – Lt 3	1200	1200	14400	86400	28 D32	22528,0
Lantai 4 – 8	1000	1000	10000	60000	24 D29	15858,9
Lantai 9 – 13	800	800	6400	38400	20 D 25	9821,4
Lantai 14 – Atap	600	600	3600	21600	16 D22	6084,6

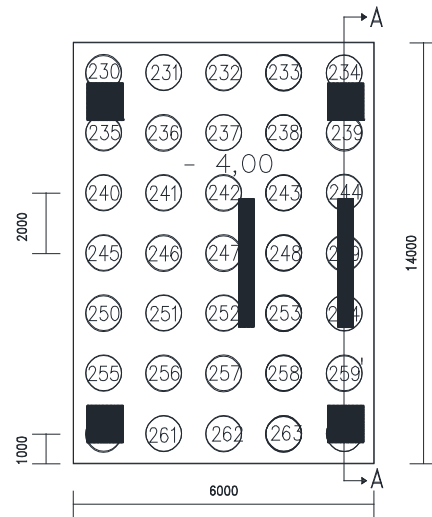
Tabel 13.
Rekapitulasi Penulangan Shearwall

Tipe	Tulangan Geser Vertikal dan Horizontal	Panjang Boundary Element
Arah Y	D 16 - 150	2400 mm
Arah X	D 16 - 150	1300 mm

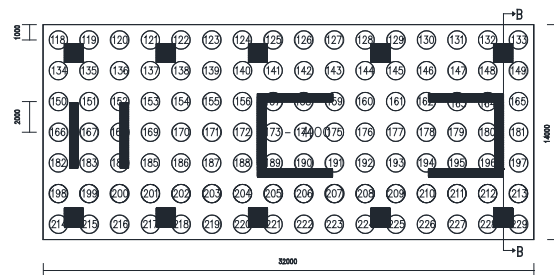
F. Perencanaan Pondasi



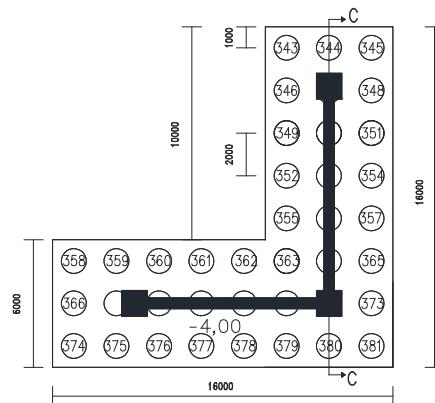
Gambar 6. Denah Perencanaan Pondasi



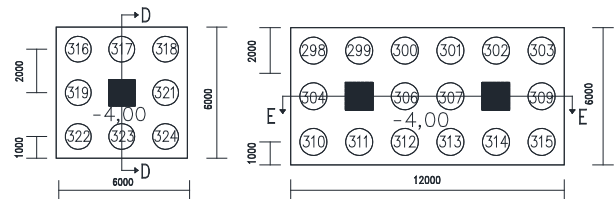
Gambar 7. Grup Tiang Pancang 1



Gambar 8. Grup Tiang Pancang 2



Gambar 9. Grup Tiang Pancang 3



Gambar 10. Grup Tiang Pancang 4 dan 5

Tiang pancang yang akan digunakan merupakan tiang pancang jenis *Prestressed Concrete Spun Piles* produksi PT WIKA Beton dengan spesifikasi sebagai berikut.

- *Outside diameter (D1)* = 60 cm
- *Inside Diameter (D2)* = 40 cm
- *Wall thickness* = 10 cm
- *Class* = C
- *Concrete cross section* = 1570,8 cm²
- *Bending moment crack* = 29 ton.m
- *Bending momen ultimate* = 58 ton.m
- *Allowable axial load* = 229,5 ton
- *Concrete Strength* = 52 MPa

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS.
2. Studi Desain menggunakan sistem *Flat Slab* dengan membuat variasi terhadap tebal pelat menunjukkan bahwa biaya pembuatan Option 1 (t pelat=350 mm, t drop panel =100 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp74.553.887 dan biaya pembuatan Option 2 (t pelat=250 mm, t drop panel =200 mm) menghasilkan harga pembuatan sebesar Rp66.499.595. Sehingga dalam pembuatannya Option 2 dapat menghemat biaya pembuatan pelat sebesar 10,803%.
3. Penggunaan sistem *Flat Slab* efisien terhadap waktu dalam pelaksanaannya karena tidak memerlukan bekisting balok dan tulangan pelat dapat menggunakan tulangan fabrikasi.
4. Perhitungan gaya gempa pada Desain Gedung Apartement One East menggunakan analisa respon spektrum di daerah Surabaya, sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012.
5. Desain struktur beton bertulang menggunakan peraturan SNI 2847:2013, dengan sistem gedung yang digunakan adalah Sistem Rangka Gedung.
6. Pondasi direncanakan dengan pondasi dalam tiang pancang sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan menerima beban melalui poer.
7. Hasil analisa struktur telah dilakukan pada Desain Apartement One East dituangkan pada gambar teknik pada lampiran.

B. Saran

1. Desain gedung yang dilakukan harus pada zona gempa yang sebenarnya agar ketepatan perhitungan dalam Desain lebih efisien dan efektif.
2. Data tanah yang dimiliki sebaiknya harus ada di setiap titik dari tiang pancang agar Desain bisa lebih efektif.
3. Pada Desain bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar, dan sesuai dengan Desain.
4. Pengembangan pada teknologi beton pratekan perlu dilakukan peningkatan, agar lebih mudah dalam pengerjaannya, dikarenakan penggunaan pratekan dapat membuat fungsi ruang pada gedung semakin efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohana HS and Kavan MR, "Comparative study of Flat Slab and Conventional Slab Structure Using ETABS for Different Earthquake Zones of India," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 1931–1936, 2015.
- [2] R. C. Dhanaji, D. D. Mohite, C. P. Pise, Y. P. Pawar, S. S. Kadam, and C. M. Deshmukh, "Behaviour of multi-storied flat slab building considering shear walls: A review," *Int. J. Eng. Res. Appl. www.ijera.com*, vol. 6, no. 2, pp. 10–14, 2016.
- [3] Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, "Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG)," Bandung, 1983.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain," Jakarta, 2013.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, *SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2012.
- [6] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 2847-2013 : Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung," Jakarta, 2013.