

Analisis Struktur Rumah Susun 3 Lantai di Desa Margamekar Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung

Muhammad Wahfyudin Firdaus¹, Tira Roesdiana^{2*}

¹² Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Swadaya Gunung Jati Cirebon

Koresponden*² tira.roesdiana@gmail.com

Info Artikel	Abstract
Diajukan : 2 Juni 2022 Diperbaiki : 12 Juni 2022 Disetujui : 15 Juli 2022 Keywords: Structural Analysis, Reinforced Concrete, Flats Kata kunci: Analisis Struktur, Beton Bertulang, Rumah Susun	<i>Population growth in recent years in Bandung Regency has led to economic growth and development, but broadly developing the Bandung Regency area is not possible because most of the land is devoted to agricultural and plantation products. Therefore, upward development is more needed than extensive construction such as the construction of low and high-rise buildings. To do this, planners need to design a multi-storey building structure. One way to do this is to build Flats. Flats are very suitable in this case because in its construction it saves land use. In this analysis using the ETABS application and using the SNI Gedung regulations according to their use.</i> Pertumbuhan penduduk beberapa tahun terakhir di Kabupaten Bandung telah menyebabkan pertumbuhan ekonomi dan pembangunan, namun secara luas mengembangkan wilayah Kabupaten Bandung tidak memungkinkan karena sebagian besar lahannya dikhususkan untuk hasil pertanian dan perkebunan. Oleh karena itu, pembangunan ke atas lebih dibutuhkan daripada konstruksi ekstensif seperti pembangunan gedung bertingkat rendah dan tinggi. Untuk melakukan ini, perencana perlu merancang struktur bangunan bertingkat. Salah satu cara yang dilakukan dalam hal ini adalah membangun Rumah Susun. Rumah Susun sangat cocok dalam hal ini dikarenakan dalam pembangunannya menghemat penggunaan lahan. Dalam analisis ini menggunakan aplikasi ETABS dan menggunakan peraturan SNI Gedung sesuai dengan penggunaannya.

1. Pendahuluan

Analisis struktur merupakan proses yang diperlukan untuk mengetahui kekuatan struktur dalam konstruksi gedung dan jembatan. Analisis dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual dan aplikasi seperti SAP2000, ETABS, dll.

Struktur bangunan merupakan komponen utama yang mendukung terbentuknya suatu bangunan. Struktur bangunan terdiri dari struktur atas (pelat, dinding, kolom, balok dan komponen lainnya) dan struktur bawah berupa pondasi. Hardiyatmo, Hary Christady [1] menjelaskan bahwa pondasi adalah bagian terbawah bangunan yang menyalurkan beban ke tanah atau batuan di bawah bangunan.

Proses perencanaan pembebanan harus sesuai dengan SNI 1727:2013 [2] dan perencanaan struktur gedung harus mengacu pada SNI 2847:2013 [3] [4] untuk beton bertulang yang merupakan peraturan terbaru yang disesuaikan dengan teknologi terkini [5]. Pengembangan dengan mengacu pada AISC, selain perhitungan rekayasa gempa juga harus mengacu pada SNI 1726:2012 [2], [3], [6].

1. Dasar Teori

Analisis struktur merupakan proses yang diperlukan dalam konstruksi bangunan dan jembatan untuk menentukan kekuatan struktur. Analisis dapat dilakukan dengan bantuan perhitungan manual dan bantuan aplikasi seperti SAP2000 [7], ETABS dan sebagainya.

2. Dasar Perencanaan

Analisis bangunan atau perencanaan bangunan harus memiliki pedoman atau peraturan yang berlaku di Indonesia, antara lain:

- Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung [7][3] (SNI 2847: 2013).
- Beban minimum untuk desain gedung dan struktur lainnya [2](SNI 1727: 2013).
- Pedoman pembuatan rumah dan bangunan [8]–[10]
- Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung [6] (SNI 1726:2012).

3. Struktur Atas

Dalam suatu bangunan gedung adalah semua bagian struktur yang berada di atas permukaan tanah [3], [6], [11](SNI 2847:2013). Bangunan atas terdiri dari atap, kolom, pelat, balok, dinding geser dan tangga yang masing-masing mempunyai peranan yang sangat penting.

4. Struktur Bawah

Substruktur adalah bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan. Pondasi [12] adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban bangunan di atas tanah yang mampu menopangnya [7]

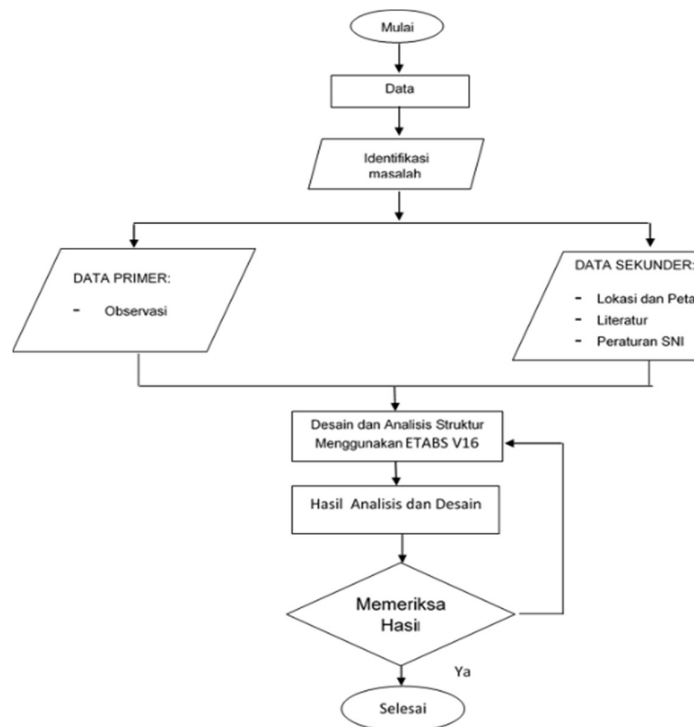
5. Software Pendukung

a. Autocad

AutoCAD merupakan salah satu software CAD [7], [13] (Computer Aided Design) yang berfungsi untuk menggambar atau mendesain suatu objek, baik 2 dimensi maupun 3 dimensi menggunakan sistem CAD. Autocad adalah software yang digunakan untuk desain grafis, yang dapat menghasilkan gambar 2D. Selain itu software ini sangat ringan dibandingkan software lainnya. Meski terlihat sederhana, Autocad memungkinkan kita menggambar lebih cepat dan akurat. Program ini merupakan program aplikasi pemodelan 2D yang cepat, praktis dan fleksibel.

b. ETABS (Program Analisis Struktur)

Program ETABS sangat berguna untuk desain baja dan struktur beton bertulang. Dalam merancang struktur baja, ETABS dapat merancang elemen struktur dengan menggunakan profil baja yang seoptimal dan seekonomis mungkin [6], [7], sehingga tidak ada kendala dalam penggunaannya. Penting untuk menentukan faktor awal dengan baik. Tetapi menyediakan ETABS dengan data profil dari database hanya berlaku untuk desain baja, sedangkan untuk desain beton bertulang kami tidak mendefinisikan elemen sumber sebagai asumsi desain awal yang akan menerima seluruh area tulangan.



Gambar 1. Flowchart

2. Metode Perencanaan

Desain perencanaan dimulai dengan mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan analisis. Mengumpulkan data untuk dijadikan data pada objek. Data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari data terkait bangunan dan fungsi bangunan untuk dianalisis
2. Literature research dengan mengumpulkan referensi dan metode yang diperlukan sebagai literature review dari buku, jurnal, makalah yang ada dan media lainnya (Internet).
3. Menganalisis data yang diperoleh.
4. Menarik kesimpulan dan saran dari hasil penelitian penelitian sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

1. Data Analisis Spesifikasi Bangunan

Bangunan ini terdiri dari 3 lantai menggunakan struktur beton bertulang

a. Luas area 3.140,4 m²

- Lantai 1 : 785,1 m²
- Lantai 2 : 785,1 m²
- Lantai 3 : 785,1 m²
- Atap : 785,1 m²

b. Tinggi bangunan 10,5 meter

c. Tinggi bangunan tiap lantai adalah 3,5 meter

2. Spesifikasi Material

a. Beton [14]–[17]

$$\begin{aligned} f_c' &= 29,05 \text{ MPa} \\ \text{Modulus Elastisitas beton [18], } E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 25332,08 \text{ MPa} \\ \text{Angka poisson} &= 0,2 \\ \text{Modulus Geser, G} &= \frac{E_c}{2 \times (1 + \nu)} \\ &= 10555,04 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Baja Tulangan

- Tulangan untuk sengkang kolom dan balok memakai besi $\varnothing 10$ dengan tegangan leleh, $f_y = 280 \text{ MPa}$
- Tulangan utama untuk kolom memakai besi D16 dengan tegangan leleh, $f_y = 420 \text{ MPa}$
- Tulangan utama untuk balok memakai besi D13 dengan tegangan leleh, $f_y = 420 \text{ MPa}$
- Tulangan untuk plat memakai besi $\varnothing 10$ dan $\varnothing 12$ dengan tegangan leleh, $f_y = 280 \text{ MPa}$.

3. Data Rangka Struktur

a. Plat yang direncanakan tebal 150 mm pada plat 1-3, pada plat tangga tebal 120 mm, plat bordes 150mm dan plat atap tebal 120mm [2], [3], [7].

b. Sloof berdimensi 30x45 cm dan 25x35 cm

c. Balok berdimensi 35X50, 25X40, 20X30

d. Kolom berdimensi 60x60, 60x30 dan 40x40

e. Pondasi berdimensi 100 x 700 x 400 ; 120 x 100 x 400 ; 120 x 120x 400

4. Pemodelan Struktur pada gambar 2.

5. Memasukkan Beban [19]

a. Beban Mati pada Plat pada lantai 1 total 0,85 kN/m²

Beban Lantai 2 dan 3 sebesar 1,30 kN/m²

Beban Lantai Atap sebesar 0,63 kN/m²

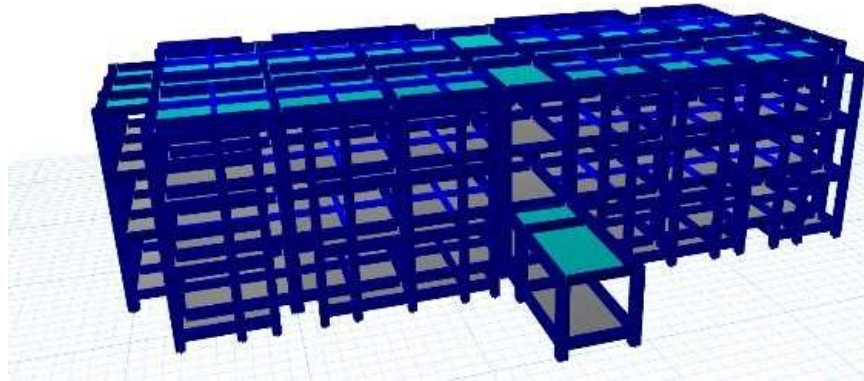
Beban Plat Tangga sebesar 0,67 kN/m²

Beban Plat Bordes 0,64 kN/m²

b. Beban Angin

Beban angin yang digunakan mengacu pada ketentuan [2] SNI 1727:2013. Kecepatan angin dasar di daerah Pengalengan adalah 7,95 MPH [20]

c. Beban Hidup disesuaikan dengan SNI 1727:2013 [2]



Gambar 2. Pemodelan Struktur

d. **Beban Gempa**

Beban gempa ditentukan sesuai dengan persyaratan Peraturan Gempa [2][6] (SNI 1726:2012). Penentuan parameter yang digunakan sebagai berikut:

Zona Gempa = Kabupaten Bandung
 Kategori Risiko Bangunan = Type II (Rumah Susun)
 Klasifikasi Situs = SD (Tanah Sedang)

Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik :

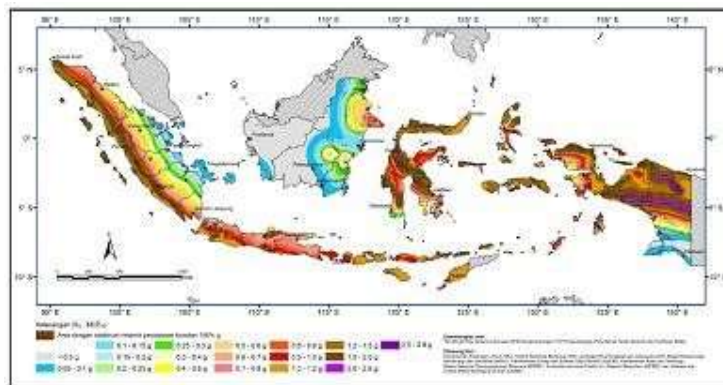
S1 = 0,390

S2 = 0,998

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek dan periode 1 detik yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs :

SMS = $F_a \cdot S_S$

SM1 = $F_v \cdot S_1$



Gambar 3. Beban Gempa

Nilai F_a dan F_v diperoleh dari tabel 4 dan 5 [6] berdasarkan kelas situs.

SE sebesar:

$F_a = 1,100$ dan $F_v = 1.410$

Sehingga nilai SMS dan SM1 menjadi:

SMS = 1,092 g SM1 = 0,632 g

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (SDS) dan pada periode 1 detik (SD1) harus ditentukan melalui perumusan berikut :

SDS = 0,728g

SD1 = 0,421g

Tabel 1. Spektra desain perioda pendek

Variable	Value
Ss (g)	0,998
S1 (g)	0,390
FA	1,1005
FV	1,410
Sms (g)	1,092
Sm1 (g)	0,632
Sds (g)	0,728
Sd1 (g)	0,421
T0 (detik)	0,116
Ts (detik)	0,579

Pemilihan Struktur

Sistem pemilihan struktur

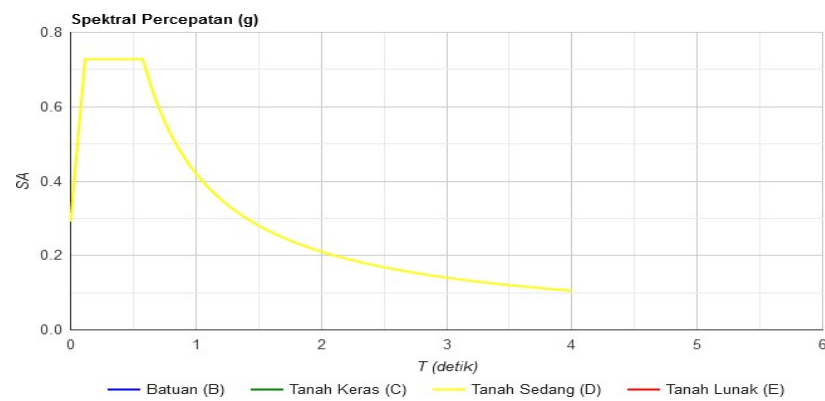
Sistem penahan gaya seismik [6] : SPRMK (Sistem Pemikul Rangka Momen Khusus)

Kategori desain seismik : D

Koefisien modifikasi respon : 8

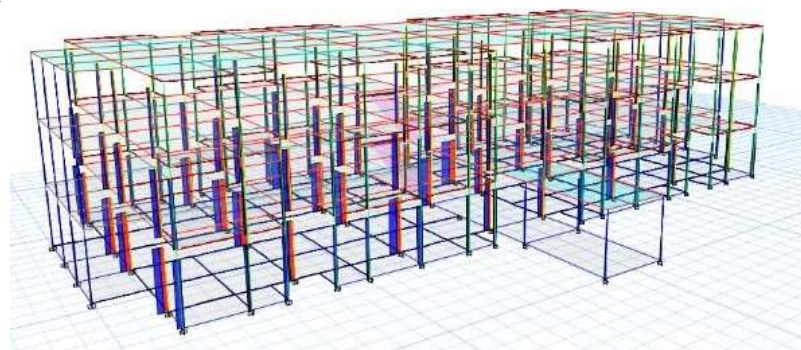
Faktor kuat lebih sistem : 3

Faktor pembesaran defleksi : $5^{1/2}$



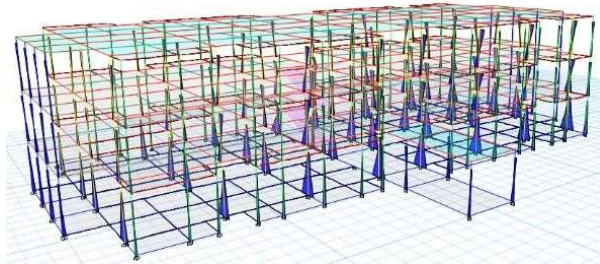
Gambar 4. Spektra Percepatan Gempa

6. Analisa Gaya Dalam



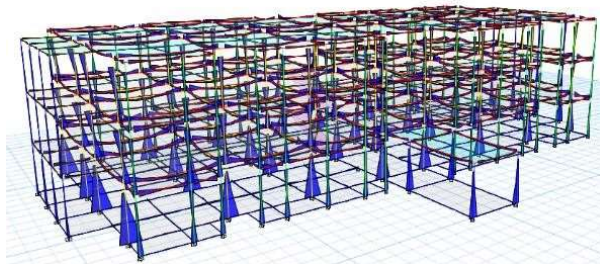
Gambar 5. Diagram Gaya Aksial

- a. Diagram Momen Arah Sumbu 2-2



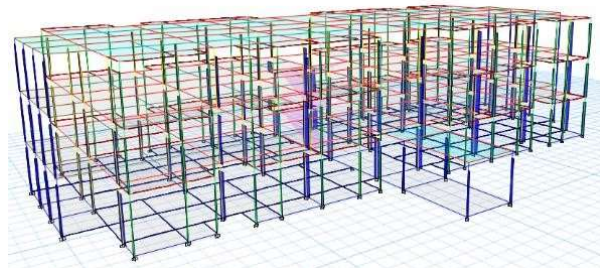
Gambar 6. Diagram Momen Arah Sumbu 2-2

- b. Diagram Momen Arah Sumbu 3-3



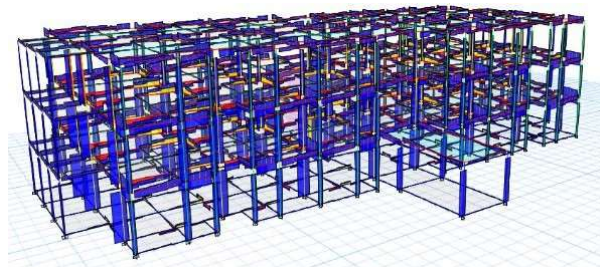
Gambar 7. Diagram Momen Arah Sumbu 3-3

- c. Diagram Gaya Geser Sumbu 3-3



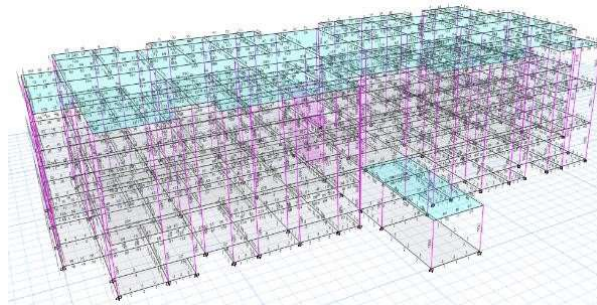
Gambar 8. Diagram Gaya Geser Arah Sumbu 3-3

- d. Diagram Gaya Geser Sumbu 2-2



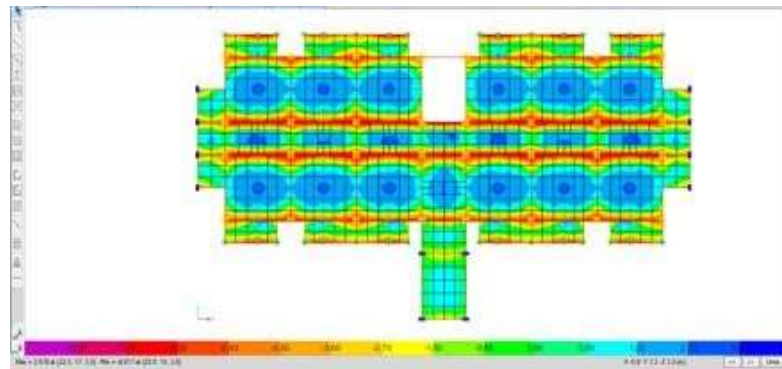
Gambar 9. Diagram Gaya Geser Sumbu 2-2

Hasil Running Analisa di ETABS



Gambar 10. Analisa ETABS

7. Hasil Analisa
 a. Analisa Plat



Gambar 11. Analisa Plat

Dari hasil analisis didapat Mu : 9,337 kNm
 Tulangan : Ø10-150

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times D \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{150} \\ &= 523,33 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \\ &= \frac{523,33 \times 280}{0,85 \times 29,05 \times 1000} \\ &= 5,935 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \text{tebal plat} - \text{tebal selimut} - \frac{\phi}{2} \\ &= 150 - 20 - \frac{10}{2} \\ &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi A_s \times f_y \left(d - \frac{1}{2} a \right) \\ &= 0,8 \times 523,33 \times 280 \left(125 - \frac{1}{2 \times 5,935} \right) \\ &= 14300503 \text{ Nmm} \\ &= 14,300 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &\geq \mu \\ 14,300 \text{ kNm} &\geq 9,337 \text{ kNm (OK)} \end{aligned}$$

Tabel 2. Dimensi Tulangan Tiap Lantai

Jenis	Tebal	Tulangan	ϕM_n (kNm)	Mu	Keterangan
					($\phi M_n > Mu$)
Lantai 1	150	$\phi 10 - 150$	14,3	9,337	OK
Lantai 2	150	$\phi 10 - 151$	14,3	8,817	OK
Lantai 3	150	$\phi 10 - 152$	14,3	11,144	OK
Atap	120	$\phi 10 - 100$	8,165	4,521	OK
Bordes	150	$\phi 12 - 200$	29,772	25,674	OK
Tangga	150	$\phi 10 - 150$	14,3	13,565	OK

b. Analisa Balok

- Balok 1 (500×350)

Tulangan Tumpuan

- Tulangan = 6D13
- Faktor reduksi kekuatan lentur = 0,80
- Dikarenakan $f_c' \leq 30$ maka digunakan $\beta_1 = 0,85$
- Diperkirakan jarak pusat tulangan ke sisi beton

$$d_s = t_s + \phi + D/2$$

$$= 40 + 10 + 13/2$$

$$= 57 \text{ mm}$$

- Tinggi Efektif Balok

$$d = h - d_s$$

$$= 500 - 57$$

$$= 444 \text{ mm}$$

- Luas Tulangan Terpakai

$$A_s = n \times \pi/4 \times D^2$$

$$= 6 \times 3,14/4 \times 13^2$$

$$= 796 \text{ mm}^2$$

- Pengecekan/Analisis Balok

$$a = \frac{A_s \times f_y}{(0,85 \times f_c' \times b)}$$

$$= \frac{796 \times 420}{(0,85 \times 29,05 \times 350)}$$

$$= 38,703 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 796 \times 420 \left(444 - \frac{38,703}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 141,87 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \times 141,87$$

$$= 113,497 \text{ kNm}$$

$$\text{Syarat : } \phi M_n > Mu$$

$$113,497 \text{ kNm} > 101,348 \text{ kNm (OK)}$$

Tabel 3. Tulangan Lapangan dan Tumpuan [11]

Jenis						Keterangan
		Tulangan	Mu	ϕM_n	Sengkang	$\phi M_n > Mu$
SI 1 (300 x 450)	Tumpuan	2 D 13	17,129	34,427	10 - 150	OK
	Lapangan	3 D 13	16,598	51,138		
SI 2 (250 x 350)	Tumpuan	3 D 13	27,080	37,456	10 - 150	OK
	Lapangan	4 D 13	12,068	49,136		
B1 (350 x 500)	Tumpuan	6 D 13	101,348	113,497	10 - 150	OK
	Lapangan	3 D 13	66,184	76,816		
B2 (250 x 450)	Tumpuan	3 D 13	39,683	44,146	10 - 150	OK
	Lapangan	2 D 13	21,836	29,833		
BA (200 x 300)	Tumpuan	3 D 13	17,334	17,689	10 - 150	OK

c. Analisa Kolom

- Tulangan Kolom
 - Digunakan tulangan 12D16
 - Digunakan $f_c' = 29,05$
 - Faktor reduksi 0,65 (karena nilai $P_u > 0,1 \cdot f_c' \cdot A_{gr}$)
 - Jarak pusat tulangan ke sisi beton

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2$$

$$= 40 + 10 + 16/2$$

$$= 58 \text{ mm}$$
 - Tinggi efektif kolom

$$d = b - d_s$$

$$= 600 - 58$$

$$= 542 \text{ mm}$$
 - Luas penampang kolom

$$A_{gr} = b \times h$$

$$= 600 \times 600$$

$$= 360000 \text{ mm}^2$$

$$= 0,36 \text{ m}^2$$
 - Luas tulangan terpakai

$$A_s = n \times \pi/4 \times D^2$$

$$= 12 \times 3,14/4 \times 16^2$$

$$= 2412 \text{ mm}^2$$
 - Jarak tulangan antar deform kolom
 - $X = h - 2 \cdot d_s$

$$= 600 - 2 \cdot 58$$

$$= 484 \text{ mm}$$
 - Gaya aksial nominal maksimum

$$\phi P_n = 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f_c' \times (A_g - A_s) + (f_y \times A_s)]$$

$$= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 29,05 \times (360 - 2412) + (420 \times 2412)]$$

$$= 4822,9811 \text{ kNm}$$
- Syarat : $\phi P_n > P_u$
 $4822,9811 \text{ kNm} > 1075 \text{ kNm (OK)}$

d. Analisa Pondasi

Pondasi 1

- Data Pondasi
 - $F_c = 29,5 \text{ MPa}$
 - $F_y = 420 \text{ MPa}$
 - Ukuran = $25 \times 25 \text{ cm}$
 - Luas $P_nP = 625 \text{ cm}^2$
 - $K = 100 \text{ cm}$
 - $L = 2,8 \text{ m}$
 - $\gamma = 16,83 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi = 21,8$
 - $P_u = 2078,0018 \text{ kN}$
- Menghitung Daya Dukung Ijin Tanah [9]
 Digunakan Metode Mayerhoff untuk menghitung daya dukung ijin tanah.
 Nilai Q_c uji sondir [21] = 250 kg/cm^2
 Nilai JHL uji sondir = 214 kg/cm^2

$$Q_{u \text{ ijin}} = \frac{Q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL + K_a}{5}$$

$$= \frac{250 \times 625}{3} + \frac{214 + 100}{5}$$

$$= 5636,333 \text{ kg}$$

$$= 563,633 \text{ kN}$$
- Data Dimensi Pondasi
 Lebar kolom x (b_x) = $0,30 \text{ m}$

- Lebar kolom y (by) = 0,60 m
- Jarak tiang pancang (a) = 0,375 m
- Tebal pilecap (h) = 0,40 m
- Volume tanah (Ws) = 16,83 kN/m³
- Posisi kolom (as) = 30
- Data Beban Pondasi
 - Gaya axial beban terfaktor : $\Phi \times P_n = 207 \text{ kN}$
 - Momen arah x : $M_{ux} = 90,18 \text{ kNm}$
 - Momen arah y : $M_{uy} = 84,23 \text{ kNm}$
 - Tahanan axial tiang pancang : $\Phi \times H_n = 563,63 \text{ kN}$
- Data Susunan Pancang
 - Banyaknya tiang pancang = 1 buah
 - Banyaknya tiang pancang satu baris arah x = 1 buah
 - Banyaknya tiang pancang satu baris arah y = 1 buah
 - Lebar Pilecap arah x = 0,70 m
 - Lebar Pilecap arah y = 1m
- Gaya Aksial pada Tiang Pancang
 - Berat tanah diatas pilecap $W_s = L_x \times L_y \times z \times W_s$
 $= 0,70 \times 1 \times 0,1 \times 16,83$
 $= 1,18 \text{ kN}$
 - Berat tanah diatas pilecap $W_c = L_x \times L_y \times h \times W_c$
 $= 0,70 \times 1 \times 0,4 \times 24$
 $= 6,72 \text{ kN}$
 - Lengan maksimum tiang pancang arah x terhadap pusat x max = 0m
 - Lengan maksimum tiang pancang arah y terhadap pusat y max = 0 m
 - Total gaya aksial terfaktor
 - $P_u = P_{uk} + 1,2 \times W_s + 1,2 \times W_c$
 - $P_u = 207 + (1,2 \times 1,18) + (1,2 \times 6,72)$
 - Gaya aksial pada 1 tiang pancang
 - $P_{unmax} = P_u/n + M_{ux} \times X_{max}/\sum x^2 + M_{uy} \times Y_{max}/\sum y^2$
 - $P_{unmax} = 216,48 \text{ kN}$
 - Syarat : $P_{u \max} < \Phi \times P_n$
 $216,48 < 563,63 \text{ (OK)}$

4. Kesimpulan

1. Dalam menganalisa struktur dengan Etabs langkah - langkah yang harus dilakukan terdiri dari pemodelan struktur, penentuan material, penentuan dan desain penampang rangka batang, penentuan beban, Run dan analisis struktur.
2. Hasil Analisis Struktur Rumah Susun di Desa Marga mekar Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung dengan menggunakan data eksisting, [3] SNI 2847:2013 tentang Beton Bertulang, [2] SNI 1727:2013 dan PPURG 1987 tentang Pembebanan, [2], [6] SNI 1726:2012 tentang Gempa, adalah sebagai berikut:
 - a. Sebuah Rumah Susun 3 Lantai Di Desa Marga mekar Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung menggunakan dimensi sebagai berikut :
 - Kolom : (60 x 60 cm) ; (60 x 30 cm) & (40 x 40 cm)
 - Balok : (35 x 50 cm) ; (25 x 45 cm)
 - Sloof. (30 x 45 cm) ; (25 x 35 cm)
 pelat lantai tangga dan pelat lantai 15 cm, atap 12 cm. Dimensi ini sesuai dengan dimensi kolom dan balok di lapangan, sehingga dimensi kolom dan balok rumah susun di Desa Margamekar Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung sudah sesuai dengan kebutuhan.
 - b. Dari hasil perhitungan pada pelat lantai dan pelat atap menggunakan Ø 10- 150, pelat bordes menggunakan tulangan Ø 12-100 dan pelat atap Ø 10-200 dengan fy 420 mpa. Untuk balok bawah dan balok induk menggunakan tulangan D13 dan untuk tulangan geser sejauh 150 mm. Pada perhitungan kolom menggunakan tulangan D 16 dengan tulangan geser 420 150 mm dengan fy mpa. Dimensi tulangan sudah sesuai dengan dimensi tulangan di lapangan, dimensi tulangan untuk kolom dan balok rumah susun di Desa Margamekar Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung dianggap layak, sedangkan tulangan untuk pelat lantai, tangga , pendaratan dan atap sesuai dengan persyaratan.

Daftar Pustaka

- [1] E. . Joice, “Perilaku Material Daur Ulang Lapis Pondasi Perkerasan Jalan Yang Distabilisasi Dengan Semen Dan Pozolan Alam,” in *Disertation Report University of Diponegoro*, 2015.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain,” *Beban Minim. untuk Peranc. Bangunan Gedung dan Strukt. Lain*, p. 196, 2013, [Online]. Available: www.bsn.go.id.
- [3] 2847:2013 SNI, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Bandung Badan Stand. Indones.*, pp. 1–265, 2013.
- [4] A. S. Hutagalung, *Dinamika Pengaturan Rumah Susun atau Apartemen Indonesia*. 2002.
- [5] D. Nasrudin Usman, S. Widayati, J. Teknik Pertambangan, and F. Teknik, “Pengembangan Wilayah untuk Pembangunan Daerah Pangalengan Kabupaten Bandung Berbasis pada Satuan Genetik Wilayah Geologi dan Kebencanaan (Regional Development Based on Unit of Regional Genetics in Pangalengan and surrounding areas, Bandung regency, West Java province),” *Promine J.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–8, 2017.
- [6] B. S. N. Indonesia, “SNI 03-1726-2002: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung,” *Badan Standarisasi Nas. Indones. Jakarta*, 2002.
- [7] R. A. Nugroho *et al.*, “Perencanaan Struktur Gedung 9 Lantai Hotel Sky Sea View Jepara,” *J. Civ. Eng. Study*, vol. 01, no. D1, pp. 34–46, 2021.
- [8] R. Indonesia, “Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup,” *Sekr. Negara Republik Indones.*, vol. 1, no. 078487A, p. 483, 2021, [Online]. Available: <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>.
- [9] P. R. Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja*, no. 14. 1970.
- [10] M. Z. Ardhyhan *et al.*, “TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON MUTU TINGGI,” vol. 5, pp. 167–180, 2016.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002,” *Bandung Badan Stand. Nas.*, p. 251, 2002.
- [12] R. I. Kusuma, E. Mina, and P. R. Hasibuan, “STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN PASIR LAUT DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO) (Studi Kasus :Jalan Desa Mangkualam Kecamatan Cimanggu – Kab. Pandeglang),” *J. Fondasi*, vol. 6, no. 2, 2017, doi: 10.36055/jft.v6i2.2473.
- [13] W. Nur and L. Sari, “Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai (Breakwater) Tpi Ujung Batu Jepara,” vol. 02, 2022.
- [14] Tjokrodinulyo, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, 2007.
- [15] M. Qomaruddin, T. H. Munawaroh, and S. Sudarno, “Studi Komparasi Kuat Tekan Beton Geopolimer dengan Beton Konvensional,” in *Prosiding SNST ke-9 Tahun 2018 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim*, 2018, pp. 40–45.
- [16] M. Qomaruddin, K. Umam, I. Istianah, Y. A. Saputro, and P. Purwanto, “Pengaruh Bahan Kalsium Oksida Pada Waktu Pengikatan Pasta Beton Geopolimer dan Konvensional,” *J. Eksakta Univ. Islam Indones.*, vol. 19, no. 2, pp. 182–191, 2019, doi: 10.20885/eksakta.vol19.iss2.art8.
- [17] M. Qomaruddin and S. Sudarno, “The study of laminate concrete between geopolymer and conventional,” 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1363/1/012011.
- [18] B. J. Soentpiet, S. E. Wallah, and H. Manalip, “MODULUS ELASTISITAS BETON GEOPOLYMER BERBASIS,” vol. 6, no. 7, pp. 517–526, 2018.
- [19] A. Kustirini, M. Qomaruddin, D. S. Budiningrum, and I. E. Andammaliek, “The Influence Of Compressive Strength Of Mortar Geopolimer On Addition Of Carbit Waste Ash With Curing Oven System,” in *Proceedings of the 1st International Conference on Civil Engineering, Electrical Engineering, Information Systems, Information Technology, and Agricultural Technology*, 2020, pp. 1–4.

- [20] widayat Widayat, H. Satriadi, L. P. Wibawa, G. F. Hanif, and M. Qomaruddin, "Oil and gas characteristics of coal with pyrolysis process Oil and Gas Characteristics of Coal with Pyrolysis Process," 2022, vol. 020077, no. July.
- [21] N. Kholis, A. Setyowati, S. Gunarti, and R. Sylviana, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen Dan Renolith Clay Soil Stabilization Using Cement and Renolith," *Bentang*, vol. 6, no. 1, pp. 62–77, 2018.