

BAB III METODOLOGI DESAIN

III.1 Umum

Bab III ini akan menjelaskan metode pengumpulan data yang diperlukan dan tahap – tahap dalam proyek akhir. Tahap proyek akhir akan dijelaskan sampai tahap *pereliminary design* di bab III ini. Data yang dikumpulkan ini didapatkan dengan bertanya kepada kontraktor yang memiliki data gedung ini. Adapun data yang didapatkan dari kontraktor adalah:

1. Data deskripsi obyek/subyek proyek akhir.
2. Data denah arsitektur (denah dua dimensi)
3. Data denah tiga dimensi dalam bentuk *file sketchup*.

Penjelasan tiga ini dijelaskan dalam subbab III.1.1, subbab III.1.2, dan subbab III.1.3.

III.1.1 Data Deskripsi Obyek/Subyek Proyek Akhir

Bangunan bertingkat yang akan didesain strukturnya dalam proyek akhir ini adalah rumah kantor empat lantai. Berikut adalah data umum dari rumah kantor empat lantai:

Nama Bangunan : Rumah Kantor Empat Lantai

Lokasi Bangunan : Jalan Bidara Raya No 4, Pejagalan, Kecamatan Penjaringan, Jakarta Utara

Fungsi Bangunan : Rumah Tinggal dan Kantor

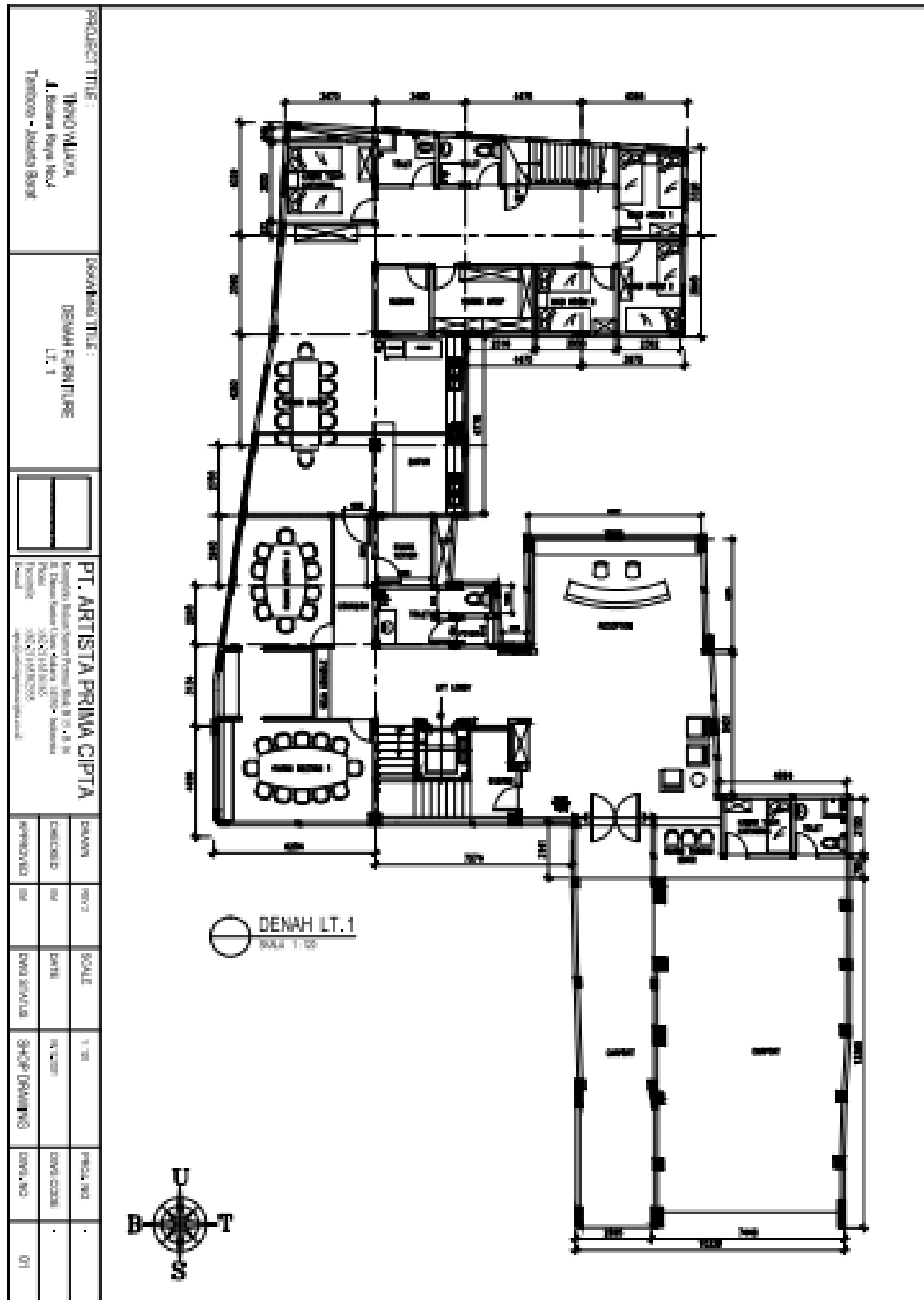
Jumlah Lantai : 4 Lantai

Struktur Bangunan : Beton Bertulang

Luas Bangunan : 1759,26775184 m²

III.1.2 Data Denah Arsitektur dalam Bentuk Dua Dimensi

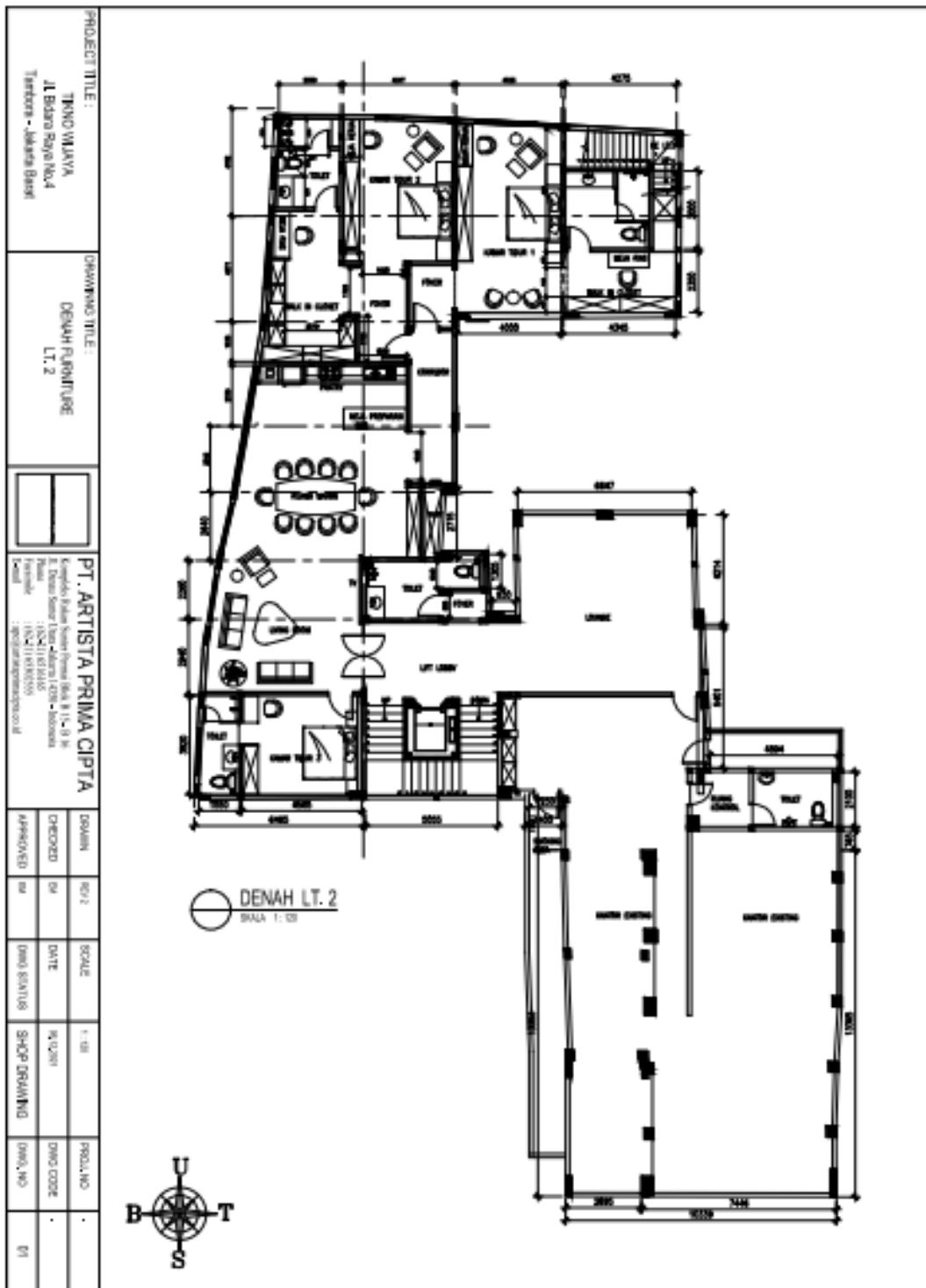
Berikut adalah denah arsitektur dalam bentuk dua dimensi untuk rumah kantor empat lantai:



PROJECT TITLE: THIRD MILE, J. Raya Raya No.4 Tangerang - Bekasi Road		DESIGN TITLE: DESIGN FURNITURE LT. 1				PT. ARTISTA PRIMA CIPTA Komplek Bumi Purnama Permai Blok B 12-4-10 Jl. Purnama Utama Lantai 10, Gedung 10000 - Tangerang Phone: 0812 9000 1000 Fax: 0812 9000 1000 Email: info@artistaprimacipta.com		DESIGN	NO. 1	SCALE	1:50	PROJECT NO.	
CHECKED	BY	DATE		DWG STATUS		SHEET DRAWING		DWG-NO.					
APPROVED	BY											01	

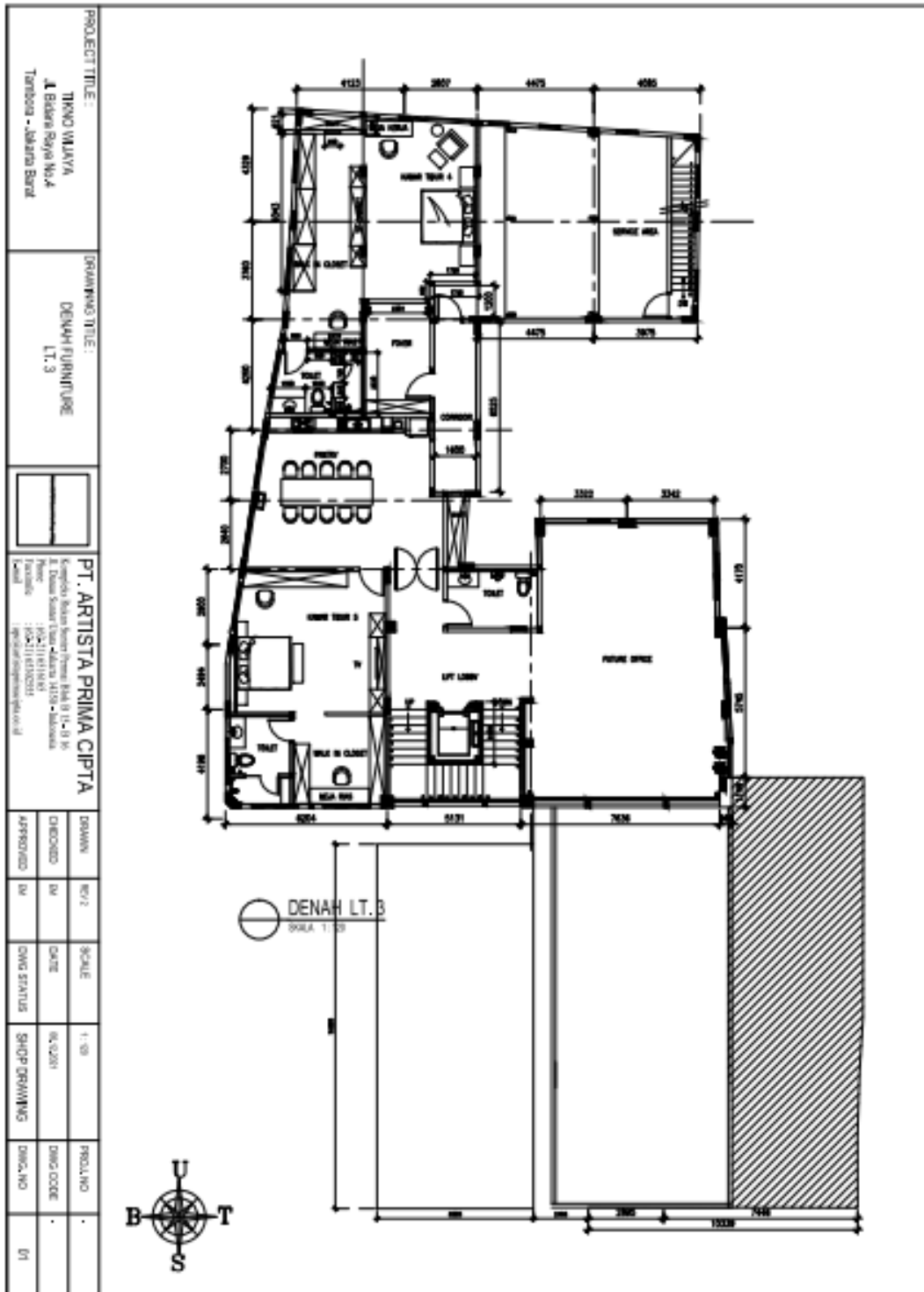
Gambar III.1 Denah Arsitektur Lantai 1 Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi



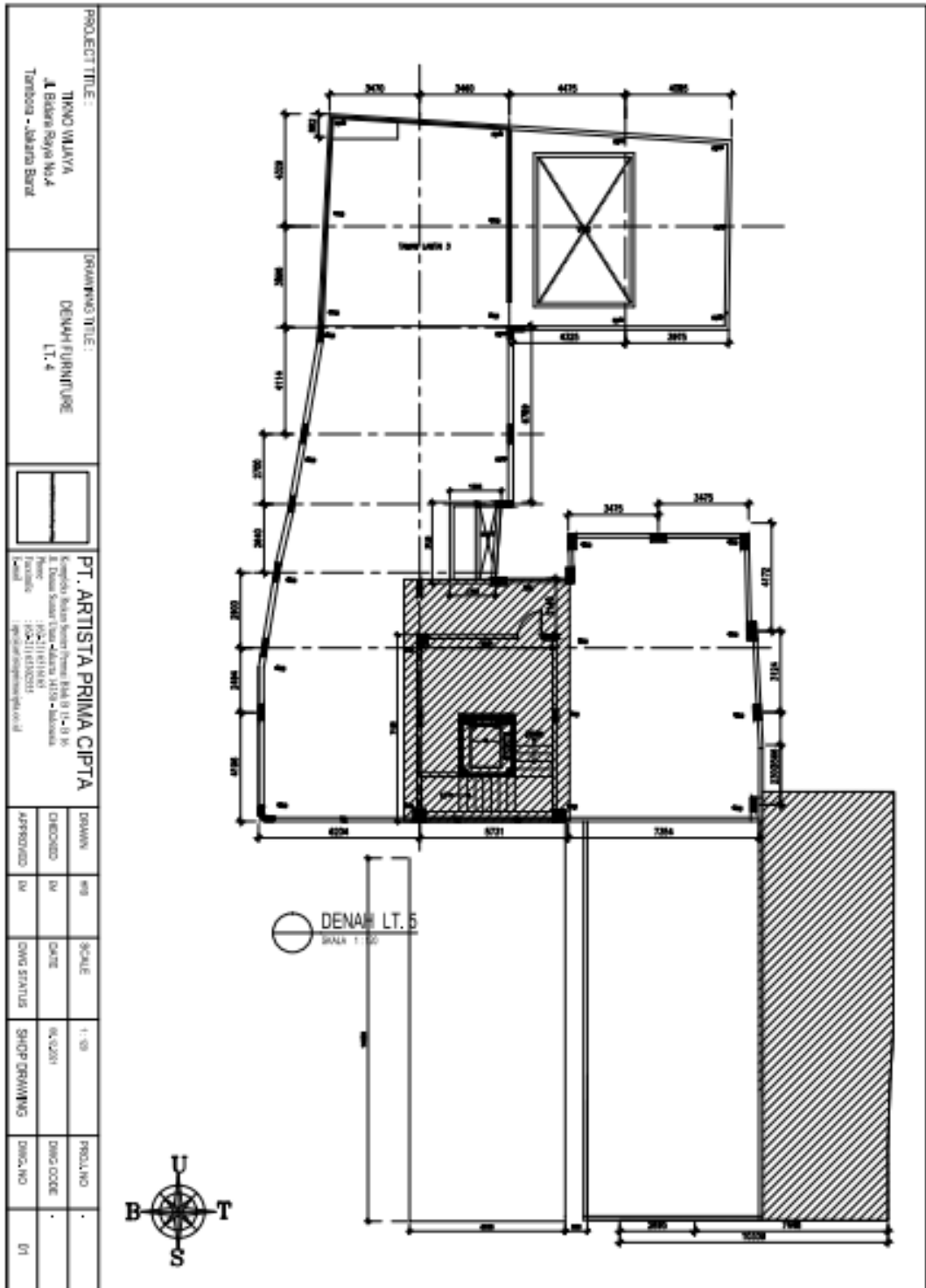
Gambar III.2 Denah Arsitektur Lantai 2 Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi



PROJECT TITLE :		DRAWING TITLE :		DRAWING NO :		PROJ. NO :	
TRINO WILAYA Jl. Balar Raja No.4 Tambora - Jakarta Barat		DENAH FURNITURE LT. 3		K072		.	
PT. ARTISTA PRIMA CIPTA		KOR/2		SCALE		PROJ. NO	
Kempeta Jalan Bantar Purnama Blok B 11-11-11 Jl. Duren Selayar Timur - Jakarta Utara - Indonesia		RM		DATE		DWG CODE	
Phone : 021-41181181 Fax : 021-41181221 Email : info@artistaprimacipta.id		RM		DWG STATUS		DWG. NO	
		APP/PROJ		SHOP DRAWING		01	

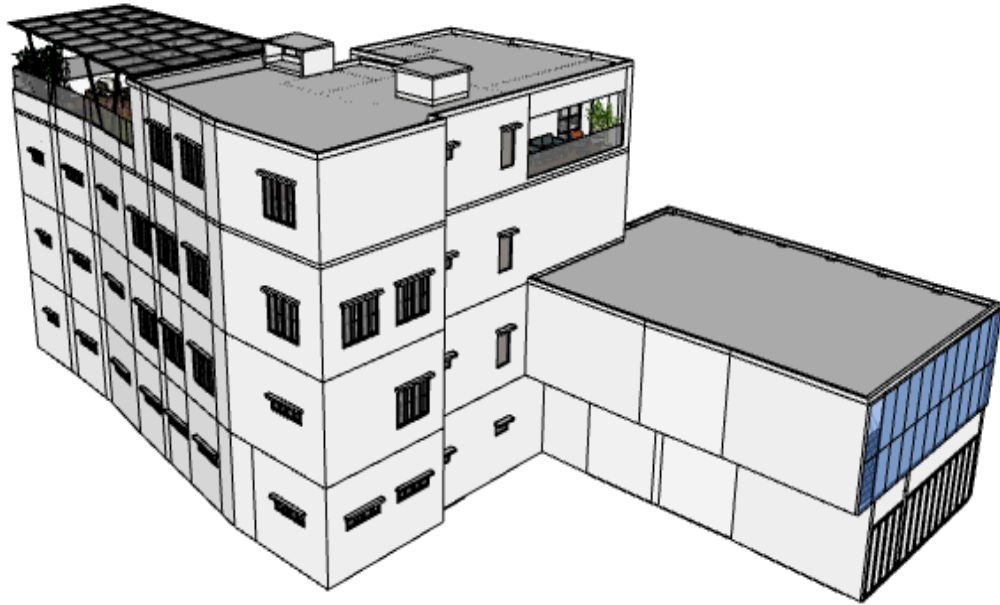
Gambar III.3 Denah Arsitektur Lantai 3 Rumah Kantor Empat Lantai
Sumber: Data Pribadi



Gambar III.4 Denah Arsitektur Lantai 4 Rumah Kantor Empat Lantai
Sumber: Data Pribadi

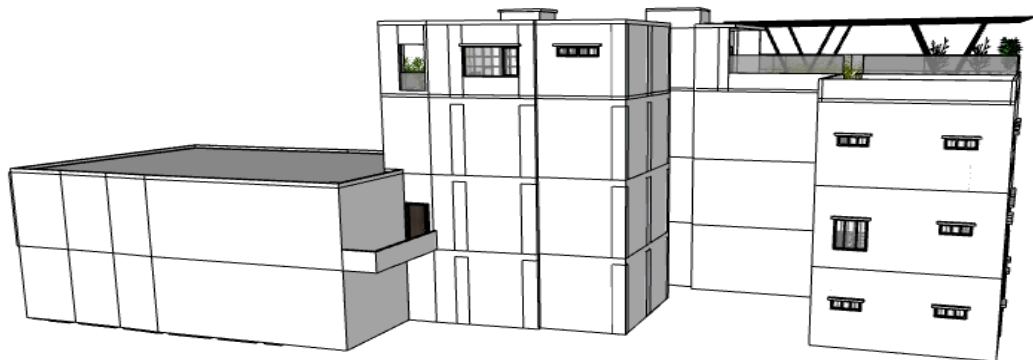
III.1.3 Denah Tiga Dimensi dalam Bentuk *File SketchUp*

Berikut adalah denah tiga dimensi rumah kantor empat lantai dalam bentuk *file SketchUp*:



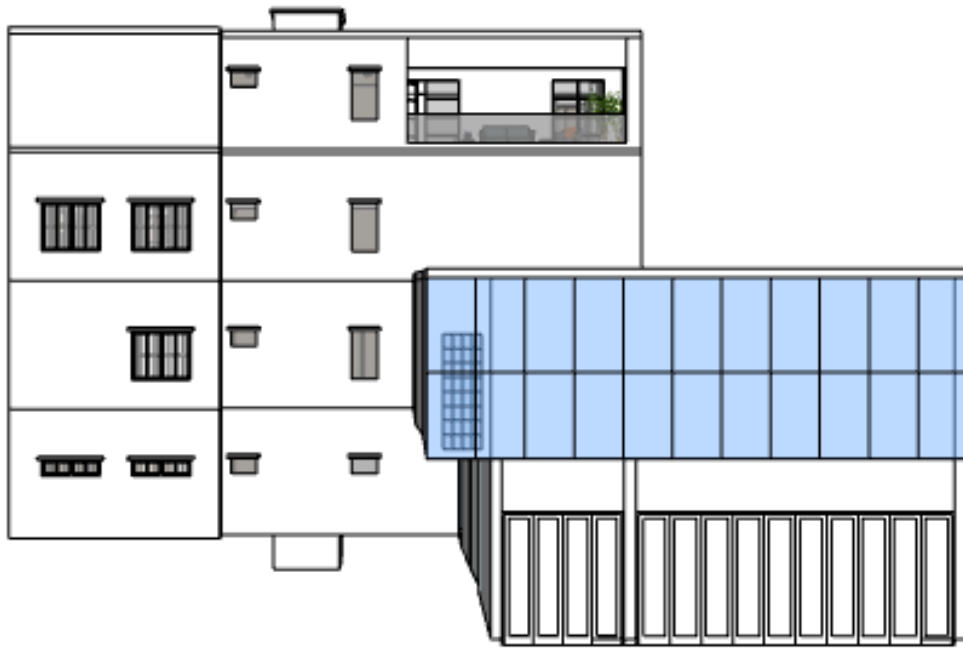
Gambar III.5 Tampak Samping Denah Tiga Dimensi Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi



Gambar III.6 Tampak Samping Denah Tiga Dimensi Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi



Gambar III.7 Tampak Depan Denah Tiga Dimensi Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi



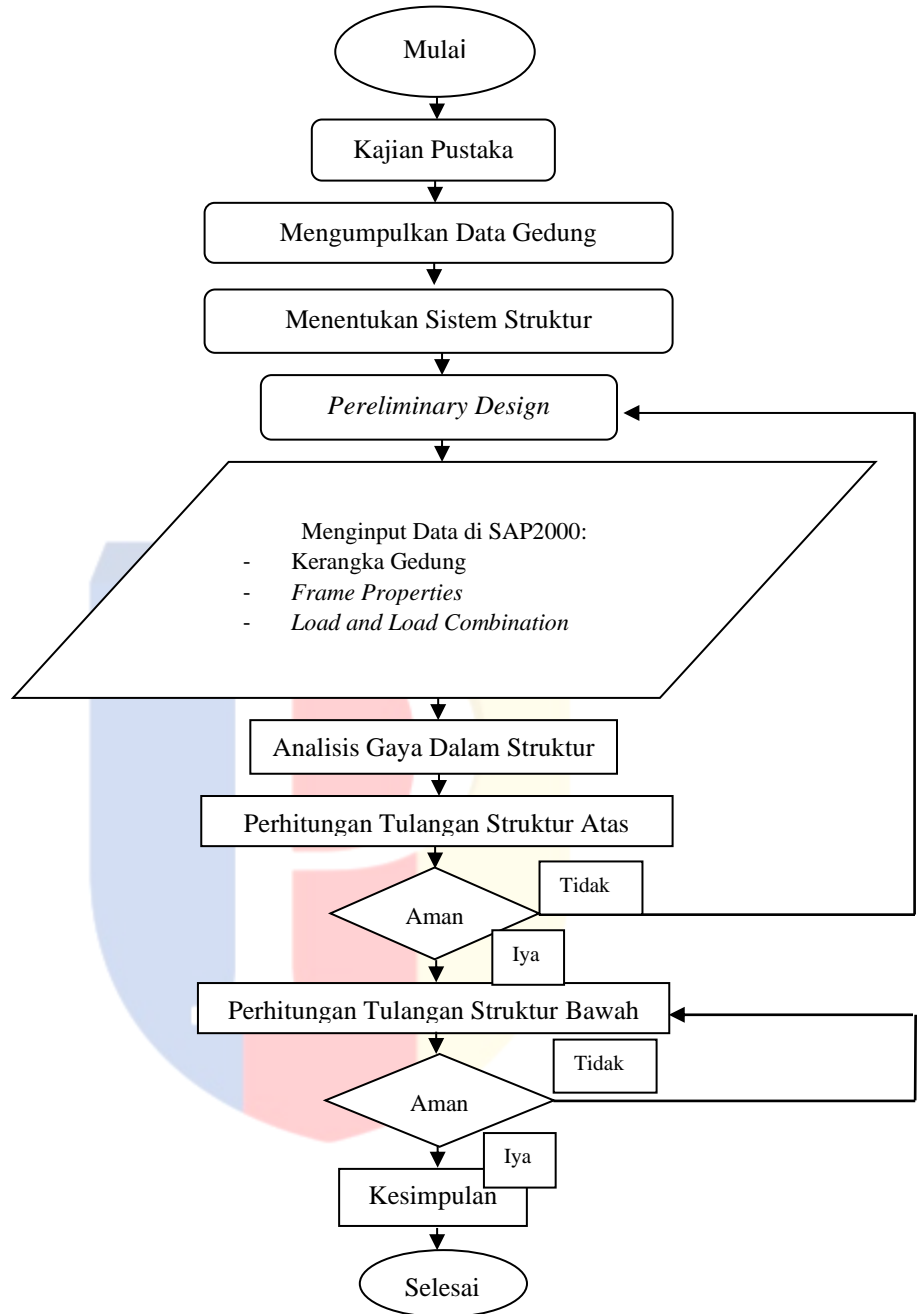
Gambar III. 8 Tampak Belakang Denah Tiga Dimensi Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi

III.2 Tahap Proyek Akhir

Langkah pertama untuk mendesain struktur adalah mempelajari gambar struktur dan mempelajari lokasi proyek dengan tanah proyek. Dilanjutkan dengan menentukan sistem struktur yang bekerja pada gedung. Setelah itu, dilakukan *preliminary design* untuk menentukan dimensi dari komponen struktur. Lalu menentukan beban – beban yang bekerja pada struktur. Setelah itu menganalisis gaya dalam struktur. Setelah mendapatkan gaya – gaya yang bekerja pada struktur, dihitung tulangan struktur bagian atas dan tulangan struktur bagian bawah. Lalu menggambar hasil pekerjaan struktur gedung dan membuat kesimpulan atas tugas akhir. Berikut adalah langkah – langkah pengerjaan tugas akhir dalam bentuk *flowchart* pada gambar III.9.





Gambar III.9 Flowchart Langkah Pengerjaan Desain Struktur

Sumber: Data Pribadi

III.3 Penentuan Sistem Struktur

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah suatu sistem rangka ruang dalam di mana komponen – komponen struktur dan join – joinnya dapat menahan gaya – gaya

yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Untuk menentukan jenis sistem rangka pemikul momen yang akan digunakan dalam proyek akhir ini, maka tahap pertama adalah meninjau lokasi gedung. Setelah meninjau lokasi gedung, maka dilakukan perhitungan parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik (S_{D1}). Setelah itu, menentukan kategori desain seismik dengan dicocokkan dengan tabel III.1 dan tabel III.2.

Tabel III.1 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

Sumber: Data Pribadi

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	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

Tabel III.2 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Sumber: Data Pribadi

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	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

Lokasi rumah kantor empat lantai yang akan didesain berada di kota Jakarta Barat. Kelas situs untuk tanah yang akan dibangun rumah kantor empat lantai adalah SE (tanah lunak). Berikut adalah perhitungan untuk mendapat parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek (S_{DS}) dan parameter percepatan spectral desain untuk periode 1 detik (S_{D1}):

$$\frac{1-0,8}{1-0,75} = \frac{1,1-Fa}{1,1-1,3}$$

$$F_a = 1,26$$

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,26 \times 0,8 = 1,008$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,4 = 0,96$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,008 = 0,672$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,96 = 0,64$$

Setelah dilakukan perhitungan dan dicocokkan dengan dua tabel, maka kategori risiko yang didapatkan adalah kategori risiko D. Setelah mengetahui kategori risiko, langkah selanjutnya adalah menentukan sistem rangka pemikul momen berdasarkan SNI 1726: 2019. Pemilihan sistem rangka pemikul momen dicocokkan dengan tabel III.3.

Tabel III. 3 Sistem Pemikul Gaya Seismik

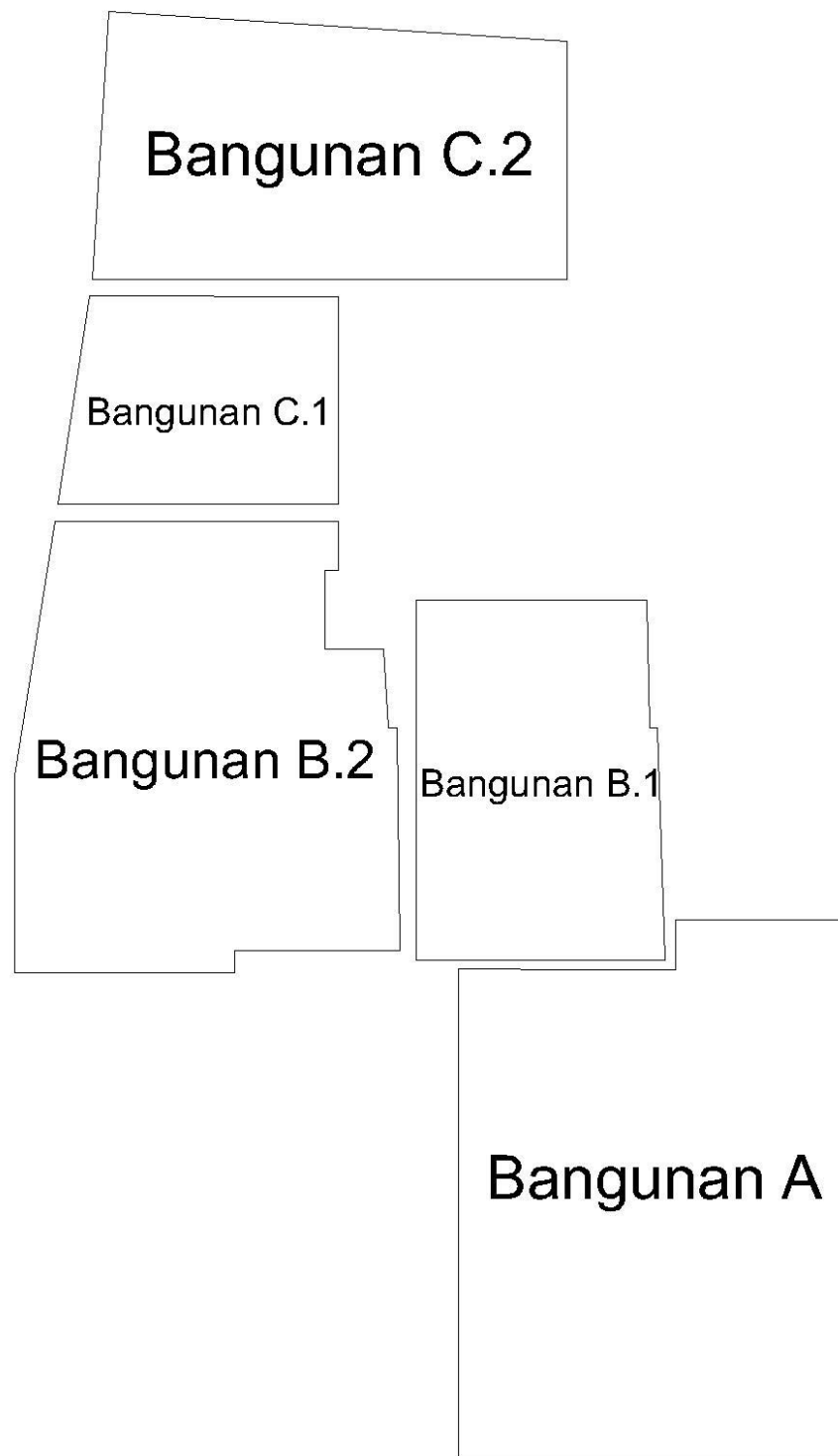
Sumber: SNI 1726: 2019

Sistem Rangka Pemikul	R	Ω_0	Cd	Kategori Desain Seismik					
				B	C	D	E	F	
Momen Beton Bertulang									
Khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	
Menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI	
Biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI	

Sistem rangka pemikul momen yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Salah satu konsep yang digunakan dalam sistem rangka pemikul momen khusus adalah konsep kolom kuat balok lemah. Konsep ini menghitung tulangan untuk kolom dan balok dengan berdasarkan momen – momen yang terjadi sehingga menghasilkan gaya geser rencana yang lebih besar. Konsep ini akan menghasilkan kolom yang lebih kuat daripada balok dengan tujuan agar bila terjadi kerusakan struktur pada balok, kolom masih mampu untuk bertahan sehingga bangunan tidak akan langsung runtuh dan penghuni di dalam bangunan selamat.

III.4 Dilatasi Bangunan

Rumah kantor empat lantai berbentuk asimetris dan tidak beraturan. Karena bentuk yang asimetris dan tidak beraturan, maka bangunan rumah kantor empat lantai dilatasi menjadi lima bagian, yaitu bangunan A, bangunan B.1, bangunan B.2, bangunan C.1, dan bangunan C.2. Berikut adalah gambar III.10 yang menunjukkan dilatasi bangunan rumah kantor empat lantai:



Gambar III.10 Tampak Atas Dilatasi Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi

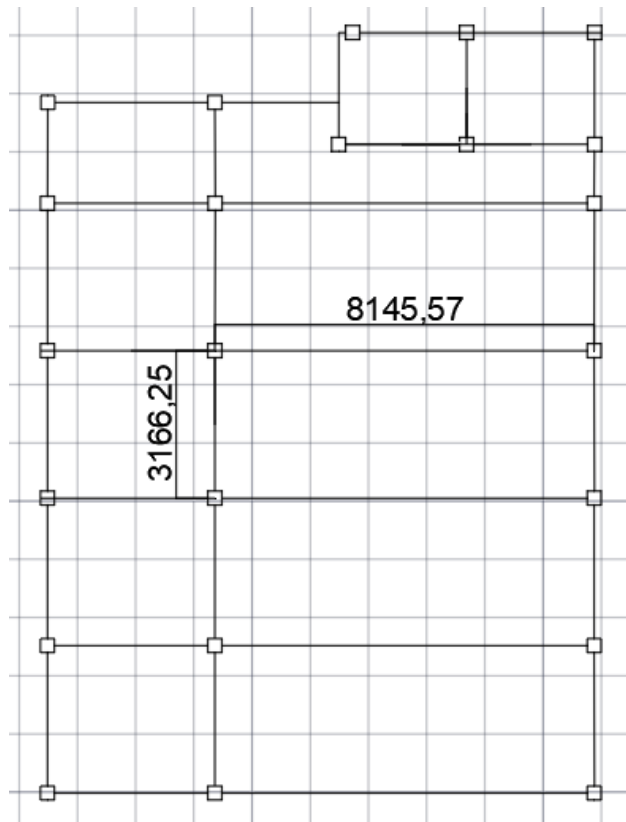
Dilatasi akan menggunakan metode dilatasi antar dua kolom dengan jarak minimal 15 cm.

III.5 *Pereliminary Design Struktur Atas*

Pereliminary Design struktur atas akan dilakukan pada elemen pelat, tangga, balok, dan kolom berdasarkan SNI 2847: 2019 yang berisi tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung dan penjelasan.

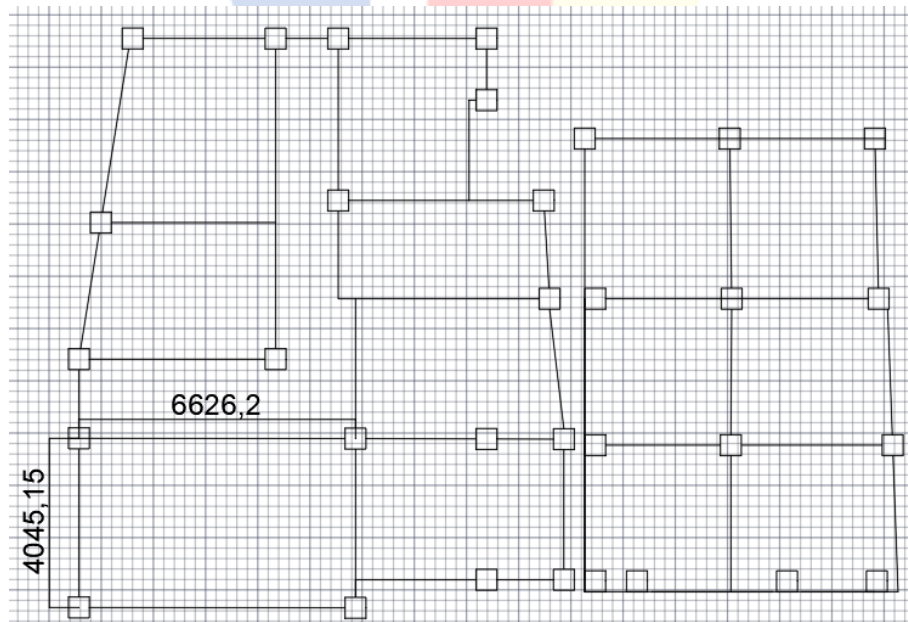
III.5.1 Desain Dimensi Pelat

Dimensi ketebalan pelat akan dibuat sama untuk semua pelat di rumah kantor empat lantai ini. Pada masing – masing bangunan A, bangunan B, dan bangunan C akan dipilih satu bentang area pelat. Bangunan A dengan bentang pelat 8,146 m x 6,332 m. Bangunan B dengan bentang pelat 6,626 m x 4,045 m. Bangunan C dengan bentang pelat 4,329 m x 3,47 m. Berikut adalah gambar bentang di bangunan A, bangunan B, dan bangunan C pada gambar III.11, gambar III.12, dan gambar III.13.



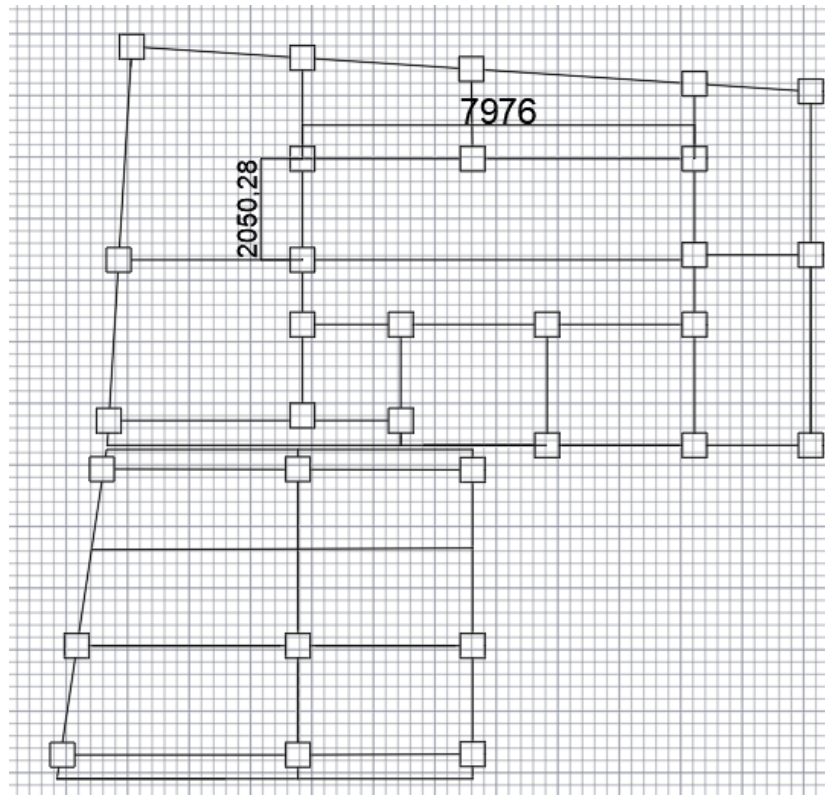
Gambar III.11 Bentang di Bangunan A

Sumber: Data Pribadi



Gambar III.12 Bentang di Bangunan B

Sumber: Data Pribadi



Gambar III.13 Bentang di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

Berikut adalah perhitungan untuk menentukan system perencanaan pelat apakah satu arah atau dua arah:

- Bentang A = $\frac{8,154}{3,166} = 2,57 > 2$ (pelat satu arah)
- Bentang B = $\frac{6,626}{4,045} = 1,63 < 2$ (pelat dua arah)
- Bentang C = $\frac{7,976}{2,050} = 3,89 > 2$ (pelat satu arah)

Untuk perhitungan tebal pelat dua arah akan mengikuti SNI 2847: 2019 Tabel 8.3.1.2 SNI 2847: 2019. Untuk perhitungan tebal pelat satu arah akan mengikuti SNI 2847: 2019 Tabel 7.3.1.1. Kondisi perlekatan tebal pelat satu arah untuk bentang A adalah satu ujung menerus. Kondisi perlekatan tebal pelat satu arah untuk bentang C adalah dua ujung menerus.

Lalu, dilakukan perhitungan ketebalan minimum pelat:

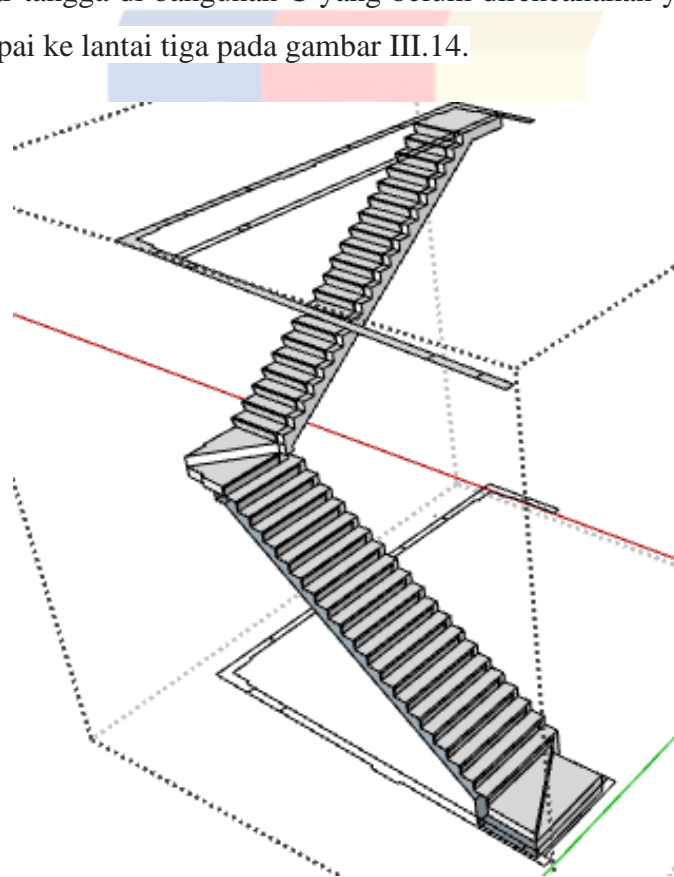
- Bentang A = $\frac{L}{24} = \frac{3166}{24} = 131,9 \text{ mm} \sim 140 \text{ mm}$

- Bentang B = $\frac{L_n \times (0,8 + \frac{F_y}{1500})}{(36 + 9\beta)} = \frac{4045 \times (0,8 + \frac{420}{1500})}{(36 + 9 \times 1,63)} = 86 \text{ mm} \sim 120 \text{ mm}$
- Bentang C = $\frac{L}{28} = \frac{2050}{28} = 73 \text{ mm} \sim 120 \text{ mm}$

Tebal pelat yang digunakan untuk rumah kantor empat lantai adalah 140 mm di bangunan A, 120 mm di bangunan B, dan 120 mm di bangunan C.

III.5.2 Desain Dimensi Tangga

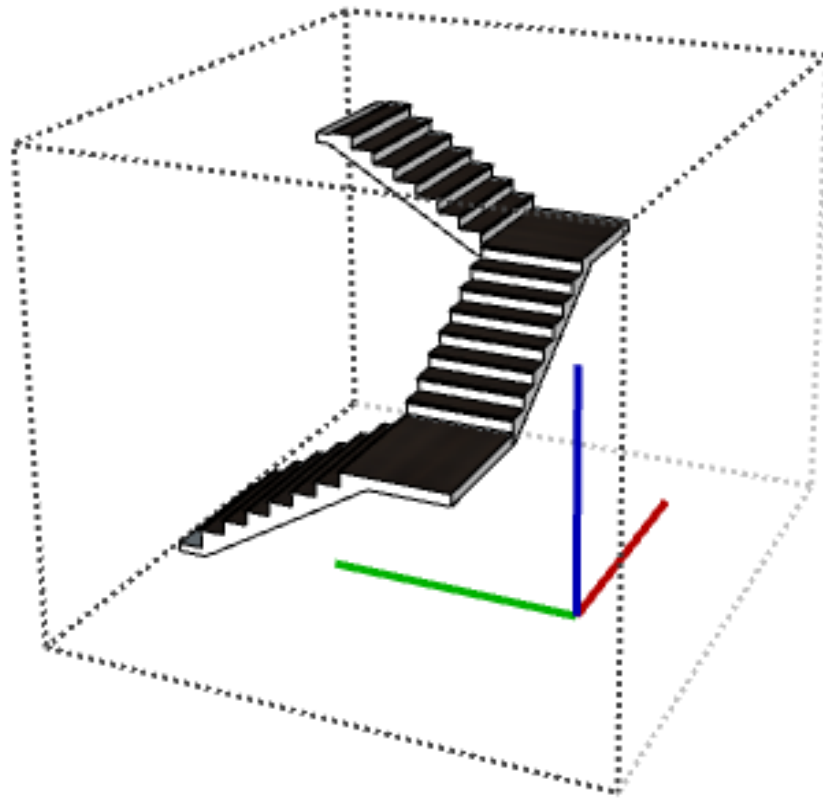
Terdapat empat tangga dalam perencanaan rumah kantor empat lantai di mana satu tangga terdapat di bangunan C dan tiga tangga terdapat di bangunan B. Berikut adalah ilustrasi gambar tangga di bangunan C yang belum direncanakan yang terletak dari lantai satu sampai ke lantai tiga pada gambar III.14.



Gambar III.14 Gambar Ilustrasi Tangga di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

Berikut adalah ilustrasi gambar tangga di bangunan B yang belum direncanakan yang terletak dari lantai satu ke lantai dua, lantai dua ke lantai tiga, dan lantai tiga ke lantai empat pada gambar III.15.



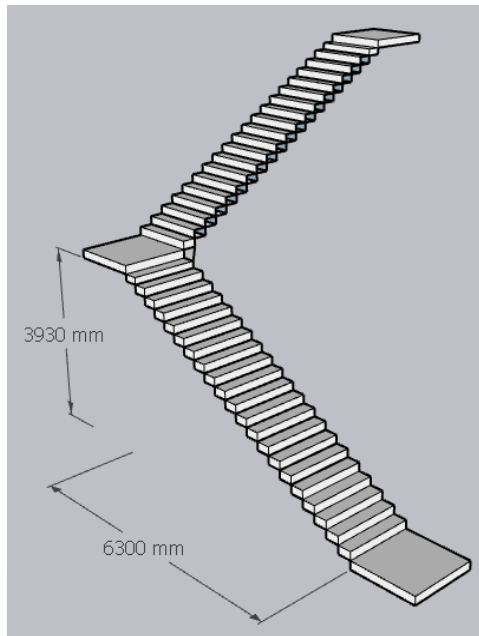
Gambar III.15 Gambar Ilustrasi Tangga di Bangunan B

Sumber: Data Pribadi

Berikut adalah data tangga yang ditentukan untuk tangga di bangunan C:

1. Perbedaan elevasi lantai (h) = 786 cm
2. Lebar tangga (Lt) = 150 cm (syarat: Lt > 80 cm)
3. Dimensi bordes (p x l x t) = 150 cm x 150 cm x 18 cm
4. Lebar Antrede = 30 cm (syarat: A > 25 cm)
5. Lebar Optrede = 18 cm (syarat: O < 20 cm)
6. Jumlah anak tangga = $\frac{(786 - 3 \times 18)}{18} = 40,6 \approx 41$ anak tangga
7. Jumlah Antrede = 41 buah
8. Jumlah Optrede = 41 buah
9. Sudut elevasi tangga = $\tan^{-1}(18 \text{ cm}/30 \text{ cm}) = 30,9^\circ$
10. Syarat kemiringan tangga = $25^\circ < 30,9^\circ < 42^\circ$

Berikut adalah ilustrasi hasil perencanaan tangga di bangunan C pada gambar III.16.



Gambar III.16 Hasil Perencanaan Tangga di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

Berikut adalah perhitungan tebal pelat tangga di bangunan C:

Pelat tangga di bangunan C adalah pelat satu arah tumpuan sederhana.

$$h_{\min} = \frac{L}{20} = \frac{\sqrt{6300^2 + 3930^2}}{20} = 371,2 \text{ mm} \approx 380 \text{ mm}.$$

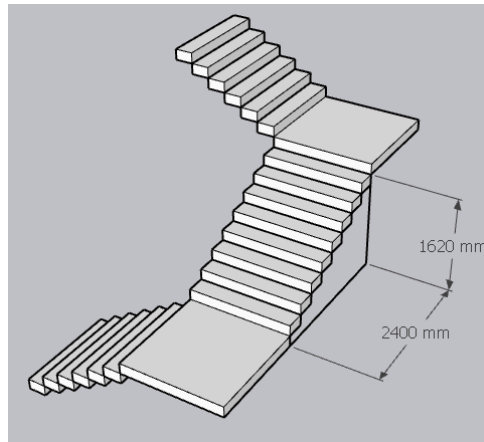
Ketebalan pelat tangga dan pelat bordes untuk tangga di bangunan C adalah 380 mm.

Berikut adalah data tangga yang ditentukan untuk tangga di bangunan B lantai satu ke lantai dua dan lantai dua ke lantai tiga dan lantai tiga ke lantai empat:

1. Perbedaan elevasi lantai (h) = 393 cm
2. Lebar tangga (Lt) = 170 cm (syarat: Lt > 80 cm)
3. Dimensi bordes (p x l x t) = 170 cm x 170 cm x 18 cm
4. Lebar Antrede = 30 cm (syarat: A > 25 cm)
5. Lebar Optrede = 18 cm (syarat: O < 20 cm)
6. Jumlah anak tangga = $\frac{(393 - 2 \times 18)}{18} = 19,8 \approx 20$ anak tangga
7. Jumlah Antrede = 20 buah
8. Jumlah Optrede = 20 buah
9. Sudut elevasi tangga = $\tan^{-1}(18 \text{ cm}/30 \text{ cm}) = 30,9^\circ$

10. Syarat kemiringan tangga = $25^\circ < 30,9^\circ < 42^\circ$

Berikut adalah ilustrasi hasil perencanaan tangga di bangunan B pada gambar III.17.



Gambar III.17 Gambar A Adalah Hasil Perencanaan Tangga di Bangunan B dari Lantai Satu ke Lantai Dua dan Lantai Dua ke Lantai Tiga dan Lantai Tiga ke Lantai Empat

Sumber: Data Pribadi

Berikut adalah perhitungan tebal pelat tangga di bangunan B:

Pelat tangga di bangunan B adalah pelat satu arah tumpuan sederhana.

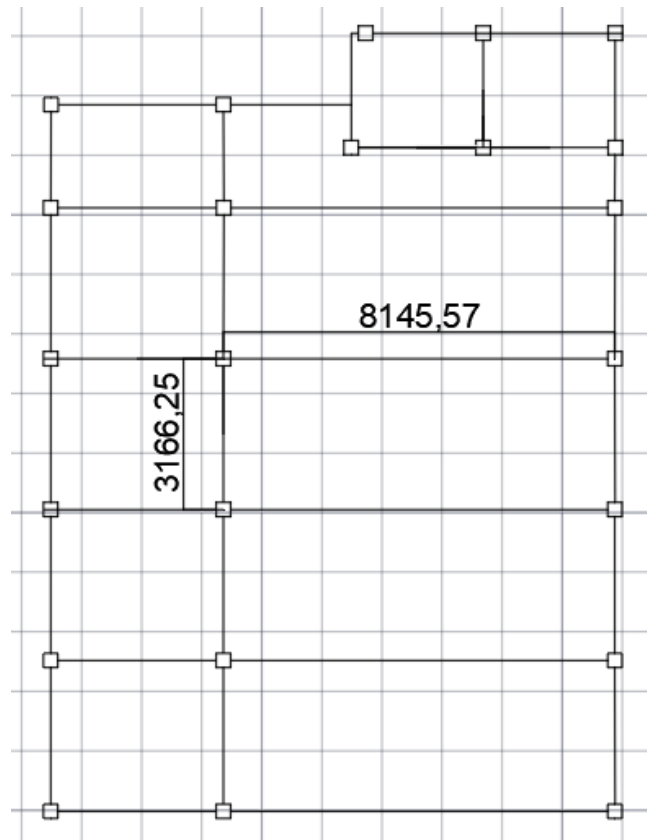
$$h_{\min} = \frac{L}{20} = \frac{\sqrt{2400^2 + 1620^2}}{20} = 144,7 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}.$$

Ketebalan pelat tangga dan pelat bordes untuk tangga di bangunan B adalah 150 mm.

III.5.3 Desain Dimensi Balok

III.5.3.1 Bangunan A

Untuk bangunan A, dipilih tiga bentang untuk mendesain dimensi balok. Bentang pertama adalah 8,146 m x 6,332 m. Berikut adalah gambar dari bentang pertama yang akan digunakan untuk mendesain balok jenis pertama pada gambar III.18.



Gambar III.18 Bentang di Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Bentang di gambar III.18 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus satu sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.18 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1.

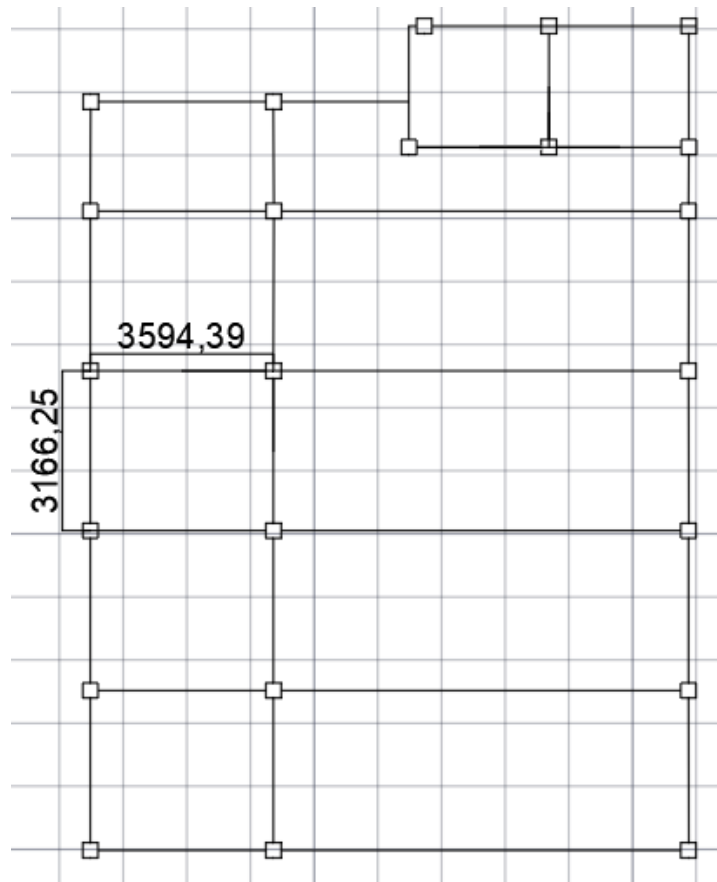
$$L = 8,154 \text{ m}$$

$$h = \frac{8,154 \text{ m}}{18,5} = 0,44 \text{ m} \approx 0,5 \text{ m.}$$

$$b = \frac{3}{10} \times 0,5 = 0,15 \text{ m} \approx 0,25 \text{ m.}$$

Balok dengan ukuran 0,25 m x 0,5 m diberi nama dengan balok jenis B1.

Bentang kedua adalah 3,594 m x 3,166 m. Berikut adalah gambar dari bentang kedua yang akan digunakan untuk mendesain balok jenis kedua pada gambar III.19.



Gambar III.19 Bentang di Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Bentang di gambar III.19 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus satu sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.19 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1.

$$L = 3,594 \text{ m.}$$

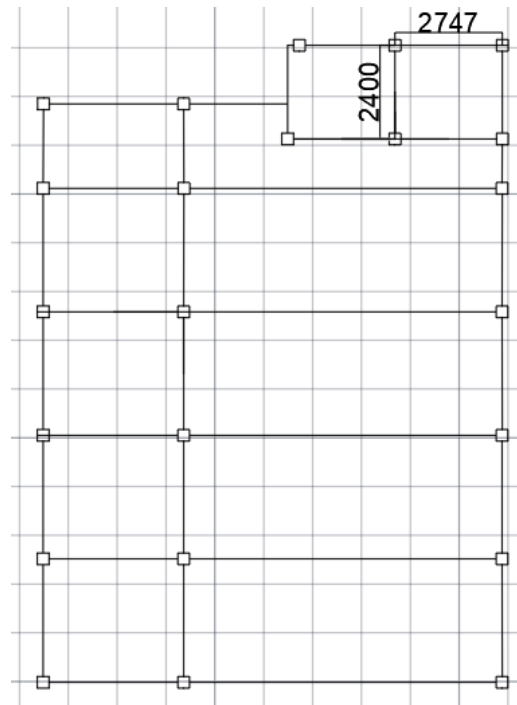
$$h = \frac{3,594}{18,5} = 0,194 \text{ m}$$

$$b = \frac{3}{10} \times 0,194 = 0,0582 \text{ m.}$$

Dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar penampang balok sekurang – kurangnya adalah 250 mm, maka untuk lebar balok akan ditetapkan yaitu 250 mm. Untuk tinggi balok, ditetapkan menjadi 300 mm. Maka balok dengan ukuran 0,25 m x 0,3 m diberi nama dengan balok jenis B2.

Bentang ketiga adalah 2,747 m x 2,4 m. Berikut adalah gambar dari bentang ketiga

yang akan digunakan untuk mendesain balok jenis ketiga pada gambar III.20.



Gambar III.20 Bentang di Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Bentang di gambar III.20 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus satu sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.20 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1.

$$L = 2,747 \text{ m.}$$

$$h = \frac{2,747}{18,5} = 0,148 \text{ m}$$

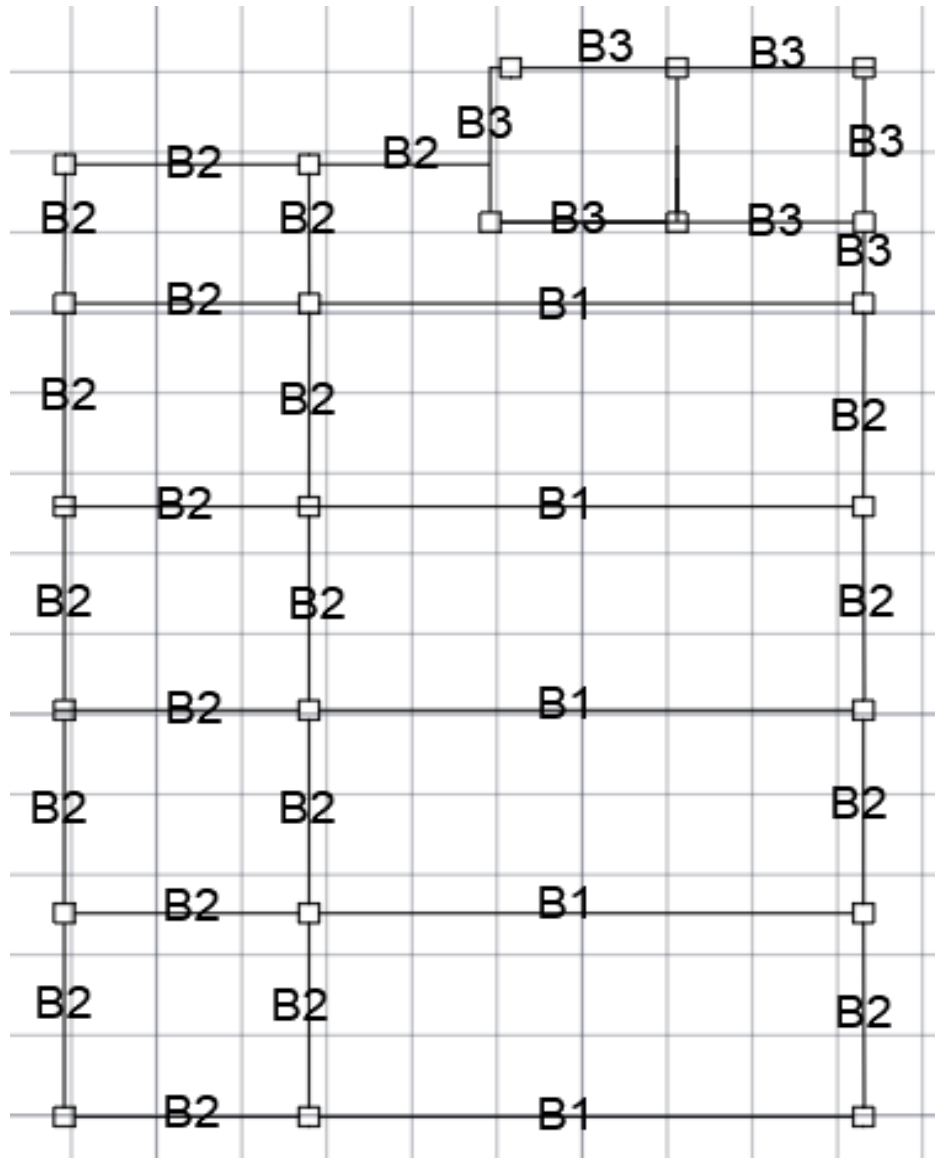
$$b = \frac{3}{10} \times 0,148 = 0,0444 \text{ m}$$

Dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar penampang balok sekurang – kurangnya adalah 250 mm, maka untuk lebar balok akan ditetapkan, yaitu 250 mm. Untuk tinggi balok, ditetapkan menjadi 250 mm. Maka balok dengan ukuran 0,25 m x 0,25 m diberi nama dengan balok jenis B3.

III.5.3.2 Hasil Desain Dimensi Balok Bangunan A

Berikut adalah hasil dari desain dimensi balok di bangunan A dalam bentuk denah

dua dimensi pada gambar III.21.

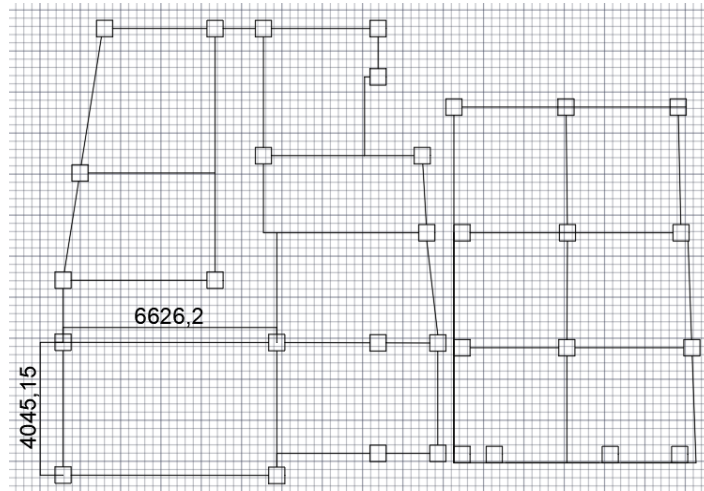


Gambar III.21 Hasil Desain Dimensi Balok Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

III.5.3.3 Bangunan B

Untuk bangunan B akan digunakan dua bentang. Bentang pertama, yaitu 6,626 m x 4,045 m. Berikut adalah bentang pertama di bangunan B pada gambar II.22.



Gambar III.22 Bentang di Bangunan B

Sumber: Data Pribadi

Bentang di gambar II.22 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus satu sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.22 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1.

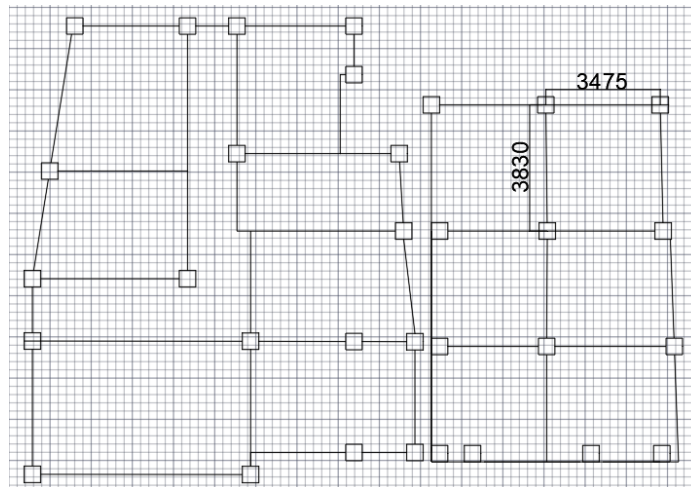
$$L = 6,626 \text{ m.}$$

$$h = \frac{6,626}{18,5} = 0,358 \text{ m} \sim 0,4 \text{ m.}$$

$$b = \frac{3}{10} \times 0,4 = 0,12 \text{ m} \sim 0,25 \text{ m.}$$

Dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar penampang balok sekurang – kurangnya adalah 250 mm, maka untuk lebar balok akan ditetapkan, yaitu 250 mm. Maka balok dengan ukuran 0,25 m x 0,4 m diberi nama dengan balok jenis B4.

Bentang kedua adalah 3,475 m x 3,83 m. Berikut adalah bentang kedua di bangunan B pada gambar III.23.



Gambar III.23 Bentang di Bangunan B

Sumber: Data Pribadi

Bentang di gambar III.24 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus satu sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.24 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1.

$$L = 3,83 \text{ m.}$$

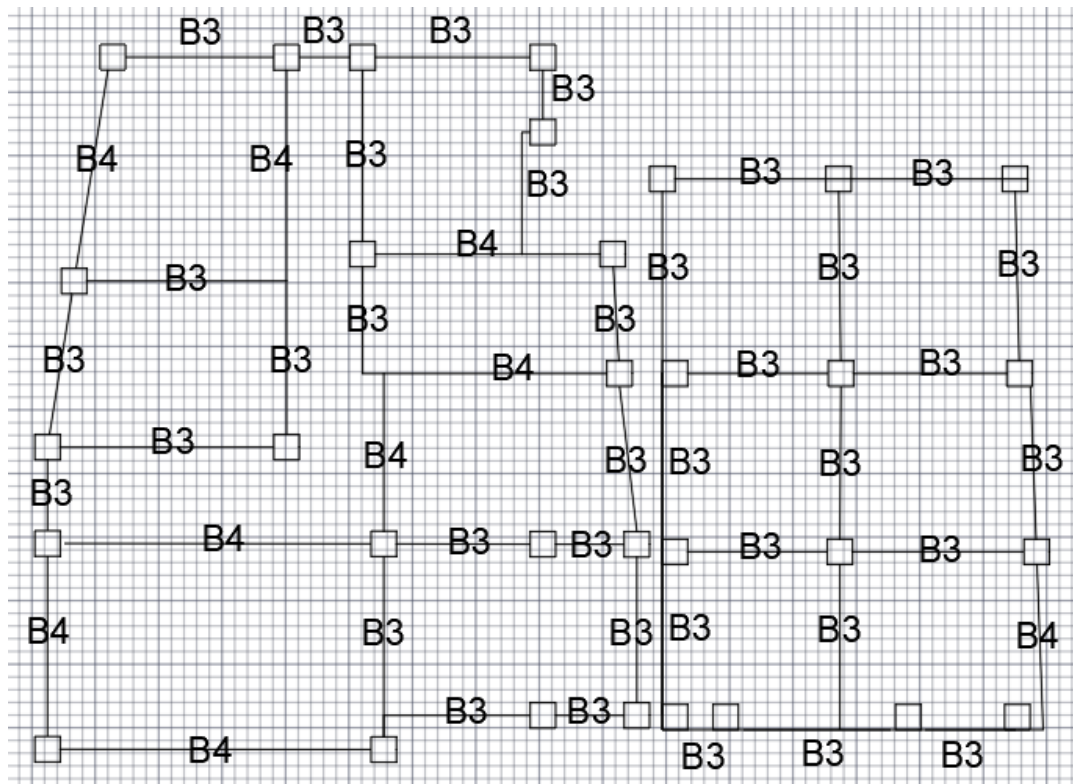
$$h = \frac{3,83}{18,5} = 0,207 \text{ m.}$$

$$b = \frac{3}{10} \times 0,207 = 0,062 \text{ m.}$$

Dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar penampang balok sekurang – kurangnya adalah 250 mm, maka untuk lebar balok ditetapkan, yaitu 250 mm. Untuk tinggi balok ditetapkan, yaitu 250 mm. Maka akan digunakan balok jenis B3, yaitu balok dengan ukuran 0,25 m x 0,25 m.

III.5.3.4 Hasil Desain Dimensi Balok Bangunan B

Berikut adalah hasil dari desain dimensi balok di bangunan B dalam bentuk denah dua dimensi pada gambar III.24.

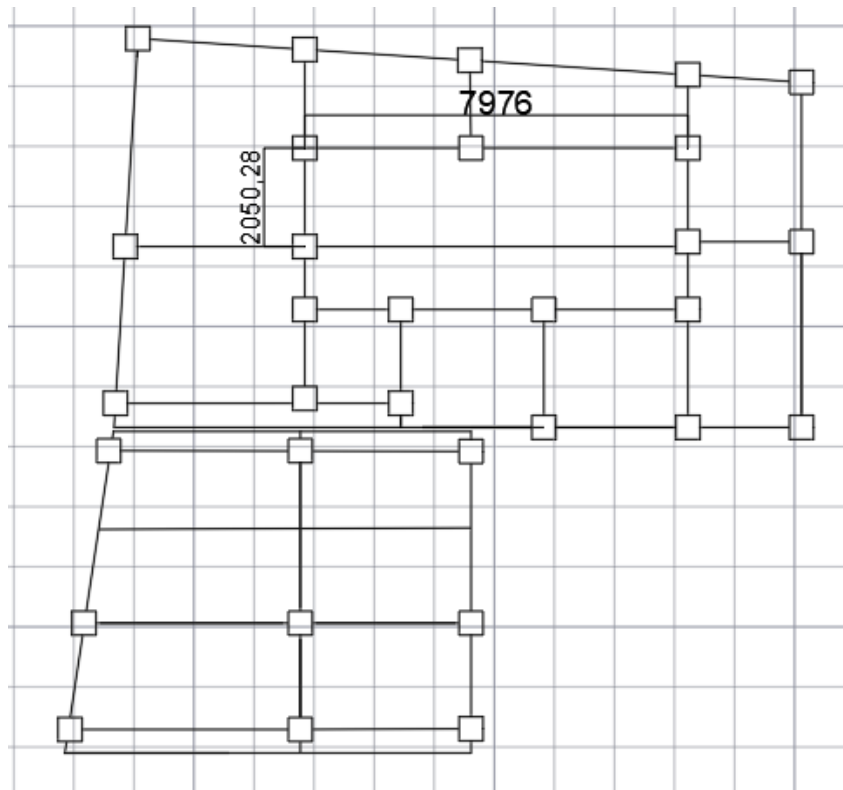


Gambar III.24 Hasil Desain Dimensi Balok Bangunan B

Sumber: Data Pribadi

III.5.3.5 Bangunan C

Untuk bangunan C, dipilih dua bentang untuk mendesain dimensi balok. Bentang pertama adalah 7,976 m x 3,36 m. Berikut adalah gambar dari bentang pertama di bangunan C pada gambar III.25.



Gambar III.25 Bentang di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

Bentang di gambar III.25 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus dua sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.25 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1.

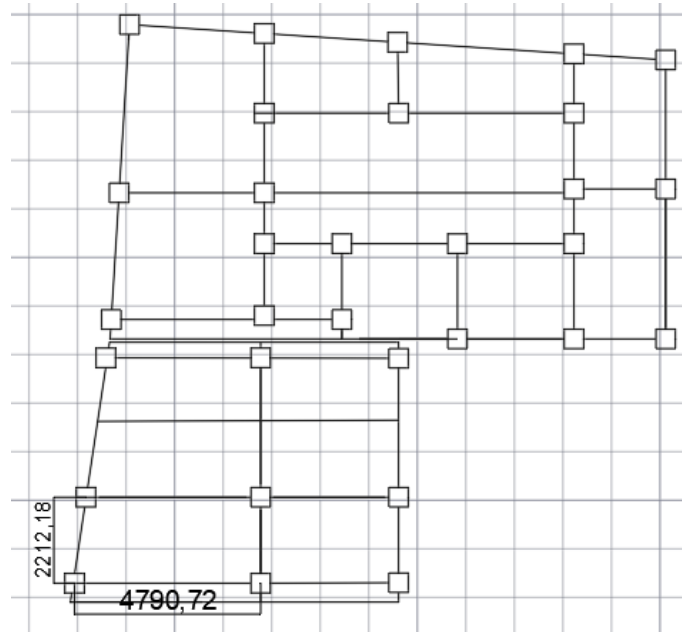
$$L = 7.976 \text{ m.}$$

$$h = \frac{7,976}{21} = 0,379 \text{ m} \sim 0,4 \text{ m.}$$

$$b = \frac{3}{10} \times 0,4 = 0,12 \text{ m} \sim 0,25 \text{ m.}$$

Dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar penampang balok sekurang – kurangnya adalah 250 mm, maka untuk lebar balok akan ditetapkan, yaitu 250 mm. Maka akan menggunakan balok jenis B4, yaitu balok dengan ukuran 0,25 m x 0,4 m.

Bentang kedua adalah 4,79 m x 2,212 m. Berikut adalah gambar dari bentang kedua di bangunan C pada gambar III.26.



Gambar III.26 Bentang di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

Bentang pada gambar III.26 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus satu sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.26 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1

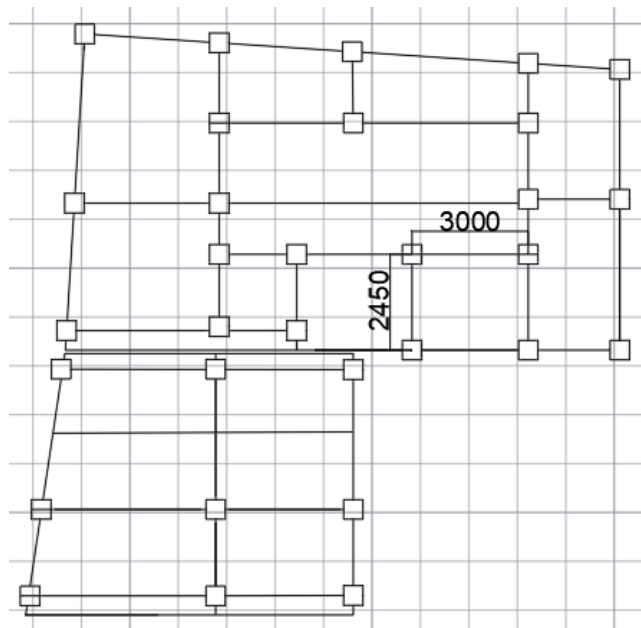
$$L = 4,79 \text{ m.}$$

$$h = \frac{4,79 \text{ m}}{18,5} = 0,258 \text{ m} \sim 0,3 \text{ m.}$$

$$b = \frac{3}{10} \times 0,258 = 0,0774 \text{ m.}$$

Dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar penampang balok sekurang – kurangnya adalah 250 mm, maka untuk lebar balok akan ditetapkan, yaitu 250 mm. Untuk tinggi balok ditetapkan yaitu 300 mm. Maka digunakan balok jenis B2, yaitu balok dengan ukuran 0,25 m x 0,3 m.

Bentang ketiga adalah 3 m x 2,45 m. Berikut adalah gambar dari bentang ketiga di bangunan C pada gambar III.27.



Gambar III.27 Bentang di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

Bentang pada gambar III.27 adalah bentang dengan kondisi perlekatan menerus satu sisi. Berikut adalah perhitungan untuk tinggi dan lebar balok dengan bentang pada gambar III.27 dengan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 9.3.1.1

$$L = 3 \text{ m.}$$

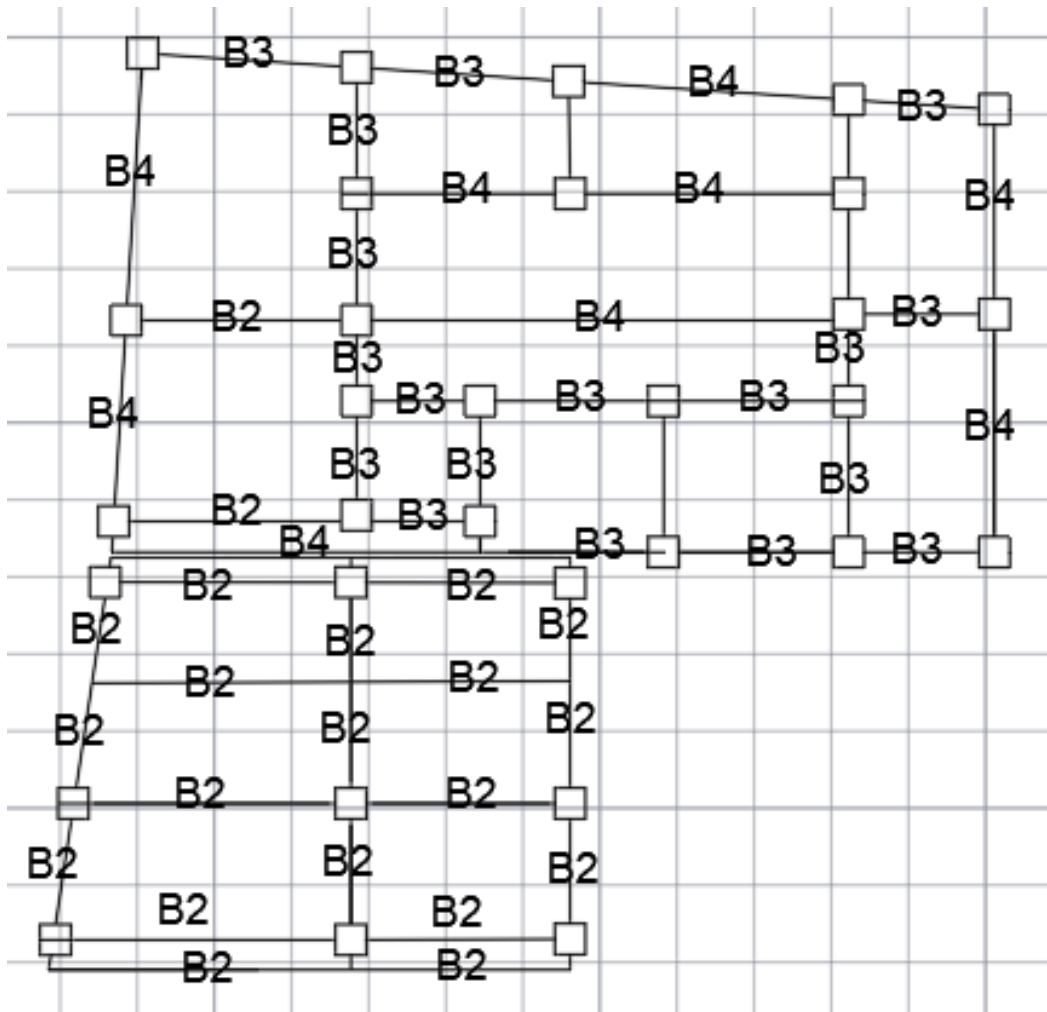
$$h = \frac{3 \text{ m}}{18,5} = 0,162 \text{ m.}$$

$$b = \frac{3}{10} \times 0,162 = 0,048 \text{ m.}$$

Dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar balok penampang sekurang – kurangnya adalah 250 mm, maka untuk lebar balok akan ditetapkan, yaitu 250 mm. Untuk tinggi balok ditetapkan, yaitu 250 mm. Maka akan digunakan balok jenis B3, yaitu balok dengan ukuran 0,25 m x 0,25 m.

III.5.3.6 Hasil Desain Dimensi Balok Bangunan C

Berikut adalah hasil dari desain dimensi balok di bangunan C dalam bentuk denah dua dimensi pada gambar III.28.



Gambar III.28 Hasil Desain Dimensi Balok Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

III.5.3.7 Daftar Hasil Desain Dimensi Balok

Berikut adalah hasil dari perhitungan dimensi balok pada tabel III.4.

Tabel III.4 Hasil Perhitungan Desain Dimensi Balok

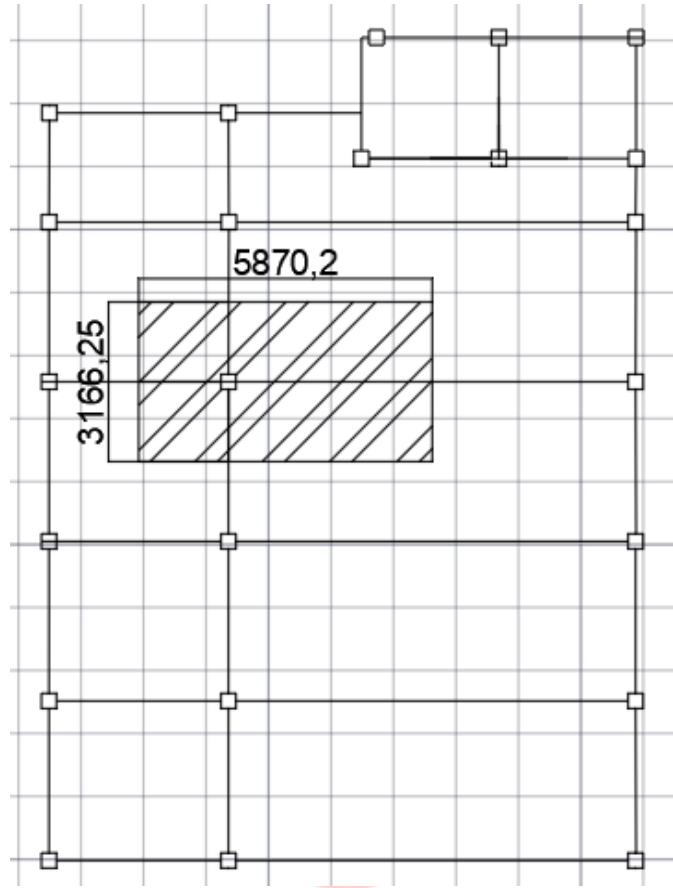
Sumber: Data Pribadi

Nama Balok	Dimensi (cm/cm)
B1	25/50
B2	25/30
B3	25/25
B4	25/40

III.5.4 Desain Dimensi Kolom

III.5.4.1 Desain Kolom Utama Bangunan A

Berikut adalah gambar yang menunjukkan kolom yang dipakai dalam untuk mendesain dimensi kolom utama di bangunan A pada gambar III.29.



Gambar III.29 Kolom Untuk Mendesain Dimensi di Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Ukuran *Tributary Area* dari kolom yang didesain di bangunan A adalah 5,87 m x 3,166 m.

Tebal pelat setiap lantai di bangunan A : 350 mm

Tinggi setiap lantai : 3930 mm

Dimensi balok : 250/500 mm dan 250/300 mm

Perhitungan beban mati dan beban hidup:

- Beban mati

Pelat : $5,87 \times 3,166 \times 0,35 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 15610,9128 \text{ kg}$

Plafon	: 5,87 x 3,166 x 7 kg/m ²	= 130,09094 kg
Balok B1	: 1 x 0,25 x 0,5 x 3,923 x 2400 kg/m ³	= 1176,9 kg
Balok B2	: 1 x 0,25 x 0,3 x 1,647 x 2400 kg/m ³	= 296,46 kg
Balok B2	: 2 x 0,25 x 0,3 x 1,433 x 2400 kg/m ³	= 515,88
Plumbing	: 5,87 x 3,166 x 10 kg/m ²	= 185,8442 kg
Sanitasi	: 5,87 x 3,166 x 20 kg/m ²	= 371,6884 kg
Keramik	: 5,87 x 3,166 x 15 kg/m ²	= 278,7663 kg
Total beban mati tiap lantai		= 18566,54264 kg
Total beban mati 2 lantai		= 37133,08528 kg

- Beban hidup

Atap	: 5,87 x 3,166 x 100 kg/m ² x 1	= 1858,442 kg
Lantai	: 5,87 x 3,166 x 250 kg/m ² x 2	= 9292,21 kg
Total beban hidup		= 11150,652 kg

Perhitungan total beban terfaktor:

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (37133,08528) + 1,6 \times (11150,652) \\
 &= 62400,74554 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Penentuan dimensi kolom:

Mutu beton yang digunakan adalah 25 MPa = 254,929 kg/cm²

$$A \geq \frac{W_u}{0,2 \times f_c'} = \frac{62400,74554}{0,2 \times 254,929} = 1223,884798 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi kolom: } b^2 = 1078,084046 \text{ cm}^2$$

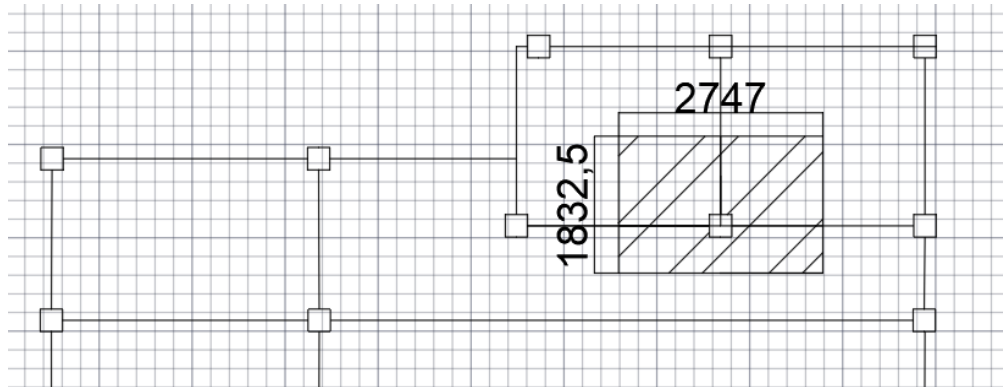
$$b = 34,98 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Dimensi kolom K1 = 35/35 cm.

Dimensi kolom pertama akan diberi nama dengan K1, yaitu kolom dengan dimensi 0,35/0,35 m. Dimensi kolom ini sudah memenuhi persyaratan dimensi kolom SNI 2847: 2019 Pasal 18.7.2.1 yang menyatakan bahwa dimensi penampang terkecil sekurang – kurangnya adalah 300 mm dan rasio dimensi penampang sekurang – kurangnya 0,4.

III.5.4.2 Desain Kolom Penyekat Ruangan Bangunan A

Berikut adalah gambar yang menunjukkan kolom yang dipakai dalam untuk mendesain dimensi kolom penyekat ruangan di bangunan A pada gambar III.30:



Gambar III.30 Kolom untuk Mendesain Dimensi di Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Tebal pelat setiap lantai di bangunan A	: 350 mm
Tinggi setiap lantai	: 3930 mm
Dimensi balok	: 0,25/0,35 cm

Perhitungan beban mati dan beban hidup:

- Beban mati

Pelat	: $2,747 \times 1,832 \times 0,35 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 4227,3 kg
Plafon	: $2,747 \times 1,832 \times 7 \text{ kg/m}^2$	= 35,22 kg
Balok B2	: $4 \times 0,25 \times 0,25 \times 1,05 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 630 kg
Plumbing	: $2,747 \times 1,832 \times 10 \text{ kg/m}^2$	= 50,32504 kg
Sanitasi	: $2,747 \times 1,832 \times 20 \text{ kg/m}^2$	= 100,65008 kg
Keramik	: $2,747 \times 1,832 \times 15 \text{ kg/m}^2$	= 75,48756 kg
Total beban mati tiap lantai		= 5118,98268 kg
Total beban mati 2 lantai		= 10237,9656 kg

- Beban hidup

Atap	: $2,747 \times 1,832 \times 100 \text{ kg/m}^2 \times 1$	= 503,2504 kg
Lantai	: $2,747 \times 1,832 \times 250 \text{ kg/m}^2 \times 2$	= 2516,252 kg
Total beban hidup		= 3019,5024 kg

Perhitungan total beban terfaktor:

$$\begin{aligned}
 W_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (10237,965636) + 1,6 \times (3019,5024) \\
 &= 17116,7626 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Penentuan dimensi kolom:

Mutu beton yang digunakan adalah 25 MPa = 254,929 kg/cm²

$$A \geq \frac{W_u}{0,2 \times f_c'} = \frac{17116,7626}{0,2 \times 254,929} = 335,71 \text{ cm}^2$$

Dimensi kolom: $b^2 = 335,71 \text{ cm}^2$

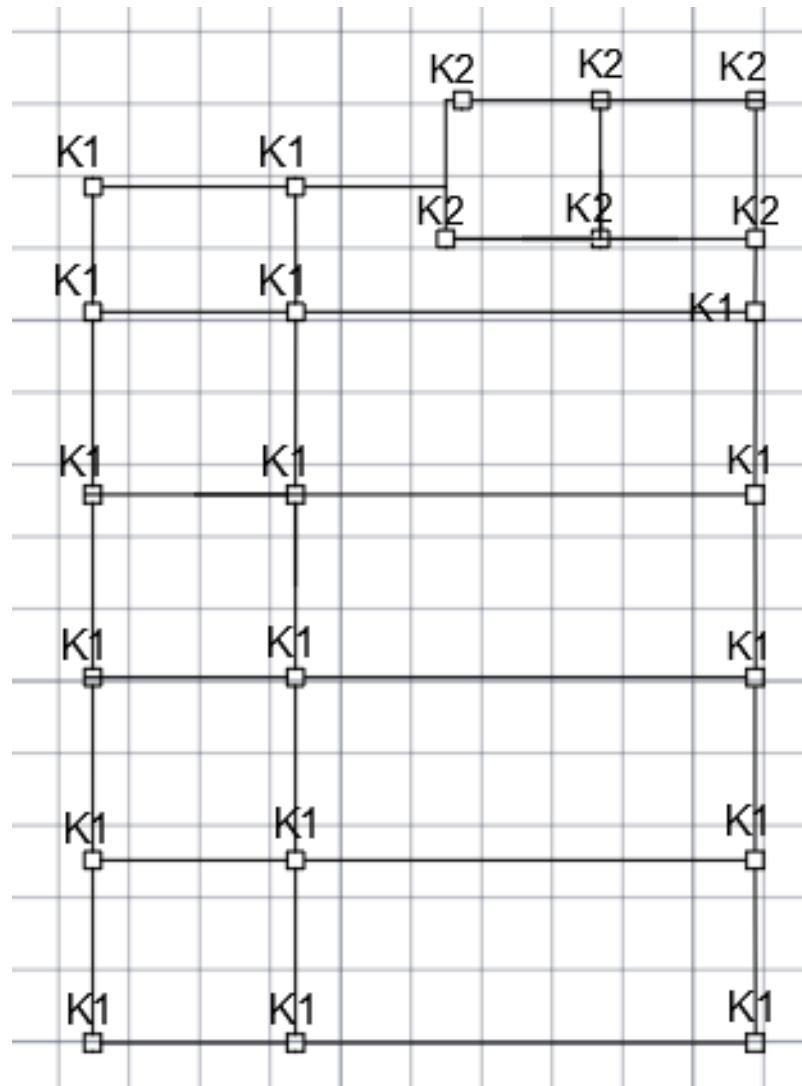
$$b = 18,3 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dimensi kolom K1 = 30/30 cm.

Terlihat bahwa kebutuhan dimensi kolom dinaikkan sangat tinggi dari 18,3 cm ke 30 cm dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.7.2.1 yang menyatakan bahwa dimensi penampang terkecil kolom minimal 300 mm sehingga harus dinaikkan ke 30 cm. Maka, untuk kolom penyekat ruangan di bangunan A dipakai kolom jenis K2, yaitu kolom dengan dimensi 0,3/0,3 m.

III.5.4.3 Hasil Desain Kolom Bangunan A

Berikut adalah hasil dari desain kolom bangunan A dalam bentuk denah dua dimensi pada gambar III.31.

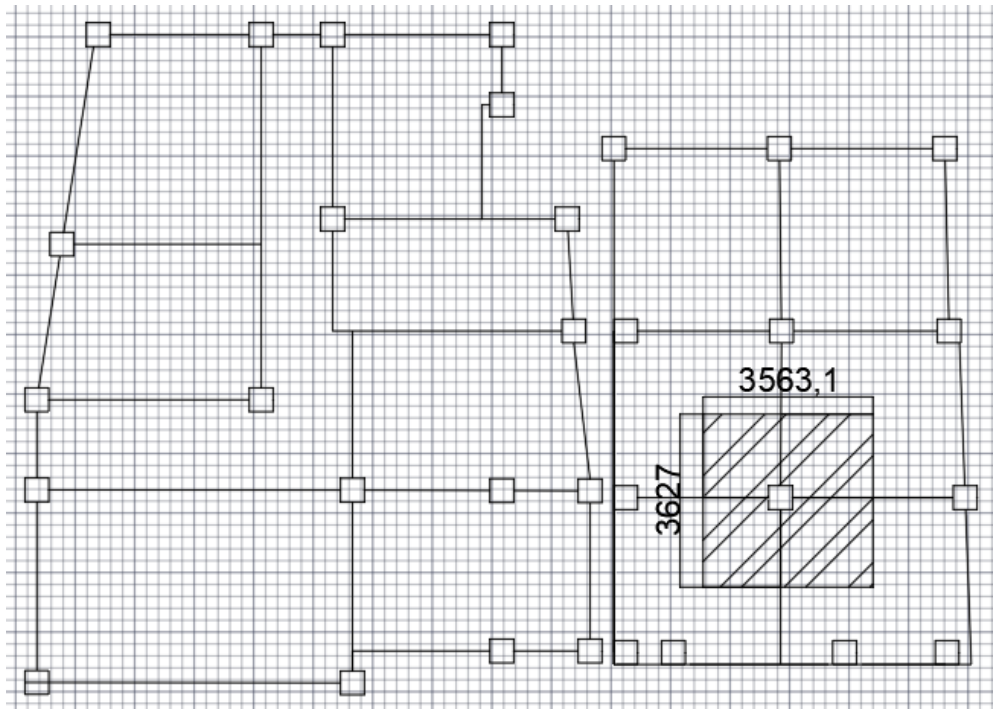


Gambar III.31 Hasil Desain Dimensi Kolom di Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

III.5.4.4 Desain Kolom di Bangunan B

Tinggi setiap lantai adalah 3,93 m. Untuk lantai 1 dan lantai 2, digunakan kolom yang akan memikul beban 4 tingkat. Untuk lantai 3 dan lantai 4, digunakan kolom yang akan memikul beban 2 tingkat. Kolom utama dengan kolom penyekat ruangan akan digunakan jenis kolom yang sama untuk di bangunan B. Berikut adalah gambar yang menunjukkan kolom yang dipakai dalam untuk mendesain dimensi kolom utama di bangunan B pada gambar III.32.



Gambar III.32 Kolom yang Digunakan Untuk Mendesain Dimensi di Bangunan B

Sumber: Data Pribadi

Ukuran *Tributary Area* dari kolom yang didesain di bangunan A adalah 3,563 m x 3,627 m.

Tebal pelat setiap lantai di bangunan B : 150 mm

Tinggi setiap lantai : 3930 mm

Dimensi balok : 250/250 mm

Perhitungan beban mati dan beban hidup:

- Beban mati

Pelat	: 3,563 x 3,627 x 0,15 x 2400 kg/m ³	= 4652,28036 kg
Plafon	: 3,563 x 3,627 x 7 kg/m ²	= 90,461007 kg
Balok B3	: 2 x 0,25 x 0,25 x 1,687 x 2400 kg/m ³	= 506,1 kg
Balok B3	: 2 x 0,25 x 0,25 x 1,5 x 2400 kg/m ³	= 450 kg
Plumbing	: 3,563 x 3,627 x 10 kg/m ²	= 129,23001 kg
Sanitasi	: 3,563 x 3,627 x 20 kg/m ²	= 258,46002 kg
Keramik	: 3,563 x 3,627 x 15 kg/m ²	= 193,845015 kg
Total beban mati 1 lantai		= 6280,37641 kg

Total beban mati 2 lantai		= 12560,7528 kg
Total beban mati 4 lantai		= 25121,5056 kg
- Beban hidup		
Atap	: 3,563 x 3,627 x 100 kg/m ² x 1	= 1292,3001 kg
Lantai	: 3,563 x 3,627 x 250 kg/m ² x 2	= 6461,5005 kg
Total beban hidup 2 lantai		= 7753,8006 kg
Lantai	: 3,563 x 3,627 x 250 kg/m ² x 4	= 12923,001 kg
Total beban hidup 4 lantai		= 14215,3011 kg

Perhitungan total beban terfaktor:

$$\begin{aligned}
 W_u \text{ 2 lantai} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (12560,75282) + 1,6 \times (7753,8006) \\
 &= 27478,98434 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_u \text{ 4 lantai} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (25121,50565) + 1,6 \times (14215,3011) \\
 &= 52890,28854 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Penentuan dimensi kolom:

Kolom lantai 1 dan kolom lantai 2:

Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa = 305,915 kg/cm²

$$A \geq \frac{W_u}{0,2 \times f_c'} = \frac{52890,28854}{0,2 \times 305,915} = 864,46 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi kolom: } b^2 = 864,46 \text{ cm}^2$$

$$b = 29,4 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dimensi kolom K2 = 30/30 cm.

Kolom lantai 3 dan kolom lantai 4:

Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa = 305,915 kg/cm²

$$A \geq \frac{W_u}{0,2 \times f_c'} = \frac{27478,98434}{0,2 \times 305,915} = 449,12 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi kolom: } b^2 = 449,12 \text{ cm}^2$$

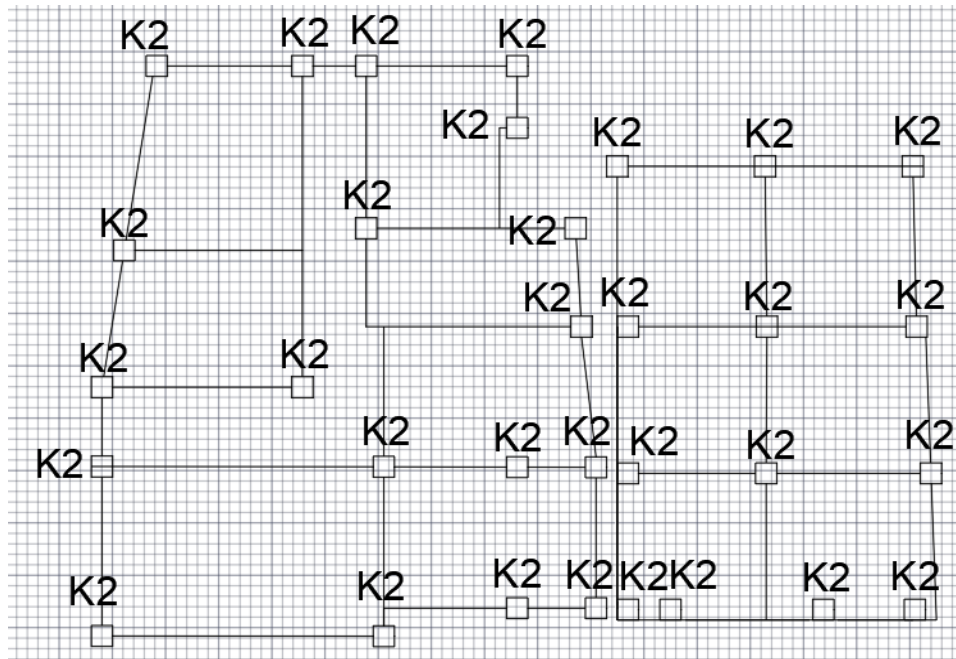
$$b = 21,1 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dimensi kolom K2 = 30/30 cm.

Kolom untuk semua lantai di bangunan B memiliki jenis yang sama, yaitu K2 dengan dimensi 0,3/0,3 m. Terlihat bahwa kebutuhan dimensi kolom dinaikkan sangat tinggi dari 21,1 cm ke 30 cm dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.7.2.1 yang menyatakan bahwa dimensi penampang terkecil kolom minimal 300 mm sehingga harus dinaikkan ke 30 cm.

III.5.4.5 Hasil Desain Dimensi Kolom Bangunan B

Berikut adalah hasil desain dimensi kolom bangunan B dalam bentuk denah dua dimensi pada gambar III.33.

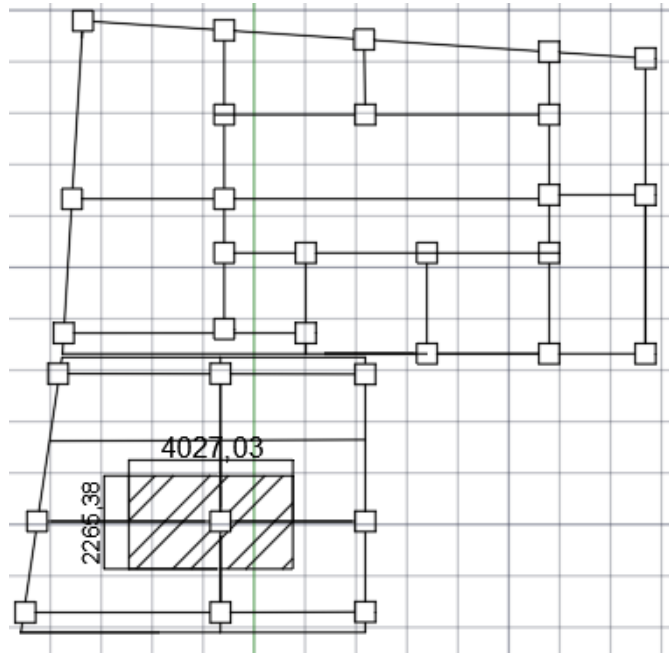


Gambar III.33 Hasil Desain Dimensi Kolom di Bangunan B

Sumber: Data Pribadi

III.5.4.6 Desain Kolom di Bangunan C

Untuk lantai 1 dan lantai 2, digunakan kolom yang akan memikul beban 3 tingkat. Untuk lantai 3, digunakan kolom yang akan memikul beban 1 tingkat. Berikut adalah gambar yang menunjukkan kolom yang dipakai dalam untuk mendesain dimensi kolom utama dan kolom penyekat ruangan di bangunan C pada gambar III.34.



Gambar III.34 Kolom yang Digunakan Untuk Mendesain di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

Ukuran *Tributary Area* dari kolom yang didesain di bangunan C adalah 4,027 m x 2,265 m.

Tebal pelat setiap lantai di bangunan C : 300 mm

Tinggi setiap lantai : 3930 mm

Dimensi balok : 25/30 cm

Perhitungan beban mati dan beban hidup:

- Beban mati

Pelat : $4,027 \times 2,265 \times 0,3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 6567,2316 \text{ kg}$

Plafon : $4,027 \times 2,265 \times 7 \text{ kg/m}^2 = 63,84 \text{ kg}$

Balok B2 : $2 \times 0,25 \times 0,3 \times 0,9 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 720 \text{ kg}$

Balok B2 : $1 \times 0,25 \times 0,3 \times 1,5 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 270 \text{ kg}$

Balok B2 : $1 \times 0,25 \times 0,3 \times 2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg}$

Plumbing : $4,037 \times 2,265 \times 10 \text{ kg/m}^2 = 91,43805 \text{ kg}$

Sanitasi : $4,037 \times 2,265 \times 20 \text{ kg/m}^2 = 182,8761 \text{ kg}$

Keramik : $4,037 \times 2,265 \times 15 \text{ kg/m}^2 = 137,157075 \text{ kg}$

Total beban mati 1 lantai		= 8392,542825 kg
Total beban mati 3 lantai		= 25177,62848 kg
- Beban hidup		
Atap	: 4,037 x 2,265 x 100 kg/m ² x 1	= 914,3805 kg
Lantai	: 4,037 x 2,265 x 250 kg/m ² x 1	= 2285,95125 kg
Total beban hidup 1 lantai		= 3200,33175 kg
Total beban hidup 3 lantai		= 7772,23425 kg

Perhitungan total beban terfaktor:

$$\begin{aligned}
 W_u \text{ 1 lantai} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (8392,542825) + 1,6 \times (3200,33175) \\
 &= 15191,58219 \text{ kg} \\
 W_u \text{ 3 lantai} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times (25177,62848) + 1,6 \times (7772,23425) \\
 &= 42648,72898 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Penentuan dimensi kolom:

Kolom lantai 1 dan kolom lantai 2:

Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa = 305,915 kg/cm²

$$A \geq \frac{W_u}{0,2 \times f_c'} = \frac{42648,72898}{0,2 \times 305,915} = 697,06 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi kolom: } b^2 &= 697,06 \text{ cm}^2 \\
 b &= 26,401 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dimensi kolom K2 = 30/30 cm.

Kolom lantai 3:

Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa = 305,915 kg/cm²

$$A \geq \frac{W_u}{0,2 \times f_c'} = \frac{15191,58219}{0,2 \times 305,915} = 248,297 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi kolom: } b^2 &= 248,297 \text{ cm}^2 \\
 b &= 15,75 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

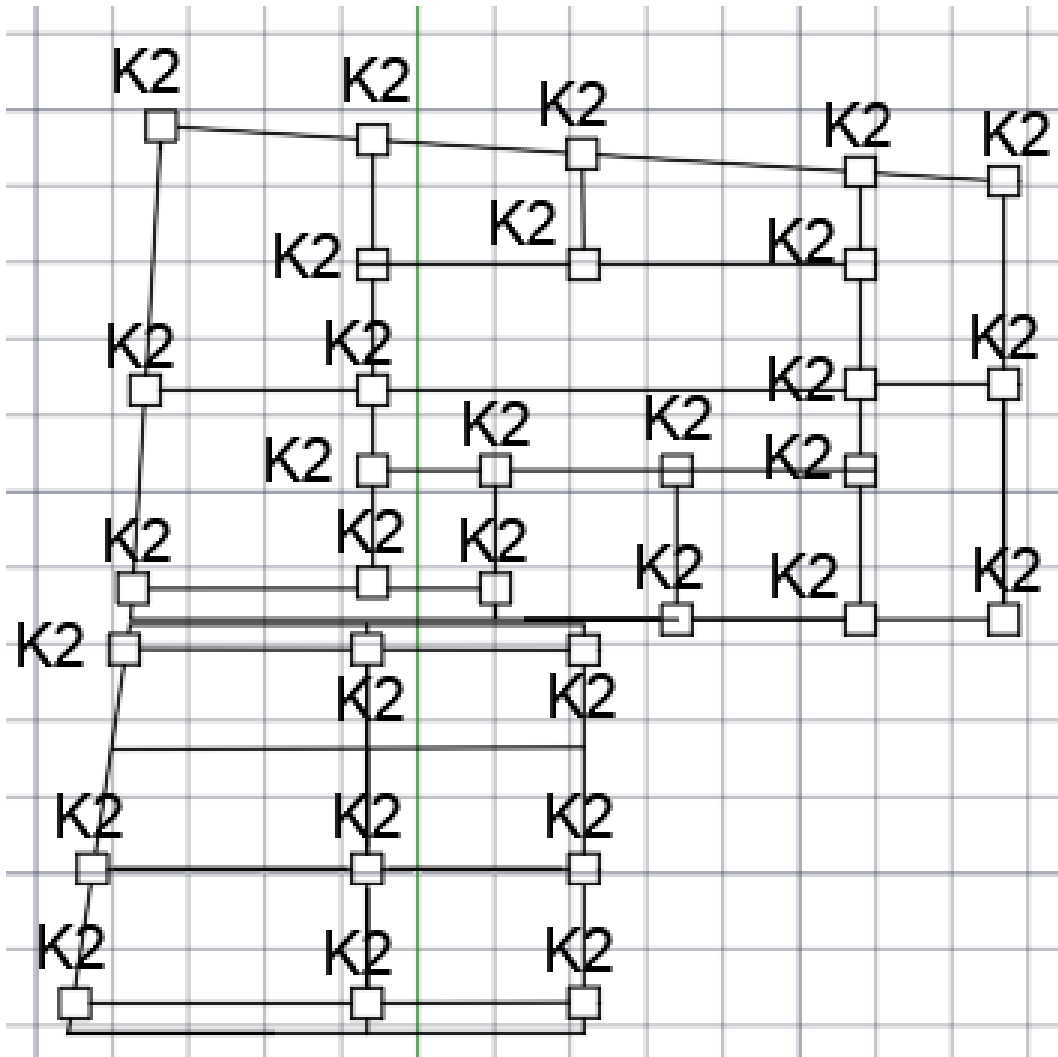
Dimensi kolom K2 = 30/30 cm.

Kolom untuk semua lantai di bangunan C memiliki jenis yang sama, yaitu K2 dengan

dimensi 0,3/0,3 cm. Terlihat bahwa kebutuhan dimensi kolom dinaikkan sangat tinggi dari 15,75 cm ke 30 cm dikarenakan mengikuti SNI 2847: 2019 Pasal 18.7.2.1 yang menyatakan bahwa dimensi penampang terkecil kolom minimal 300 mm sehingga harus dinaikkan ke 30 cm.

III.5.4.7 Hasil dari Desain Dimensi Kolom di Bangunan C

Berikut adalah hasil dari desain dimensi kolom di bangunan C pada gambar III.35.



Gambar III.35 Hasil Desain Dimensi Kolom di Bangunan C

Sumber: Data Pribadi

III.5.4.8 Daftar Hasil Desain Dimensi Kolom

Berikut adalah hasil dari perhitungan dimensi kolom pada tabel III.5.

Tabel III.5 Hasil Desain Dimensi Kolom

Sumber: Data Pribadi

Nama Kolom	Dimensi (cm)
K1	35/35
K2	30/30

III.5.5 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur ini bertujuan untuk menghitung beban – beban di mana akan dimasukkan ke dalam pemodelan struktur yang dilakukan di aplikasi SAP 2000.

Perhitungan pembebanan struktur ini mengikuti peraturan SNI 1727: 2020.

Berikut adalah perhitungan beban – beban yang terjadi pada struktur:

1. Beban Mati

- Berat jenis beton = 2400 kg/m³
- Berat dinding ½ bata = 250 kg/m³
- Plafon = 11 kg/m³
- Penggantung = 7 kg/m³
- Keramik = 15 kg/m³
- Plumbing = 10 kg/m³
- Sanitasi = 20 kg/m³

2. Beban Hidup

- Beban untuk perkantoran = 250 kg/m³
- Beban hidup untuk dak = 100 kg/m³
- Beban hidup untuk parkir = 800 kg/m³

3. Beban Gempa

a. Parameter Beban Gempa

- Kategori risiko : II
- Faktor keutamaan gempa (I_e) : 1,0
- Percepatan batuan dasar periode pendek (S_s) : 0,8 g
- Percepatan batuan dasar periode 1 detik (S_1) : 0,4 g
- Klasifikasi situs tanah : SE

- Faktor amplikasi periode pendek (F_a) : 1,26
- Faktor amplikasi periode 1 detik (F_y) : 2,4
- Parameter respon spectral periode pendek (S_{MS}) : 1,008
- Parameter respon spectral spectral periode 1 detik (S_{M1}) : 0,96
- Parameter respon spectral desain pendek (S_{DS}) : 0,672
- Parameter respon spectral desain 1 detik (S_{D1}) : 0,64

b. Penentuan Sistem Struktur

- Sistem Struktur : Rangka Pemikul Momen Khusus
- Koefisien Modifikasi Respons (R) : 8
- Faktor Kuat Lebih Sistem : 3
- Koefisien Amplifikasi Defleksi : 5,5

III.5.5.1 Pembebanan Struktur Bangunan A

Periode Fundamental Struktur

- Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen
- Koefisien C_t : 0,0466
- Tinggi Bangunan : 7,86 meters
- Koefisien x : 0,9
- Periode Fundamental Pendekatan :
- $T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 7,86^{0,9} = 0,298$ detik
- Koefisien C_u : 1,4
- Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} = \frac{0,672}{8} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{Smaksimum} = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,298 \times \frac{8}{1}} = 0,268$$

$$C_{Sminimum} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{S\text{minimum}} \leq C_s \leq C_{S\text{maksimum}}$$

$$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,268 \Rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 10,339 m
2. Panjang arah (y) : 16,23 m
3. Tinggi bangunan : 7,86 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B1 : 25/50 cm
2. Balok B2 : 25/30 cm
3. Balok B3 : 25/25 cm
4. Kolom K1 : 35/35 cm
5. Kolom K2 : 30/30 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.6 Beban Mati Pelat Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	0,35	2	24	866,55193
	3,595	3,166	0,35	4	24	382,427472
	3,595	2,465	0,35	1	24	74,43807
	2,657	2,465	0,35	1	24	55,015842
	5,494	1,265	0,35	1	24	58,379244
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	0,35	2	24	866,55193
	3,595	3,166	0,35	4	24	382,427472
	3,595	2,465	0,35	1	24	74,43807
	2,657	2,465	0,35	1	24	55,015842
	5,494	1,265	0,35	1	24	58,379244
Total (kN)						2873,62512

b. Beban Mati Balok

Tabel III.7 Beban Mati Balok Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,25	0,5	7,838	5	24	117,57
	0,25	0,3	2,866	12	24	61,9056
	0,25	0,3	3,286	6	24	35,4888
	0,25	0,3	1,865	2	24	6,714
	0,25	0,3	2,51	1	24	4,518
	0,25	0,3	0,965	1	24	1,737
	0,25	0,25	2,1	3	24	9,45
Lantai 2	0,25	0,5	7,838	5	24	117,57
	0,25	0,3	2,866	12	24	61,9056
	0,25	0,3	3,286	6	24	35,4888
	0,25	0,3	1,865	2	24	6,714
	0,25	0,3	2,51	1	24	4,518
	0,25	0,3	0,965	1	24	1,737
	0,25	0,25	2,1	3	24	9,45
Total (kN)						504,1308

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.8 Beban Mati Kolom Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,35	0,35	3,93	17	24	196,4214
	0,3	0,3	3,93	6	24	50,9328
Lantai 2	0,35	0,35	3,93	17	24	196,4214
	0,3	0,3	3,93	6	24	50,9328
Total Berat (kN)						494,7084

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.9 Beban Mati Dinding Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kg)
Lantai 1 - Lantai 2	3,93	2,466	0,15	12	2,5	43,61121
	3,93	2,895	0,15	1	2,5	4,266506
	3,93	7,446	0,15	1	2,5	10,97354
	3,93	2,447	0,15	4	2,5	14,42507
	3,93	2,1	0,15	3	2,5	9,284625
Lantai 2 - Dak Atap	3,93	2,466	0,15	12	2,5	43,61121
	3,93	2,895	0,15	1	2,5	4,266506
	3,93	7,446	0,15	1	2,5	10,97354
	3,93	2,447	0,15	4	2,5	14,42507
	3,93	2,1	0,15	3	2,5	9,284625
Total Berat (kN)						165,1219

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.10 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Spesi Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kg)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	2	0,63	64,991395
	3,595	3,166	4	0,63	28,68206
	3,595	2,465	1	0,63	5,5828553
	2,657	2,465	1	0,63	4,1261882
	5,494	1,265	1	0,63	4,3784433
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	2	0,63	64,991395
	3,595	3,166	4	0,63	28,68206
	3,595	2,465	1	0,63	5,5828553
	2,657	2,465	1	0,63	4,1261882
	5,494	1,265	1	0,63	4,3784433
Total (kN)					215,52188

f. Beban Hidup

Tabel III.11 Beban Hidup Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Elemen	Bentang		Jumlah (n)	Beban Hidup Perkantoran (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	2	2,5	257,90236
	3,595	3,166	4	2,5	113,8177
	3,595	2,465	1	2,5	22,1541875
	2,657	2,465	1	2,5	16,3737625
	5,494	1,265	1	2,5	17,374775
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	2	2,5	257,90236
	3,595	3,166	4	2,5	113,8177
	3,595	2,465	1	2,5	22,1541875
	2,657	2,465	1	2,5	16,3737625
	5,494	1,265	1	2,5	17,374775
Dak Atap	8,146	6,332	2	1	103,160944
	3,595	3,166	4	1	45,52708
	3,595	2,465	1	1	8,861675
	2,657	2,465	1	1	6,549505
	5,494	1,265	1	1	6,94991
Total (kN)					1026,29468

Total beban mati dan hidup dari bangunan A, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 2873,62512 + 504,1308 + 494,7084 + 165,1219 + 215,5218836 + (1026,294684 \times 25 \%)$$

$$W = 4508,681 \text{ kN}$$

c. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,084 \times 4508,681$$

$$= 378,72 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

d. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.12 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	7,86	7,86	2639,7	20748,042	0,66667	295,647	88,694
Lantai 2	3,93	3,93	2639,7	10374,021	0,33333	147,823	44,347
				31122,063			

III.5.5.2 Bangunan B.1

Periode Fundamental Struktur

Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen

Koefisien C_t : 0,0466

Tinggi Bangunan : 15,72 meters

Koefisien x : 0,9

Periode Fundamental Pendekatan :

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 15,72^{0,9} = 0,556 \text{ detik}$$

Koefisien C_u : 1,4

Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{I_e} = \frac{0,672}{1} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{s\text{maksimum}} = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,556 \times \frac{8}{1}} = 0,143$$

$$C_{s\text{minimum}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{s\text{minimum}} \leq C_s \leq C_{s\text{maksimum}}$$

$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,143 \Rightarrow$ memenuhi persyaratan

Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 7,505 m
2. Panjang arah (y) : 10,834 m
3. Tinggi bangunan : 15,72 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B3 : 25/25 cm
2. Balok B4 : 25/40 cm
3. Kolom K2 : 30/30 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.13 Beban Mati Pelat Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -4	3,475	3,83	0,15	8	24	383,3064
	3,519	3,502	0,15	12	24	532,37684
	3,875	3,502	0,15	4	24	195,4116
Total (kN)						1111,0948

b. Beban Mati Balok

Tabel III.14 Beban Mati Balok Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 4	0,25	0,25	3,475	12	24	62,55
	0,25	0,25	3,519	8	24	42,228
	0,25	0,25	3,501	28	24	147,042
	0,25	0,25	3,875	8	24	46,5
	0,25	0,25	4,03	4	24	24,18
	0,25	0,25	3,83	16	24	91,92
	0,25	0,25	3,501	4	24	21,006
Total Berat (kN)						435,426

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.15 Beban Mati Kolom K Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,3	0,3	3,93	13	24	110,3544
Lantai 2	0,3	0,3	3,93	13	24	110,3544
Lantai 3	0,3	0,3	3,93	13	24	110,3544
Lantai 4	0,3	0,3	3,93	13	24	110,3544
Total Berat (kN)						441,4176

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.16 Beban Mati Dinding Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 4	3,93	3,475	0,15	4	2,5	20,48513
	3,93	3,519	0,15	4	2,5	20,74451
	3,93	3,501	0,15	4	2,5	20,6384
	3,93	3,875	0,15	4	2,5	22,84313
	3,93	4,03	0,15	4	2,5	23,75685
	3,93	3,83	0,15	4	2,5	22,57785
	3,93	3,501	0,15	4	2,5	20,6384
Total (kN)						151,6842

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.17 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1 -4	3,475	3,83	4	0,63	33,53931
	3,519	3,502	4	0,63	31,055316
	3,875	3,502	4	0,63	34,19703
Total (kN)					98,791656

f. Beban Hidup

Tabel III.18 Beban Hidup Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat hidup perkantoran (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -4	3,475	3,83	0,15	4	2,5	19,96388
	3,519	3,502	0,15	4	2,5	18,48531
	3,875	3,502	0,15	4	2,5	20,35538
Dak Atap	3,475	3,83	0,15	1	1	1,996388
	3,519	3,502	0,15	1	1	1,848531
	3,875	3,502	0,15	1	1	2,035538
Total (kN)						64,68501

Total beban mati dan hidup dari bangunan B, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 1111,0948 + 435,426 + 441,4176 + 151,6842 + 98,791656 + (64,68501 \times 25 \%)$$

$$W = 2254,58 \text{ kN}$$

a. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,084 \times 2254,58$$

$$= 188,385 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

b. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.19 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	15,72	15,72	575,775	9051,180115	0,4	77,3841	23,2152
Lantai 4	11,79	11,79	575,775	6788,385087	0,3	58,0381	17,4114
Lantai 3	7,86	7,86	575,775	4525,590058	0,2	38,6921	11,6076
Lantai 2	3,93	3,93	575,775	2262,795029	0,1	19,346	5,80381
				22627,95029			

III.5.5.3 Bangunan B.2

Periode Fundamental Struktur

Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen

Koefisien C_t : 0,0466

Tinggi Bangunan : 15,72 meters

Koefisien x : 0,9

Periode Fundamental Pendekatan :

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 15,72^{0,9} = 0,556 \text{ detik}$$

Koefisien C_u : 1,4

Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{I_e} = \frac{0,672}{1} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{S\text{maksimum}} = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,556 \times \frac{8}{1}} = 0,143$$

$$C_{S\text{minimum}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{S\text{minimum}} \leq C_s \leq C_{S\text{maksimum}}$$

$$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,143 \Rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 11,615 m
2. Panjang arah (y) : 14,111 m
3. Tinggi bangunan : 15,72 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B3 : 25/25 cm
2. Balok B4 : 25/40 cm
3. Kolom K2 : 30/30 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.20 Beban Mati Pelat Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -4	5,5	3,375	0,15	4	24	267,3
	5,339	3,344	0,15	4	24	257,09207
	6,626	4,045	0,15	4	24	385,95125
	6,626	1,875	0,15	4	24	178,902
	1,5	8,167	0,15	4	24	176,4072
	4,711	3,267	0,15	4	24	221,62805
	4,186	4,9	0,15	4	24	295,36416
	3,552	4,371	0,15	4	24	223,5714
	4,923	2,349	0,15	4	24	166,52343
Total (kN)						2172,7396

b. Beban Mati Balok

Tabel III.21 Beban Mati Balok Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 4	0,25	0,25	2,923	4	24	17,538
	0,25	0,25	1,004	4	24	6,024
	0,25	0,25	3,052	4	24	18,312
	0,25	0,25	3,901	4	24	23,406
	0,25	0,25	4,15	4	24	24,9
	0,25	0,25	0,975	4	24	5,85
	0,25	0,25	2,391	4	24	14,346
	0,25	0,25	4,423	4	24	26,538
	0,25	0,25	3,936	4	24	23,616
	0,25	0,25	3,017	4	24	18,102
	0,25	0,25	2,767	4	24	16,602
	0,25	0,25	4,211	4	24	25,266
	0,25	0,25	2,099	4	24	12,594
	0,25	0,25	1,849	4	24	11,094
	0,25	0,25	4,812	4	24	28,872
	0,25	0,25	3,094	4	24	18,564
	0,25	0,25	3,008	4	24	18,048
	0,25	0,4	2,638	4	24	25,3248
	0,25	0,4	1,154	4	24	11,0784
	0,25	0,4	3,545	8	24	68,064
0,25	0,4	2,862	8	24	54,9504	
0,25	0,4	3,094	4	24	29,7024	
Total Berat (kN)						498,792

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.22 Beban Mati Kolom K Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,3	0,3	3,93	19	24	161,2872
Lantai 2	0,3	0,3	3,93	19	24	161,2872
Lantai 3	0,3	0,3	3,93	19	24	161,2872
Lantai 4	0,3	0,3	3,93	19	24	161,2872
Total Berat (kN)						645,1488

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.23 Beban Mati Dinding Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 4	3,93	6,626	0,15	4	2,5	39,06027
	3,93	5,938	0,15	4	2,5	35,00451
	3,93	8,271	0,15	4	2,5	48,75755
	3,93	8,804	0,15	4	2,5	51,89958
	3,93	4,391	0,15	4	2,5	25,88495
	3,93	2,354	0,15	4	2,5	13,87683
	3,93	3,655	0,15	4	2,5	21,54623
Total (kN)						236,0299

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.24 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1 -4	5,5	3,375	4	0,63	46,7775
	5,339	3,344	4	0,63	44,991112
	6,626	4,045	4	0,63	67,541468
	6,626	1,875	4	0,63	31,30785
	1,5	8,167	4	0,63	30,87126
	4,711	3,267	4	0,63	38,784909
	4,186	4,9	4	0,63	51,688728
	3,552	4,371	4	0,63	39,124996
	4,923	2,349	4	0,63	29,1416
Total (kN)					380,22942

f. Beban Hidup

Tabel III.25 Beban Hidup Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat hidup perkantoran (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -4	5,5	3,375	0,15	4	2,5	27,84375
	5,339	3,344	0,15	4	2,5	26,78042
	6,626	4,045	0,15	4	2,5	40,20326
	6,626	1,875	0,15	4	2,5	18,63563
	1,5	8,167	0,15	4	2,5	18,37575
	4,711	3,267	0,15	4	2,5	23,08626
	4,186	4,9	0,15	4	2,5	30,7671
	3,552	4,371	0,15	4	2,5	23,28869
	4,923	2,349	0,15	4	2,5	17,34619
Dak Atap	5,5	3,375	0,15	1	1	2,784375
	5,339	3,344	0,15	1	1	2,678042
	6,626	4,045	0,15	1	1	4,020326
	6,626	1,875	0,15	1	1	1,863563
	1,5	8,167	0,15	1	1	1,837575
	4,711	3,267	0,15	1	1	2,308626
	4,186	4,9	0,15	1	1	3,07671
	3,552	4,371	0,15	1	1	2,328869
	4,923	2,349	0,15	1	1	1,734619
Total (kN)						248,9597

Total beban mati dan hidup dari bangunan B, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 2172,7396 + 498,792 + 645,1488 + 236,0299 + 380,22942 + (248,9597 \times 25 \%)$$

$$W = 3885,17 \text{ kN}$$

a. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$\begin{aligned} V &= C_s \times W_t \\ &= 0,084 \times 3885,17 \\ &= 326,354 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

b. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.26 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	15,72	15,72	1045,47	16434,86472	0,4	140,512	42,1535
Lantai 4	11,79	11,79	1045,47	12326,14854	0,3	105,384	31,6152
Lantai 3	7,86	7,86	1045,47	8217,43236	0,2	70,2559	21,0768
Lantai 2	3,93	3,93	1045,47	4108,71618	0,1	35,128	10,5384
				41087,1618			

III.5.5.4 Bangunan C.1

Periode Fundamental Struktur

Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen

Koefisien C_t : 0,0466

Tinggi Bangunan : 11,79 meters

Koefisien x : 0,9

Periode Fundamental Pendekatan :

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 11,79^{0,9} = 0,429 \text{ detik}$$

Koefisien C_u : 1,4

Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,672}{\frac{8}{1}} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{S_{maksimum}} = \frac{S_{D1}}{0,429 \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,556 \times \frac{8}{1}} = 0,186$$

$$C_{S_{minimum}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{S_{minimum}} \leq C_s \leq C_{S_{maksimum}}$$

$$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,186 \Rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 8,453 m
2. Panjang arah (y) : 6,687 m
3. Tinggi bangunan : 11,79 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B3 : 25/30 cm
2. Kolom K1 : 30/30 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.27 Beban Mati Pelat Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -3	3,987	3,587	0,15	3	24	154,4548
	3,552	3,58	0,15	3	24	137,3345
	3,986	0,406	0,15	3	24	17,47781
	3,552	0,406	0,15	3	24	15,57481
	4,501	1,968	0,15	3	24	95,66605
	3,552	1,968	0,15	3	24	75,49563
	4,79	2	0,15	3	24	114,4312
	3,53	2,212	0,15	3	24	84,33029
	4,9	0,487	0,15	3	24	25,77204
	3,552	0,487	0,15	3	24	18,6821
Total (kN)						739,2192

b. Beban Mati Balok

Tabel III.28 Beban Mati Balok Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kg/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 3	0,25	0,3	3,89	8	24	56,016
	0,25	0,3	3,552	12	24	76,7232
	0,25	0,3	0,15	8	24	2,16
	0,25	0,3	1,368	12	24	29,5488
	0,25	0,3	1,718	16	24	49,4784
	0,25	0,3	4,197	8	24	60,4368
	0,25	0,3	3,156	8	24	45,4464
	0,25	0,3	4,9	4	24	35,28
	0,25	0,3	0,313	12	24	6,7608
Total (kN)						361,8504

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.29 Beban Mati Kolom Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,3	0,3	3,93	9	24	76,3992
Lantai 2	0,3	0,3	3,93	9	24	76,3992
Lantai 3	0,3	0,3	3,93	9	24	76,3992
Total Berat (kN)						229,1976

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.30 Beban Mati Dinding Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 3	3,93	3,89	0,15	8	2,5	45,8631
	3,93	3,552	0,15	12	2,5	62,81712
	3,93	0,15	0,15	8	2,5	1,7685
	3,93	1,368	0,15	12	2,5	24,19308
	3,93	1,718	0,15	16	2,5	40,51044
	3,93	4,197	0,15	8	2,5	49,48263
	3,93	3,156	0,15	8	2,5	37,20924
	3,93	4,9	0,15	4	2,5	28,8855
	3,93	0,313	0,15	12	2,5	5,535405
Total (kN)						296,265

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.31 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Spesi Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1 -3	3,987	3,587	3	0,63	27,029587
	3,552	3,58	3	0,63	24,033542
	3,986	0,406	3	0,63	3,0586172
	3,552	0,406	3	0,63	2,7255917
	4,501	1,968	3	0,63	16,74156
	3,552	1,968	3	0,63	13,211735
	4,79	2	3	0,63	20,025457
	3,53	2,212	3	0,63	14,7578
	4,9	0,487	3	0,63	4,510107
	3,552	0,487	3	0,63	3,2693674
	Total (kN)				

f. Beban Hidup

Tabel III.32 Beban Hidup Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat hidup perkantoran (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -3	3,987	3,587	0,15	3	2,5	16,08904
	3,552	3,58	0,15	3	2,5	14,30568
	3,986	0,406	0,15	3	2,5	1,8206055
	3,552	0,406	0,15	3	2,5	1,622376
	4,501	1,968	0,15	3	2,5	9,965214
	3,552	1,968	0,15	3	2,5	7,864128
	4,79	2	0,15	3	2,5	11,919915
	3,53	2,212	0,15	3	2,5	8,784405
	4,9	0,487	0,15	3	2,5	2,6845875
	3,552	0,487	0,15	3	2,5	1,946052
Dak Atap	3,987	3,587	0,15	1	1	2,1452054
	3,552	3,58	0,15	1	1	1,907424
	3,986	0,406	0,15	1	1	0,2427474
	3,552	0,406	0,15	1	1	0,2163168
	4,501	1,968	0,15	1	1	1,3286952
	3,552	1,968	0,15	1	1	1,0485504
	4,79	2	0,15	1	1	1,589322
	3,53	2,212	0,15	1	1	1,171254
	4,9	0,487	0,15	1	1	0,357945
	3,552	0,487	0,15	1	1	0,2594736
Total (kN)						87,268937

Total beban mati dan hidup dari bangunan B, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 739,2192 + 361,8504 + 229,1976 + 296,265 + 129,36337 + (87,268937 \times 25 \%)$$

$$W = 1777,7128 \text{ kN}$$

a. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,084 \times 1777,7128$$

$$= 148,327 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

b. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.33 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	11,79	11,79	614,388	7243,636513	0,5	77,4129	23,2239
Lantai 3	7,86	7,86	614,388	4829,091008	0,333333	51,6086	15,4826
Lantai 2	3,93	3,93	614,388	2414,545504	0,166667	25,8043	7,74129
				14487,27303			

III.5.5.5 Bangunan C.2

Periode Fundamental Struktur

Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen

Koefisien C_t : 0,0466

Tinggi Bangunan : 11,79 meters

Koefisien x : 0,9

Periode Fundamental Pendekatan :

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 11,79^{0,9} = 0,429 \text{ detik}$$

Koefisien C_u : 1,4

Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,672}{\frac{8}{1}} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{S_{maksimum}} = \frac{S_{D1}}{0,429 \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,556 \times \frac{8}{1}} = 0,186$$

$$C_{S_{minimum}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{S_{minimum}} \leq C_s \leq C_{S_{maksimum}}$$

$$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,186 \Rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

a. Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 14,558 m
2. Panjang arah (y) : 8,339 m
3. Tinggi bangunan : 11,79 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B3 : 25/30 cm
2. Balok B4 : 25/40 cm
3. Kolom K2 : 30/30 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.33 Beban Mati Pelat Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 - 3	4,329	3,737	0,15	3	24	174,7167
	3,42	2,051	0,15	3	24	75,75574
	4,538	1,862	0,15	3	24	91,25736
	2,362	3,476	0,15	3	24	88,67137
	7,976	2,05	0,15	3	24	176,5886
	2,362	3,86	0,15	3	24	98,46706
	8	1	0,15	3	24	112,6722
	2,028	1,941	0,15	3	24	42,51256
	2,997	2,45	0,15	3	24	79,30062
	3	2,45	0,15	3	24	79,38
	3,939	3,26	0,15	3	24	138,6843
5,97	0,5	0,15	3	24	32,238	
Total (kN)						1190,245

b. Beban Mati Balok

Tabel III. 34 Beban Mati Balok Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kg/m^3)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 3	0,25	0,25	2,97	3	24	13,365
	0,25	0,25	2,934	3	24	13,203
	0,25	0,25	4,042	3	24	18,189
	0,25	0,25	1,862	3	24	8,379
	0,25	0,25	1,324	3	24	5,958
	0,25	0,25	2,887	3	24	12,9915
	0,25	0,25	4,016	3	24	18,072
	0,25	0,25	1,419	3	24	6,3855
	0,25	0,25	7,476	3	24	33,642
	0,25	0,25	1,45	6	24	13,05
	0,25	0,25	2,76	3	24	12,42
	0,25	0,25	3,439	3	24	15,4755
	0,25	0,25	1,35	3	24	6,075
	0,25	0,25	0,81	3	24	3,645
	0,25	0,25	1,5	3	24	6,75
	0,25	0,4	5,97	3	24	42,984
	0,25	0,4	2,5	3	24	18
	0,25	0,3	1,95	3	24	10,53
	0,25	0,4	3,36	3	24	24,192
0,25	0,4	2,82	3	24	20,304	
Total (kN)						303,6105

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.35 Beban Mati Kolom Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m^3)	Berat (kN)
Lantai 1	0,3	0,3	3,93	22	24	186,7536
Lantai 2	0,3	0,3	3,93	22	24	186,7536
Lantai 3	0,3	0,3	3,93	22	24	186,7536
Total Berat (kN)						560,2608

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.36 Beban Mati Dinding Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 3	3,93	2,97	0,15	3	2,5	13,13111
	3,93	2,934	0,15	3	2,5	12,97195
	3,93	4,042	0,15	3	2,5	17,87069
	3,93	1,862	0,15	3	2,5	8,232368
	3,93	1,324	0,15	3	2,5	5,853735
	3,93	2,887	0,15	3	2,5	12,76415
	3,93	4,016	0,15	3	2,5	17,75574
	3,93	1,419	0,15	3	2,5	6,273754
	3,93	7,476	0,15	3	2,5	33,05327
	3,93	1,45	0,15	6	2,5	12,82163
	3,93	2,76	0,15	3	2,5	12,20265
	3,93	3,439	0,15	3	2,5	15,20468
	3,93	1,35	0,15	3	2,5	5,968688
	3,93	0,81	0,15	3	2,5	3,581213
	3,93	1,5	0,15	3	2,5	6,631875
	3,93	5,97	0,15	3	2,5	26,39486
	3,93	2,5	0,15	3	2,5	11,05313
	3,93	1,95	0,15	3	2,5	8,621438
	3,93	3,36	0,15	3	2,5	14,8554
	3,93	2,82	0,15	3	2,5	12,46793
Total (kN)						257,7102

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.37 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

Spesi Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1 - 3	4,329	3,737	3	0,63	30,575424
	3,42	2,051	3	0,63	13,257254
	4,538	1,862	3	0,63	15,970039
	2,362	3,476	3	0,63	15,51749
	7,976	2,05	3	0,63	30,903012
	2,362	3,86	3	0,63	17,231735
	8	1	3	0,63	19,717629
	2,028	1,941	3	0,63	7,4396977
	2,997	2,45	3	0,63	13,877609
	3	2,45	3	0,63	13,8915
	3,939	3,26	3	0,63	24,269755
	5,97	0,5	3	0,63	5,64165
	Total (kN)				

f. Beban Hidup

Tabel III.38 Beban Hidup Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat hidup perkantoran (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -3	4,329	3,737	0,15	3	2,5	18,199657
	3,42	2,051	0,15	3	2,5	7,8912225
	4,538	1,862	0,15	3	2,5	9,5059755
	2,362	3,476	0,15	3	2,5	9,236601
	7,976	2,05	0,15	3	2,5	18,39465
	2,362	3,86	0,15	3	2,5	10,256985
	8	1	0,15	3	2,5	11,736684
	2,028	1,941	0,15	3	2,5	4,4283915
	2,997	2,45	0,15	3	2,5	8,2604813
	3	2,45	0,15	3	2,5	8,26875
	3,939	3,26	0,15	3	2,5	14,446283
	5,97	0,5	0,15	3	2,5	3,358125
Dak Atap	4,329	3,737	0,15	3	1	7,2798629
	3,42	2,051	0,15	3	1	3,156489
	4,538	1,862	0,15	3	1	3,8023902
	2,362	3,476	0,15	3	1	3,6946404
	7,976	2,05	0,15	3	1	7,35786
	2,362	3,86	0,15	3	1	4,102794
	8	1	0,15	3	1	4,6946736
	2,028	1,941	0,15	3	1	1,7713566
	2,997	2,45	0,15	3	1	3,3041925
	3	2,45	0,15	3	1	3,3075
	3,939	3,26	0,15	3	1	5,778513
	5,97	0,5	0,15	3	1	1,34325
Total (kN)						173,57733

Total beban mati dan hidup dari bangunan C.2, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 1190,245 + 303,6105 + 560,2608 + 257,7102 + 208,29279 + (173,57733 \times 25 \%)$$

$$W = 2563,5136 \text{ kN}$$

b. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,084 \times 2563,5136$$

$$= 215,335 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

T = 0,298 detik => k = 1

c. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.39 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	11,79	11,79	897,899	10586,22685	0,5	113,135	33,9405
Lantai 3	7,86	7,86	897,899	7057,484568	0,33333	75,4233	22,627
Lantai 2	3,93	3,93	897,899	3528,742284	0,16667	37,7117	11,3135
				21172,4537			

III.5.6 Pemodelan Struktur

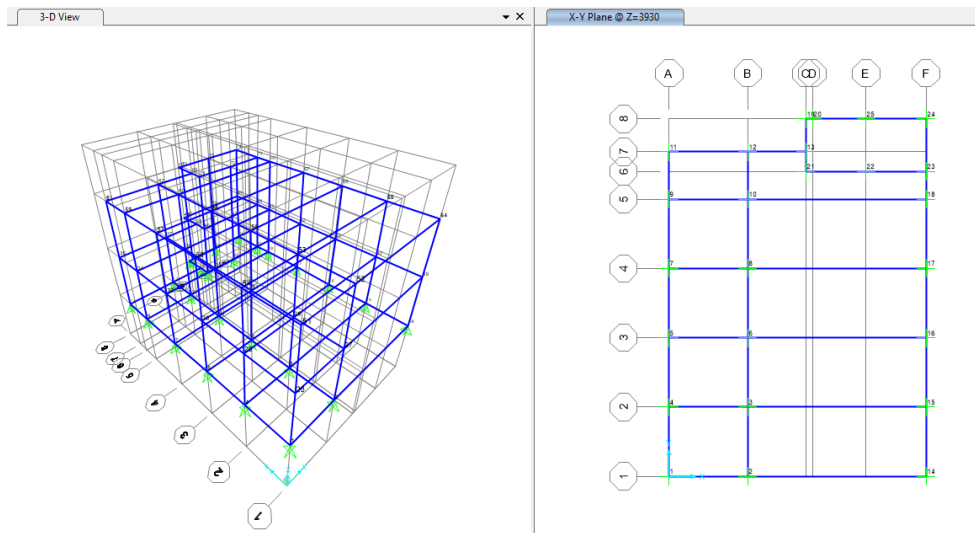
Pemodelan struktur dilakukan dengan bantuan aplikasi *SAP 2000*. Yang dilakukan dalam pemodelan struktur adalah:

1. Membuat rangka gedung.
2. Memasukkan material.
3. Memasukkan *frame properties*.
4. Memasukkan *load patterns*.
5. Memasukkan *joint restraints*.

Pemodelan struktur ini akan dibuat sebanyak lima karena bangunan dilatasi menjadi lima gedung, yaitu bangunan A, bangunan B.1, bangunan B.2, bangunan C.1, dan bangunan C.2.

III.5.6.1 Bangunan A

Berikut adalah tampak akhir dari pemodelan struktur bangunan A di *SAP 2000* pada gambar III.36.

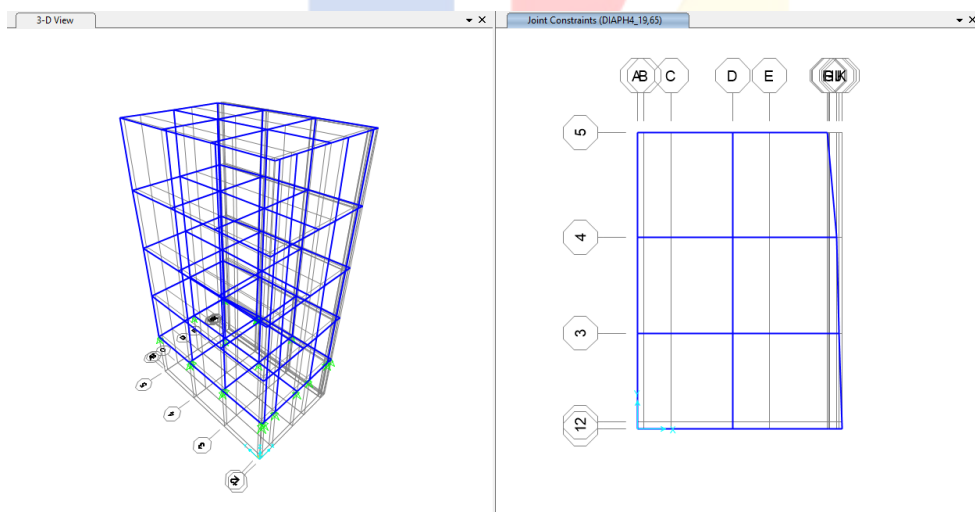


Gambar III.36 Pemodelan Struktur Bangunan A di Program *SAP 2000*

Sumber: Data Pribadi

III.5.6.2 Bangunan B.1

Berikut adalah tampak akhir dari pemodelan struktur bangunan B.1 di *SAP 2000* pada gambar III.37.

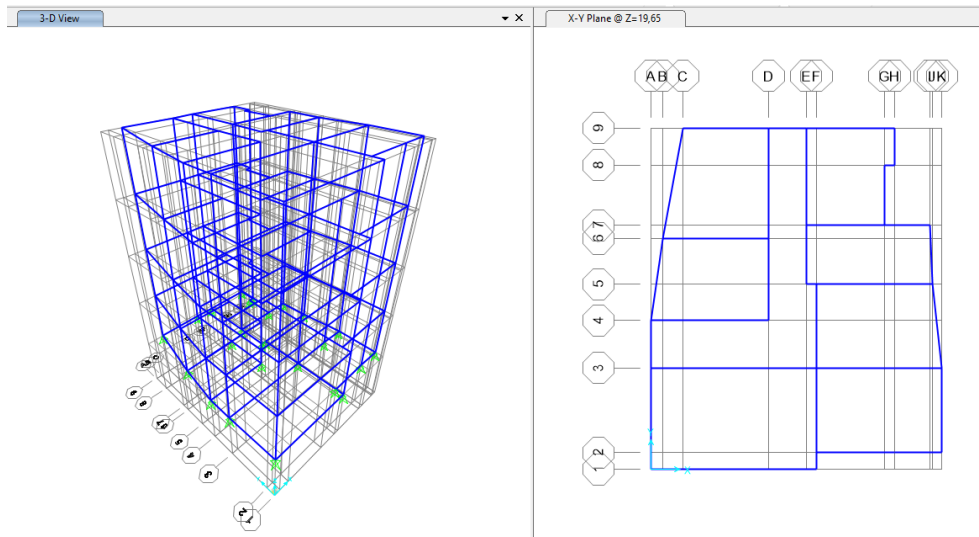


Gambar III.37 Pemodelan Struktur Bangunan B.1 di Program *SAP 2000*

Sumber: Data Pribadi

III.5.6.3 Bangunan B.2

Berikut adalah tampak akhir dari pemodelan struktur bangunan B.2 di *SAP 2000* pada gambar III.38.

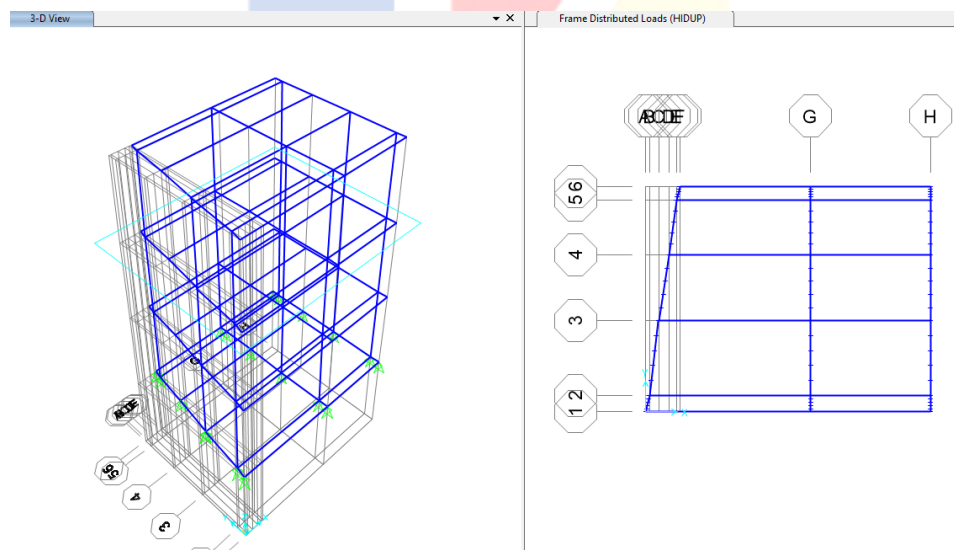


Gambar III.38 Pemodelan Struktur Bangunan B.1 di Program *SAP 2000*

Sumber: Data Pribadi

III.5.6.4 Bangunan C.1

Berikut adalah tampak akhir dari pemodelan struktur bangunan C.1 di *SAP 2000* pada gambar III.39.

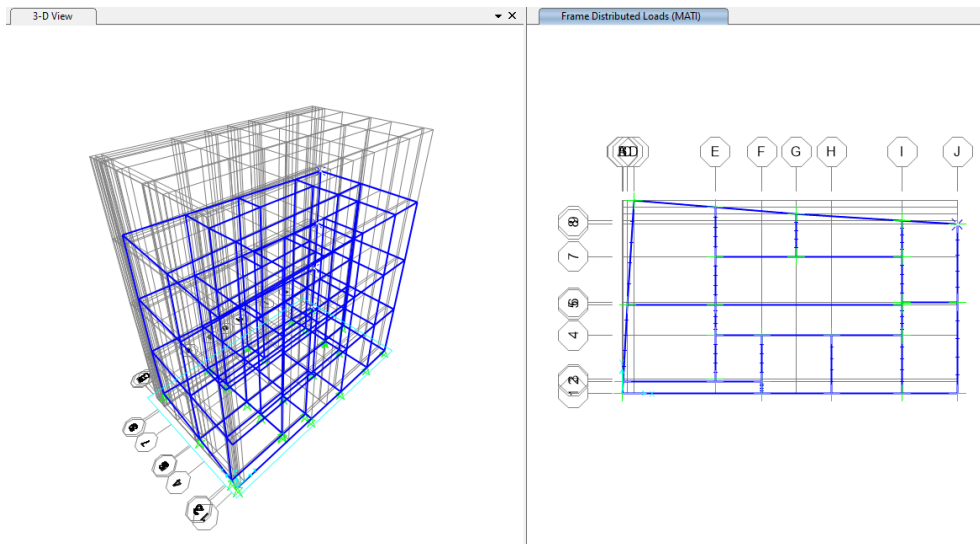


Gambar III.39 Pemodelan Struktur Bangunan C.1 di Program *SAP 2000*

Sumber: Data Pribadi

III.5.6.5 Bangunan C.2

Berikut adalah tampak akhir dari pemodelan struktur bangunan C.2 di *SAP 2000* pada gambar III.40.



Gambar III.40 Pemodelan Struktur Bangunan C.1 di Program SAP 2000

Sumber: Data Pribadi

III.5.7 Pengecekan Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lain perlu dicek agar bangunan tidak terbentur satu sama lain ketika terjadi bencana gempa. Simpangan antar lantai tidak boleh melebihi simpangan antar izin yang telah diatur dalam SNI 1726: 2019 Pasal 7.12.1. Masing – masing gedung akan dicek simpangan antar lantai apakah sudah melebihi simpangan antar izin atau tidak.

Batas pada simpangan antar lantai sesuai tabel II.13 setelah dicocokkan dengan jenis struktur yang akan didesain menggunakan persamaan berikut:
 $\Delta_a = 0,020 h_{sx} = 0,020 \times 3,93 \text{ m} = 0,0786 \text{ m} \sim 78,6 \text{ mm}$.

Simpangan maksimal yang terjadi antar lain untuk bangunan A adalah sebesar 78,6 mm.

Lalu dilakukan perhitungan simpangan antar lantai sesuai rumus 2.13.

$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e}$ di mana C_d adalah 5,5 dengan factor keutamaan gempa adalah 1.

Kombinasi beban yang akan digunakan untuk menganalisis simpangan antar lantai adalah sesuai dengan SNI 1726: 2019 Pasal 4.2.3.3, yaitu:

1. $1,0 D + 0,7 E_v + 0,7 E_h$
2. $1,0 D + 0,525 E_v + 0,525 E_h + 0,75 L$

$$3. \quad 0,6 D - 0,7 E_v + 0,7 E_h$$

III.5.7.1 Bangunan A

Hasil simpangan antar lantai didapatkan dari *software* SAP 2000. Berikut adalah hasil perhitungan simpangan akibat gaya gempa desain pada tabel III.40 dan tabel III.41 di mana simpangan dari desain tidak memenuhi syarat.

Tabel III.40 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan A Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	34,84922	19,3183	84,9997	47,1736	78,6	Tidak Aman
2	3930	19,39473	10,7413	106,671	59,077	78,6	Tidak Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Tabel III.41 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan A Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	34,84922	18,1815	84,9997	44,537	78,6	Tidak Aman
2	3930	19,39473	10,0839	106,671	55,4613	78,6	Tidak Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Dikarenakan simpangan antar lantai telah melebihi simpangan izin antar lantai sehingga tidak aman, harus dilakukan pendesainan ulang untuk elemen balok dan kolom bangunan A.

III.5.7.2 Bangunan B.1

Hasil simpangan antar lantai didapatkan dari *software* SAP 2000. Berikut adalah hasil perhitungan simpangan akibat gaya gempa desain pada tabel III.42 dan tabel III.43 di mana simpangan dari desain tidak memenuhi syarat.

Tabel III.42 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.1 Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	74,872524	52,42442	71,1282	46,0249	78,6	Aman
4	3930	61,940129	44,05625	108,075	71,7701	78,6	Tidak Aman
3	3930	42,29012	31,00714	127,995	87,8865	78,6	Tidak Aman
2	3930	19,01828	15,02777	104,601	82,6527	78,6	Tidak Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Tabel III.43 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.1 Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	119,1848	83,10435	103,402	68,37	78,6	Tidak Aman
4	3930	100,384433	70,67345	166,175	111,996	78,6	Tidak Aman
3	3930	70,170727	50,31048	205,219	141,353	78,6	Tidak Aman
2	3930	32,858204	24,60994	180,72	135,355	78,6	Tidak Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Dikarenakan simpangan antar lantai telah melebihi simpangan izin antar lantai sehingga tidak aman, harus dilakukan pendesainan ulang untuk elemen balok dan kolom bangunan B.1.

III.5.7.3 Bangunan B.2

Hasil simpangan antar lantai didapatkan dari *software* SAP 2000. Berikut adalah hasil perhitungan simpangan akibat gaya gempa desain pada tabel III.44 dan tabel III.45 di mana simpangan dari desain tidak memenuhi syarat.

Tabel III.44 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.2 Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	102,396	52,4616	91,5877	43,1087	78,6	Tidak Aman
4	3930	85,7434	44,6236	138,307	71,1902	78,6	Tidak Aman
3	3930	60,5966	31,68	171,514	89,2231	78,6	Tidak Aman
2	3930	29,4122	15,4576	161,767	85,0166	78,6	Tidak Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Tabel III.45 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.2 Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	105,196	55,5869	91,8839	43,4428	78,6	Tidak Aman
4	3930	88,4899	47,6882	142,441	75,8004	78,6	Tidak Aman
3	3930	62,5917	33,9063	177,851	96,2941	78,6	Tidak Aman
2	3930	30,2552	16,3983	166,403	90,1904	78,6	Tidak Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Dikarenakan simpangan antar lantai telah melebihi simpangan izin antar lantai

sehingga tidak aman, harus dilakukan pendesainan ulang untuk elemen balok dan kolom bangunan B.2.

III.5.7.4 Bangunan C.1

Hasil simpangan antar lantai didapatkan dari *software* SAP 2000. Berikut adalah hasil perhitungan simpangan akibat gaya gempa desain pada tabel III.46 dan tabel III.47 di mana simpangan dari desain tidak memenuhi syarat.

Tabel III.46 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan C.1 Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	60,50129	25,968	79,0976	33,2076	78,6	Tidak Aman
3	3930	46,1199	19,9302	124,959	56,0716	78,6	Tidak Aman
2	3930	23,40007	9,73537	128,7	53,5445	78,6	Tidak Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Tabel III.47 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan C.1 Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	61,15902	26,7001	79,2153	33,3386	78,6	Tidak Aman
3	3930	46,75623	20,6385	126,743	58,0571	78,6	Tidak Aman
2	3930	23,71207	10,0827	130,416	55,4546	78,6	Tidak Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Dikarenakan simpangan antar lantai telah melebihi simpangan izin antar lantai sehingga tidak aman, harus dilakukan pendesainan ulang untuk elemen balok dan kolom bangunan C.1.

III.5.7.5 Bangunan C.2

Hasil simpangan antar lantai didapatkan dari *software* SAP 2000. Berikut adalah hasil perhitungan simpangan akibat gaya gempa desain pada tabel III.48 dan tabel III.49 di mana simpangan dari desain telah memenuhi syarat.

Tabel III.48 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan C.2 Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{C}_x (mm)	\bar{C}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	34,6156	14,3355	45,2834	17,3084	78,6	Aman
3	3930	26,3822	11,1885	70,7486	30,1753	78,6	Aman
2	3930	13,5188	5,7021	74,3536	31,3616	78,6	Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Tabel III.49 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan C.2 Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{C}_x (mm)	\bar{C}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	34,6598	15,6006	45,3903	20,3649	78,6	Aman
3	3930	26,407	11,8978	70,807	31,8462	78,6	Aman
2	3930	13,533	6,10762	74,4316	33,5919	78,6	Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

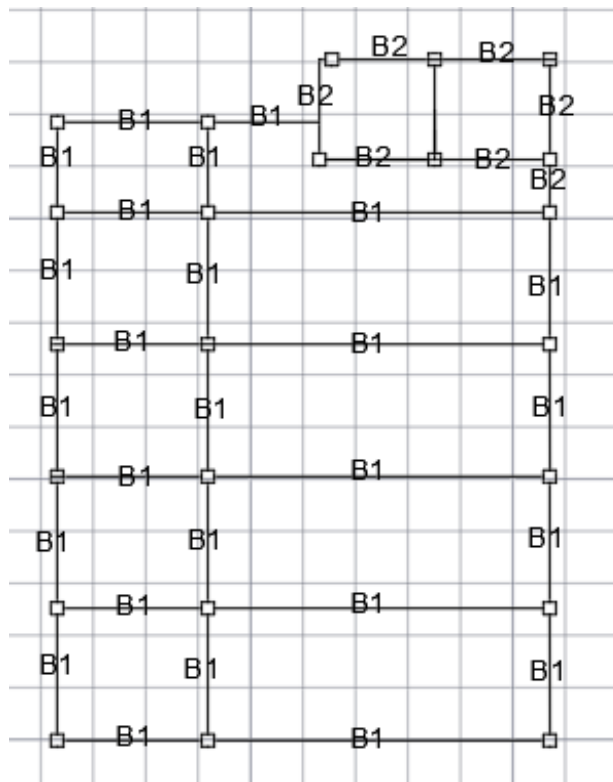
Dikarenakan simpangan antar lantai tidak melebihi simpangan izin antar lantai sehingga aman, maka tidak perlu dilakukan pendesainan ulang untuk elemen balok dan kolom bangunan C.2.

III.5.8 Desain Ulang Bangunan

Desain ulang wajib dilakukan dikarenakan empat bangunan gagal untuk memenuhi persyaratan dalam simpangan antar lantai. Untuk bangunan C.2 tidak perlu didesain ulang karena telah memenuhi persyaratan dalam simpangan antar lantai.

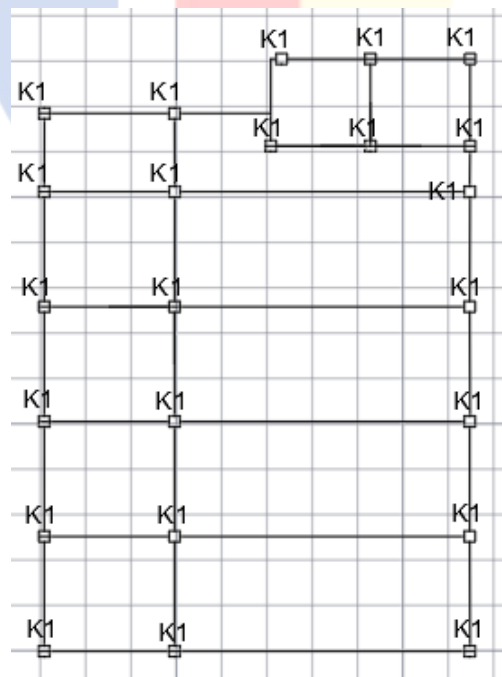
III.5.8.1 Desain Ulang Bangunan A

Balok B2 akan diubah menjadi B1 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 25/30 cm menjadi 25/50 cm. Balok B3 akan diubah menjadi B2 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 25/25 cm menjadi 25/30 cm. Kolom K2 akan diubah menjadi kolom K1 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 30/30 cm menjadi 35/35 cm. Berikut adalah hasil desain ulang untuk gambar balok di bangunan A pada gambar III.41 dan gambar kolom di bangunan A pada gambar III.42.



Gambar III.41 Desain Ulang Dimensi Balok Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

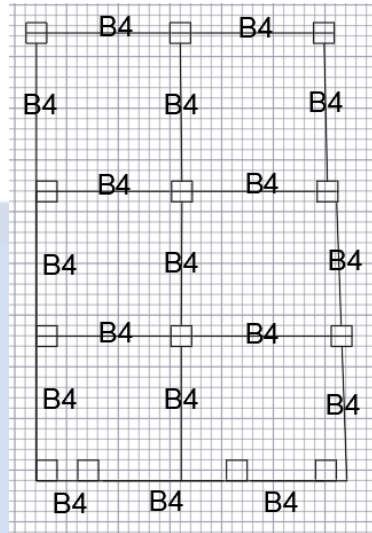


Gambar III.42 Desain Ulang Dimensi Kolom Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

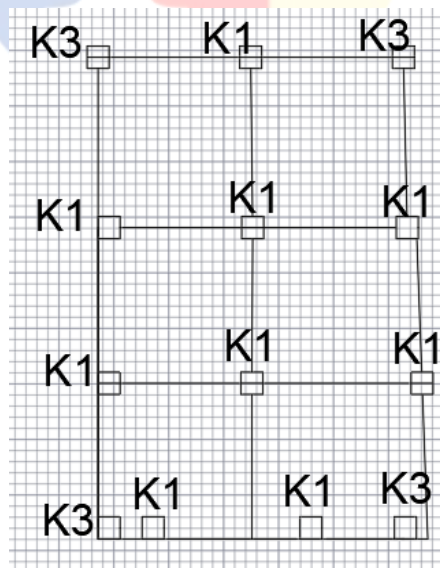
III.5.8.2 Desain Ulang Bangunan B.1

Balok B3 akan diubah menjadi balok B4 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 25/25 cm menjadi 25/40 cm. Kolom K2 diubah menjadi kolom jenis baru, yaitu kolom K3 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 30/30 menjadi 50/50 cm. Berikut adalah hasil desain ulang untuk gambar balok di bangunan B.1 pada gambar III.43 dan gambar kolom di bangunan B.1 pada gambar III.44.



Gambar III.43 Desain Ulang Dimensi Balok Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

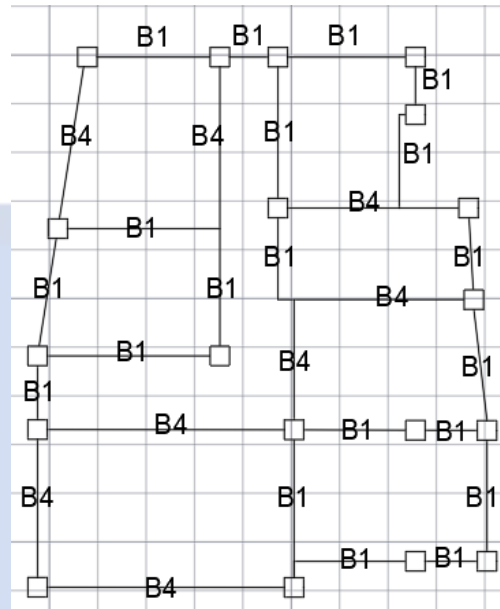


Gambar III.44 Desain Ulang Dimensi Kolom Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

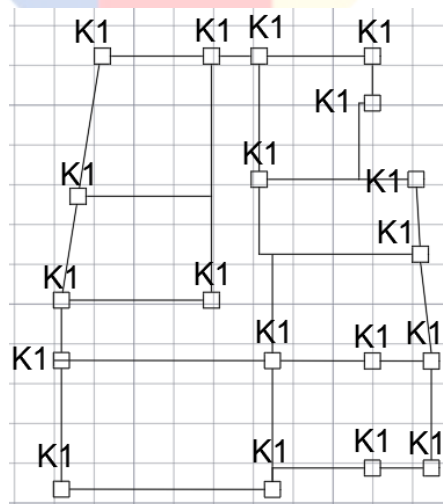
III.5.8.3 Desain Ulang Bangunan B.2

Balok B3 akan diubah menjadi balok B1 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 25/25 cm menjadi 25/50 cm. Kolom K2 akan diubah menjadi kolom K1 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 30/30 cm menjadi 35/35 cm. Berikut adalah hasil desain ulang untuk gambar balok di bangunan B.2 pada gambar III.45 dan gambar kolom di bangunan B.2 pada gambar III.46.



Gambar III.45 Desain Ulang Dimensi Balok Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

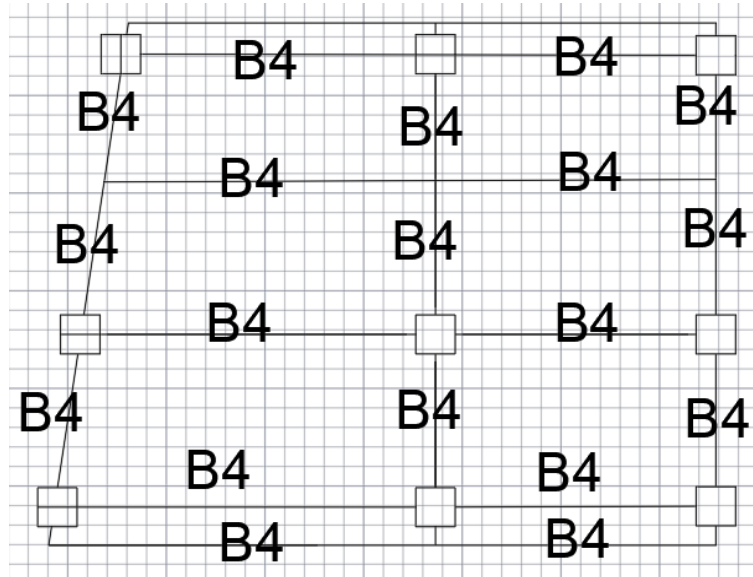


Gambar III.46 Desain Ulang Dimensi Kolom Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

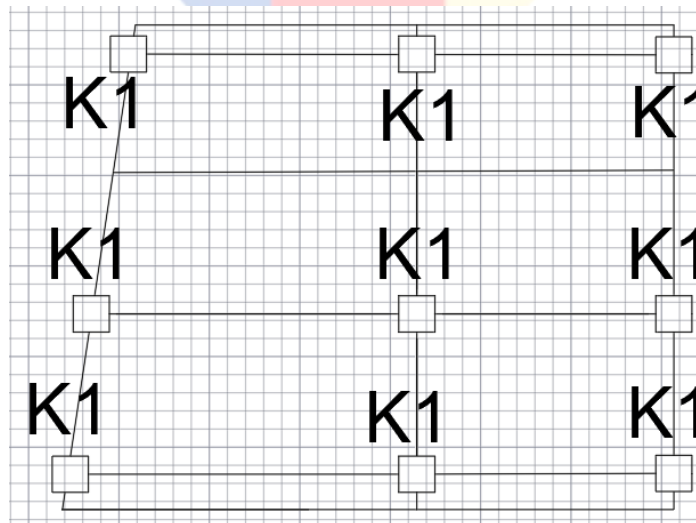
III.5.8.4 Desain Ulang Bangunan C.1

Balok B2 akan diubah ke balok B4 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 25/30 cm ke 25/40 cm. Kolom K2 akan diubah ke kolom K1 sehingga mengalami perubahan dimensi dari 30/30 cm ke 35/35 cm. Berikut adalah hasil desain ulang untuk gambar balok di bangunan C.1 pada gambar III.47 dan gambar kolom di bangunan C.1 pada gambar III.48.



Gambar III.47 Desain Ulang Dimensi Balok Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi



Gambar III.48 Desain Ulang Dimensi Kolom Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

III.5.9 Pembebanan Struktur Ulang Bangunan

Karena dimensi balok dan kolom berubah, maka beban mati kolom dan beban mati balok akan berubah sesuai dengan perubahan dimensi yang terjadi. Maka, perlu dilakukan perhitungan ulang untuk pembebanan struktur dengan mengikuti dimensi yang terbaru.

Perhitungan pembebanan struktur ini mengikuti peraturan SNI 1727: 2020. Berikut adalah perhitungan beban – beban yang terjadi pada struktur:

1. Beban Mati

- Berat jenis beton = 2400 kg/m^3
- Berat dinding $\frac{1}{2}$ bata = 250 kg/m^3
- Plafon = 11 kg/m^3
- Penggantung = 7 kg/m^3
- Keramik = 15 kg/m^3
- Plumbing = 10 kg/m^3
- Sanitasi = 20 kg/m^3

2. Beban Hidup

- Beban untuk perkantoran = 250 kg/m^2
- Beban hidup untuk dak = 100 kg/m^2
- Beban hidup untuk parkir = 800 kg/m^2

3. Beban Gempa

a. Parameter Beban Gempa

- Kategori risiko : II
- Faktor keutamaan gempa (I_e) : 1,0
- Percepatan batuan dasar periode pendek (S_s) : 0,8 g
- Percepatan batuan dasar periode 1 detik (S_1) : 0,4 g
- Klasifikasi situs tanah : SE
- Faktor amplikasi periode pendek (F_a) : 1,26
- Faktor amplikasi periode 1 detik (F_v) : 2,4
- Parameter respon spectral periode pendek (S_{MS}) : 1,008
- Parameter respon spectral spectral periode 1 detik (S_{M1}) : 0,96

- Parameter respon spectral desain pendek (S_{DS}) : 0,672
- Parameter respon spectral desain 1 detik (S_{D1}) : 0,64

b. Penentuan Sistem Struktur

- Sistem Struktur : Rangka Pemikul Momen Khusus
- Koefisien Modifikasi Respons (R) : 8
- Faktor Kuat Lebih Sistem : 3
- Koefisien Amplifikasi Defleksi : 5,5

III.5.9.1 Pembebanan Struktur Ulang Bangunan A

Periode Fundamental Struktur

- Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen
- Koefisien C_t : 0,0466
- Tinggi Bangunan : 7,86 meters
- Koefisien x : 0,9
- Periode Fundamental Pendekatan :
- $T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 7,86^{0,9} = 0,298$ detik
- Koefisien C_u : 1,4
- Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} = \frac{0,672}{8} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{s\text{maksimum}} = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,298 \times \frac{8}{1}} = 0,268$$

$$C_{s\text{minimum}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{s\text{minimum}} \leq C_s \leq C_{s\text{maksimum}}$$

$$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,268 \Rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 10,339 m
2. Panjang arah (y) : 16,23 m
3. Tinggi bangunan : 7,86 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B1 : 25/50 cm
2. Balok B2 : 25/30 cm
3. Kolom K1 : 35/35 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.50 Beban Mati Pelat Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	0,35	2	24	866,55193
	3,595	3,166	0,35	4	24	382,427472
	3,595	2,465	0,35	1	24	74,43807
	2,657	2,465	0,35	1	24	55,015842
	5,494	1,265	0,35	1	24	58,379244
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	0,35	2	24	866,55193
	3,595	3,166	0,35	4	24	382,427472
	3,595	2,465	0,35	1	24	74,43807
	2,657	2,465	0,35	1	24	55,015842
	5,494	1,265	0,35	1	24	58,379244
Total (kN)						2873,62512

b. Beban Mati Balok

Tabel III.51 Beban Mati Balok Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,25	0,5	7,838	5	24	117,57
	0,25	0,5	2,866	12	24	103,176
	0,25	0,5	3,286	6	24	59,148
	0,25	0,5	1,865	2	24	11,19
	0,25	0,5	2,51	1	24	7,53
	0,25	0,5	0,965	1	24	2,895
	0,25	0,3	2,1	3	24	11,34
	0,25	0,3	2,447	4	24	17,6184
Lantai 2	0,25	0,5	7,838	5	24	117,57
	0,25	0,5	2,866	12	24	103,176
	0,25	0,5	3,286	6	24	59,148
	0,25	0,5	1,865	2	24	11,19
	0,25	0,5	2,51	1	24	7,53
	0,25	0,5	0,965	1	24	2,895
	0,25	0,3	2,1	3	24	11,34
	0,25	0,3	2,447	4	24	17,6184
Total (kN)						660,9348

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.52 Beban Mati Kolom K Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,35	0,35	3,93	23	24	265,7466
Lantai 2	0,35	0,35	3,93	23	24	265,7466
Total Berat (kN)						531,4932

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.53 Beban Mati Dinding Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kg)
Lantai 1 - Lantai 2	3,93	2,466	0,15	12	2,5	43,61121
	3,93	2,895	0,15	1	2,5	4,266506
	3,93	7,446	0,15	1	2,5	10,97354
	3,93	2,447	0,15	4	2,5	14,42507
	3,93	2,1	0,15	3	2,5	9,284625
Lantai 2 - Dak Atap	3,93	2,466	0,15	12	2,5	43,61121
	3,93	2,895	0,15	1	2,5	4,266506
	3,93	7,446	0,15	1	2,5	10,97354
	3,93	2,447	0,15	4	2,5	14,42507
	3,93	2,1	0,15	3	2,5	9,284625
Total Berat (kN)						165,1219

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.54 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Spesi Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kg)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	2	0,63	64,991395
	3,595	3,166	4	0,63	28,68206
	3,595	2,465	1	0,63	5,5828553
	2,657	2,465	1	0,63	4,1261882
	5,494	1,265	1	0,63	4,3784433
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	2	0,63	64,991395
	3,595	3,166	4	0,63	28,68206
	3,595	2,465	1	0,63	5,5828553
	2,657	2,465	1	0,63	4,1261882
	5,494	1,265	1	0,63	4,3784433
Total (kN)					215,52188

f. Beban Hidup

Tabel III.55 Beban Hidup Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Elemen	Bentang		Jumlah (n)	Beban Hidup Perkantoran (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	2	2,5	257,90236
	3,595	3,166	4	2,5	113,8177
	3,595	2,465	1	2,5	22,1541875
	2,657	2,465	1	2,5	16,3737625
	5,494	1,265	1	2,5	17,374775
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	2	2,5	257,90236
	3,595	3,166	4	2,5	113,8177
	3,595	2,465	1	2,5	22,1541875
	2,657	2,465	1	2,5	16,3737625
	5,494	1,265	1	2,5	17,374775
Dak Atap	8,146	6,332	2	1	103,160944
	3,595	3,166	4	1	45,52708
	3,595	2,465	1	1	8,861675
	2,657	2,465	1	1	6,549505
	5,494	1,265	1	1	6,94991
Total (kN)					1026,29468

Total beban mati dan hidup dari bangunan A, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 2873,62512 + 660,9348 + 531,4932 + 165,1219 + 215,5218836 + (1026,294684 \times 25 \%)$$

$$W = 4703,27 \text{ kN}$$

c. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,084 \times 4703,27$$

$$= 35,0747 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

d. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.56 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	7,86	7,86	2736,5	21508,85652	0,66667	306,487	91,9462
Lantai 2	3,93	3,93	2736,5	10754,42826	0,33333	153,244	45,9731
				32263,28477			

III.5.9.2 Pembebanan Struktur Ulang Bangunan B.1

Periode Fundamental Struktur

Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen

Koefisien C_t : 0,0466

Tinggi Bangunan : 7,86 meters

Koefisien x : 0,9

Periode Fundamental Pendekatan :

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 7,86^{0,9} = 0,298 \text{ detik}$$

Koefisien C_u : 1,4

Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{I_e} = \frac{0,672}{\frac{8}{1}} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{S_{maksimum}} = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,298 \times \frac{8}{1}} = 0,268$$

$$C_{S_{minimum}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{S_{minimum}} \leq C_s \leq C_{S_{maksimum}}$$

$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,268 \Rightarrow$ memenuhi persyaratan

Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 10,339 m
2. Panjang arah (y) : 16,23 m
3. Tinggi bangunan : 7,86 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B4 : 25/40 cm
2. Kolom K1 : 35/35 cm
3. Kolom K3 : 50/50 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.57 Beban Mati Pelat Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	0,35	2	24	866,55193
	3,595	3,166	0,35	4	24	382,427472
	3,595	2,465	0,35	1	24	74,43807
	2,657	2,465	0,35	1	24	55,015842
	5,494	1,265	0,35	1	24	58,379244
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	0,35	2	24	866,55193
	3,595	3,166	0,35	4	24	382,427472
	3,595	2,465	0,35	1	24	74,43807
	2,657	2,465	0,35	1	24	55,015842
	5,494	1,265	0,35	1	24	58,379244
Total (kN)						2873,62512

b. Beban Mati Balok

Tabel III. 58 Beban Mati Balok Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 4	0,25	0,4	3,475	12	24	100,08
	0,25	0,4	3,519	8	24	67,5648
	0,25	0,4	3,501	28	24	235,2672
	0,25	0,4	3,875	8	24	74,4
	0,25	0,4	4,03	4	24	38,688
	0,25	0,4	3,83	16	24	147,072
	0,25	0,4	3,501	4	24	33,6096
Total Berat (kN)						696,6816

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.59 Beban Mati Kolom K Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,35	0,35	3,93	13	24	150,2046
Lantai 2	0,35	0,35	3,93	13	24	150,2046
Lantai 3	0,35	0,35	3,93	13	24	150,2046
Lantai 4	0,35	0,35	3,93	13	24	150,2046
Total Berat (kN)						600,8184

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.60 Beban Mati Dinding Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kg)
Lantai 1 - Lantai 2	3,93	2,466	0,15	12	2,5	43,61121
	3,93	2,895	0,15	1	2,5	4,266506
	3,93	7,446	0,15	1	2,5	10,97354
	3,93	2,447	0,15	4	2,5	14,42507
	3,93	2,1	0,15	3	2,5	9,284625
Lantai 2 - Dak Atap	3,93	2,466	0,15	12	2,5	43,61121
	3,93	2,895	0,15	1	2,5	4,266506
	3,93	7,446	0,15	1	2,5	10,97354
	3,93	2,447	0,15	4	2,5	14,42507
	3,93	2,1	0,15	3	2,5	9,284625
Total Berat (kN)						165,1219

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.61 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Spesi Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kg)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1	8,146	6,332	2	0,63	64,991395
	3,595	3,166	4	0,63	28,68206
	3,595	2,465	1	0,63	5,5828553
	2,657	2,465	1	0,63	4,1261882
	5,494	1,265	1	0,63	4,3784433
Pelat Lantai 2	8,146	6,332	2	0,63	64,991395
	3,595	3,166	4	0,63	28,68206
	3,595	2,465	1	0,63	5,5828553
	2,657	2,465	1	0,63	4,1261882
	5,494	1,265	1	0,63	4,3784433
Total (kN)					215,52188

f. Beban Hidup

Tabel III.62 Beban Hidup Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat hidup perkantoran (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -4	3,475	3,83	0,15	4	2,5	19,96388
	3,519	3,502	0,15	4	2,5	18,48531
	3,875	3,502	0,15	4	2,5	20,35538
Dak Atap	3,475	3,83	0,15	1	1	1,996388
	3,519	3,502	0,15	1	1	1,848531
	3,875	3,502	0,15	1	1	2,035538
Total (kN)						64,68501

Total beban mati dan hidup dari bangunan B.1, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 1111,0948 + 696,6816 + 600,8184 + 151,6842 + 98,791656 + (64,68501 \times 25 \%)$$

$$W = 2675,241 \text{ kN}$$

a. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,084 \times 2675,241$$

$$= 224,72 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

b. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.63 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	15,72	15,72	57,198	899,15256	0,4	91,518	27,4554
Lantai 4	11,79	11,79	57,198	674,36442	0,3	68,6385	20,5916
Lantai 3	7,86	7,86	57,198	449,57628	0,2	45,759	13,7277
Lantai 2	3,93	3,93	57,198	224,78814	0,1	22,8795	6,86385
				2247,8814			

III.5.9.3 Pembebanan Struktur Ulang Bangunan B.2

Periode Fundamental Struktur

Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen

Koefisien C_t : 0,0466

Tinggi Bangunan : 7,86 meters

Koefisien α : 0,9

Periode Fundamental Pendekatan :

$$T_a = C_t \times h_n^\alpha = 0,0466 \times 7,86^{0,9} = 0,298 \text{ detik}$$

Koefisien C_u : 1,4

Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{I_e} = \frac{0,672}{1} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{S_{\text{maksimum}}} = \frac{S_{D1}}{T \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,298 \times \frac{8}{1}} = 0,268$$

$$C_{S_{\text{minimum}}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{S_{\text{minimum}}} \leq C_s \leq C_{S_{\text{maksimum}}}$$

0,0295 ≤ 0,084 ≤ 0,268 => memenuhi persyaratan

Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 10,339 m
2. Panjang arah (y) : 16,23 m
3. Tinggi bangunan : 7,86 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B1 : 25/50 cm
2. Balok B4 : 25/40 cm
3. Kolom K1 : 35/35 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.64 Beban Mati Pelat Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -4	5,5	3,375	0,15	4	24	267,3
	5,339	3,344	0,15	4	24	257,09207
	6,626	4,045	0,15	4	24	385,95125
	6,626	1,875	0,15	4	24	178,902
	1,5	8,167	0,15	4	24	176,4072
	4,711	3,267	0,15	4	24	221,62805
	4,186	4,9	0,15	4	24	295,36416
	3,552	4,371	0,15	4	24	223,5714
	4,923	2,349	0,15	4	24	166,52343
Total (kN)						2172,7396

b. Beban Mati Balok

Tabel III.65 Beban Mati Balok Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 4	0,25	0,5	2,923	4	24	35,076
	0,25	0,5	1,004	4	24	12,048
	0,25	0,5	3,052	4	24	36,624
	0,25	0,5	3,901	4	24	46,812
	0,25	0,5	4,15	4	24	49,8
	0,25	0,5	0,975	4	24	11,7
	0,25	0,5	2,391	4	24	28,692
	0,25	0,5	4,423	4	24	53,076
	0,25	0,5	3,936	4	24	47,232
	0,25	0,5	3,017	4	24	36,204
	0,25	0,5	2,767	4	24	33,204
	0,25	0,5	4,211	4	24	50,532
	0,25	0,5	2,099	4	24	25,188
	0,25	0,5	1,849	4	24	22,188
	0,25	0,5	4,812	4	24	57,744
	0,25	0,5	3,094	4	24	37,128
	0,25	0,5	3,008	4	24	36,096
	0,25	0,4	2,638	4	24	25,3248
	0,25	0,4	1,154	4	24	11,0784
	0,25	0,4	3,545	8	24	68,064
0,25	0,4	2,862	8	24	54,9504	
0,25	0,4	3,094	4	24	29,7024	
Total Berat (kN)						498,792

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.66 Beban Mati Kolom Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,35	0,35	3,93	19	24	219,5298
Lantai 2	0,35	0,35	3,93	19	24	219,5298
Lantai 3	0,35	0,35	3,93	19	24	219,5298
Lantai 4	0,35	0,35	3,93	19	24	219,5298
Total Berat (kN)						878,1192

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.67 Beban Mati Dinding Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 4	3,93	6,626	0,15	4	2,5	39,06027
	3,93	5,938	0,15	4	2,5	35,00451
	3,93	8,271	0,15	4	2,5	48,75755
	3,93	8,804	0,15	4	2,5	51,89958
	3,93	4,391	0,15	4	2,5	25,88495
	3,93	2,354	0,15	4	2,5	13,87683
	3,93	3,655	0,15	4	2,5	21,54623
Total (kN)						236,0299

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.68 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1 - 4	5,5	3,375	4	0,63	46,7775
	5,339	3,344	4	0,63	44,991112
	6,626	4,045	4	0,63	67,541468
	6,626	1,875	4	0,63	31,30785
	1,5	8,167	4	0,63	30,87126
	4,711	3,267	4	0,63	38,784909
	4,186	4,9	4	0,63	51,688728
	3,552	4,371	4	0,63	39,124996
	4,923	2,349	4	0,63	29,1416
Total (kN)					380,22942

f. Beban Hidup

Tabel III.69 Beban Hidup Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat hidup perkantoran (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -4	5,5	3,375	0,15	4	2,5	27,84375
	5,339	3,344	0,15	4	2,5	26,78042
	6,626	4,045	0,15	4	2,5	40,20326
	6,626	1,875	0,15	4	2,5	18,63563
	1,5	8,167	0,15	4	2,5	18,37575
	4,711	3,267	0,15	4	2,5	23,08626
	4,186	4,9	0,15	4	2,5	30,7671
	3,552	4,371	0,15	4	2,5	23,28869
	4,923	2,349	0,15	4	2,5	17,34619
Dak Atap	5,5	3,375	0,15	1	1	2,784375
	5,339	3,344	0,15	1	1	2,678042
	6,626	4,045	0,15	1	1	4,020326
	6,626	1,875	0,15	1	1	1,863563
	1,5	8,167	0,15	1	1	1,837575
	4,711	3,267	0,15	1	1	2,308626
	4,186	4,9	0,15	1	1	3,07671
	3,552	4,371	0,15	1	1	2,328869
	4,923	2,349	0,15	1	1	1,734619
Total (kN)						248,9597

Total beban mati dan hidup dari bangunan B.2, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 2172,7396 + 498,792 + 878,1192 + 236,0299 + 380,22942 + (248,9597 \times 25 \%)$$

$$W = 4228,15 \text{ kN}$$

a. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times Wt$$

$$= 0,084 \times 4228,15$$

$$= 355,164 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

b. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.70 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	15,72	15,72	1103,71	17350,3212	0,4	148,34	44,5019
Lantai 4	11,79	11,79	1103,71	13012,7409	0,3	111,255	33,3764
Lantai 3	7,86	7,86	1103,71	8675,1606	0,2	74,1698	22,2509
Lantai 2	3,93	3,93	1103,71	4337,5803	0,1	37,0849	11,1255
				43375,803			

III.5.9.4 Pembebanan Struktur Ulang Bangunan C.1

Periode Fundamental Struktur

Tipe Struktur : Rangka Beton Pemikul Momen

Koefisien C_t : 0,0466

Tinggi Bangunan : 11,79 meters

Koefisien x : 0,9

Periode Fundamental Pendekatan :

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 11,79^{0,9} = 0,429 \text{ detik}$$

Koefisien C_u : 1,4

Koefisien Respon Seismik (C_s) :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} = \frac{0,672}{8} = 0,084$$

$$T_o = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,64}{0,672} = 0,1904$$

$$T_L = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,64}{0,672} = 0,952$$

$T \leq T_L$, maka:

$$C_{s\text{maksimum}} = \frac{S_{D1}}{0,429 \times \frac{R}{I_e}} = \frac{0,64}{0,556 \times \frac{8}{1}} = 0,186$$

$$C_{s\text{minimum}} = 0,044 \times S_{DS} \times I_e = 0,044 \times 0,672 \times 1 = 0,0295$$

$$C_{s\text{minimum}} \leq C_s \leq C_{s\text{maksimum}}$$

$$0,0295 \leq 0,084 \leq 0,186 \Rightarrow \text{memenuhi persyaratan}$$

a. Perhitungan Berat Seismik Efektif (W)

Data Bangunan:

a. Dimensi Bangunan:

1. Panjang arah (x) : 8,453 m
2. Panjang arah (y) : 6,687 m
3. Tinggi bangunan : 11,79 m
4. Tinggi tiap lantai : 3,93 m

b. Elemen Struktur:

1. Balok B4 : 25/40 cm
2. Kolom K2 : 35/35 cm

Total Beban Bangunan Setiap Elemen:

a. Beban Mati Pelat

Tabel III.71 Beban Mati Pelat Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 - 3	3,987	3,587	0,15	3	24	154,4548
	3,552	3,58	0,15	3	24	137,3345
	3,986	0,406	0,15	3	24	17,47781
	3,552	0,406	0,15	3	24	15,57481
	4,501	1,968	0,15	3	24	95,66605
	3,552	1,968	0,15	3	24	75,49563
	4,79	2	0,15	3	24	114,4312
	3,53	2,212	0,15	3	24	84,33029
	4,9	0,487	0,15	3	24	25,77204
	3,552	0,487	0,15	3	24	18,6821
Total (kN)						739,2192

b. Beban Mati Balok

Tabel III.72 Beban Mati Balok Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Balok	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat Jenis Beton (kg/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 3	0,25	0,4	3,89	8	24	74,688
	0,25	0,4	3,552	12	24	102,2976
	0,25	0,4	0,15	8	24	2,88
	0,25	0,4	1,368	12	24	39,3984
	0,25	0,4	1,718	16	24	65,9712
	0,25	0,4	4,197	8	24	80,5824
	0,25	0,4	3,156	8	24	60,5952
	0,25	0,4	4,9	4	24	47,04
	0,25	0,4	0,313	12	24	9,0144
Total (kN)						482,4672

c. Beban Mati Kolom

Tabel III.73 Beban Mati Kolom Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Kolom	Lebar (m)	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Jumlah (n)	Berat jenis beton (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1	0,35	0,35	3,93	9	24	103,9878
Lantai 2	0,35	0,35	3,93	9	24	103,9878
Lantai 3	0,35	0,35	3,93	9	24	103,9878
Total Berat (kN)						311,9634

d. Beban Mati Dinding ½ Batu Bata

Tabel III.74 Beban Mati Dinding Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Dinding	Tinggi (m)	Panjang Bentang (m)	Tebal (m)	Jumlah	Berat dinding 1/2 bata (kN/m ³)	Berat (kN)
Lantai 1 - Lantai 3	3,93	3,89	0,15	8	2,5	45,8631
	3,93	3,552	0,15	12	2,5	62,81712
	3,93	0,15	0,15	8	2,5	1,7685
	3,93	1,368	0,15	12	2,5	24,19308
	3,93	1,718	0,15	16	2,5	40,51044
	3,93	4,197	0,15	8	2,5	49,48263
	3,93	3,156	0,15	8	2,5	37,20924
	3,93	4,9	0,15	4	2,5	28,8855
	3,93	0,313	0,15	12	2,5	5,535405
Total (kN)						296,265

e. Beban Mati Spesi Pelat

Tabel III.75 Beban Mati Spesi Pelat Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Spesi Pelat	Bentang		Jumlah (n)	Berat jenis spesi (kN/m ²)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)			
Pelat Lantai 1 - 3	3,987	3,587	3	0,63	27,029587
	3,552	3,58	3	0,63	24,033542
	3,986	0,406	3	0,63	3,0586172
	3,552	0,406	3	0,63	2,7255917
	4,501	1,968	3	0,63	16,74156
	3,552	1,968	3	0,63	13,211735
	4,79	2	3	0,63	20,025457
	3,53	2,212	3	0,63	14,7578
	4,9	0,487	3	0,63	4,510107
	3,552	0,487	3	0,63	3,2693674
Total (kN)					129,36337

f. Beban Hidup

Tabel III.76 Beban Hidup Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Pelat	Bentang		Tebal pelat (m)	Jumlah (n)	Berat hidup perkantoran (kN/m ³)	Beban (kN)
	p (m)	l (m)				
Pelat Lantai 1 -3	3,987	3,587	0,15	3	2,5	16,08904
	3,552	3,58	0,15	3	2,5	14,30568
	3,986	0,406	0,15	3	2,5	1,8206055
	3,552	0,406	0,15	3	2,5	1,622376
	4,501	1,968	0,15	3	2,5	9,965214
	3,552	1,968	0,15	3	2,5	7,864128
	4,79	2	0,15	3	2,5	11,919915
	3,53	2,212	0,15	3	2,5	8,784405
	4,9	0,487	0,15	3	2,5	2,6845875
	3,552	0,487	0,15	3	2,5	1,946052
Dak Atap	3,987	3,587	0,15	1	1	2,1452054
	3,552	3,58	0,15	1	1	1,907424
	3,986	0,406	0,15	1	1	0,2427474
	3,552	0,406	0,15	1	1	0,2163168
	4,501	1,968	0,15	1	1	1,3286952
	3,552	1,968	0,15	1	1	1,0485504
	4,79	2	0,15	1	1	1,589322
	3,53	2,212	0,15	1	1	1,171254
	4,9	0,487	0,15	1	1	0,357945
	3,552	0,487	0,15	1	1	0,2594736
Total (kN)						87,268937

Total beban mati dan hidup dari bangunan C.1, yaitu:

$$W = DL + LL$$

$$W = 739,2192 + 482,4672 + 311,9634 + 296,265 + 129,36337 + (87,268937 \times 25 \%)$$

$$W = 1881,085 \text{ kN}$$

b. Perhitungan Geser Dasar Seismik

$$V = C_s \times W_t$$

$$= 0,084 \times 1881,085$$

$$= 166,41 \text{ kN}$$

$$F_x = C_{vx} \times V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n w_i h_i^k}$$

$$T = 0,298 \text{ detik} \Rightarrow k = 1$$

c. Distribusi Vertikal Gaya Gempa pada Arah X dan Y

Tabel III.77 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Gempa Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Lantai	h_i (m)	h_i^k (m)	w_i (kN)	$w_x h_x^k$ (kN. M)	C_v	F_x (kN)	F_y (kN)
Dak Atap	11,79	11,79	682,182	8042,92578	0,5	85,95	25,785
Lantai 3	7,86	7,86	682,182	5361,95052	0,33333	57,3	17,19
Lantai 2	3,93	3,93	682,182	2680,97526	0,16667	28,65	8,595
				16085,85156			

III.5.10 Pengecekan Simpangan Antar Lantai Ulang

Pengecekan ulang simpangan antar lantai untuk bangunan di mana terjadi perubahan dimensi untuk melihat apakah sudah memenuhi persyaratan atau belum.

III.5.10.1 Bangunan A

Berikut adalah pengecekan simpangan antar lantai bangunan A yang telah didesain ulang dimensi balok dan kolom pada tabel III.78 dan tabel III.79.

Tabel III.78 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan A Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_a ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	23,14424	11,5335	54,9027	26,9333	78,6	Aman
2	3930	13,16194	6,6365	72,3907	36,5008	78,6	Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Tabel III.79 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan A Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	Δ_x (mm)	Δ_y (mm)	Δ_a ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	21,57229	10,288	51,6024	24,3185	78,6	Aman
2	3930	12,19004	5,86647	67,0452	32,2656	78,6	Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Dari tabel III.78 dan tabel III.79, dimensi sudah memenuhi persyaratan di mana simpangan antar lantai tidak melebihi simpangan izin antar lantai sehingga aman.

III.5.10.2 Bangunan B.1

Berikut adalah pengecekan simpangan antar lantai bangunan B.1 yang telah didesain ulang dimensi balok dan kolom pada tabel III.80 dan tabel III.81.

Tabel III.80 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.1 Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	29,75228	24,05826	30,4595	22,3215	78,6	Aman
4	3930	24,214185	19,9998	43,5542	32,9542	78,6	Aman
3	3930	16,295247	14,00813	50,2588	39,877	78,6	Aman
2	3930	7,157282	6,757774	39,3651	37,1678	78,6	Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Tabel III.81 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.1 Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	44,660005	34,37973	39,7377	28,7454	78,6	Aman
4	3930	37,434965	29,1533	60,7057	44,8291	78,6	Aman
3	3930	26,397564	21,00255	74,7665	56,8451	78,6	Aman
2	3930	12,803649	10,66708	70,4201	58,6689	78,6	Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Dari tabel III.80 dan tabel III.81, dimensi sudah memenuhi persyaratan di mana simpangan antar lantai tidak melebihi simpangan izin antar lantai sehingga aman.

III.5.10.3 Bangunan B.2

Berikut adalah pengecekan simpangan antar lantai bangunan B.2 yang telah didesain ulang dimensi balok dan kolom pada tabel III.82 dan tabel III.83.

Tabel III.82 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.2 Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	44,2551	22,5254	41,4794	18,8292	78,6	Aman
4	3930	36,7134	19,1019	59,5549	30,5792	78,6	Aman
3	3930	25,8853	13,5421	72,6826	38,007	78,6	Aman
2	3930	12,6702	6,6317	69,6863	36,4744	78,6	Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Tabel III.83 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.2 Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	\bar{O}_x (mm)	\bar{O}_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	45,6072	24,0342	40,6874	17,9455	78,6	Aman
4	3930	38,2095	20,7714	61,4818	32,7295	78,6	Aman
3	3930	27,031	14,8205	76,1621	41,891	78,6	Aman
2	3930	13,1833	7,204	72,5081	39,622	78,6	Aman
1	3930	0	0	0	0	78,6	Aman

Dari tabel III.82 dan tabel III.83, dimensi sudah memenuhi persyaratan di mana simpangan antar lantai tidak melebihi simpangan izin antar lantai sehingga aman.

III.5.10.4 Bangunan C.1

Berikut adalah pengecekan simpangan antar lantai bangunan B.2 yang telah didesain ulang dimensi balok dan kolom pada tabel III.84 dan tabel III.85.

Tabel III.84 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.2 Arah X – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	33,38119	14,2481	43,24	18,1354	78,6	Aman
3	3930	25,51937	10,9507	68,7203	30,4876	78,6	Aman
2	3930	13,02477	5,40754	71,6362	29,7415	78,6	Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

Tabel III.85 Simpangan Akibat Gaya Gempa Desain Bangunan B.2 Arah Y – Z

Sumber: Data Pribadi

Lantai	H (mm)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	Δa ijin (mm)	Keterangan
Dak Atap	3930	34,15884	15,1137	43,8975	18,8672	78,6	Aman
3	3930	26,17748	11,6833	70,5626	32,5382	78,6	Aman
2	3930	13,34792	5,76723	73,4136	31,7198	78,6	Aman
1	0	0	0	0	0	0	Aman

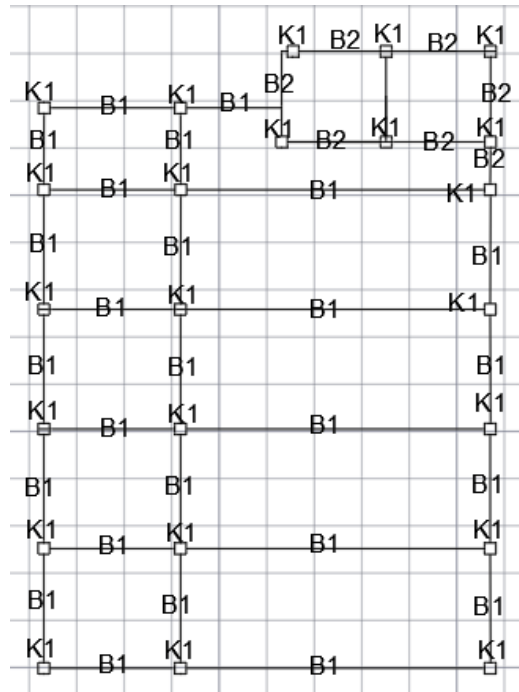
Dari tabel III.84 dan tabel III.85, dimensi sudah memenuhi persyaratan di mana simpangan antar lantai tidak melebihi simpangan izin antar lantai sehingga aman.

III.5.11 Hasil Akhir Desain Dimensi Struktur Atas

Berikut adalah hasil akhir desain dimensi struktur atas untuk bangunan A, bangunan B.1, bangunan B.2, bangunan C.1, dan bangunan C.2.

III.5.11.1 Bangunan A

Berikut adalah hasil akhir dari desain balok dan kolom di bangunan A pada denah dua dimensi pada gambar III.49.

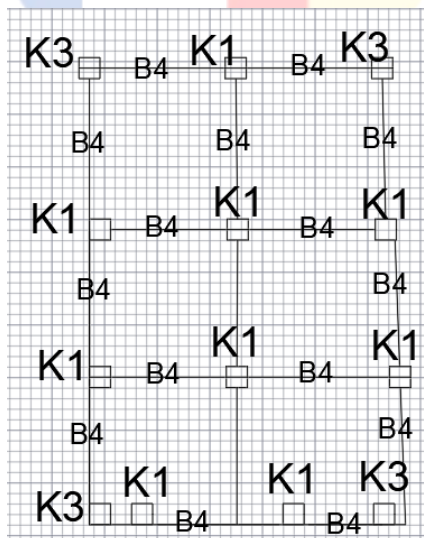


Gambar III.49 Hasil Akhir Desain Dimensi Balok dan Kolom Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

III.5.11.2 Bangunan B.1

Berikut adalah hasil akhir dari desain balok dan kolom di bangunan B.1 pada denah dua dimensi pada gambar III.50.

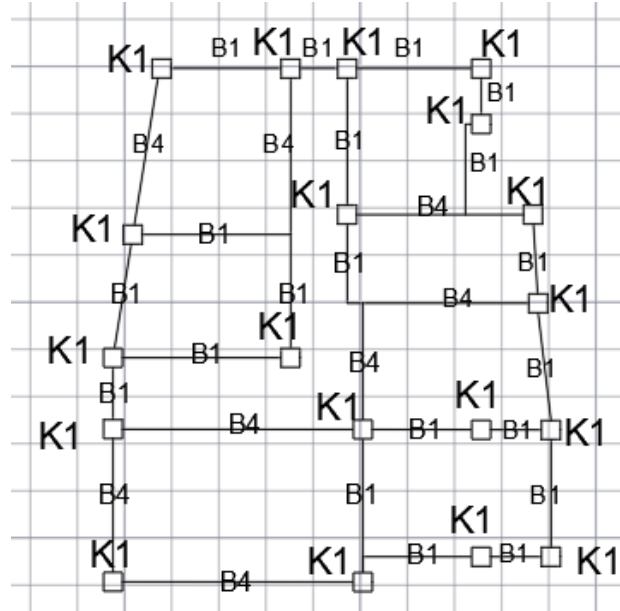


Gambar III.50 Hasil Akhir Desain Dimensi Balok dan Kolom Bangunan B3

Sumber: Data Pribadi

III.5.11.3 Bangunan B.2

Berikut adalah hasil akhir dari desain balok dan kolom di bangunan B.2 pada denah dua dimensi pada gambar III.51.

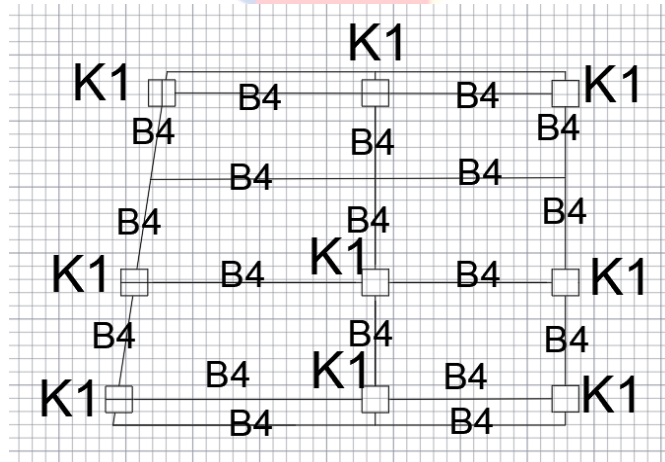


Gambar III.51 Hasil Akhir Desain Dimensi Balok dan Kolom Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

III.5.11.4 Bangunan C.1

Berikut adalah hasil akhir dari desain balok dan kolom di bangunan C.1 pada denah dua dimensi pada gambar III.52.

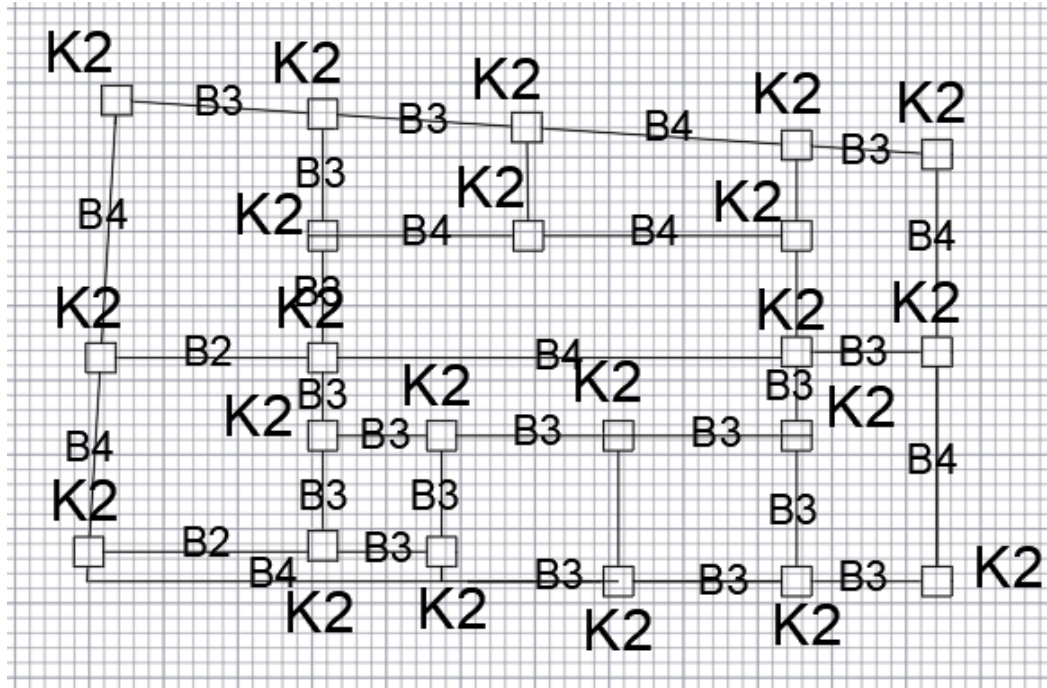


Gambar III.52 Hasil Akhir Desain Dimensi Balok dan Kolom Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

III.5.11.5 Bangunan C.2

Berikut adalah hasil akhir dari desain balok dan kolom di bangunan C.2 pada denah dua dimensi pada gambar III.53.



Gambar III.53 Hasil Akhir Desain Dimensi Balok dan Kolom Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

III.5.11.6 Daftar Hasil Desain Dimensi Balok dan Dimensi Kolom

Berikut adalah daftar hasil desain dimensi balok pada tabel III.86 dan daftar hasil desain dimensi kolom pada tabel III.87.

Tabel III.86 Daftar Hasil Desain Jenis Balok Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi

Nama Balok	Dimensi (cm/cm)
B1	25/50
B2	25/30
B3	25/25
B4	25/40

Tabel III.87 Daftar Hasil Desain Jenis Kolom Rumah Kantor Empat Lantai

Sumber: Data Pribadi

Nama Kolom	Dimensi (cm/cm)
K1	35/35
K2	30/30
K3	50/50

III.6 Perbedaan Desain Sebelum dan Sesudah Pengecekan Simpangan Antar Lantai

Perbedaan desain sebelum dan sesudah pengecekan simpangan antar lantai terletak pada posisi penempatan balok dan kolom serta adanya penambahan satu jenis kolom. Ada banyak posisi balok yang diubah, seperti contoh posisi balok yang tadi dipakai balok jenis B4 namun dinaikkan ke balok jenis B1. Untuk jumlah daftar kolom mengalami tambahan, yaitu kolom K3 yang berukuran 50//50 di mana dipakai pada bangunan B.1.

III.7 *Pereliminary Design* Struktur Bawah

Pereliminary Design struktur bawah akan dilakukan pada pondasi tiang pancang dan *pile* cap berdasarkan SNI 2847: 2019 yang berisi tentang persyaratan beton structural untuk bangunan gedung dan penjelasan.

III.7.1 Desain Dimensi Pondasi Tiang Pancang

Desain dimensi pondasi tiang pancang dilakukan pada masing – masing bangunan, yaitu bangunan A, bangunan B.1, bangunan B.2, bangunan C.1, dan bangunan C.2.

III.7.1.1 Bangunan A

Spesifikasi tiang pancang adalah:

1. Mutu Beton (f_c') = 30 MPa
2. Mutu Baja (f_y) = 420 MPa
3. Ukuran = Diameter 10 cm
4. Luas Penampang = 314 cm²

5. Keliling Penampang = 62,8 cm

III.7.1.1.1 Perhitungan Daya Dukung Izin Tiang Pancang Bangunan A

Berdasarkan daya dukung tanah:

Berikut analisis perhitungan daya dukung izin tiang pancang berdasarkan data N SPT dengan kebutuhan data berikut:

Diameter tiang = 100 mm

$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 0,00785 \text{ m}^2$

$A_{st} = \pi \times d = 0,314 \text{ m}$

N = dari data tanah

li = dari data tanah

fi = untuk pasir fi = N/5 dengan fi max = 10 t/m² dan untuk lanau/lempung fi = N dengan fi max = 12 t/m²

qc = untuk pasir qc = 40 N dan untuk lanau/ lempung qc = 20 N

SF1 = faktor keamanan 3

SF2 = faktor keamanan 5

Persamaan untuk menghitung daya dukung izin tiang pancang berdasarkan data N SPT adalah:

$$P_a = \frac{q_c \times A_p}{SF_1} + \frac{\sum li \times f_i \times A_{st}}{SF_2}$$

Berikut adalah perhitungan untuk daya dukung izin tiang pancang pada tabel III.88.

Tabel III.88 Daya Dukung Izin Tiang Pancang Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Depth (m)	li (m)	Jenis Tanah	N - SPT	qc (t/m ²)	A _p (m ²)	A _{st} (m)	f _i (t/m ²)	li.f _i (t/m)	$\sum li f_i \left(\frac{t}{m}\right)$	Pa (kN)
0 ke 11	11	Lempung	1	20	0,00785	0,314	12	132	228	14,371
11 ke 19	8	Lempung	27	540	0,00785	0,314	12	96	324	21,76
19 ke 23	4	Lempung	41	820	0,00785	0,314	12	48	372	25,507
23 ke 30	7	Lempung	58	1160	0,00785	0,314	12	84	456	31,672
30 ke 34	4	Lempung	32	640	0,00785	0,314	12	48	504	33,326
34 ke 35	1	Lempung	29	580	0,00785	0,314	12	12	516	33,922
35 - 39	4	Pasir	55	2200	0,00785	0,314	10	40	556	40,673
39 - 40	1	Pasir	52	2080	0,00785	0,314	10	10	566	40,987
Total (kN)										242,22

III.7.1.1.2 Perhitungan Kebutuhan Jumlah Tiang 23 Titik Pondasi Bangunan A

Jumlah tiang dihitung dengan membagi P aksial dengan P ijin. P aksial didapatkan dari program SAP 2000 dari beban aksial yang terjadi pada kolom dengan beban kombinasi, yaitu 1,2 DL + 1,6 LL. P ijin adalah daya dukung izin tiang pancang yang sudah dihitung.

Berikut adalah perhitungan kebutuhan jumlah tiang pada 23 titik pondasi bangunan A pada tabel III.89.

Tabel III.89 Perhitungan Kebutuhan Jumlah Tiang Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Pondas	P Aksial (kN)	P ijin (kN)	n	n	Jarak		Berat <i>pilecap</i>	Dek kembali n	Tiang yang dipakai
					Antar Tiang (m)	Tiang ke Pilecap (m)			
P1	70	242,22	0,3	1	0,3	0,2	1,152	0,294038	1
P2	100,29	242,22	0,4	1	0,3	0,2	1,152	0,418801	1
P3	56,805	242,22	0,2	1	0,3	0,2	1,152	0,239274	1
P4	52,485	242,22	0,2	1	0,3	0,2	1,152	0,221439	1
P5	48,516	242,22	0,2	1	0,3	0,2	1,152	0,205053	1
P6	63,659	242,22	0,3	1	0,3	0,2	1,152	0,267571	1
P7	56,605	242,22	0,2	1	0,3	0,2	1,152	0,238449	1
P8	59,51	242,22	0,2	1	0,3	0,2	1,152	0,250442	1
P9	87	242,22	0,4	1	0,3	0,2	1,152	0,365073	1
P10	164,421	242,22	0,7	1	0,3	0,2	1,152	0,683565	1
P11	109,905	242,22	0,5	1	0,3	0,2	1,152	0,458496	1
P12	94,9	242,22	0,4	1	0,3	0,2	1,152	0,396549	1
P13	177,554	242,22	0,7	1	0,3	0,2	1,152	0,737784	1
P14	175,447	242,22	0,7	1	0,3	0,2	1,152	0,729085	1
P15	136,302	242,22	0,6	1	0,3	0,2	1,152	0,567476	1
P16	94,436	242,22	0,4	1	0,3	0,2	1,152	0,394633	1
P17	133,87	242,22	0,6	1	0,3	0,2	1,152	0,557435	1
P18	97,059	242,22	0,4	1	0,3	0,2	1,152	0,405462	1
P19	177,105	242,22	0,7	1	0,3	0,2	1,152	0,73593	1
P20	135,348	242,22	0,6	1	0,3	0,2	1,152	0,563537	1
P21	68,893	242,22	0,3	1	0,3	0,2	1,152	0,289179	1
P22	148,862	242,22	0,6	1	0,3	0,2	1,152	0,61933	1
P23	109,11	242,22	0,5	1	0,3	0,2	1,152	0,455214	1

III.7.1.1.3 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Bangunan A

Efisiensi kelompok tiang bangunan A dihitung dengan rumus:

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \times \left(\frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{m \times n} \right)$$

$$\theta = \arctan(D/S)$$

m = jumlah tiang kolom

n = jumlah tiang baris

D = diameter tiang pancang (m)

S = jarak antar tiang (m)

Berikut adalah perhitungan efisiensi kelompok tiang bangunan A pada tabel III.90.

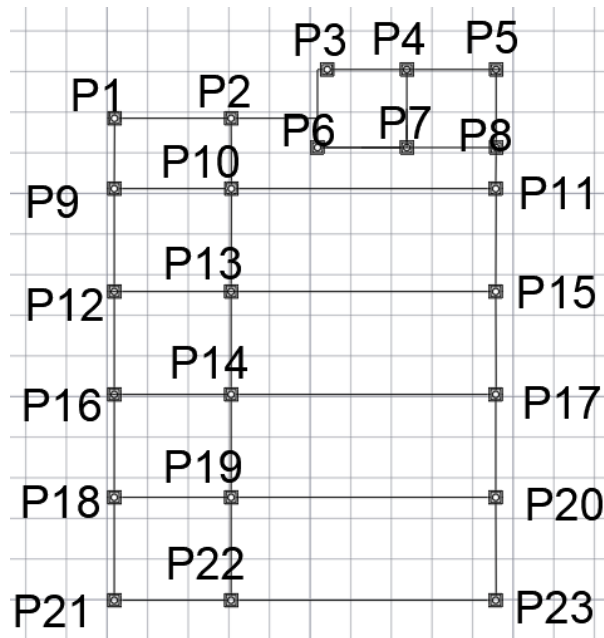
Tabel III.90 Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Pondasi	Jumlah Tiang	arc tg (D/S)	Jumlah tiang kolom	Jumlah tiang baris	Efisiensi	P total	P aksial	Syarat
P1	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	70	Memenuhi
P2	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	100,3	Memenuhi
P3	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	56,81	Memenuhi
P4	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	52,49	Memenuhi
P5	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	48,52	Memenuhi
P6	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	63,66	Memenuhi
P7	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	56,61	Memenuhi
P8	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	59,51	Memenuhi
P9	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	87	Memenuhi
P10	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	164,4	Memenuhi
P11	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	109,9	Memenuhi
P12	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	94,9	Memenuhi
P13	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	177,6	Memenuhi
P14	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	175,4	Memenuhi
P15	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	136,3	Memenuhi
P16	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	94,44	Memenuhi
P17	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	133,9	Memenuhi
P18	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	97,06	Memenuhi
P19	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	177,1	Memenuhi
P20	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	135,3	Memenuhi
P21	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	68,89	Memenuhi
P22	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	148,9	Memenuhi
P23	1	18,43	1	1	0,7952	192,6	109,1	Memenuhi

III.7.1.1.4 Hasil dari Desain Pondasi Tiang Pancang Bangunan A

Berikut adalah hasil dari desain pondasi tiang pancang bangunan A pada gambar III.54.

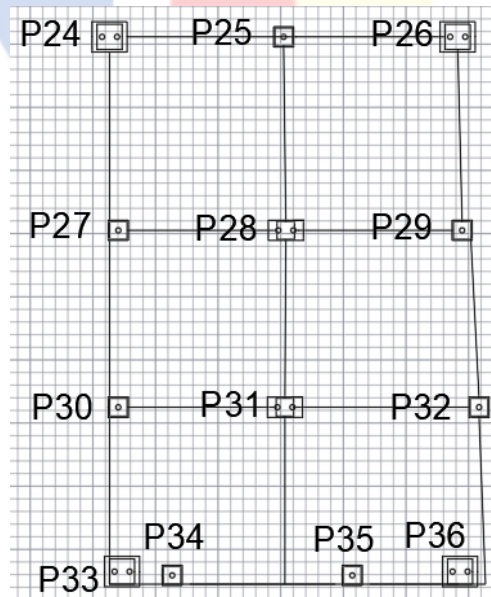


Gambar III.54 Hasil Desain Pondasi Tiang Pancang Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

III.7.1.2 Bangunan B.1

Berikut adalah hasil dari desain pondasi tiang pancang bangunan B.1 pada gambar III.55.

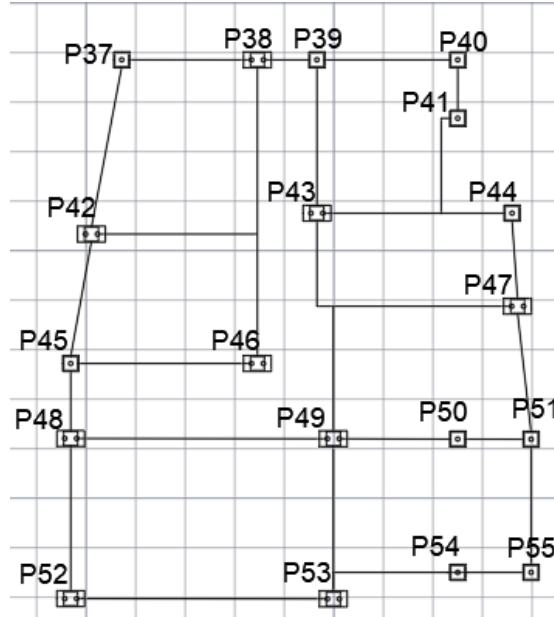


Gambar III.55 Hasil Desain Pondasi Tiang Pancang Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

III.7.1.3 Bangunan B.2

Berikut adalah hasil dari desain pondasi tiang pancang bangunan B.2 pada gambar III.56.

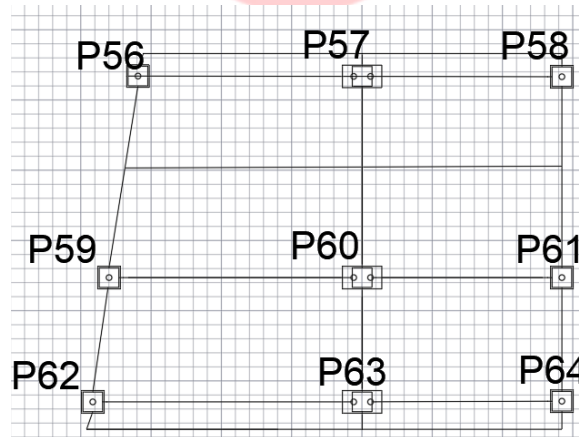


Gambar III.56 Hasil Desain Pondasi Tiang Pancang Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

III.7.1.4 Bangunan C.1

Berikut adalah hasil dari desain pondasi tiang pancang bangunan C.1 pada gambar III.57.

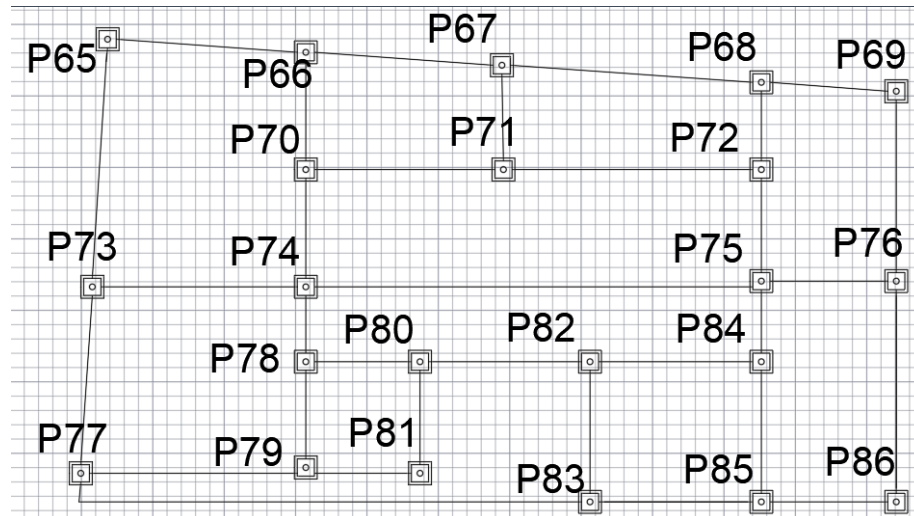


Gambar III.57 Hasil Desain Pondasi Tiang Pancang Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

III.7.1.5 Bangunan C.2

Berikut adalah hasil dari desain pondasi tiang pancang bangunan C.2 pada gambar III.58.



Gambar III.58 Hasil Desain Pondasi Tiang Pancang Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi

III.7.2 Desain Dimensi *Pile Cap*

Desain dimensi *pile cap* menggunakan jarak dari jarak antar tiang pancang dan jarak dari tiang pancang ke *pile cap*. Jarak antar tiang pancang, yaitu $3D$ dan jarak dari tiang pancang ke *pile cap*, yaitu $2D$. D adalah diameter dari pondasi tiang pancang. Untuk ketebalan *pile cap*, yaitu 300 mm sudah memenuhi SNI 2847: 2019 Pasal 13.4.2.1 di mana ketebalan minimum *pile cap* adalah 300 mm.

III.7.2.1 Desain *Pile Cap* Bangunan A

Berikut adalah hasil dari desain dimensi *pile cap* untuk bangunan A pada tabel III.91.

Tabel III.91 Hasil Desain *Pile Cap* Bangunan A

Sumber: Data Pribadi

Jumlah Tiang Pancang	Dimensi Pile Cap (mm)	Ketebalan Pile Cap (mm)
1	400 x 400	300

III.7.2.2 Desain *Pile Cap* Bangunan B.1

Berikut adalah hasil dari desain dimensi *pile cap* untuk bangunan A pada tabel III.92.

Tabel III.92 Hasil Desain *Pile Cap* Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

Jumlah Tiang Pancang	Dimensi Pile Cap (mm)	Ketebalan Pile Cap (mm)
2	700 x 600	300
2	700 x 400	300
1	400 x 400	300

III.7.2.3 Desain *Pile Cap* Bangunan B.2

Berikut adalah hasil dari desain dimensi *pile cap* untuk bangunan B.2 pada tabel III.93.

Tabel III.93 Hasil Desain *Pile Cap* Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

Jumlah Tiang Pancang	Dimensi Pile Cap (mm)	Ketebalan Pile Cap (mm)
1	400 x 400	300
2	700 x 400	300

III.7.2.4 Desain *Pile Cap* Bangunan C.1

Berikut adalah hasil dari desain dimensi *pile cap* untuk bangunan C.1 pada tabel III.94.

Tabel III.94 Hasil Desain *Pile Cap* Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

Jumlah Tiang Pancang	Dimensi Pile Cap (mm)	Ketebalan Pile Cap (mm)
1	400 x 400	300
2	700 x 400	300

III.7.2.5 Desain *Pile Cap* Bangunan C.2

Berikut adalah hasil dari desain dimensi *pile cap* untuk bangunan C.2 pada tabel III.101.

Tabel III.95 Hasil Desain *Pile Cap* Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

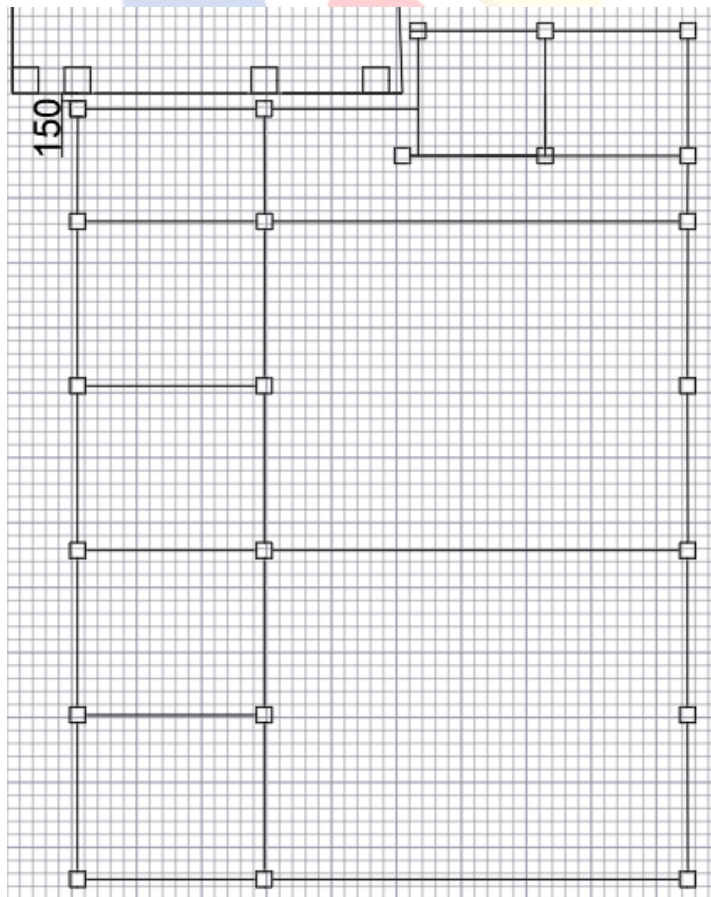
Jumlah Tiang Pancang	Dimensi Pile Cap (mm)	Ketebalan Pile Cap (mm)
1	400 x 400	300

III.8 Jarak Dilatasi

Jarak dilatasi dihitung dengan menggunakan simpangan antar lantai yang terjadi pada tiap bangunan dan mengikuti aturan, yaitu minimal jarak dilatasi adalah 150 mm. Jarak dilatasi yang dihitung ada empat, yaitu jarak dari bangunan A ke B.1, jarak dari bangunan B.1 ke bangunan B.2, jarak dari bangunan B.2 ke bangunan C.1, dan jarak dari bangunan C.1 ke bangunan C.2.

III.8.1 Bangunan A ke B.1

Simpangan terbesar yang terjadi adalah 72,39 mm di mana simpangan maksimum yang diizinkan adalah 78,6 mm. Maka, digunakan jarak antar dilatasi adalah 150 mm. Berikut adalah gambar yang menunjukkan jarak 150 mm antara bangunan A dan bangunan B.1 pada gambar III.59.

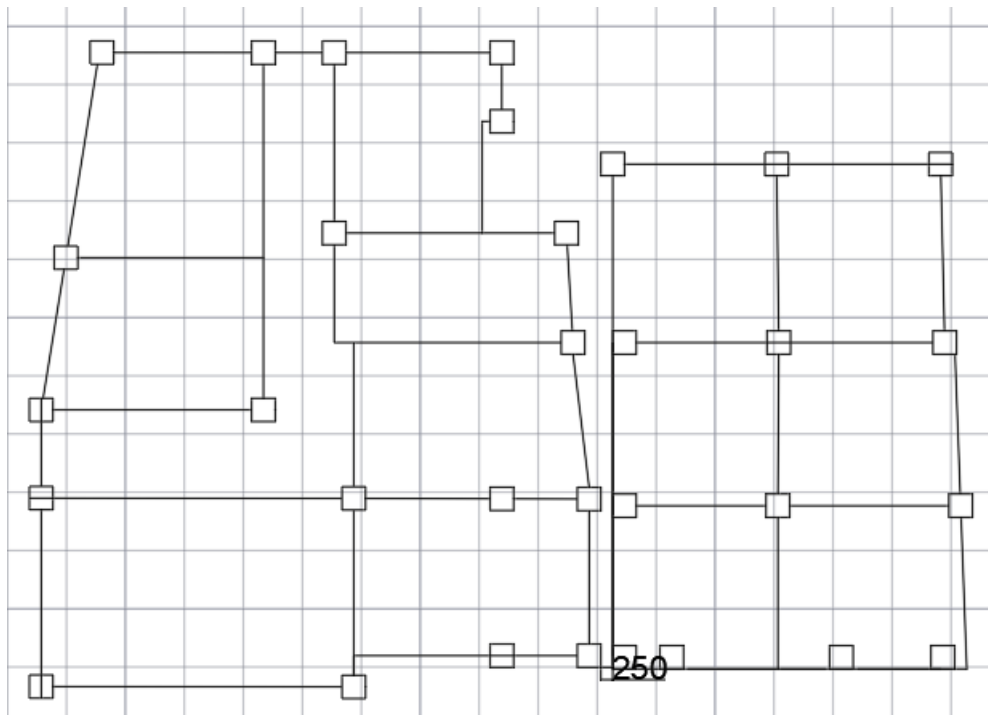


Gambar III.59 Jarak 150 mm Antara Bangunan A dengan Bangunan B.1

Sumber: Data Pribadi

III.8.2 Bangunan B.1 ke Bangunan B.2

Simpangan terbesar yang terjadi adalah 76,1621 mm di mana simpangan maksimum yang diizinkan adalah 78,6 mm. Maka, digunakan jarak antar dilatasi adalah 250 mm. Berikut adalah gambar yang menunjukkan jarak 250 mm antara bangunan B.1 dan bangunan B.2 pada gambar III.60.

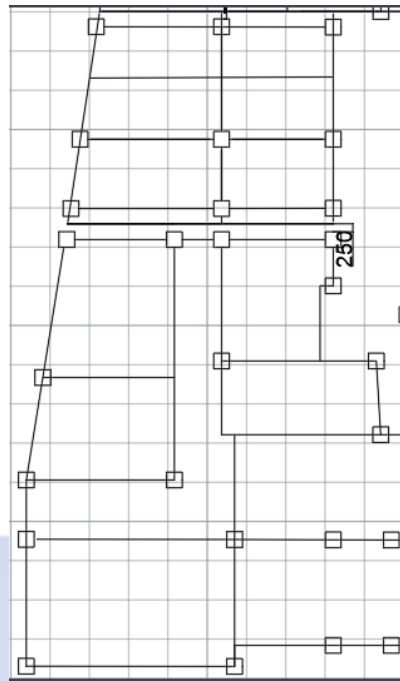


Gambar III.60 Jarak 250 mm Antara Bangunan B.1 dengan Bangunan B.2

Sumber: Data Pribadi

III.8.3 Bangunan B.2 ke Bangunan C.1

Simpangan terbesar yang terjadi adalah 76,1621 mm di mana simpangan maksimum yang diizinkan adalah 78,6 mm. Maka, digunakan jarak antar dilatasi adalah 250 mm. Berikut adalah gambar yang menunjukkan jarak 250 mm antara bangunan B.2 dan bangunan C.1 pada gambar III.61.

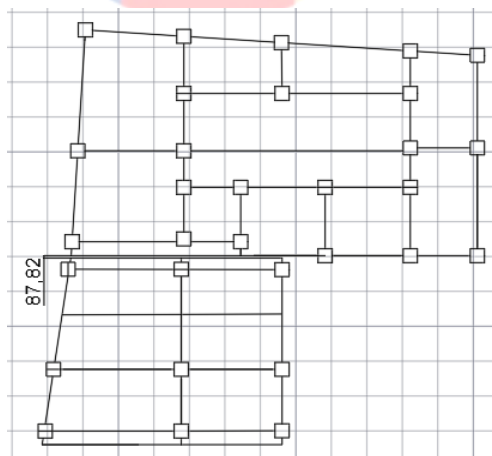


Gambar III.61 Jarak 250 mm Antara Bangunan B.2 dengan Bangunan C.1

Sumber: Data Pribadi

III.8.4 Bangunan C.1 ke Bangunan C.2

Simpangan terbesar yang terjadi adalah 74,4316 mm di mana simpangan maksimum yang diizinkan adalah 78,6 mm. Maka, digunakan jarak antar dilatasi adalah 87,82 mm. Berikut adalah gambar yang menunjukkan jarak 87,82 mm antara bangunan B.2 dan bangunan C.1 pada gambar III.62.



Gambar III.62 Jarak 87,82 mm Antara Bangunan C.1 dengan Bangunan C.2

Sumber: Data Pribadi