



KERJA PRAKTEK – RC184802

LAPORAN KERJA PRAKTEK

**MODUL PEMODELAN DAN ANALISA GEDUNG BERTINGKAT
DENGAN SISTEM GANDA KHUSUS
SURABAYA**

DZIKRIE FIKRIYAN SYAH

NRP. 0311174000010

GERRY ANDROW PRATAMA P.

NRP. 03111740000141

Dosen Pembimbing

Dr. Asdam Tambusay, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTEK**

**MODUL PEMODELAN DAN ANALISA GEDUNG BERTINGKAT
DENGAN SISTEM GANDA KHUSUS**

DZIKRIE FIKRIYAN SYAH

NRP. 0311174000010

GERRY ANDROW PRATAMA P.

NRP. 03111740000141

Surabaya, 21 Desember 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Internal



Dr. Asdam Tambusay, ST.,

NIP. 1990201911077

Mengetahui,

Sekretaris Departemen I

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS



Data Iranaja, ST., MT., PhD

NIP. 19800430 200501 1 002

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
DAFTAR ISI.....	ii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan	1
1.4 Manfaat	2
BAB II PRELIMINARY DESIGN.....	3
2.1 Diagram Alir	3
2.2 Filosofi Perancangan Struktur Rangka-Dinding Geser.....	4
2.3 Sistem Struktur.....	5
2.4 Data-Data Bangunan	5
2.5 Preliminary Design	6
2.5.1 Balok Induk.....	6
2.5.2 Pelat Dua Arah.....	7
2.5.3 Kolom	15
BAB III PEMBEBANAN.....	19
3.1 Pembebanan Gravitasi	19
3.2 Pembebanan Gempa.....	20
3.3 Kombinasi Pembebanan.....	21
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	22
4.1 Pelat Dua Arah.....	22
4.1.1 Pembebanan Pada Pelat Lantai	22
4.1.2 Perhitungan Momen Menggunakan SNI 2847-2019	23
4.1.3 Perhitungan Penulangan Pelat.....	27
4.1.4 Penulangan Long Section	28
4.1.5 Penulangan Short Section	32
4.1.6 Rekap Penulangan.....	37
4.2 Tangga.....	37
4.2.1 Perhitungan Pembebanan.....	38
4.2.2 Analisa Struktur Tangga	39

4.2.3	Perhitungan Penulangan.....	41
4.3	Balok Anak	46
4.3.1	Data Perencanaan.....	46
4.3.2	Gaya Dalam Output Etabs	46
4.3.3	Desain Tulangan Lentur Negative	47
4.3.4	Desain Tulangan Lentur Positive.....	48
4.3.5	Desain Tulangan Geser	49
4.3.6	Desain Tulangan Torsi.....	49
4.3.7	Penulangan Sengkang Kombinasi Geser dan Torsi.....	51
BAB V	PEMODELAN STRUKTUR.....	52
5.1	Denah Bangunan.....	52
5.2	Aplikasi Etabs	52
5.3	Define.....	53
5.4	Draw.....	64
5.5	Assign	65
BAB VI	ANALISA STRUKTUR	70
6.1	Modal Load Participation Ratio.....	70
6.2	Periode Fundamental Gedung.....	70
6.3	Perbandingan Base Shear Statis dan Dinamis	71
6.4	Pengecekan Sistem Struktur	74
6.5	Pengecekan Simpangan Antar Lantai	75
BAB VII	PERENCANAAN BALOK PRIMER	78
7.1	Data Perencanaan.....	78
7.2	Gaya Dalam Output Etabs	78
7.3	Persyaratan SRPMK	78
7.4	Desain Tulangan Lentur.....	79
7.5	Desain Tulangan Geser	86
7.6	Desain Tulangan Torsi.....	88
7.7	Penulangan Sengkang Kombinasi Geser dan Torsi.....	89
BAB VIII	PERENCANAAN KOLOM	91
8.1	Data Perencanaan.....	91
8.2	Gaya Dalam Output Etabs	91
8.3	Persyaratan SRPMK	92

8.4	Desain Tulangan Lentur.....	93
8.5	Desain Tulangan Confinement	99
8.6	Desain Tulangan Geser	99
8.7	Desain Tulangan Torsi.....	100
8.8	Penulangan Sengkang Kombinasi Geser dan Torsi.....	101
8.9	Desain Lap Splicing	103
BAB IX PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK-KOLOM.....		104
9.1	Data Perencanaan.....	104
9.2	Dimensi Join	104
9.3	Tulangan Confinement.....	104
9.4	Desain Gaya Geser.....	104
9.5	Cek Kuat Geser	105
BAB X PERENCANAAN DINDING GESER.....		106
10.1	Data Perencanaan.....	106
10.2	Gaya Dalam Output Etabs	106
10.3	Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum.....	111
10.4	Desain Tulangan Geser	112
10.5	Desain Kombinasi Aksial dan Lentur	113
10.6	Desain Komponen Batas Khusus.....	117
BAB XI KESIMPULAN		119

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur beton bertulang merupakan salah satu ilmu yang dipelajari pada program studi S1 teknik sipil ITS. Struktur beton bertulang yang diajarkan berfokus pada bangunan gedung bertingkat tahan gempa. Dalam proses pengajarannya, ilmu tersebut dibagi menjadi tiga mata kuliah yaitu elemen struktur beton, struktur beton, dan perancangan struktur beton. Tujuan akhir dari rangkaian mata kuliah tersebut adalah mahasiswa mampu merencanakan struktur beton bertulang 6 tingkat tahan gempa.

Pada mata kuliah perancangan struktur beton, mahasiswa diberikan tugas besar perencanaan struktur beton bertulang 6 tingkat tahan gempa. Hal-hal yang harus direncanakan meliputi perencanaan struktur sekunder, analisa struktur, dan perencanaan struktur primer.

Sebagian besar mahasiswa mengalami masalah dalam mengerjakan tugas besar tersebut, salah satunya adalah tidak adanya modul tutorial dalam mengerjakan tugas besar tersebut. Maka dari itu modul pemodelan dan analisa gedung bertingkat dengan sistem ganda khusus ini dibuat dengan tujuan sebagai pemodelan bagi mahasiswa yang mengambil mata kuliah perancangan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam modul ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana urutan dalam merencanakan struktur gedung beton bertulang?
2. Apa saja referensi yang digunakan dalam merencanakan struktur gedung beton bertulang?
3. Bagaimana cara untuk merencanakan struktur sekunder yang terdiri dari pelat, balok anak, dan tangga?
4. Bagaimana cara untuk memodelkan gedung menggunakan aplikasi etabs?
5. Bagaimana cara melakukan analisa struktur?
6. Bagaimana cara untuk merencanakan struktur primer yang terdiri dari balok induk, kolom, hubungan balok kolom, dan dinding geser?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dalam penulisan modul ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui urutan dalam merencanakan struktur beton bertulang.
2. Mengetahui referensi yang digunakan dalam merencanakan struktur gedung beton bertulang.

3. Merencanakan struktur sekunder yang terdiri dari pelat, balok anak, dan tangga.
4. Mengetahui cara untuk memodelkan gedung menggunakan aplikasi etabs
5. Mengetahui cara untuk melakukan analisa struktur.
6. Merencanakan struktur primer yang terdiri dari balok induk, kolom, hubungan balok kolom, dan dinding geser.

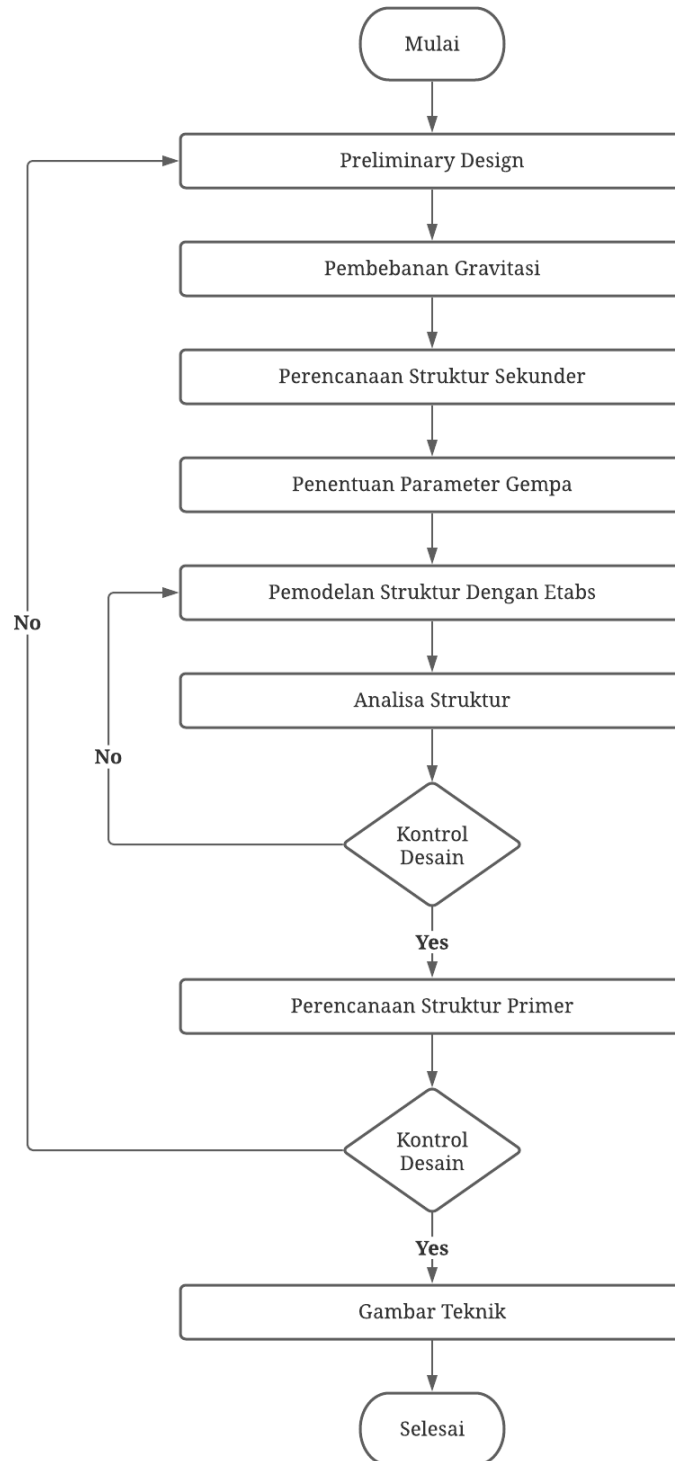
1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan modul ini adalah menjadi panduan bagi mahasiswa untuk mengerjakan tugas besar perancangan struktur gedung beton bertulang.

BAB II PRELIMINARY DESIGN

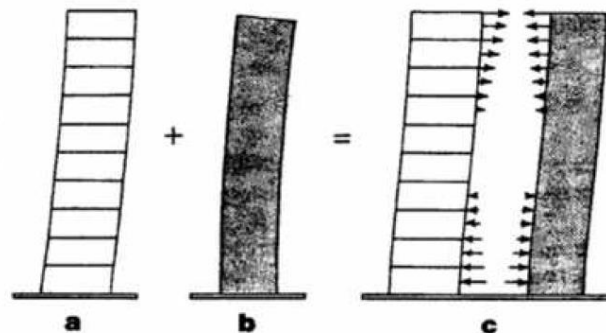
2.1 Diagram Alir

Metodologi ini akan menguraikan secara rinci penyelesaian perencanaan struktur gedung beton bertulang dengan sistem ganda khusus dinding geser. Adapun langkah-langkah dalam penyelesaian perencanaan ini dituangkan dalam diagram alir sebagai berikut:



2.2 Filosofi Perancangan Struktur Rangka-Dinding Geser

Semakin tinggi suatu gedung, penggunaan struktur rangka saja untuk menahan gaya lateral akibat beban gempa menjadi kurang ekonomis karena akan menyebabkan dimensi struktur balok dan kolom yang dibutuhkan akan semakin besar untuk menahan gaya lateral. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kekakuan dan kekuatan struktur terhadap gaya lateral dapat digunakan kombinasi antara rangka kaku dengan dinding geser (system ganda). Pada struktur kombinasi ini, dinding geser dan kolom-kolom struktur akan dihubungkan secara kaku (rigid) oleh balok-balok pada setiap lantai bangunan. Dengan adanya hubungan yang rigid antara kolom, balok, dan dinding geser akan memungkinkan terjadinya interaksi antara struktur rangka dan dinding geser secara menyeluruh pada bangunan, dimana struktur rangka dan dinding geser akan bekerja bersama-sama dalam menahan beban yang bekerja baik itu beban gravitasi maupun beban lateral. Selain itu, dengan menggunakan sistem ganda ini, maka simpangan lateral akan jauh berkurang seiring dengan peningkatan jumlah lantai struktur. Semakin tinggi suatu struktur gedung, semakin kecil simpangan yang terjadi. Besarnya simpangan keseluruhan yang terjadi pada sistem rangka kaku-dinding geser diperoleh dengan cara menggabungkan perilaku kedua elemen tersebut seperti yang terdapat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2. 1 Superimpos mode individu dari deformasi (Sumber : Schueller 1989)

- Deformasi mode geser untuk rangka kaku (Gambar 1.1 a)
Pada struktur rangka kaku, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada dasar struktur dimana terjadi geser maksimum.
- Deformasi mode lentur untuk dinding geser (Gambar 1.1 b)
Pada struktur dinding geser, sudut deformasi (lendutan) paling besar terjadi pada bagian atas bangunan sehingga sistem dinding geser memberikan kekakuan paling kecil pada bagian atas bangunan.
- Interaksi antara rangka kaku dan dinding geser (Gambar 1.1c)

Interaksi antara struktur rangka kaku dan dinding geser diperoleh dengan membuat superposisi mode S defleksi terpisah yang menghasilkan kurva S datar. Perbedaan sifat defleksi antara dinding geser dan rangka kaku menyebabkan dinding geser menahan simpangan rangka kaku pada bagian bawah, sedangkan rangka kaku akan menahan simpangan dinding geser pada bagian atas. Dengan demikian, geser akibat gaya lateral akan dipikul oleh rangka pada bagian atas bangunan dan dipikul oleh dinding geser dibagian bawah bangunan.

2.3 Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan adalah sistem ganda, yakni Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK). Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam Tabel 12 SNI 1726-2019. Koefisien modifikasi respon yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 9 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Tabel 2. 1 Sistem Struktur Penahan Gempa

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{g,h}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Koefisien Modifikasi Respon (R): 7

Faktor Pembesaran Defleksi (C_d): 5 ½

Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0) : 2 ½

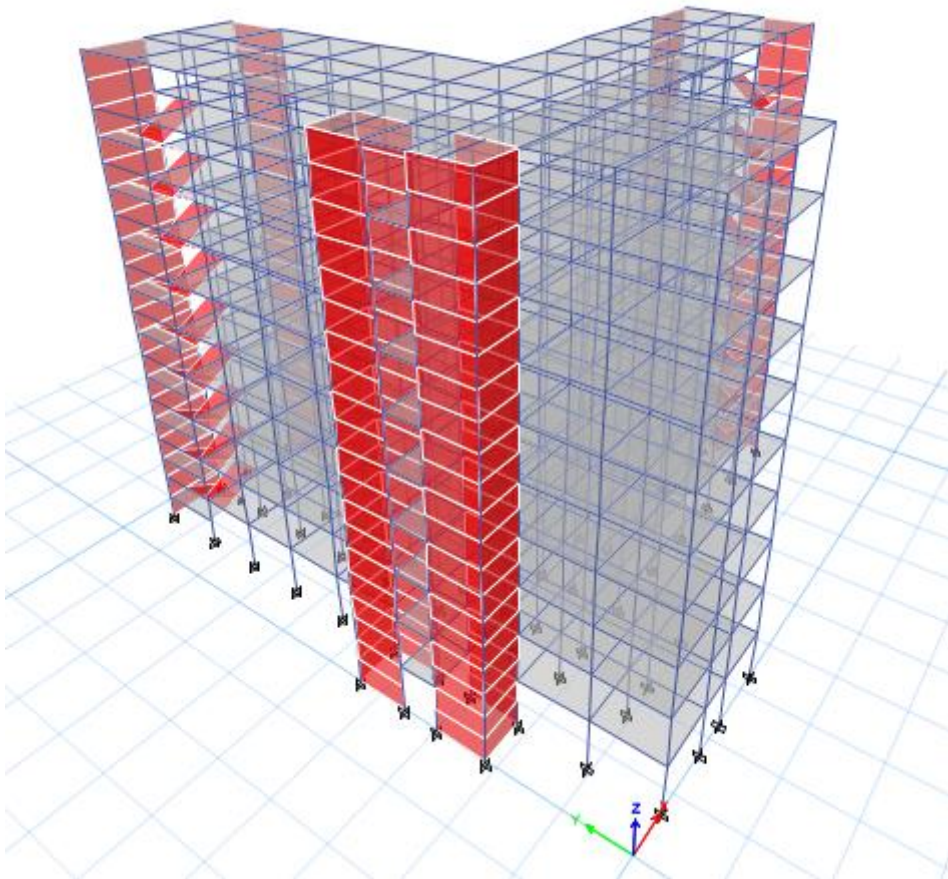
2.4 Data-Data Bangunan

Tipe bangunan : Apartemen

Lokasi bangunan : Surabaya

Jenis Tanah : SD

Tinggi bangunan : 40 meter
Jumlah lantai : 10 lantai
Mutu bahan : Beton ($f'c$) 30 MPa
Baja (f_y) 420 MPa



2.5 Preliminary Design

2.5.1 Balok Induk

Bentang (L) = 5600 mm

➤ Tinggi balok (h)

$$h_{\min} = \frac{L}{21} = \frac{5600}{21} = 266,667 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2019, Tabel 9.3.1.1})$$

$$h_{\text{pakai}} = 500 \text{ mm}$$

➤ Lebar balok (b)

$$b_{\min 1} = 0,3 h = 150 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2019, Ps. 18.6.2.1})$$

$$b_{\min 2} = 250 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847-2019, Ps. 18.6.2.1})$$

$$b_{\min \text{pakai}} = 250 \text{ mm}$$

b pakai = 300 mm

➤ Kontrol Tinggi dan Lebar Balok

$cover = 40$ mm (SNI 2847-2019, Tabel 20.6.1.3.1)

Tulangan Longitudinal = D19, $db = 19$ mm

Tulangan Sengkang = D10, $ds = 10$ mm

$$d = h - c - ds - \frac{db}{2} = 500 - 40 - 10 - \frac{19}{2} = 440,5 \text{ mm}$$

$$4d = 4 \times 436 = 1762 \text{ mm}$$

$$c1 = 700 \text{ mm}$$

$$c2 = 700 \text{ mm}$$

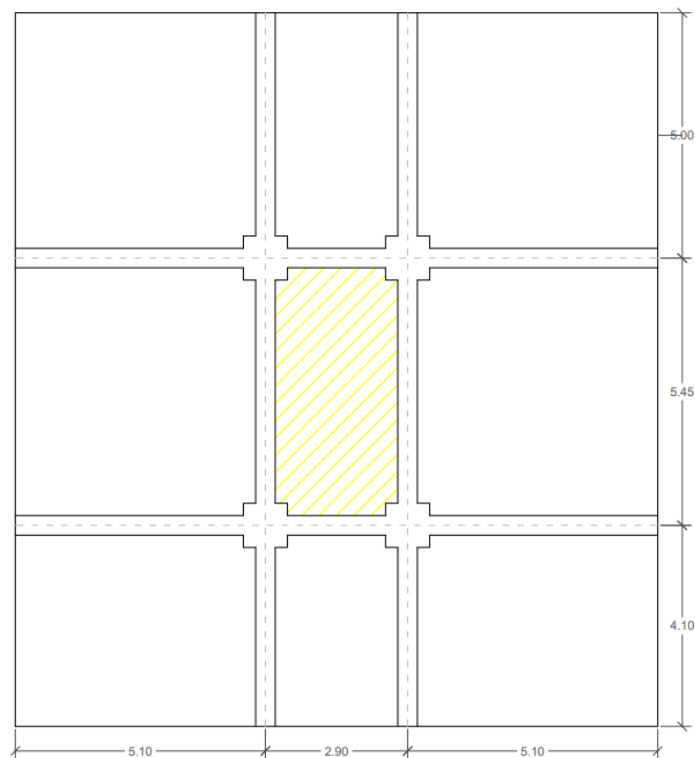
$$Ln = L - \frac{c1}{2} - \frac{c2}{2}$$

$$Ln = 5600 - \frac{700}{2} - \frac{700}{2} = 4900 \text{ mm}$$

$Ln > 4d$ (**OK**) (SNI 2847-2019, Ps. 18.6.2.1)

Maka digunakan dimensi $b = 300$ mm, dan $h = 500$ mm

2.5.2 Pelat Dua Arah



Data Perencanaan

$F_y = 420 \text{ MPa}$

$F'_c = 30 \text{ MPa}$

$L_1 = 5450 \text{ mm}$

$L_2 = 2900 \text{ mm}$

Dimensi balok = 300 x 500

$$L_n = L_1 - \frac{b}{2} - \frac{b}{2} = 5450 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2} = 5150 \text{ mm}$$

$$S_n = L_2 - \frac{b}{2} - \frac{b}{2} = 2900 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2} = 2600 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{5150}{2600} = 1,981 < 2 \text{ (Two way slab)}$$

Menurut SNI 2847:2019 Tabel 8.3.1.1, tebal minimum untuk pelat dua arah adalah sebagai berikut:

Tabel 8.3.1.1 – Ketebalan minimum pelat dua arah nonprategang tanpa balok interior (mm)^[1]

f_y , MPa ^[2]	Tanpa drop panel ^[3]		Dengan drop panel ^[3]			
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]	
280	$\ell_d/33$	$\ell_d/36$	$\ell_d/36$	$\ell_d/36$	$\ell_d/40$	$\ell_d/40$
420	$\ell_d/30$	$\ell_d/33$	$\ell_d/33$	$\ell_d/33$	$\ell_d/36$	$\ell_d/36$
520	$\ell_d/28$	$\ell_d/31$	$\ell_d/31$	$\ell_d/31$	$\ell_d/34$	$\ell_d/34$

^[1] ℓ_n adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)
^[2] Untuk f_y dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear
^[3] Drop panel sesuai 8.2.4
^[4] Pelat dengan balok di antara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika a_f kurang dari 0,8. Nilai a_f untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

Dengan $f_y = 420 \text{ MPa}$, dan pelat merupakan panel interior, maka digunakan tebal minimum pelat sebagai berikut:

$$\text{Tebal minimum } (t_p) = \frac{L}{33} = \frac{5150}{33} = 156,061 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 8.3.1.2, terdapat metode lain untuk menentukan tebal minimum pelat dua arah jika terdapat balok di semua sisi pelat. Perhitungan tebal minimum pelat adalah sebagai berikut:

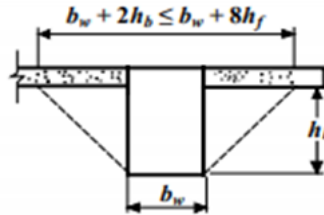
➤ Penampang Balok Sisi Atas

Diketahui balok sisi atas merupakan balok interior dan mempunyai penampang sebagai berikut:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

Maka dapat diperoleh b_e menurut SNI 2847:2019 Pasal 8.4.1.8 adalah sebagai berikut:



$$b_e = b_w + 2 \times h_b \leq b_w + 8 \times h_f$$

$$b_e = 300 + 2 \times (500 - 156,061) \leq 300 + 8 \times 156,061$$

$$b_e = 98,788 \leq 1548,48 \quad (\text{OK})$$

$$b_e = 98,788 \text{ mm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{156,061}{500}\right) + 4 \left(\frac{156,061}{500}\right)^2 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)}$$

$$k = 1,662$$

Dapat diperhitungkan momen inersia balok dan juga pelat sebagai berikut:

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot b \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,662 \cdot 300 \cdot 500^3 = 5193315807 \text{ mm}^4$$

Jarak balok sejajar yang bersebelahan diketahui sebagai berikut:

$$\text{Arah } x_1 = 5000 \text{ mm}$$

$$\text{Arah } x_2 = 5450 \text{ mm}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\text{Jarak Balok}_{x_1} + \text{Jarak Balok}_{x_2}) \cdot h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (5000 + 5450) \cdot 156,061^3 = 1654950149 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_{Atas} = \frac{I_b}{I_p} = \frac{5193315807}{1654950149} = 3,138$$

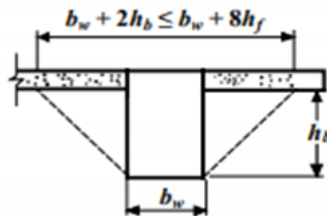
➤ Penampang Balok Sisi Kanan

Diketahui balok sisi kanan merupakan balok interior dan mempunyai penampang sebagai berikut:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

Maka dapat diperoleh b_e menurut SNI 2847:2019 Pasal 8.4.1.8 adalah sebagai berikut:



$$b_e = b_w + 2 \times h_b \leq b_w + 8 \times h_f$$

$$b_e = 300 + 2 \times (500 - 156,061) \leq 300 + 8 \times 156,061$$

$$b_e = 98,788 \leq 1548,48 \quad (\text{OK})$$

$$b_e = 98,788 \text{ mm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{156,061}{500}\right) + 4 \left(\frac{156,061}{500}\right)^2 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)}$$

$$k = 1,662$$

Dapat diperhitungkan momen inersia balok dan juga pelat sebagai berikut:

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot b \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,662 \cdot 300 \cdot 500^3 = 5193315807 \text{ mm}^4$$

Jarak balok sejajar yang bersebelahan diketahui sebagai berikut:

$$\text{Arah } x_1 = 5100 \text{ mm}$$

$$\text{Arah } x_2 = 2900 \text{ mm}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\text{Jarak Balok}_{x1} + \text{Jarak Balok}_{x2}) \cdot h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (5100 + 2900) \cdot 156,061^3 = 1266947482 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_{Kanan} = \frac{I_b}{I_p} = \frac{5193315807}{1266947482} = 4,099$$

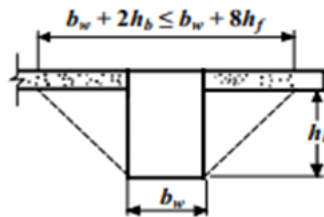
➤ Penampang Balok Sisi Bawah

Diketahui balok sisi bawah merupakan balok interior dan mempunyai penampang sebagai berikut:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

Maka dapat diperoleh b_e menurut SNI 2847:2019 Pasal 8.4.1.8 adalah sebagai berikut:



$$b_e = b_w + 2 \times h_b \leq b_w + 8 \times h_f$$

$$b_e = 300 + 2 \times (500 - 156,061) \leq 300 + 8 \times 156,061$$

$$b_e = 98,788 \leq 1548,48 \quad (\text{OK})$$

$$b_e = 98,788 \text{ mm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{156,061}{500}\right) + 4 \left(\frac{156,061}{500}\right)^2 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)}$$

$$k = 1,662$$

Dapat diperhitungkan momen inersia balok dan juga pelat sebagai berikut:

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot b \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,662 \cdot 300 \cdot 500^3 = 5193315807 \text{ mm}^4$$

Jarak balok sejajar yang bersebelahan diketahui sebagai berikut:

$$\text{Arah } x_1 = 5450 \text{ mm}$$

$$\text{Arah } x_2 = 4300 \text{ mm}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\text{Jarak Balok}_{x_1} + \text{Jarak Balok}_{x_2}) \cdot h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (5450 + 4300) \cdot 156,061^3 = 1544092244 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_{bawah} = \frac{I_b}{I_p} = \frac{5193315807}{1544092244} = 3,363$$

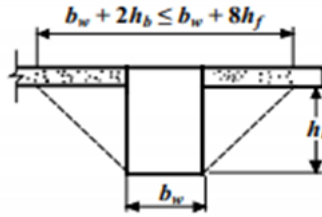
➤ Penampang Balok Sisi Kiri

Diketahui balok sisi kiri merupakan balok interior dan mempunyai penampang sebagai berikut:

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

Maka dapat diperoleh b_e menurut SNI 2847:2019 Pasal 8.4.1.8 adalah sebagai berikut:



$$b_e = b_w + 2 \times h_b \leq b_w + 8 \times h_f$$

$$b_e = 300 + 2 \times (500 - 156,061) \leq 300 + 8 \times 156,061$$

$$b_e = 98,788 \leq 1548,48 \quad (\text{OK})$$

$$b_e = 98,788 \text{ mm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{h_f}{h}\right) + 4 \left(\frac{h_f}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{h_f}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{156,061}{500}\right) + 4 \left(\frac{156,061}{500}\right)^2 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{98,788}{300} - 1\right) \left(\frac{156,061}{500}\right)}$$

$$k = 1,662$$

Dapat diperhitungkan momen inersia balok dan juga pelat sebagai berikut:

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot k \cdot b \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} \cdot 1,662 \cdot 300 \cdot 500^3 = 5193315807 \text{ mm}^4$$

Jarak balok sejajar yang bersebelahan diketahui sebagai berikut:

$$\text{Arah } x_1 = 5100 \text{ mm}$$

$$\text{Arah } x_2 = 2900 \text{ mm}$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\text{Jarak Balok}_{x_1} + \text{Jarak Balok}_{x_2}) \cdot h_f^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \cdot \frac{1}{2} \cdot (5100 + 2900) \cdot 156,061^3 = 1266947482 \text{ mm}^4$$

$$\alpha_{Kiri} = \frac{I_b}{I_p} = \frac{5193315807}{1266947482} = 4,099$$

Setelah didapatkan α untuk semua sisi, perhitungan tebal minimum adalah sebagai berikut:

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_{Atas} + \alpha_{Kanan} + \alpha_{Kiri} + \alpha_{Bawah}}{4}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{3,138 + 4,099 + 4,099 + 3,363}{4}$$

$$\alpha_{fm} = 3,675$$

α_{fm} [1]	h minimum, mm	
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1 berlaku	(a)
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$	(b)[2],[3]
	125	(c)
$\alpha_{fm} > 2,0$	Terbesar dari: $\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$	(d)[2],[3]
	90	(e)

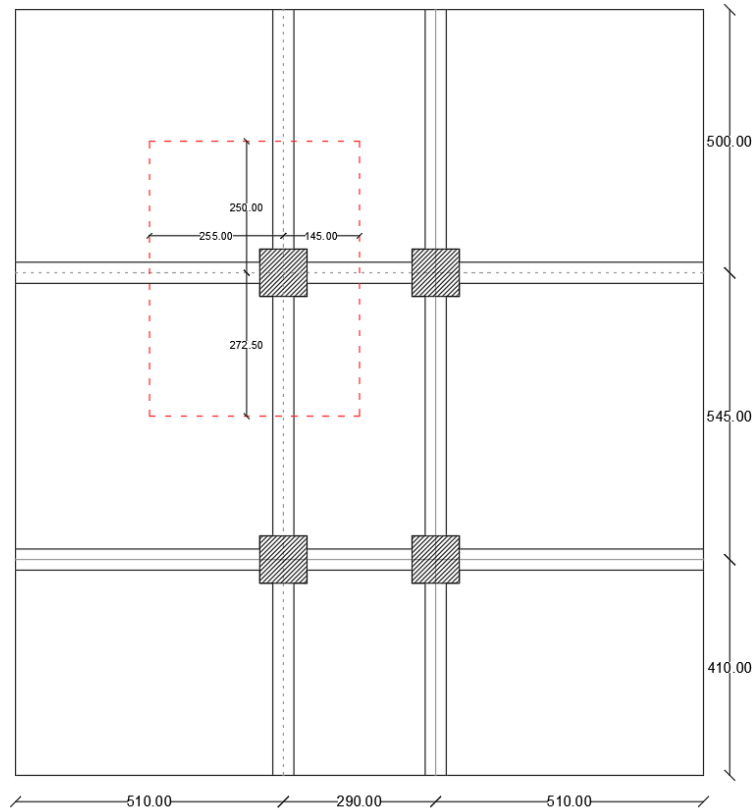
$$t_{p1} = \frac{L_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$t_{p1} = \frac{5150 \left(0,8 + \frac{420}{1400} \right)}{36 + 9 \cdot 1,981} = 78,592 \text{ mm}$$

$$t_{p2} = 90 \text{ mm}$$

Maka, didapat tebal pelat minimum adalah sebesar 90 mm.

2.5.3 Kolom



A. Kolom Lantai 8—10

Perencanaan dimensi kolom lantai 8 s.d. 10 berdasarkan beban yang dipikul oleh kolom adalah sebagai berikut:

Dead Load	Lebar m	Panjang m	Tinggi/tebal m	Jumlah	Berat sendiri Kg/m ³	Berat total ton
Pelat bawah	4	2.725	0.13	3	2400	10.2024
Pelat atas	4	2.5	0.13	3	2400	9.36
Balok Induk bawah	0.3	2.475	0.5	3	2400	2.673
Balok Induk kiri	0.3	2.3	0.5	3	2400	2.484
Balok Induk atas	0.3	2.25	0.5	3	2400	2.43
Balok Induk kanan	0.3	1.2	0.5	3	2400	1.296
Kolom	0.5	0.5	4	3	2400	7.2
Total						35.6454
Superimposed Dead Load	Berat sendiri Kg/m ²	Luas Pelat m ²			Berat total ton	
Adukan semen	21	62.7			1.3167	
Plafond	11	62.7			0.6897	
Penggantung Plafond	7	62.7			0.4389	

Ducting Plumbing	40	62.7	2.508
Sanitasi	21	62.7	1.3167
Marmor/Tekel	20	62.7	1.254
Total			7.524
Live Load	Berat sendiri Kg/m ²	Luas Pelat m ²	Berat total ton
Kamar Apartemen	195.7855129	39.97125	7.825791682
Koridor Apartemen	488.444066	22.72875	11.10172307
Total			18.92751475
Total (1,2D+1.6L)			82.0873036

$$P_u = 82,087 \text{ ton} = 805001,5 \text{ N}$$

$$A_g = 2 \times \frac{P_u}{f'_c}$$

$$A_g = 2 \times \frac{805001,5}{30} = 53666,76 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{A_g}$$

$$b = h = \sqrt{53666,76} = 231,661 \text{ mm}$$

$$b_{pakai} = h_{pakai} = 500 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$$

B. Kolom Lantai 5—7

Perencanaan dimensi kolom lantai 5 s.d. 7 berdasarkan beban yang dipikul oleh kolom adalah sebagai berikut:

Dead Load	Lebar m	Panjang m	Tinggi/tebal m	Jumlah	Berat sendiri Kg/m ³	Berat total ton
Pelat bawah	4	2.725	0.13	3	2400	10.2024
Pelat atas	4	2.5	0.13	3	2400	9.36
Balok Induk bawah	0.3	2.475	0.5	3	2400	2.673
Balok Induk kiri	0.3	2.3	0.5	3	2400	2.484
Balok Induk atas	0.3	2.25	0.5	3	2400	2.43
Balok Induk kanan	0.3	1.2	0.5	3	2400	1.296
Kolom	0.7	0.7	4	3	2400	14.112
Total						42.5574
Superimposed Dead Load	Berat sendiri Kg/m ²	Luas Pelat m ²		Berat total ton		
Adukan semen	21	62.7		1.3167		
Plafond	11	62.7		0.6897		

Penggantung Plafond	7	62.7	0.4389
Ducting Plumbing	40	62.7	2.508
Sanitasi	21	62.7	1.3167
Marmor/Tekel	20	62.7	1.254
Total			7.524
Live Load	Berat sendiri Kg/m ²	Luas Pelat m ²	Berat total ton
Kamar Apartemen	195.7855129	39.97125	7.825791682
Koridor Apartemen	488.444066	22.72875	11.10172307
Total			18.92751475
Total (1,2D+1.6L)			90.3817036

$$P_u (\text{lantai } 5-10) = 90,382 + P_u (\text{lantai } 8-10) = 90,382 + 82,087 = 172,469 \text{ ton}$$

$$P_u (\text{lantai } 5-10) = 1691343 \text{ N}$$

$$A_g = 2 \times \frac{P_u}{f'_c}$$

$$A_g = 2 \times \frac{1691343}{30} = 112756,2 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{A_g}$$

$$b = h = \sqrt{112756,2} = 335,792 \text{ mm}$$

$$b_{pakai} = h_{pakai} = 700 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$$

C. Kolom Lantai 1—4

Perencanaan dimensi kolom lantai 1 s.d. 4 berdasarkan beban yang dipikul oleh kolom adalah sebagai berikut:

Dead Load	Lebar m	Panjang m	Tinggi/tebal m	Jumlah	Berat sendiri Kg/m ³	Berat total ton
Pelat bawah	4	2.725	0.13	4	2400	13.6032
Pelat atas	4	2.5	0.13	4	2400	12.48
Balok Induk bawah	0.3	2.475	0.5	4	2400	3.564
Balok Induk kiri	0.3	2.3	0.5	4	2400	3.312
Balok Induk atas	0.3	2.25	0.5	4	2400	3.24
Balok Induk kanan	0.3	1.2	0.5	4	2400	1.728
Kolom	0.9	0.9	4	4	2400	31.104
Total						69.0312
	Berat sendiri	Luas Pelat			Berat total	

Superimposed Dead Load	Kg/m ²	m ²	ton
Adukan semen	21	83.6	1.7556
Plafond	11	83.6	0.9196
Penggantung Plafond	7	83.6	0.5852
Ducting Plumbing	40	83.6	3.344
Sanitasi	21	83.6	1.7556
Marmor/Tekel	20	83.6	1.672
Total			10.032
Live Load	Berat sendiri Kg/m ²	Luas Pelat m ²	Berat total ton
Kamar Apartemen	195.7855129	53.295	10.43438891
Koridor Apartemen	488.444066	30.305	14.80229742
Total			25.23668633
Total (1,2D+1.6L)			135.2545381

$$P_u = 135,255 \text{ ton} = 1326394 \text{ N}$$

$$P_u (\text{lantai 1-10}) = 90,382 + P_u (\text{lantai 5-10}) = 135,255 + 172,469 = 307,724 \text{ ton}$$

$$P_u (\text{lantai 1-10}) = 3017737 \text{ N}$$

$$A_g = 2 \times \frac{P_u}{f'_c}$$

$$A_g = 2 \times \frac{3017737}{30} = 201182,5 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{A_g}$$

$$b = h = \sqrt{201182,5} = 448,5337 \text{ mm}$$

$$b_{pakai} = h_{pakai} = 900 \text{ mm} > 300 \text{ mm (OK)}$$

BAB III PEMBEBANAN

3.1 Pembebanan Gravitasi

Pembebanan gravitasi pada perencanaan struktur bangunan berdasarkan pada SNI 1727-2018 dan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983. Pembebanan gravitasi meliputi:

1. Beban Mati Berat Sendiri (DL)

Beban mati (dead load) adalah berat seluruh komponen element struktural bangunan, yang terdiri atas pelat, balok, kolom, dan dinding geser. Beban mati akan dihitung secara otomatis oleh peranti lunak ETABS V 18.0 dengan menggunakan berat jenis material beton $2402,77 \text{ kg/m}^3$ dan berat jenis tulangan $7849,05 \text{ kg/m}^3$.

2. Beban Mati Tambahan (SiDL)

Beban mati tambahan (Super Imposed Dead Load) adalah berat komponen non structural yang terdapat pada perencanaan struktur bangunan. Berikut adalah beban SiDL yang digunakan dalam perencanaan :

- a. Beban adukan semen : 21 kg/m^2 (PPIUG 1983 Tabel 2.1)
- b. Beban plafond : 11 kg/m^2 (PPIUG 1983 Tabel 2.1)
- c. Beban penggantung plafond : 7 kg/m^2 (PPIUG 1983 Tabel 2.1)
- d. Beban *ducting* dan *plumbing* : 40 kg/m^2 (PPIUG 1983 Tabel 2.1)
- e. Beban sanitasi : 20 kg/m^2 (PPIUG 1983 Tabel 2.1)
- f. Beban marmer/tekel : 21 kg/m^2 (PPIUG 1983 Tabel 2.1)
- g. Beban dinding $\frac{1}{2}$ bata merah : 250 kg/m^2 (PPIUG 1983 Tabel 2.1)

3. Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup (Live Load) adalah beban yang terjadi akibat beban hunian penggunaan gedung yang berasal dari barang atau orang yang dapat berpindah tempat sehingga mempengaruhi perilaku komponen struktur. Beban hidup yang digunakan berdasarkan pada SNI 1727-2018 tabel 4.3-1 sebagai berikut :

- a. Beban hidup kamar : $1,92 \text{ kN/m}^2 = 195,8 \text{ kg/m}^2$
- b. Beban hidup koridor : $4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,5 \text{ kg/m}^2$
- c. Beban hidup *roof top* : $0,96 \text{ kN/m}^2 = 97,9 \text{ kg/m}^2$
- d. Beban hidup tangga : $4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,5 \text{ kg/m}^2$

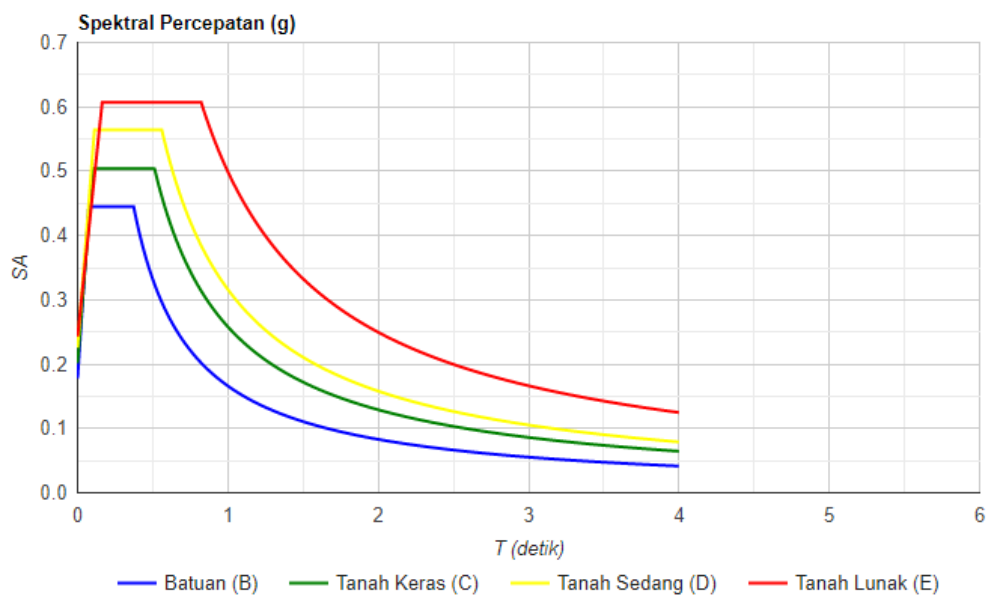
4. Beban Hujan (R)

Beban hujan dihitung berdasarkan RSNI 1727-201x pasal 8.3

Asumsi : Tinggi statis (d_s) = 16 mm
 Tinggi hidrolis (d_h) = 4 mm
 $R = 0,0098 (d_s + d_h) = 0,196 \text{ kN/m}^2 = 20 \text{ kg/m}^2$

3.2 Pembebanan Gempa

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau secara analisa dinamis 3 dimensi. Fungsi Response Spectrum ditetapkan sesuai peta wilayah gempa untuk daerah Surabaya, Jawa Timur dengan kelas situs tanah sedang (D). Berdasarkan SNI 1726-2012, zonasi peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun atau memiliki periode ulang 2500 tahun.



Gambar 2. 1 Respons Spektrum Gempa Surabaya (Sumber : Puskim)

Didapatkan data gempa sebagai berikut :

- | | |
|-------------------------|---|
| 1. PGA (g) = 0,328 | 10. S_{D1} (g) = 0,316 |
| 2. S_s (g) = 0,668 | 11. T_0 (detik) = 0,112 |
| 3. S_1 (g) = 0,249 | 12. T_s (detik) = 0,560 |
| 4. F_{PGA} = 1,172 | 13. Berdasarkan table 3 RSNI 1726-201x, gedung apartemen merupakan kategori risiko II dengan factor keutaman gempa (I_e) adalah 1,0 |
| 5. F_A = 1,266 | |
| 6. F_V = 1,902 | |
| 7. S_{MS} (g) = 0,845 | |
| 8. S_{M1} (g) = 0,474 | |
| 9. S_{DS} (g) = 0,564 | |

3.3 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban untuk metode ultimit struktur, komponen struktur, dan elemen fondasi harus dirancang sedemikian ruupa sehingga kuat rencananya melebihi pengaruh beban berfaktor. Berdasarkan pasal 2.3 SNI 1727-2018, kombinasi beban terfaktor adalah sebagai berikut :

1. $1,4 DL$
2. $1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 DL + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
4. $1,2 DL \pm 1,0 E + 1,0 LL$
5. $0,9 DL + 1,0 W$
6. $0,9 DL \pm 1,0 E$

dimana,

DL : Beban mati termasuk SiDL

LL : Beban hidup

R : Beban Hujan

E : Beban Gempa – (Respon Spektrum : Ex dan Ey)

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

4.1 Pelat Dua Arah

Diketahui dimensi pelat:

L_1	= 5,45 m
L_2	= 2,90 m
L_{n-long}	= 5,15 m
$L_{n-short}$	= 2,60 m
β	= 1,978 m

Diketahui:

Mutu baja (f_y)	= 420 MPa
Mutu beton (f'_c)	= 30 MPa
β_1	= 0,836
Tebal minimum	= 9 cm
Tebal pelat pakai, tp	= 13 cm
Selminut beton, cc	= 20 mm
Tulangan pakai	= D13

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times 13^2 = 132,732 \text{ mm}^2$$

$$d_x = tp - cc - \frac{D13}{2} = 130 - 20 - \frac{13}{2} = 103,5 \text{ mm}$$

$$d_y = tp - cc - D13 - \frac{D13}{2} = 130 - 20 - 13 - \frac{13}{2} = 90,5 \text{ mm}$$

4.1.1 Pembebanan Pada Pelat Lantai

a. Beban mati (DL)

Beban sendiri	= $2400 \times 0,13$	= 312 Kg/m ²
Plafon		= 11 Kg/m ²
Penggantung		= 7 Kg/m ²
Ducting + plumbing		= 40 Kg/m ²
Spesi		= 21 Kg/m ²
Tegel		= 21 Kg/m ²
Total		= 412 Kg/m ² = 4,12 KN/m ²

b. Beban hidup (LL)

$$LL = 4,79 \text{ KN/m}^2$$

c. Kombinasi beban

$$Qu = 1,2DL + 1,6LL = 1,2 \times 4,12 + 1,6 \times 4,79$$

$$Qu = 12,608 \text{ KN/m}^2$$

4.1.2 Perhitungan Momen Menggunakan SNI 2847-2019

A. Long section

$$L = 2,9 \text{ m}$$

$$L_n = 5,15 \text{ m}$$

Tabel 8.10.4.2 – Koefisien distribusi untuk bentang ujung

	Tepi eksterior tak terkekang	Pelat dengan balok antara semua tumpuan	Pelat tanpa balok antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Negatif eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

Dikarenakan merupakan pelat yang berada pada interior, maka koefisiennya sebagai berikut:

- Negatif interior = 0,65
- Positif = 0,35
- Negatif eksterior = 0,65

Perhitungan momen:

- Momen statis total, M_o

$$M_o = \frac{q \times L \times (L_n)^2}{8} = \frac{12,608 \times 2,9 \times (5,15)^2}{8} = 121,218 \text{ KNm}$$

- Momen negative interior = 0,65 . 121,218 = 78,792 KNm
- Momen positif = 0,35 . 121,218 = 42,427 KNm
- Momen negative eksterior = 0,65 . 121,218 = 78,792 KNm

Pembagian momen pada lajur kolom dan lajur tengah

- a. Momen negative interior

$$a_{fm} = 3,363$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 0,532$$

a_{fl_2/l_1}	l_2/l_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Catatan: Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan

$$a_{fm} \times \frac{L_2}{L_1} = 1,79 < 1$$

Dengan interpolasi, didapat koefisien lajur kolom 0,849

Koefisien lajur kolom = 0,89

Koefisien lajur tengah = $1 - 0,89 = 0,11$

- M_i^- pada lajur kolom = $0,89 \times 78,792 = 70,154 \text{ KNm}$
- M_i^- per satuan lebar = $\frac{70,154}{0,5 \times 2,9} = 48,382 \text{ KNm}$
- M_i^- pada lajur tengah = $0,11 \times 78,792 = 8,638 \text{ KNm}$

b. Momen positif

$$a_{fm} = 3,138$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 0,532$$

a_{fl_2/l_1}	l_2/l_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,60	0,60	0,60
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Catatan: Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan.

$$a_{fm} \times \frac{L_2}{L_1} = 1,67 < 1$$

Dengan interpolasi, didapat koefisien lajur kolom 0,89

Koefisien lajur kolom = 0,89

Koefisien lajur tengah = $1 - 0,89 = 0,11$

- M_i^- pada lajur kolom = $0,89 \times 42,427 = 37,775 \text{ KNm}$
- M_i^- per satuan lebar = $\frac{37,775}{0,5 \times 2,9} = 26,052 \text{ KNm}$
- M_i^- pada lajur tengah = $0,11 \times 42,427 = 4,651 \text{ KNm}$

c. Momen negative interior

$$a_{fm} = 3,363$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 0,532$$

$a_f l_2 / l_1$	l_2 / l_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Catatan: Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan

$$a_{fm} \times \frac{L_2}{L_1} = 1,79 > 1$$

Dengan interpolasi, didapat koefisien lajur kolom 0,89

Koefisien lajur kolom = 0,89

Koefisien lajur tengah = $1 - 0,89 = 0,11$

- M_i^- pada lajur kolom = $0,89 \times 78,792 = 70,154 \text{ KNm}$
- M_i^- per satuan lebar = $\frac{70,154}{0,5 \times 2,9} = 48,382 \text{ KNm}$
- M_i^- pada lajur tengah = $0,11 \times 78,792 = 8,638 \text{ KNm}$

B. Short section

$$L = 5,45 \text{ m}$$

$$L_n = 2,6 \text{ m}$$

Tabel 8.10.4.2 – Koefisien distribusi untuk bentang ujung

	Tepi eksterior tak terkekang	Pelat dengan balok antara semua tumpuan	Pelat tanpa balok antara tumpuan interior		Tepi eksterior terkekang penuh
			Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
Negatif interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
Positif	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
Negatif eksterior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

Dikarenakan merupakan pelat yang berada pada interior, maka koefisiennya sebagai berikut:

- Negatif interior = 0,65
- Positif = 0,35
- Negatif eksterior = 0,65

Perhitungan momen:

- o Momen statis total, M_o

$$M_o = \frac{q \times L \times (L_n)^2}{8} = \frac{12,608 \times 5,45 \times (2,6)^2}{8} = 58,063 \text{ KNm}$$

- o Momen negative interior = $0,65 \cdot 58,063 = 37,741 \text{ KNm}$
- o Momen positif = $0,35 \cdot 58,063 = 20,322 \text{ KNm}$
- o Momen negative eksterior = $0,65 \cdot 58,063 = 37,741 \text{ KNm}$

Pembagian momen pada lajur kolom dan lajur tengah

- a. Momen negative interior

$$a_{fm} = 4,099$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 1,879$$

$a_n l_2 / l_1$	l_2 / l_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Catatan: Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan

$$a_{fm} \times \frac{L_2}{L_1} = 7,703 \geq 1$$

Dengan interpolasi, didapat koefisien lajur kolom 0,486

Koefisien lajur kolom = 0,486

Koefisien lajur tengah = $1 - 0,486 = 0,514$

- o M_i^- pada lajur kolom = $0,486 \times 37,741 = 18,35 \text{ KNm}$
- o M_i^- per satuan lebar = $\frac{18,35}{0,5 \times 5,45} = 6,734 \text{ KNm}$
- o M_i^- pada lajur tengah = $0,514 \times 37,741 = 19,391 \text{ KNm}$

- b. Momen positif

$$a_{fm} = 4,099$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 1,879$$

$a_n l_2 / l_1$	l_2 / l_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,60	0,60	0,60
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Catatan: Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan.

$$a_{fm} \times \frac{L_2}{L_1} = 7,703 \geq 1$$

Dengan interpolasi, didapat koefisien lajur kolom 0,486

Koefisien lajur kolom = 0,486

Koefisien lajur tengah = 1-0,486 = 0,514

- M_i^- pada lajur kolom = $0,486 \times 20,322 = 9,881 \text{ KNm}$
- M_i^- per satuan lebar = $\frac{9,881}{0,5 \times 5,45} = 3,626 \text{ KNm}$
- M_i^- pada lajur tengah = $0,514 \times 20,322 = 10,441 \text{ KNm}$

c. Momen negative interior

$$a_{fm} = 4,099$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 1,879$$

$a_n t_2 / t_1$	t_2 / t_1		
	0,5	1,0	2,0
0	0,75	0,75	0,75
$\geq 1,0$	0,90	0,75	0,45

Catatan: Interpolasi linier harus dilakukan antara nilai-nilai yang ditunjukkan

$$a_{fm} \times \frac{L_2}{L_1} = 7,703 \geq 1$$

Dengan interpolasi, didapat koefisien lajur kolom 0,486

Koefisien lajur kolom = 0,486

Koefisien lajur tengah = 1-0,486 = 0,514

- M_i^- pada lajur kolom = $0,486 \times 37,741 = 18,35 \text{ KNm}$
- M_i^- per satuan lebar = $\frac{18,35}{0,5 \times 5,45} = 6,734 \text{ KNm}$
- M_i^- pada lajur tengah = $0,514 \times 37,741 = 19,391 \text{ KNm}$

4.1.3 Perhitungan Penulangan Pelat

$$\rho_{min1} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{min2} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{420} = 0,00326$$

$$\rho_{min \text{ pakai}} = 0,00326$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{420} \times \frac{600}{600 + 420}$$

$$\rho_{balance} = 0,02985$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} = 0,02239$$

4.1.4 Penulangan Long Section

A. Penulangan Momen Negatif Lajur Kolom

$$M_U = 70,154 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{70,154}{0,9} = 77,949 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{B \times dx^2} = \frac{77,949}{1 \times 103,5^2} = 0,00728 \text{ KN/mm}^2$$

$$R_n = 7,277 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times R_n \times m}{f_y}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 7,277 \times 16,471}{420}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0209$$

$$\rho_{\min} = 0,00326$$

$$\rho_{\max} = 0,02239$$

$$\rho_{pakai} = 0,0209$$

$$A_{S-perlu} = \rho_{pakai} \times B \times dx = 0,0209 \times 1000 \times 103,5$$

$$A_{S-perlu} = 2166,7 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{S-perlu}}{A_{S-tulangan}} = \frac{2166,7}{132,732 \text{ mm}^2} = 16,324 = 17 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{17} = 58,824 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{\max 1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max 2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 50 \text{ mm}$$

D13-50

B. Penulangan Momen Negatif Lajur Tengah

$$M_U = 8,638 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{8,638}{0,9} = 9,598 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{B \times dx^2} = \frac{9,598}{1 \times 103,5^2} = 0,0009 \text{ KN/mm}^2$$

$$R_n = 0,896 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times R_n \times m}{f_y}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 0,896 \times 16,471}{420}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,00217$$

$$\rho_{min} = 0,00326$$

$$\rho_{max} = 0,02239$$

$$\rho_{pakai} = 0,00326$$

$$A_{s-perlu} = \rho_{pakai} \times B \times dx = 0,00326 \times 1000 \times 103,5$$

$$A_{s-perlu} = 337,4362 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{s-perlu}}{A_{s-tulangan}} = \frac{337,4362}{132,732 \text{ mm}^2} = 2,542 = 3 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{3} = 333,333 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{max1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{max2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

D13-200

C. Penulangan Momen Positif Lajur Kolom

$$M_U = 37,775 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{37,775}{0,9} = 41,972 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{B \times dx^2} = \frac{41,972}{1 \times 103,5^2} = 0,00392 \text{ KN/mm}^2$$

$$R_n = 3,918 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times R_n \times m}{f_y}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 3,918 \times 16,471}{420}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0108$$

$$\rho_{min} = 0,00326$$

$$\rho_{max} = 0,02239$$

$$\rho_{pakai} = 0,0108$$

$$A_{S-perlu} = \rho_{pakai} \times B \times dx = 0,0108 \times 1000 \times 103,5$$

$$A_{S-perlu} = 1053,93 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{S-perlu}}{A_{S-tulangan}} = \frac{1053,93}{132,7323 \text{ mm}^2} = 7,94 = 8 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{\max 1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max 2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 100 \text{ mm}$$

D13-100

D. Penulangan Momen Positif Lajur Tengah

$$M_U = 4,651 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4,651}{0,9} = 5,168 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{B \times dx^2} = \frac{5,168}{1 \times 103,5^2} = 0,00048 \text{ KN/mm}^2$$

$$R_n = 0,483 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times R_n \times m}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 0,483 \times 16,471}{420} \right)} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00116$$

$$\rho_{\min} = 0,00326$$

$$\rho_{\max} = 0,02239$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00326$$

$$A_{S-\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times B \times dx = 0,00326 \times 1000 \times 103,5$$

$$A_{S-\text{perlu}} = 337,4362 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{S-\text{perlu}}}{A_{S-\text{tulangan}}} = \frac{337,4362}{132,7323 \text{ mm}^2} = 2,542 = 3 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{3} = 333,333 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{\max 1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max 2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

D13-200

4.1.5 Penulangan Short Section

A. Penulangan Momen Negatif Lajur Kolom

$$M_U = 18,35 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{18,35}{0,9} = 20,389 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{B \times dx^2} = \frac{20,389}{1 \times 90,5^2} = 0,00249 \text{ KN/mm}^2$$

$$R_n = 2,489 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times R_n \times m}{f_y} \right)} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 2,489 \times 16,471}{420} \right)} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00625$$

$$\rho_{\min} = 0,00326$$

$$\rho_{\max} = 0,02239$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00625$$

$$A_{S-\text{perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times B \times dx = 0,00625 \times 1000 \times 90,5$$

$$A_{S-perlu} = 565,507 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{S-perlu}}{A_{S-tulangan}} = \frac{565,507}{132,7323 \text{ mm}^2} = 4,261 = 5 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{max1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{max2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

D13-200

B. Penulangan Momen Negatif Lajur Tengah

$$M_U = 19,391 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{19,391}{0,9} = 21,546 \text{ KNm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{B \times dx^2} = \frac{21,546}{1 \times 90,5^2} = 0,00263 \text{ KN/mm}^2$$

$$Rn = 2,631 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times Rn \times m}{fy}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 2,631 \times 16,471}{420}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,00662$$

$$\rho_{\min} = 0,00326$$

$$\rho_{\max} = 0,02239$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00662$$

$$A_{S\text{-perlu}} = \rho_{\text{pakai}} \times B \times dx = 0,00662 \times 1000 \times 90,5$$

$$A_{S\text{-perlu}} = 599,55 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{S\text{-perlu}}}{A_{S\text{-tulangan}}} = \frac{599,55}{132,7323 \text{ mm}^2} = 4,517 = 5 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{\max 1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{\max 2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pakai}} = 200 \text{ mm}$$

D13-200

C. Penulangan Momen Positif Lajur Kolom

$$M_U = 9,881 \text{ KNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9,881}{0,9} = 10,979 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{B \times dx^2} = \frac{10,979}{1 \times 90,5^2} = 0,00134 \text{ KN/mm}^2$$

$$R_n = 1,34 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times Rn \times m}{fy}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 1,34 \times 16,471}{420}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,003328$$

$$\rho_{min} = 0,00326$$

$$\rho_{max} = 0,02239$$

$$\rho_{pakai} = 0,00328$$

$$A_{s-perlu} = \rho_{pakai} \times B \times dx = 0,00328 \times 1000 \times 90,5$$

$$A_{s-perlu} = 296,853 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{s-perlu}}{A_{s-tulangan}} = \frac{296,853}{132,7323 \text{ mm}^2} = 2,237 = 3 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{3} = 333,333 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{max1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{max2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

D13-200

D. Penulangan Momen Positif Lajur Tengah

$$M_U = 10,441 \text{ KNm}$$

$$\emptyset = 0,9$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset} = \frac{10,441}{0,9} = 11,602 \text{ KNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{B \times dx^2} = \frac{11,602}{1 \times 90,5^2} = 0,00142 \text{ KN/mm}^2$$

$$R_n = 1,417 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,471$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times R_n \times m}{f_y}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{16,471} \times \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{2 \times 1,417 \times 16,471}{420}\right)}\right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,00347$$

$$\rho_{min} = 0,00326$$

$$\rho_{max} = 0,02239$$

$$\rho_{pakai} = 0,00347$$

$$A_{s-perlu} = \rho_{pakai} \times B \times dx = 0,00347 \times 1000 \times 90,5$$

$$A_{s-perlu} = 314,205 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan terpasang

$$n = \frac{A_{s-perlu}}{A_{s-tulangan}} = \frac{314,205}{132,7323 \text{ mm}^2} = 2,367 = 3 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang

$$s = \frac{B}{n} = \frac{1000}{3} = 333,333 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 8.7.2.2, spasi maksimal s:

$$S_{max1} = 450 \text{ mm}$$

$$S_{max2} = 2 \times tp = 2 \times 130 = 260 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 200 \text{ mm}$$

D13-200

4.1.6 Rekap Penulangan

Jenis Pelat	Pelat Interior			
	Long Section (Ln = 5150 mm)			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	Momen Negatif	Momen Positif	Momen Negatif	Momen Positif
Tulangan Pakai	D13-50	D13-100	D13-200	D13-200
	Long Section (Ln = 2600 mm)			
	Lajur Kolom		Lajur Tengah	
	Momen Negatif	Momen Positif	Momen Negatif	Momen Positif
Tulangan Pakai	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200

4.2 Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Data perhitungan perencanaan tangga :

Tangga dengan tinggi 4 m

Tinggi Lantai = 400 cm

Elevasi Bordes = 200 cm

Lebar Bordes = 545 cm

Panjang Bordes = 150 cm

Bentang Tangga = 360 cm

Tinggi Injakan = 17 cm

Lebar Injakan = 30 cm

$$\sqrt{R^2 + T^2} = 344,819 \text{ mm}$$

Kemiringan Tangga = $\arctan \frac{2}{3,6} = 29.05^\circ$

Panjang anak tangga = $\frac{3,6}{\cos(29,05)} = 4,1183 \text{ m}$

Tebal Plat dasar Tangga = $\frac{\text{Panjang anak tangga}}{20} = \frac{4,1183}{20} \cong 21 \text{ cm}$

Tebal Plat Bordes = 21 cm

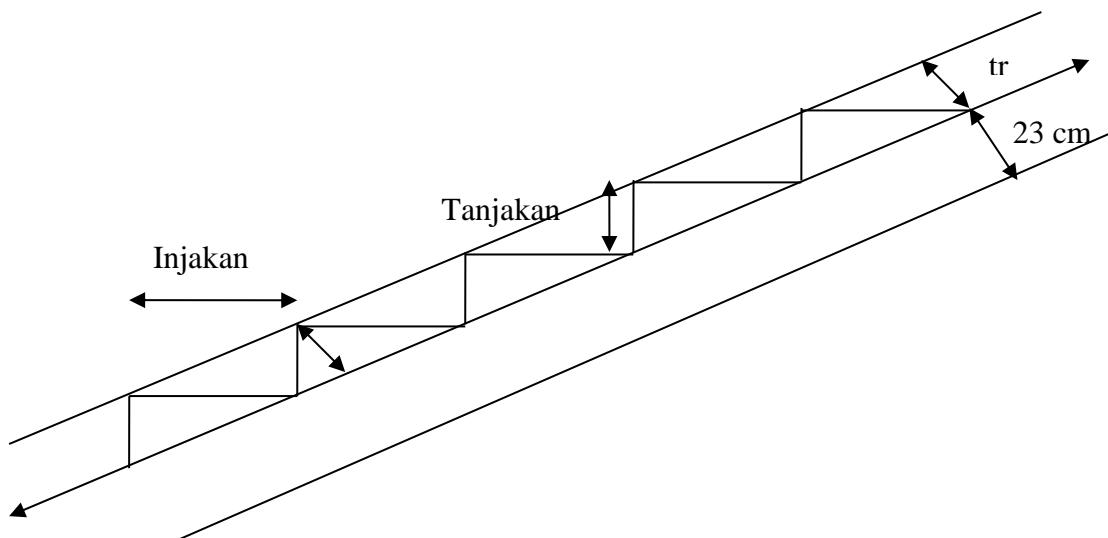
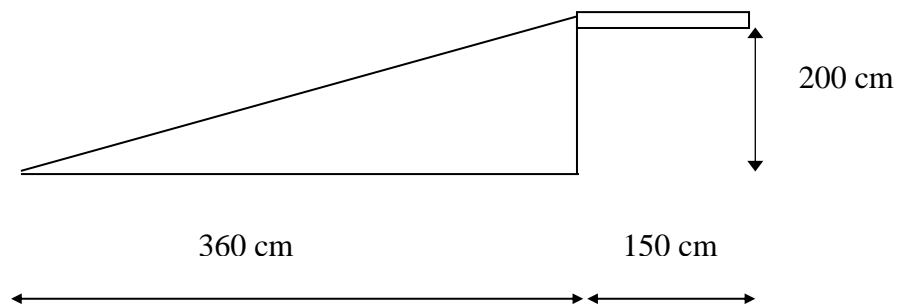
Jumlah Tanjakan (n) = $\frac{2}{0.17} = 12 \text{ buah}$

Jumlah Injakan = $12 - 1 = 11 \text{ buah}$

Cek Persyaratan Tangga :

$$25 < \alpha < 40$$

$$\alpha = 29,05^\circ \Rightarrow \quad \mathbf{OK}$$



4.2.1 Perhitungan Pembebanan

A. Pembebanan Pelat Tangga

Beban Mati :

$$\text{Berat sendiri pelat} = 2400 \times 0,21 \times \frac{\sqrt{0,17^2 + 0,30^2}}{0,30} = 579,296 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\text{Beban di pijakan} = 2400 \times 0,5 \times 0,17 = 204 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\text{Berat ubin (1 cm)} = 1 \times 21 \text{ Kg/m}^3 = 21 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi (2 cm)} = 2 \times 21 \text{ Kg/m}^3 = 42 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\text{Pegangan} = 73 \times 0,2 = 14,6 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 860,896 \quad \text{Kg/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup} : = 488,444 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (860,896) + 1,6 (488,444) \\ &= 1814,59 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

B. Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati :

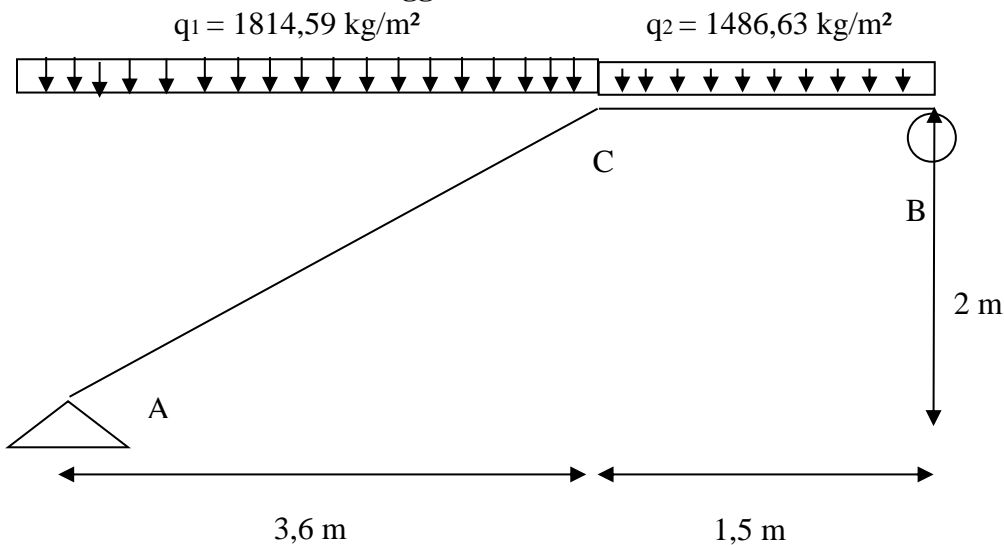
Berat sendiri pelat	$= 2400 \times 0,21$	$= 504$	Kg/m^2
Berat ubin (1 cm)		$= 21$	Kg/m^2
Berat spesi (2 cm)	$= 0,02 \times 2400 \text{ Kg/m}^3$	$= 48$	Kg/m^2
Pegangan	$= 73 \times 0,2$	$= 14,6$	Kg/m^2
Total		$= 587,6$	Kg/m^2

Beban Hidup : $= 488,444 \text{ Kg/m}^2$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (587,6) + 1,6 (488,444) \\ &= 1486,63 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.2 Analisa Struktur Tangga



$$\sum M_a = 0$$

$$R_b(5) - [q_1(0,5)(3,15^2)] - [q_2(1,5)(3,6 + (0,75))] = 0$$

$$R_b = \frac{(1814,59)(0,5)(3,6^2) + (1486,63)(1,5)(4,35)}{5,1}$$

$$R_b = 4207,603 \text{ Kg}$$

$$\sum Mb = 0$$

$$Ra(5) - [q_1(3,6)((0,5)3,6 + 1,5)] - [q_2(1,5^2)(0,5)] = 0$$

$$Ra = \frac{(1814,59)(3,6)(3,3) + (1486,631)(1,5^2)(0,5)}{5,1}$$

$$Ra = 4554,849 \text{ Kg}$$

Kontrol

$$\sum V = 0$$

$$Ra + Rb - (q_1)(3,6) - (q_2)(1,5) = 0$$

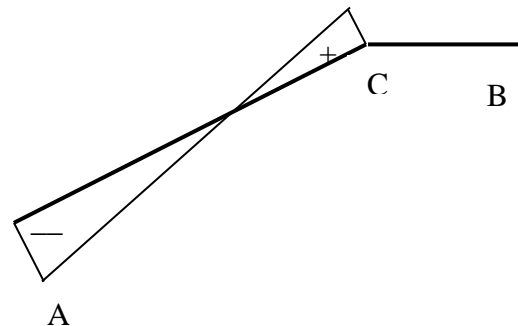
$$4554,849 + 4207,603 - 1814,59(3,6) - 1486,631(1,5) = 0 \text{ (OK)}$$

A. Bidang N

$$\begin{aligned} Na &= -Rav \times \sin 29,05^\circ \\ &= -4554,849 \text{ Kg} \times \sin 29,05^\circ \\ &= -2212 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nc &= -Na + (q_1 \times \sin 29,05^\circ \times Lac) \\ &= -2212 + 3629,17 \\ &= 1417,14 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$Nb = 0 \text{ Kg}$$



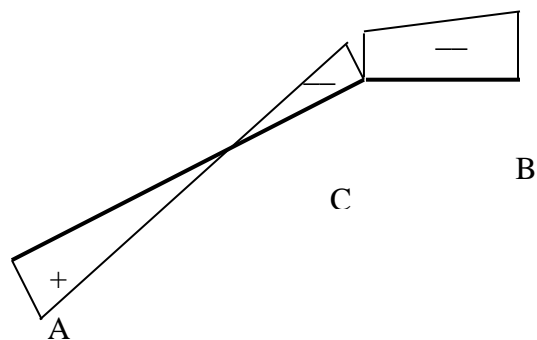
B. Bidang D

$$\begin{aligned} Da &= Rav \times \cos 29,05^\circ \\ &= 4554,849 \times \cos 29,05^\circ \\ &= 3981,65 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dc_{kiri} &= Da - (q_1 \times \cos 29,05^\circ \times Lac) \\ &= 3981,65 - 6532,51 \\ &= -2550,85 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Db &= -Rb \\ &= -4207,6 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dc_{kanan} &= -Rb + q_2(1,5) \\ &= -4207,6 + 1486,63(1,5) \\ &= -1977,66 \text{ Kg} \end{aligned}$$



C. Bidang M

$$M_a = 0 \text{ Kgm}$$

$$M_b = 0 \text{ Kgm}$$

$$\begin{aligned} M_{c_{\text{kanan}}} &= (R_b \times 1,5) - \left(\frac{1}{2} \times q_2 \times 1,5^2\right) \\ &= 4207,6 (1,5) - \frac{1}{2}(1486,63)(1,5)^2 \\ &= 4638,945 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

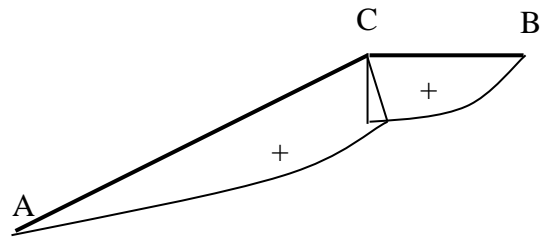
$$M_{\text{max}} = R_{av} \times X - \left(\frac{1}{2} \times q_1 \times X^2\right)$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$4554,85 - 1814,59 X = 0$$

$$X = \frac{4554,85}{1814,59} = 2,51 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{max}} &= (4554,85 \times 2,51) - \left(\frac{1}{2} \times 1814,59 \times 2,51^2\right) \\ &= 5716,638 \text{ Kgm} \end{aligned}$$



4.2.3 Perhitungan Penulangan

A. Penulangan Pelat Tangga :

$$\text{Momen tumpuan} = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 5716,638 \text{ kgm}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018 \text{ (SNI 2847 Pasal 24.4.3(2))}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right) = 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right) = 0,836$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{420} \times \frac{600}{(600 + 420)} = 0,02985 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,02985 = 0,02239$$

$$\rho_{\text{min 1}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{\text{min 2}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326 \text{ (menentukan)}$$

- Penulangan Lentur Pelat Tangga

Tebal plat tangga = 210 mm

Panjang (b) = 1 m

Direncanakan :

Tulangan D16

Tebal selimut beton (d') = 20 mm

$D_x = 210 - 20 - (\frac{1}{2} \times 16) = 182$ mm

$M_u = 5916,638$ kgm

$$m = \frac{f_y}{(0,85 \times f'c)} = \frac{420}{(0,85 \times 30)} = 16,471$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5916,638 \times 9,81 \times 1.000}{0,9} = 62311350,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{62311350,5}{1.000 \times (182)^2} = 1,881 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right| = \frac{1}{16,471} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,471 \times 1,881}{420}} \right|$$

$$= 0,00466$$

Karena ρ_{perlu} lebih besar dari ρ_{minimum} maka yang digunakan yaitu ρ_{perlu} dalam perhitungan Luas tulangan yang diperlukan

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0,00466 \times 1.000 \times 182 = 847,681 \text{ mm}^2$$

Spasi = 125 mm

D tulangan = 16 mm

$$As \text{ pakai} = \frac{b \times 0,25 \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 16^2}{125} = 1608,495 \text{ mm}^2$$

(As pakai > As perlu)

Sehingga, dipakai tulangan D16 – 125

- Penulangan Susut Pelat Tangga (SNI 2847 Pasal 24.4.3.2)

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018 \times \frac{420}{f_y} = 0,0018 \times \frac{420}{420} = 0,0018 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0014$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{susut}} \times b \times h \\ &= 0,0018 \times 1.000 \times 210 = 370,643 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$D \text{ tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi} = 125 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{b \times 0,25 \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1000 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{125} = 628,319 \text{ mm}^2$$

$$(\text{As pakai} > \text{As perlu})$$

Sehingga, dipakai tulangan D10 – 125

- Penulangan Geser Pelat Tangga

$$V_u = R_a - (q_1 \times d) = 4554,85 - (1814,59 \times 0,182) = 4232,012 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = \frac{\sqrt{f'_c}}{6} b_w \times d \times 0,75$$

$$\phi V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} \times 1.000 \times 182 \times 0,75$$

$$\phi V_c = 124606,9 \text{ N} = 12702,03 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{4232,012}{0,75} = 5642,682 \text{ kg}$$

$V_c > V_n \rightarrow$ tidak perlu diberi tulangan geser

- Kontrol Lendutan

$$S_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{3,6 \times 100}{\cos(29,05) \times 360} = 1,144 \text{ cm}$$

$$q_1 = 1814,59 \text{ kg/m} = 18,1459 \text{ kg/cm}$$

$$E = 4.700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa} = 262415,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{100 \times 21^3}{12} = 77175 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 18,1459 \times \frac{3,6 \times 100^4}{\cos(29,05)}}{384 \times 262.415 \times 77175} = 0,336 \text{ cm} (S < S_{\text{ijin}})$$

B. Penulangan Pelat Bordes

$$\text{Momen titik C} = 4638,945 \text{ Kgm}$$

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{susut}} = 0.0018 \text{ (SNI 2847 Pasal 24.4.3(2))}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 28}{7} \right) = 0,85 - 0,05 \left(\frac{30 - 28}{7} \right) = 0.836$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{420} \times \frac{600}{(600 + 420)} = 0.02985 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} = 0,75 \times 0,02985 = 0,02239$$

$$\rho_{\text{min 1}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,00333$$

$$\rho_{\text{min 2}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,00326 \text{ (menentukan)}$$

- Penulangan Lentur Pelat Bordes :

$$\text{Tebal plat bordes} = 210 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 5,45 \text{ m}$$

$$\text{Panjang (l)} = 1,5 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{b}{l} = \frac{5,45}{1,5} = 3,63 \text{ (dikarenakan } \alpha > 2, \text{ maka perhitungan pelat bordes menggunakan asumsi pelat 1 arah)}$$

Direncanakan :

Tulangan D16

$$\text{Tebal selimut beton (d')} = 20 \text{ mm}$$

$$D_x = 210 - 20 - (\frac{1}{2} \times 16) = 182 \text{ mm}$$

$$M_u = 4638,945 \text{ kgm}$$

$$m = \frac{f_y}{(0,85 \times f'c)} = \frac{420}{(0,85 \times 30)} = 16,471$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{4638,945 \times 9,81 \times 1.000}{0,9} = 50564505,02 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{50564505,02}{1.000 \times (182)^2} = 1,598 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right| = \frac{1}{16,471} \left| 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,471 \times 1,598}{420}} \right|$$

$$= 0,003931$$

Karena ρ_{perlu} lebih besar dari ρ_{minimum} maka yang digunakan yaitu ρ_{perlu} dalam perhitungan Luas tulangan yang diperlukan

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,003931 \times 1.000 \times 182 = 699,328 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 125 \text{ mm}$$

$$\text{D tulangan} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{b \times 0,25 \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1.000 \times 0,25 \times \pi \times 16^2}{125} = 1608,495 \text{ mm}^2$$

$$(\text{As pakai} > \text{As perlu})$$

Sehingga, dipakai tulangan D16 – 125

- Penulangan Susut Pelat Bordes (SNI 2847 Pasal 24.4.3.2)

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0018 \times \frac{420}{f_y} = 0,0018 \times \frac{420}{420} = 0,0018 \text{ (menentukan)}$$

$$\rho_{\text{susut}} = 0,0014$$

$$\text{As perlu} = \rho_{\text{susut}} \times b \times h$$

$$= 0,0018 \times 1.000 \times 182 = 370,643 \text{ mm}^2$$

$$\text{D tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi} = 125 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = \frac{b \times 0,25 \times \pi \times d^2}{s} = \frac{1.000 \times 0,25 \times \pi \times 10^2}{125} = 628,319 \text{ mm}^2$$

$$(\text{As pakai} > \text{As perlu})$$

Sehingga, dipakai tulangan D10 – 125

- Penulangan Geser Pelat Bordes

$$V_u = R_b - (q_2 \times d) = 4207,603 - (1486,63 \times 0,182) = 3943,113 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} b_w \times d \times 0,75$$

$$\phi V_c = \frac{\sqrt{30}}{6} \times 1.000 \times 182 \times 0,75$$

$$\phi V_c = 121808,4 \text{ N} = 12416,76 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = \frac{3943,113}{0,9} = 4381,237 \text{ kg}$$

$V_c > V_n \rightarrow$ tidak perlu diberi tulangan geser

- Kontrol Lendutan

$$S_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{1,5 \times 100}{360} = 0,4167 \text{ cm}$$

$$Q_2 = 1486,63 \text{ kg/m} = 14,8663 \text{ kg/cm}$$

$$E = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25.742,96 \text{ MPa} = 262.415 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{100 \times 21^3}{12} = 72755,79 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times 14,8663 \times 150^4}{384 \times 262.415 \times 72755,79} = 0,00513 \text{ cm} \quad (S < S_{\text{ijin}})$$

4.3 Balok Anak

4.3.1 Data Perencanaan

Frame geometry and section properties :

1. Clearance span, l_n = 5450 mm
2. Beam width, b_w = 250 mm
3. Beam height = 350 mm
4. Concrete cover, C_c = 40 mm

Material Properties :

1. Concrete compressive strength, f'_c = 30 Mpa ($\beta_1 = 0.84$)
2. Yield strength of steel bar, f_y = 420 Mpa
3. Diameter of longitudinal reinforcement = 16 mm ($A_s = 201,062 \text{ mm}^2$)
4. Diameter of transversal reinforcement = 10 mm ($A_s = 78,54 \text{ mm}^2$)

4.3.2 Gaya Dalam Output Etabs

Momen negative ultimate (M_U) (envelope) = 77 kNm

Momen positive ultimate (M_U) (envelope) = 55 kNm

V_u (envelope) = 76,25 kN

P (aksial) (max) = 1,75 kN

T (torque) (max) = 10 kN

4.3.3 Desain Tulangan Lentur Negative

Direncanakan tulangan D16

- Effective depth, $d = h - C_c - \text{sengkang} - 0.5 \times \text{longitudinal}$
 $= 350 - 40 - 10 - 0.5 \times 16 = 292 \text{ mm}$
- Rasio tulangan maksimum dan minimum
 - ✓ Rasio tulangan maksimum $= 0.75 \left[0.85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right] = 0.0224$
 Rasio tulangan maksimum pakai $= 0.0224$
 - ✓ Rasio tulangan minimum $= \frac{1.4}{f_y} = 0.0033$
 Rasio tulangan minimum pakai $= 0.0033$
- $R_n = \frac{M_u}{0.9 \times b_w \times d^2} = \frac{77 \times 10^6}{0.9 \times 250 \times 292^2} = 4,014 \text{ MPa}$
- $\rho = 0.85 \times \frac{f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{R_n}{0.85 f'_c}} \right) = 0.0105$
 $\rho \text{ pakai} = 0.0105$
- $A_s = \rho \times b_w \times d = 763,352 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan $= 763,352 / 201,062 = 3,797 \approx 4 \text{ buah}$
 $A_s \text{ terpasang} = 4 \times 201,062 = 804,248 \text{ mm}^2$
 $\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{804,248}{250 \times 292} = 0,011 \leq \rho_b$
- Cek apakah penampang tension controlled

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b_w} = \frac{804,248 \times 420}{0,85 \times 30 \times 250} = 52,986 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{52,986}{292} = 0,182$$

$$\frac{a_b}{d} = \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} = 0,84 \frac{600}{600 + 420} = 0,4916$$

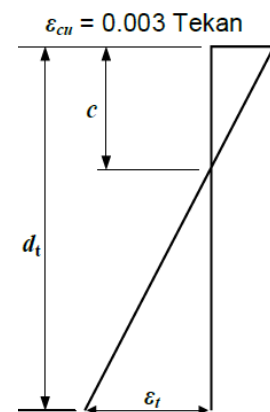
$$\frac{a}{d} < \frac{a_b}{d} \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$
- Cek factor reduksi kekuatan

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 63,38 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{\epsilon_c} = \frac{d - c}{\epsilon_t}$$

$$\frac{63,38}{0,003} = \frac{292 - 63,38}{\epsilon_t}$$

$$\epsilon_t = 0,0108 > 0,005 \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$



Dengan demikian nilai $\phi = 0,9$

- Cek momen nominal

$$\phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9 \times 804,248 \times 420 \times \left(292 - \frac{52,986}{2}\right) = 80,716 \text{ kNm} \geq Mu \text{ (Ok)}$$

4.3.4 Desain Tulangan Lentur Positive

Direncanakan tulangan D16

- Effective depth, $d = h - Cc - \text{sengkang} - 0.5 \times \text{longitudinal}$

$$= 350 - 40 - 10 - 0.5 \times 16 = 292 \text{ mm}$$

- Rasio tulangan maksimum dan minimum

- ✓ Rasio tulangan maksimum = $0.75 \left[0.85 \times \beta_1 \times \frac{f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \right] = 0.0224$

$$\text{Rasio tulangan maksimum pakai} = 0.0224$$

- ✓ Rasio tulangan minimum = $\frac{1.4}{fy} = 0.0033$

$$\text{Rasio tulangan minimum pakai} = 0.0033$$

- $Rn = \frac{Mu}{0.9 \times bw \times d^2} = \frac{55 \times 10^6}{0.9 \times 250 \times 292^2} = 2,867 \text{ MPa}$

- $\rho = 0.85 \times \frac{f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{Rn}{0.85 f'c}} \right) = 0.00726$

$$\rho \text{ pakai} = 0.00726$$

- $As = \rho \times bw \times d = 529,984 \text{ mm}^2$

- Jumlah tulangan = $529,984 / 201,062 = 2,636 \approx 3$ buah

$$As \text{ terpasang} = 3 \times 201,062 = \text{mm}^2$$

$$\rho = \frac{As}{bw \times d} = \frac{529,984}{250 \times 292} = 0,00726 \leq \rho_b$$

- Cek apakah penampang tension controlled

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times bw} = \frac{529,984 \times 420}{0,85 \times 30 \times 250} = 34,917 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{34,917}{292} = 0,1196$$

$$\frac{a_b}{d} = \beta_1 \frac{600}{600 + fy} = 0,84 \frac{600}{600 + 420} = 0,4916$$

$$\frac{a}{d} < \frac{a_b}{d} \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

- Cek factor reduksi kekuatan

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 41,766 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{\varepsilon_c} = \frac{d - c}{\varepsilon_t}$$

$$\frac{41,766}{0,003} = \frac{292 - 41,766}{\varepsilon_t}$$

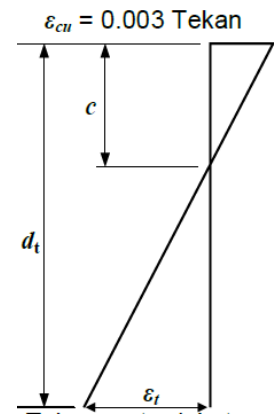
$$\varepsilon_t = 0,01797 > 0,005 \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

Dengan demikian nilai $\phi = 0,9$

- Cek momen nominal

$$\phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,9 \times 529,984 \times 420 \times \left(292 - \frac{34,917}{2} \right) =$$

$$55 \text{ kNm} \geq Mu \text{ (Ok)}$$



4.3.5 Desain Tulangan Geser

- $V_c = 1/6 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = 1/6 \times \sqrt{30} \times 250 \times 292 = 66,64 \text{ kN}$

- $V_s = \frac{Vu}{\phi} - Vc = \frac{76,25}{0,75} - 66,64 = 35,027 \text{ kN}$

- $V_{smin} = \frac{1}{3} \times b \times d = \frac{1}{3} \times 250 \times 292 = 24,333 \text{ KN (OK)}$

- Kebutuhan Sengkang

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{35369}{420 \times 292} = 0,286 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

4.3.6 Desain Tulangan Torsi

- Cek apakah pengaruh torsi dapat diabaikan

$$A_{cp} = b_w \times h = 250 \times 350 = 87500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b_w + h) = 2(250 + 350) = 1200 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SNI 2847 ($\lambda=1$ untuk beton berat normal) maka torsi dapat diabaikan jika,

$$T_u \leq \phi \frac{\lambda \sqrt{f'c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \leq 0,75 \frac{1\sqrt{30}}{12} \left(\frac{87500^2}{1200} \right) = 21841115 \text{ Nmm} = 2,184 \text{ KNm}$$

Karena nilai $T_u = 10 \text{ kN-m}$ melebihi batas torsi yaitu $2,184 \text{ kN-m}$, maka pengaruh torsi tidak dapat diabaikan.

- Cek dimensi penampang

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = 1/6 \times \sqrt{30} \times 250 \times 292 = 66,64 \text{ KN}$$

Asumsi digunakan D10 sebagai sengkang dan selimut beton (C_c) sebesar 40 mm.

$$A_{oh} = (h - 2C_c - d_{sengkang}) \times (b_w - 2C_c - d_{sengkang})$$

$$A_{oh} = (350 - 2 \times 40 - 10) \times (250 - 2 \times 40 - 10) = 41600 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \times ((h - 2C_c - d_{sengkang}) + (b_w - 2C_c - d_{sengkang}))$$

$$P_h = 2 \times ((350 - 2 \times 40 - 10) + (250 - 2 \times 40 - 10)) = 840 \text{ mm}$$

Untuk penampang solid, sesuai dengan SNI 2847 harus memenuhi

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2}{3} \sqrt{f'c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{76,25 \times 10^3}{250 \times 292}\right)^2 + \left(\frac{10 \times 10^6 \times 840}{1,7 \times 41600^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{66,30 \times 10^3}{250 \times 292} + \frac{2}{3} \sqrt{30}\right)$$

$$3,04 \leq 3,423 \text{ (OK)}$$

Maka ukuran penampang sudah cukup.

- Hitung kebutuhan sengkang torsi

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{10 \times 10^6}{0,75} = 13333333 \text{ Nmm}$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 41600 = 35360 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_y} \cot\theta = \frac{13333333}{2 \times 35360 \times 420} \cot 45 = 0,449 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Desain tulangan longitudinal untuk torsi

$$A_l = \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \left(\frac{f_y \text{ torsi}}{f_y \text{ longitudinal}}\right)$$

$$A_l = (0,449) \times 840 \times \left(\frac{420}{420}\right) = 377,074 \text{ mm}^2$$

Perhitungan A_l minimum

$$A_{l,min} = \frac{5\sqrt{f'c} A_{cp}}{12 f_y \text{ longitudinal}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \left(\frac{f_y \text{ torsi}}{f_y \text{ longitudinal}}\right)$$

$$A_{l,min} = \frac{5\sqrt{30} \times 87500}{12 \times 420} - 377,074 = 98,38 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimana, } \frac{A_t}{s} \geq \frac{b_w}{6 f_y \text{ torsi}} = \frac{250}{6 \times 420} = 0,099 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan $A_l = 377,074 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan longitudinal torsi d16 ($A_s = 201,062 \text{ mm}^2$), maka jumlah tulangan yang dibutuhkan,

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_t}{A_s} = \frac{377,074}{201,062} = 1,876 \cong 2 \text{ buah}$$

4.3.7 Penulangan Sengkang Kombinasi Geser dan Torsi

Tambahkan luas sengkang torsi dengan geser, dan pilih diameter dan spasi tulangan sengkang,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,285 + 2 \times 0,449 = 1,183 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Cek persyaratan sengkang minimum:

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,062 \sqrt{f'c} \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,062 \sqrt{30} \frac{250}{420}$$

$$1,183 \geq 0,202 \text{ (OK)}$$

dan

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,35 \frac{b_w}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,35 \frac{250}{420}$$

$$1,183 \geq 0,208 \text{ (OK)}$$

Maka digunakan,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = 1,183 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang dengan diameter 10 mm dan jumlah kaki = 2 buah

$$A_s = 157,08 \text{ mm}^2$$

Sehingga spacing dapat dihitung,

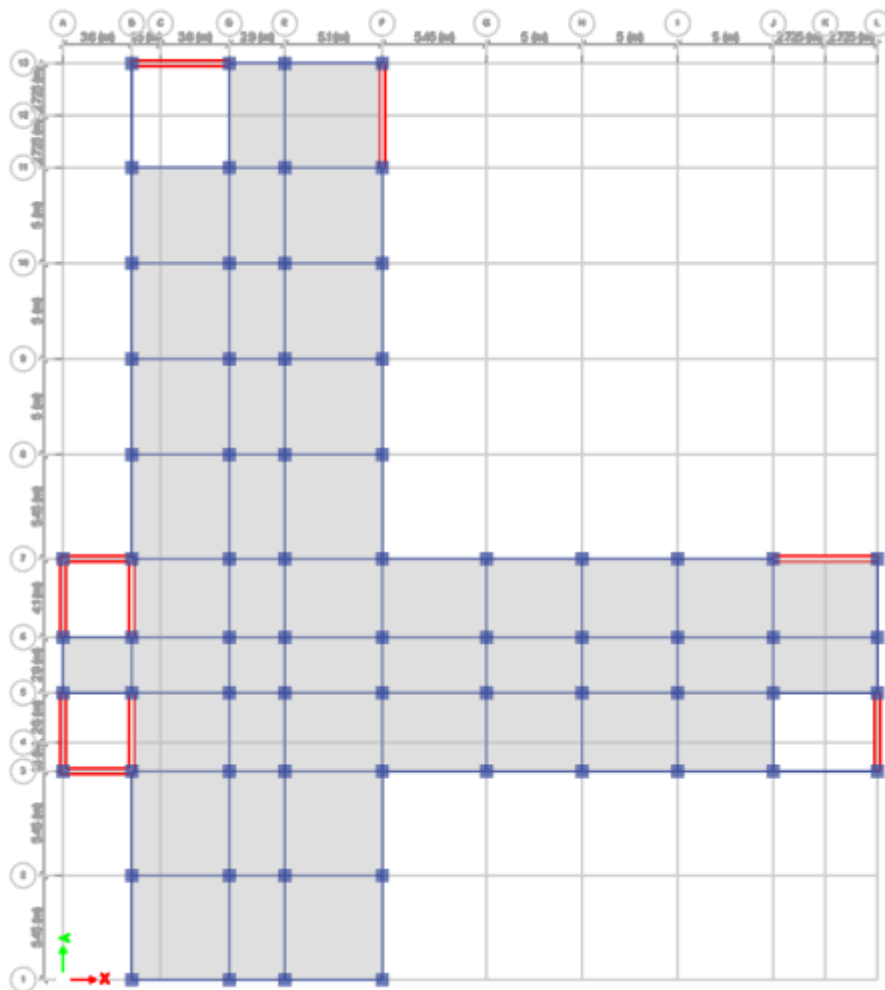
$$s = \frac{A_s}{(A_{v+t}/s)}$$

$$s = \frac{157,08}{1,183} = 132,735 \text{ mm}$$

Maka digunakan spacing sebesar 125 mm

BAB V PEMODELAN STRUKTUR

5.1 Denah Bangunan



5.2 Aplikasi Etabs

Program ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures, Incorporated (CSI) yang berlokasi di Berkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari penelitian dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University of California, Berkeley, Amerika Serikat, maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah. Selain program analisis struktur ETABS ada beberapa program yang dikembangkan oleh CSI diantaranya program SAP dan program SAFE. Program SAP sendiri adalah program pertama kali yang dikembangkan oleh perusahaan CSI. Program SAP, ETABS dan SAFE sudah dipakai dan diaplikasikan (teruji) di lapangan oleh konstruktor-konstruktor di lebih dari 100 negara di dunia.

Secara spesifik ada kelebihan masing-masing dari ketiga program tersebut, program SAP secara khusus digunakan secara spesialis untuk analisis struktur seperti jembatan, bendungan, stadion/gelanggang, struktur untuk industri dan bangunan-bangunan industri. Program ETABS digunakan secara spesialis untuk analisis struktur high rise building seperti bangunan perkantoran, apartemen, rumah sakit, dll.

Program ETABS secara khusus difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur, yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang, analisis dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektif waktu dalam menganalisisnya.

5.3 Define

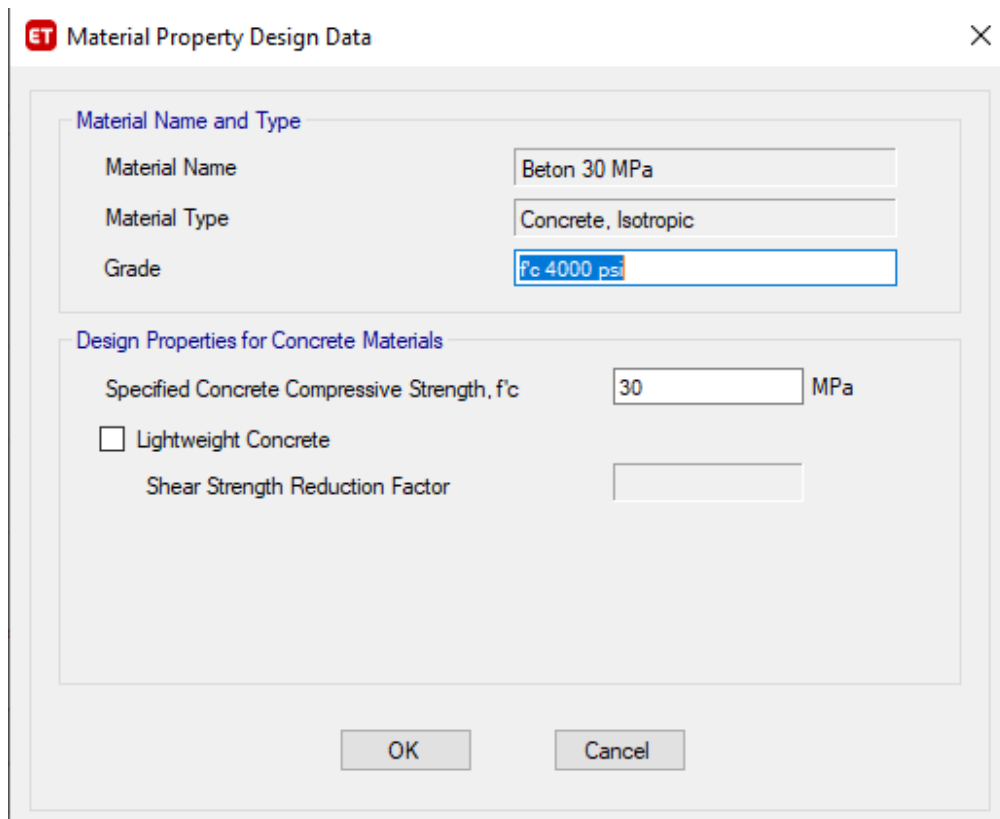
1. Define Material

Material yang akan didefine adalah beton dengan detail sebagai berikut

The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box in ETABS. The material is named 'Beton 30 MPa' and is classified as 'Concrete'. The material is isotropic and has a yellow display color. The weight density is specified as 23.5631 kN/m³ and the mass density as 2402.77 kg/m³. Mechanical properties include a modulus of elasticity of 25742.96 MPa, a Poisson's ratio of 0.2, a coefficient of thermal expansion of 0.000099 1/C, and a shear modulus of 10726.23 MPa. The dialog also includes sections for Design Property Data and Advanced Material Property Data, with buttons for 'OK' and 'Cancel' at the bottom.

Property	Value	Unit
Material Name	Beton 30 MPa	
Material Type	Concrete	
Directional Symmetry Type	Isotropic	
Material Display Color	Yellow	
Material Notes		
Specify Weight Density	<input checked="" type="radio"/>	
Specify Mass Density	<input type="radio"/>	
Weight per Unit Volume	23.5631	kN/m³
Mass per Unit Volume	2402.77	kg/m³
Modulus of Elasticity, E	25742.96	MPa
Poisson's Ratio, U	0.2	
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.000099	1/C
Shear Modulus, G	10726.23	MPa

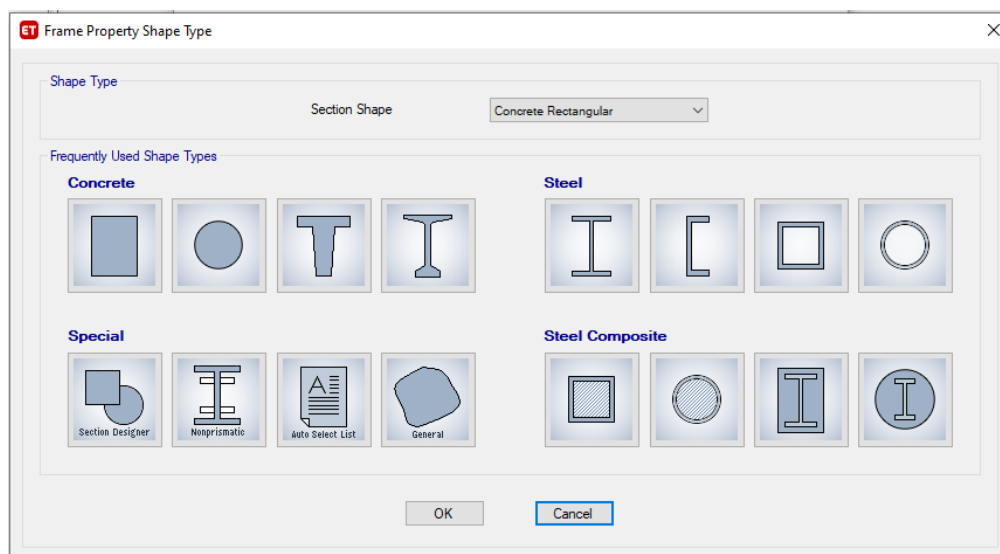
Hitung Modulus of Elasticity dengan rumus $4700\sqrt{f'c}$ lalu klik “Modify/Show Material Property Design Data” maka akan keluar tampilan sebagai berikut:



Isi “Specified Concrete Compressive Strength, f’c” dengan kuat tekan beton yang digunakan.

2. Define Frame Section

Balok dan kolom menggunakan section shape concrete rectangular



ET Frame Section Property Data

General Data

Property Name: Balok Induk 300x500

Material: Beton 30 MPa

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

Shape

Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

Source: User Defined

Section Dimensions

Depth: 500 mm

Width: 300 mm

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

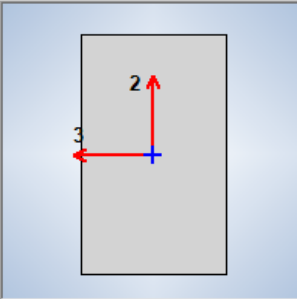
Property Modifiers

Modify/Show Modifiers...
Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK
Cancel



Isikan “Property Name” sesuai nama yang diinginkan. Ganti material dengan material yang sudah didefine diawal tadi. Isikan Depth dan Width sesuai dengan ukuran frame yang diinginkan.

3. Define Wall Section

Ganti material dengan material yang akan digunakan serta masukkan ukuran ketebalan dinding geser yang didesain

ET Wall Property Data

General Data

Property Name: Dinding Geser

Property Type: Specified

Wall Material: Beton 30 MPa

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Modeling Type: Shell-Thin

Modifiers (Currently Default): Modify/Show...

Display Color: [Blue] Change...

Property Notes: Modify/Show...

Property Data

Thickness: 300 mm

Include Automatic Rigid Zone Area Over Wall

OK Cancel

4. Define Slab Section

Ganti material dengan material yang akan digunakan serta masukkan ukuran ketebalan pelat lantai yang didesain.

The image shows a software dialog box titled "ET Slab Property Data". It is divided into two main sections: "General Data" and "Property Data".

General Data:

- Property Name: Pelat Lantai
- Slab Material: Beton 30 MPa
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Modeling Type: Shell-Thin
- Modifiers (Currently Default): Modify/Show...
- Display Color: A red square with a "Change..." button.
- Property Notes: Modify/Show...

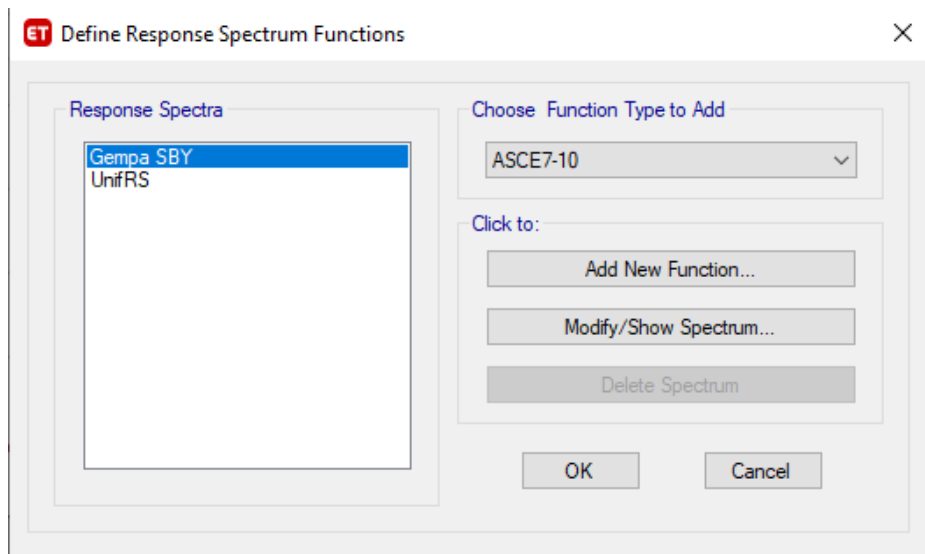
Property Data:

- Type: Slab
- Thickness: 130 mm

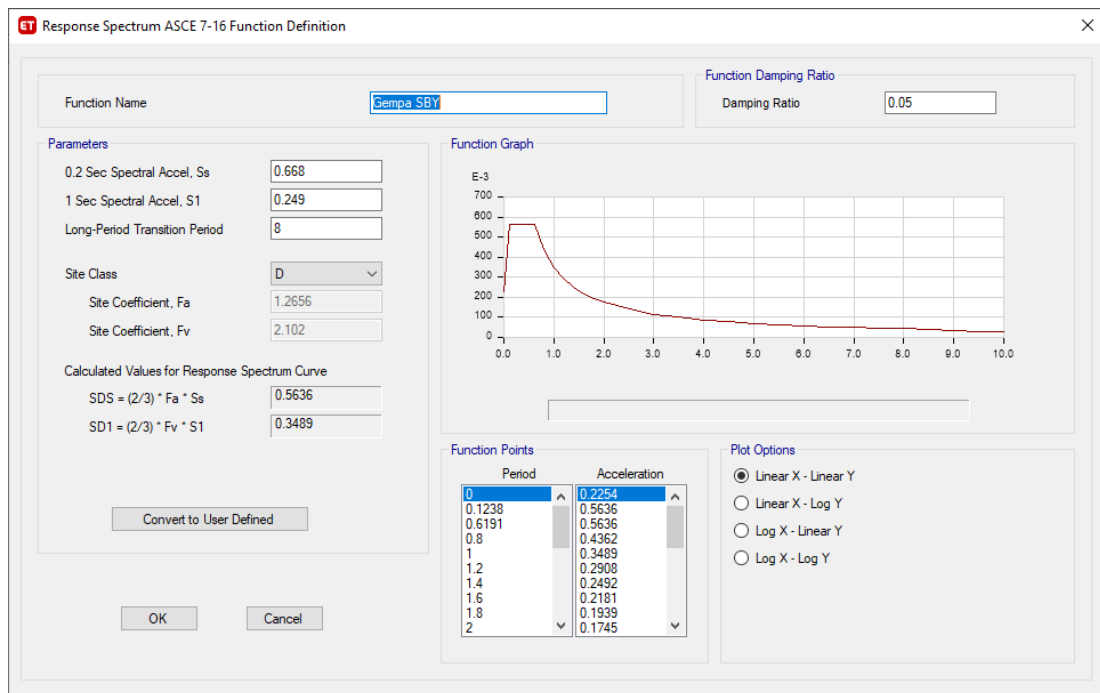
At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancel" buttons.

5. Define Functions/Response Spectrum

Pada saat membuka define response spectrum maka akan keluar tampilan seperti di bawah ini:



Pada bagian “Choose Function Type to Add” pilih ASCE 7-16 lalu klik “Add New Function” maka akan keluar tampilan seperti di bawah ini :



Masukkan nilai Ss, S1, dan pilih site class yang ditentukan.

6. Define Load Pattern

The 'Define Load Patterns' dialog box contains the following table:

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Dead	Dead	1	
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
Super Dead	Super Dead	0	
Roof Live	Roof Live	0	
Wind X	Wind	0	ASCE 7-16
Rain	Snow	0	
Wind Y	Wind	0	ASCE 7-16

On the right side of the dialog, there are buttons for 'Add New Load', 'Modify Load', 'Modify Lateral Load...', 'Delete Load', 'OK', and 'Cancel'.

Untuk load pattern Wind digunakan peraturan ASCE 7-16 dan dibagi menjadi dua, yaitu angin arah X dan arah Y.

Wind X

The 'Wind Load Pattern - ASCE 7-16' dialog box is divided into several sections:

- Exposure and Pressure Coefficients:**
 - Exposure from Extents of Diaphragms
 - Exposure from Frame and Shell Objects
 - Include Shell Objects
 - Include Frame Objects (Open Structure)
- Wind Pressure Coefficients:**
 - User Specified
 - Program Determined
 - Windward Coefficient, Cpw: 0.8
 - Leeward Coefficient, Cpl: 0.5
- Wind Exposure Parameters:**
 - Wind Direction and Exposure Width: Modify/Show...
 - Case (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8): 1
 - e1 Ratio (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8): 0
 - e2 Ratio (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8): 0
- Wind Coefficients:**
 - Wind Speed (mph): 85
 - Exposure Type: B
 - Ground Elevation Factor: 1
 - Topographical Factor, Kzt: 1
 - Gust Factor: 0.85
 - Directionality Factor, Kd: 0.85
 - Solid / Gross Area Ratio: (empty)
- Exposure Height:**
 - Top Story: Story20
 - Bottom Story: Base
 - Include Parapet
 - Parapet Height: (empty) m

Buttons for 'OK' and 'Cancel' are located at the bottom of the dialog.

Wind Y

ET Wind Load Pattern - ASCE 7-16

Exposure and Pressure Coefficients

Exposure from Extents of Diaphragms
 Exposure from Frame and Shell Objects
 Include Shell Objects
 Include Frame Objects (Open Structure)

Wind Pressure Coefficients

User Specified Program Determined

Windward Coefficient, Cpw: 0.8
 Leeward Coefficient, Cpl: 0.5

Wind Exposure Parameters

Wind Direction and Exposure Width: Modify/Show...
 Case (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8): 1
 e1 Ratio (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8): 0
 e2 Ratio (ASCE 7-16 Fig. 27.3-8): 0

Wind Coefficients

Wind Speed (mph): 85
 Exposure Type: B
 Ground Elevation Factor: 1
 Topographical Factor, Kzt: 1
 Gust Factor: 0.85
 Directionality Factor, Kd: 0.85
 Solid / Gross Area Ratio:

Exposure Height

Top Story: Story20
 Bottom Story: Base
 Include Parapet
 Parapet Height: m

OK Cancel

7. Define Mass Source

ET Mass Source Data

Mass Source Name: MsSrc1

Mass Source

Element Self Mass
 Additional Mass
 Specified Load Patterns
 Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
 This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:
 This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Roof Live	0,3
Dead	1
Super Dead	1
Live	0,3
Roof Live	0,3

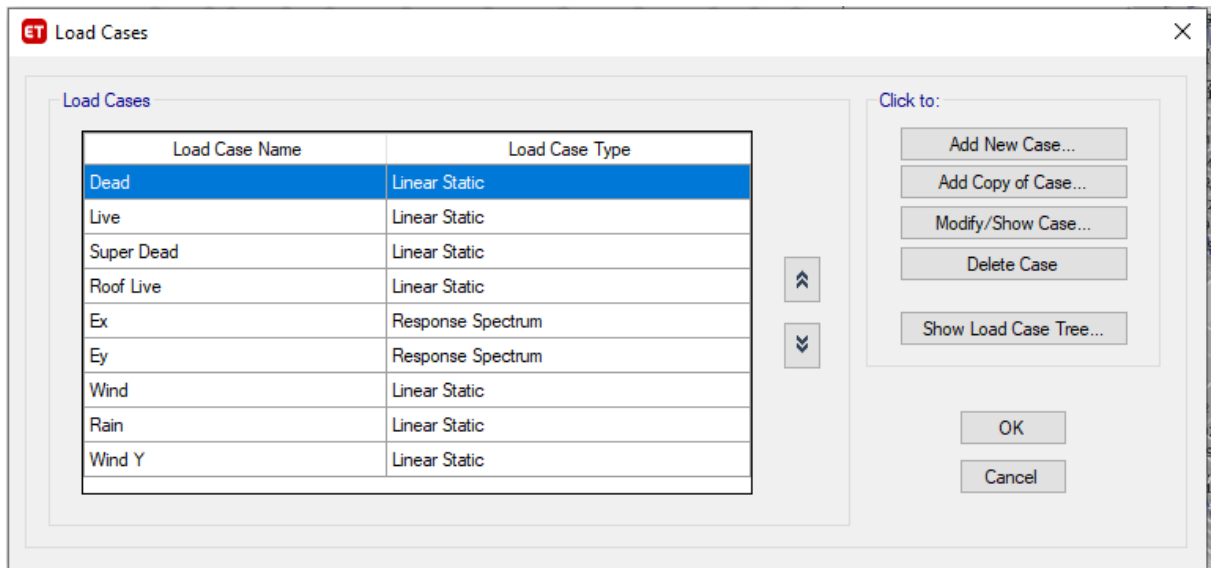
Add Modify Delete

Mass Options

Include Lateral Mass
 Include Vertical Mass
 Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

8. Define Load Cases



Dibagian inilah beban gempa didefinisikan, yaitu gempa arah X (Ex) dan arah Y (Ey).

Ketika mendefinisikan gempa arah X (Ex) maka scale factor diisikan:

$$U1 = \frac{gI}{R} = \frac{9810 \times 1}{7} = 1401,43$$
$$U2 = \frac{0,3gI}{R} = \frac{0,3 \times 9810 \times 1}{7} = 420,43$$

Ketika mendefinisakan gempa arah Y (Ey) maka scale factor diisikan kebalikan dari gempa arah X:

$$U2 = \frac{gI}{R} = \frac{9810 \times 1}{7} = 1401,43$$
$$U1 = \frac{0,3gI}{R} = \frac{0,3 \times 9810 \times 1}{7} = 420,43$$

Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Notes...

Mass Source:

Analysis Model:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	Gempa SBY	1401,43
Acceleration	U2	Gempa SBY	420,43

Advanced Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: Modify/Show...

OK Cancel

Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Notes...

Mass Source:

Analysis Model:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Gempa SBY	1401,43
Acceleration	U1	Gempa SBY	420,43

Advanced Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case:

Modal Combination Method:

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type:

Absolute Directional Combination Scale Factor:

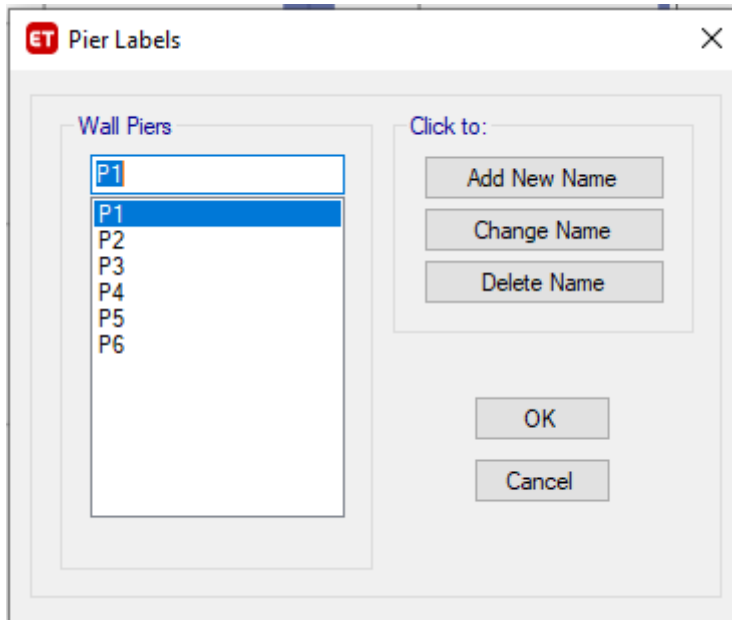
Modal Damping: Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: Modify/Show...

OK Cancel

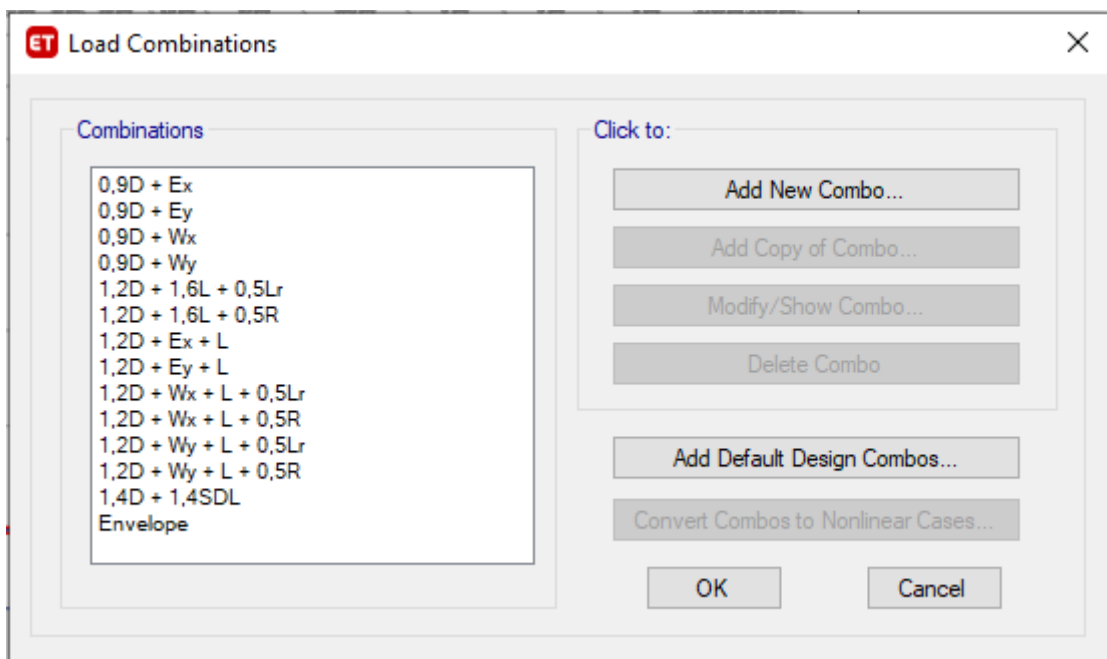
9. Define Pier Labels

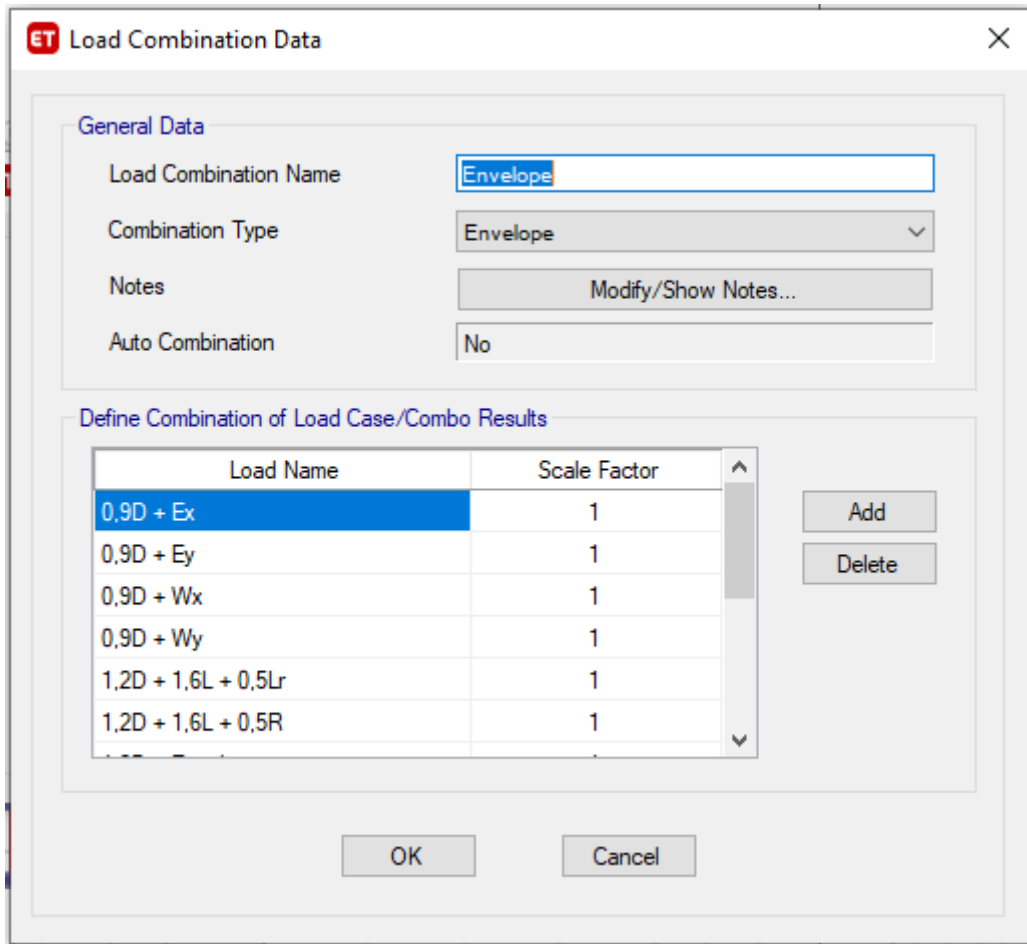
Pier labels digunakan untuk mendefinisikan goyangan dinding geser agar terjadi bersamaan dengan goyangan kolom (bergoyang bersama). Karena ada enam kelompok dinding geser, maka didesinisikan 6 buah pier label.



10. Define Load Combinations

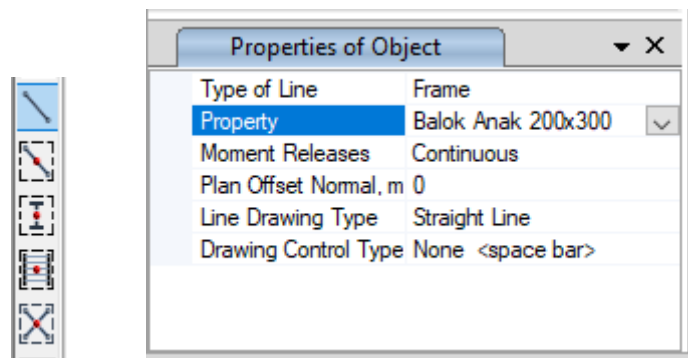
Load combinations yang digunakan sama seperti yang dijelaskan di bab sebelumnya. Ditambahkan satu kombinasi yaitu envelope yang merupakan gabungan dari semua kombinasi sebelumnya dengan scale factor 1.



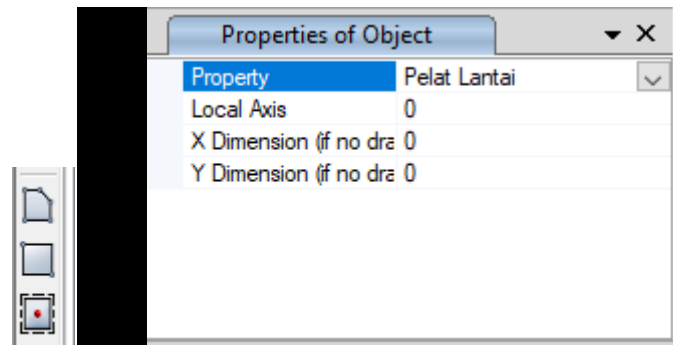


5.4 Draw

Ada dua jenis section yang akan dimodelkan, yaitu frame section dan area section. Untuk menggambar frame section maka digunakan alat sebagai berikut.



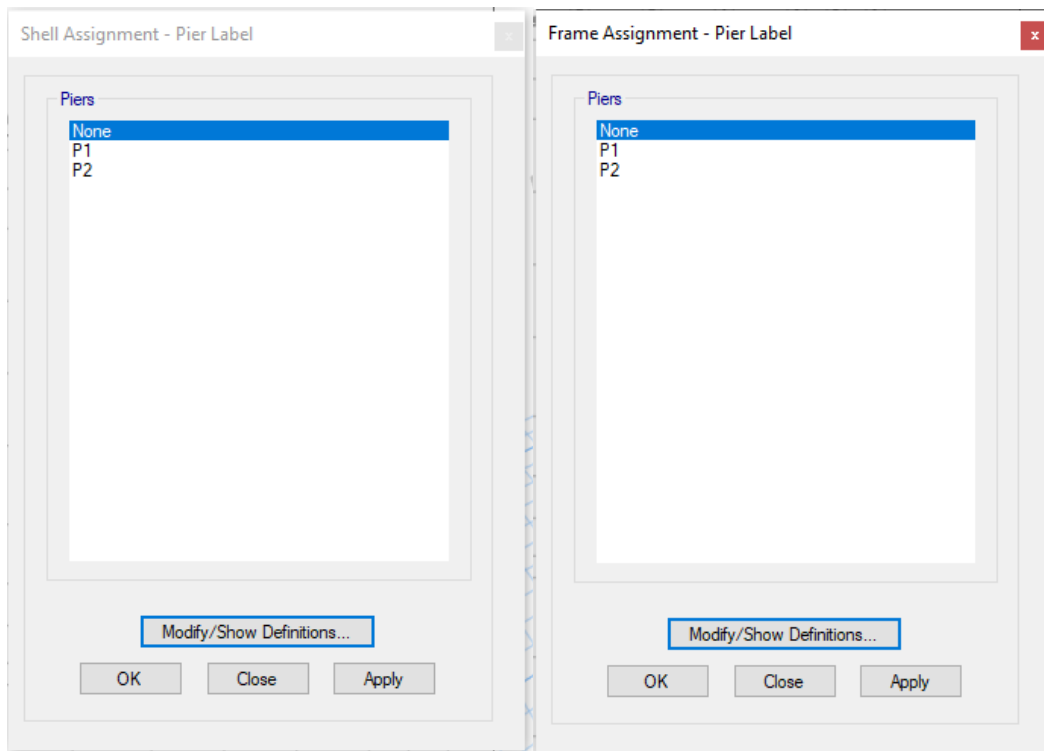
Untuk menggambar area section, yaitu pelat dan dinding maka digunakan alat sebagai berikut:



5.5 Assign

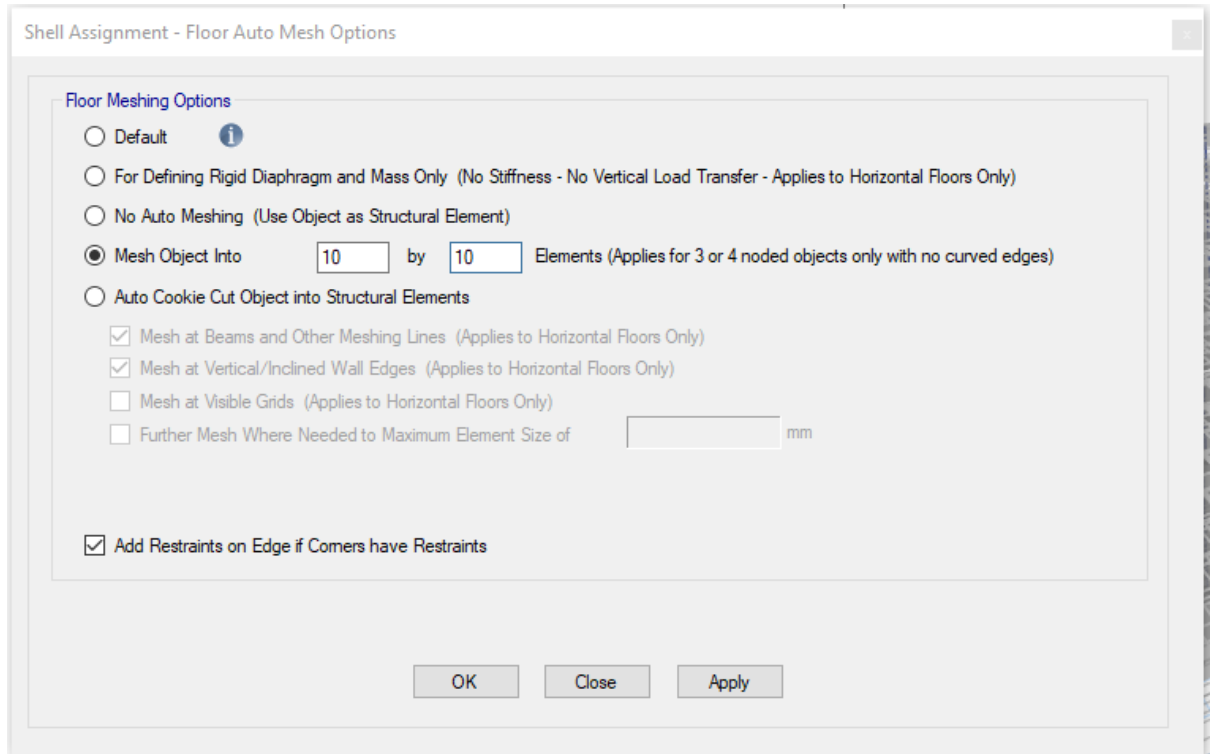
1. Assign Pier Label

Assign pier label diaplikasikan ke kolom dan dinding geser yang bersangkutan.



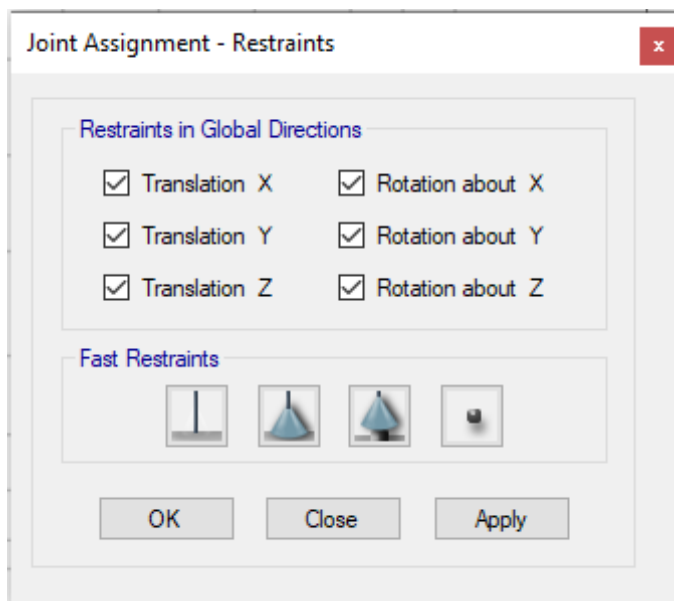
2. Assign Auto Mesh

Auto mesh diaplikasikan ke pelat untuk mendefinisikan transfer beban dari pelat ke balok beton. Besaran auto mesh dibuat sebesar 50x50 cm. Karena sebagian besar ukuran pelat adalah 5x5 m, maka auto mesh dibuat 10x10.



3. Assign Restraint

Assign restraint digunakan untuk mendefinisikan perletakan dalam hal ini digunakan perletakan jepit.



4. Assign Loads

Ada tiga jenis beban yang diaplikasikan ke struktur, yaitu beban garis dan terpusat yang diaplikasikan ke frame serta beban area yang diaplikasikan ke pelat.

- Beban dinding batu bata (line load)

Frame Load Assignment - Distributed

Load Pattern Name: Super Dead

Load Type and Direction: Forces Moments
Direction of Load Application: Gravity

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0,25	0,75	1
Load	0	0	0	0

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load: 10 kN/m

Buttons: OK, Close, Apply

- Beban lift (point load)

Frame Load Assignment - Point

Load Pattern Name: Dead

Load Type and Direction: Forces Moments
Direction of Load Application: Gravity

Options: Add to Existing Loads Replace Existing Loads Delete Existing Loads

Point Loads

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0,25	0,5	1
Load	0	0	95,65	0

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Buttons: OK, Close, Apply

- Beban hidup kamar (area load)

The screenshot shows a dialog box titled "Shell Load Assignment - Uniform". At the top, there is a "Load Pattern Name" dropdown menu set to "Live". Below this, the "Uniform Load" section contains a "Load" input field with the value "1.92" and the unit "kN/m²", and a "Direction" dropdown menu set to "Gravity". To the right, the "Options" section has three radio buttons: "Add to Existing Loads", "Replace Existing Loads" (which is selected), and "Delete Existing Loads". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Close", and "Apply".

- Beban hidup atap (area load)

The screenshot shows a dialog box titled "Shell Load Assignment - Uniform". At the top, there is a "Load Pattern Name" dropdown menu set to "Live". Below this, the "Uniform Load" section contains a "Load" input field with the value "0,96" and the unit "kN/m²", and a "Direction" dropdown menu set to "Gravity". To the right, the "Options" section has three radio buttons: "Add to Existing Loads", "Replace Existing Loads" (which is selected), and "Delete Existing Loads". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Close", and "Apply".

- Beban super imposed dead load (area load)

The screenshot shows a dialog box titled "Shell Load Assignment - Uniform". At the top, the "Load Pattern Name" is set to "Super Dead". Below this, the "Uniform Load" section contains a "Load" input field with the value "1.2" and the unit "kN/m²", and a "Direction" dropdown menu set to "Gravity". To the right, the "Options" section has three radio buttons: "Add to Existing Loads" (which is selected), "Replace Existing Loads", and "Delete Existing Loads". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Close", and "Apply".

- Beban hujan (area load)

The screenshot shows a dialog box titled "Shell Load Assignment - Uniform". At the top, the "Load Pattern Name" is set to "Rain". Below this, the "Uniform Load" section contains a "Load" input field with the value "0,2" and the unit "kN/m²", and a "Direction" dropdown menu set to "Gravity". To the right, the "Options" section has three radio buttons: "Add to Existing Loads" (which is selected), "Replace Existing Loads", and "Delete Existing Loads". At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Close", and "Apply".

BAB VI ANALISA STRUKTUR

6.1 Modal Load Participation Ratio

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
Case	ItemType	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	99,96
Modal	Acceleration	UY	100	99,95
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Maka dapat disimpulkan nilai partisipasi massa pada sumbu X dan sumbu Y telah memenuhi syarat minimum dari SNI 1726 yaitu 90%

6.2 Periode Fundamental Gedung

Periode fundamental gedung yang didapatkan dari output Etabs harus memenuhi persyaratan yang disyaratkan oleh SNI 1726. Periode fundamental bangunan (T), baik untuk sumbu X dan Y nilainya harus diantara nilai periode fundamental pendekatan (Ta) dan hasil perkalian CuTa. Nilai Ta dan CuTa diperoleh dari perhitungan manual.

- a. Periode Fundamental Bangunan Output dari Etabs

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
Case	Mode	Period	UX	UY
		sec		
Modal	1	1,0057	0,2819	0,2351
Modal	2	0,8850	0,3604	0,2577
Modal	3	0,7797	0,0140	0,1594
Modal	4	0,2663	0,0882	0,0599
Modal	5	0,2307	0,1004	0,0873
Modal	6	0,1942	0,0083	0,0452
Modal	7	0,1240	0,0359	0,0188

Didapatkan :

Periode pada mode 1 : 1,0057 detik dengan translasi searah sumbu X

Periode pada mode 2 : 0,7797 detik dengan translasi searah sumbu Y

- b. Periode Fundamental Pendekatan (Ta)

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan :

h_n adalah ketinggian struktur (m)

C_t dan x ditentukan dari tabel 18 SNI 1726 2019

Tabel 18 – Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Dengan asumsi menggunakan tipe struktur dual sistem, maka digunakan :

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

Ketinggian struktur (h) = 40 m

$$T_a = 0,7762 \text{ detik}$$

Untuk mendapatkan C_u dapat dilihat pada tabel 17 SNI 1726 2019

Tabel 17 – Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (C_u) yaitu 1,4, karena nilai S_{DI} yaitu 0,316. Maka hasil $C_u T_a$ yaitu 1,0867 detik.

c. Kesimpulan

Periode		Syarat	Keterangan
Tx	1,0057	$T_a < T_x < C_u * T_a$	Ok
Ty	0,7797	$T_a < T_y < C_u * T_a$	Ok

Periode struktur yang didapatkan dari output Etabs telah memenuhi persyaratan SNI 1726 2019

6.3 Perbandingan Base Shear Statis dan Dinamis

Komparasi perhitungan gaya geser seismik di ETABS ($V_{dinamis}$) dengan perhitungan gaya geser seismik dengan perhitungan (V_{desain}). $V_{dinamis}$ dan V_{desain} memiliki masing-masing 2 arah sumbu, yakni untuk sumbu X dan sumbu Y.

a. Base Shear Statis

Hasil Gaya Geser Seismik dengan cara perhitungan (V_{desain}) adalah sebagai berikut :

$$V = C_s W$$

Keterangan :

C_s adalah koefisien respon seismik

W adalah berat seismik efektif

Berikut adalah perhitungan C_s :

C_s harus ditentukan sesuai dengan persamaan (C_{s1}) berikut :

$$C_{s1} = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{I_e}}$$

Namun nilai C_{s1} yang dihitung sesuai persamaan diatas, tidak perlu melebihi persamaan C_{s2} berikut :

$$C_{s2} = \frac{S_{D1}}{\frac{T \times R}{I_e}}$$

Dan C_s juga tidak kurang dari persamaan C_{s3} berikut :

$$C_{s3} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Nilai – nilai untuk mencari C_s sudah diketahui dari lokasi bangunan dan sistem penahan gempa. Dengan nilai tersebut didapatkan hasil

$$C_{s1x} = 0,0806$$

$$C_{s1y} = 0,0806$$

$$C_{s2x} = 0,0449$$

$$C_{s2y} = 0,0579$$

$$C_{s3x} = 0,0248$$

$$C_{s3y} = 0,0248$$

Maka C_s yang digunakan untuk mencari V_{desain} adalah :

$$C_{sx} = 0,0449$$

$$C_{sy} = 0,0579$$

Setelah medapatkan C_s , menghitung V_{desain} dengan cara :

$$V = C_s W$$

Memakai W_{total} yang didapat dari *Mass Summary* output Etabs:

TABLE: Mass Summary by Story			
Story	UX	UY	UZ
	kg	kg	kg
Story20	597965,64	597965,64	0
Story19	63000,62	63000,62	0
Story18	1206416,95	1206416,95	0
Story17	90819,6	90819,6	0
Story16	1213400,12	1213400,12	0
Story15	90819,6	90819,6	0
Story14	1285771,54	1285771,54	0
Story13	90819,6	90819,6	0
Story12	1364197,94	1364197,94	0
Story11	90819,6	90819,6	0
Story10	1364197,94	1364197,94	0
Story9	90819,6	90819,6	0
Story8	1462711,5	1462711,5	0
Story7	90819,6	90819,6	0
Story6	1567280,04	1567280,04	0
Story5	90819,6	90819,6	0
Story4	1567280,04	1567280,04	0
Story3	90819,6	90819,6	0
Story2	1567280,04	1567280,04	0
Story1	90819,6	90819,6	0
Base	287422,43	287422,43	0
Total	14364301,2	14364301,2	

$$W = 14364301,2 \text{ kg} = 143643,012 \text{ kN}$$

$$V_{desain-x} = 0,0449 \times 143643,012 = 6445,78 \text{ kN}$$

$$V_{desain-y} = 0,0579 \times 143643,012 = 8313,41 \text{ kN}$$

b. Base Shear Dinamis

Berikut merupakan nilai $V_{dinamis}$ dari program bantu Etabs

$$V_{dinamisx} = 6243,67 \text{ kN}$$

$$V_{dinamisy} = 8205,66 \text{ kN}$$

c. Perbandingan Base Shear Statis dan Dinamis

Dengan membandingkan base shear statis dan dinamis maka akan didapatkan factor koreksi sebagai berikut:

$$Faktor\ koreksi = \frac{V_{desain}}{V_{dinamis}}$$

$$\text{Faktor koreksi arah X} = 1,03$$

$$\text{Faktor koreksi arah Y} = 1,01$$

Faktor koreksi yang mendekati satu menunjukkan bahwa pemodelan Etabs sudah benar. Faktor koreksi tersebut akan dimasukkan ke dalam pemodelan kedua pada bagian Scale Factor Load Cases gempa Ex dan Ey.

6.4 Pengecekan Sistem Struktur

Sistem Struktur yang digunakan adalah sistem ganda, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural Khusus. Pada sistem ganda, sistem SRPMK memikul minimal 25% dari gaya seismik total. Dari analisa struktur didapatkan, reaksi tiap joint akibat Ex dan Ey sebagai berikut :

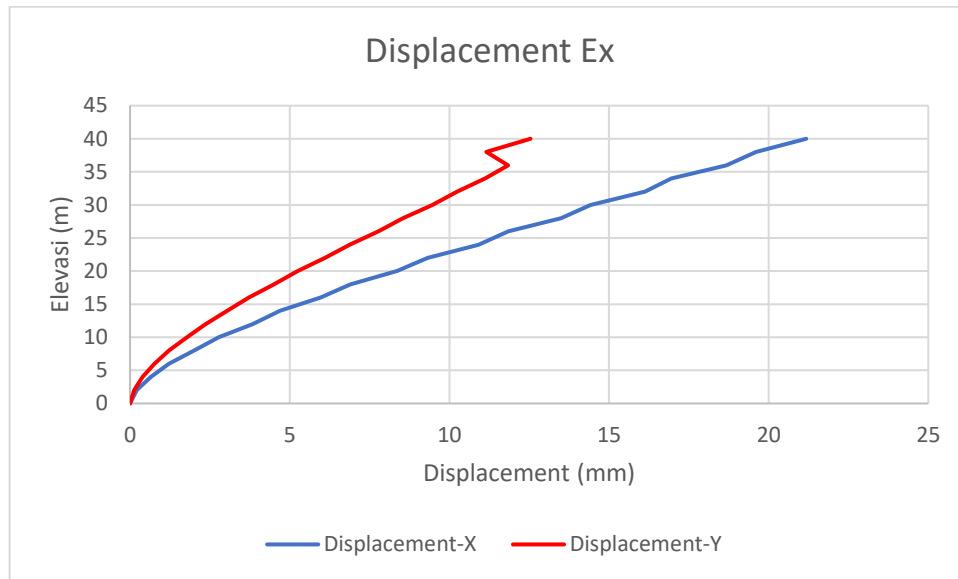
Cek Base Shear Struktur		Base Shear (kN)	Percentage	Status
Dual System	Fx	6243,70	100%	-
	Fy	8313,41	100%	-
Shear Wall	Fx	3461,46	55,44%	Ok
	Fy	5398,66	64,94%	Ok
SRPMK	Fx	2782,24	44,56%	Ok
	Fy	2914,75	35,06%	Ok

Dari perhitungan analisa struktur, didapatkan gaya geser seismik yang bekerja pada dinding geser searah sumbu x sebesar 55,44% dan searah sumbu y sebesar 64,94%. Sedangkan untuk gaya geser joint frame pada SRPMK searah sumbu x sebesar 44,56% dan searah sumbu y sebesar 35,06%. Dengan demikian, sistem struktur sudah memenuhi persyaratan.

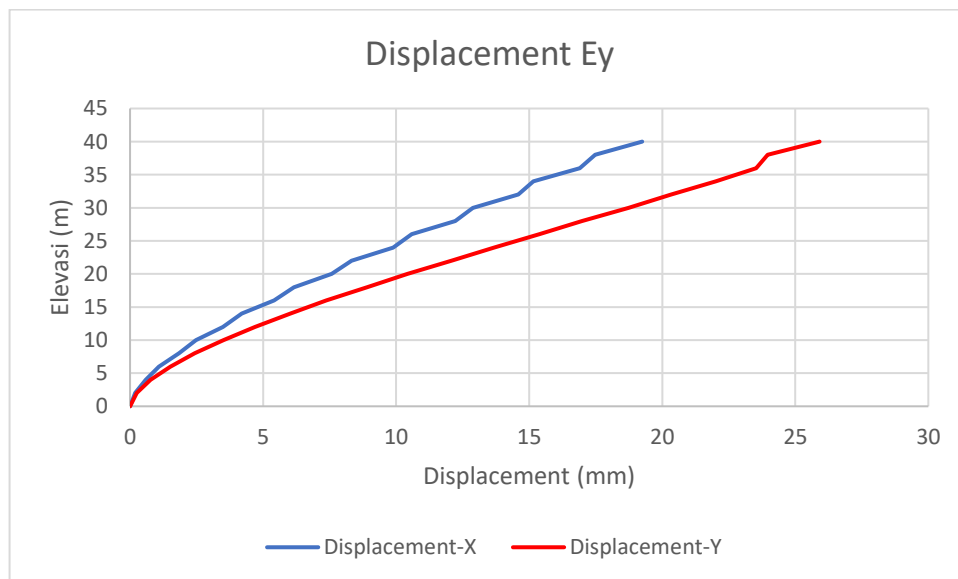
6.5 Pengecekan Simpangan Antar Lantai

a. Maximum Story Displacement

Beban Ex :

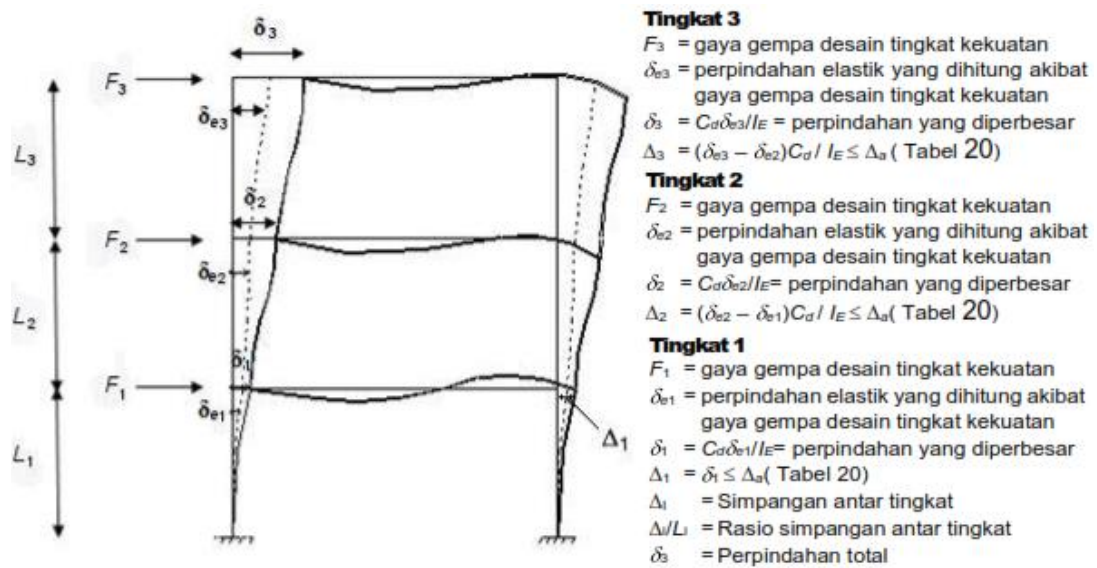


Beban Ey :



b. Story Drift

Penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan izin digunakan, Δ harus dihitung menggunakan gaya seismik desain yang ditetapkan dalam Tabel 20 SNI 1726 2019 tanpa reduksi untuk desain tegangan izin.



Gambar – Penentuan Simpangan Antar Tingkat

Bagi struktur yang didesain untuk kategori desain seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horizontal Tipe 1a atau 1b pada Tabel 13, simpangan antar tingkat desain, Δ , harus dihitung sebagai selisih terbesar dari simpangan titik-titik yang segaris secara vertikal di sepanjang salah satu bagian tepi struktur, di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Simpangan pusat massa di tingkat-x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e}$$

Keterangan :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam Tabel 12 SNI 1726 2019

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x

I_e = faktor keutamaan gempa

Batasan simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_a) seperti didapatkan dari Tabel 20 SNI 1726 2019 untuk semua tingkat.

Tabel 20 – Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_a^{a,b}$

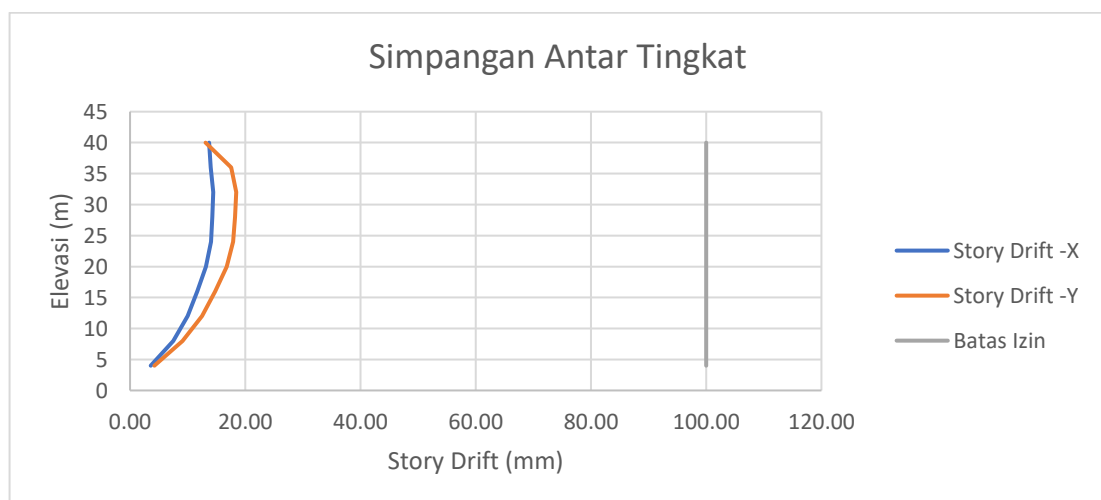
Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Maka simpangan antar tingkat maksimum dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta_a = 0,025h_{sx} = 0,025 \times 4000 = 100 \text{ mm}$$

Berikut ini adalah rekapitulasi perhitungan simpangan antar tingkat pada sumbu X dan sumbu Y :

Lantai	Elevasi (m)	h_{sx} (mm)	δ_{ex} (mm)	δ_{ey} (mm)	$\delta_{ex} * C_d / I$ (mm)	$\delta_{ey} * C_d / I$ (mm)	Story Drift -X (mm)	Story Drift -Y (mm)	Batas Izin, Δ_a (mm)
10	40	4000	21,176	25,912	116,47	142,52	13,73	13,09	100,00
9	36	4000	18,679	23,532	102,73	129,43	14,03	17,55	100,00
8	32	4000	16,129	20,342	88,71	111,88	14,44	18,43	100,00
7	28	4000	13,504	16,991	74,27	93,45	14,26	18,25	100,00
6	24	4000	10,912	13,673	60,02	75,20	14,04	17,87	100,00
5	20	4000	8,36	10,424	45,98	57,33	13,17	16,75	100,00
4	16	4000	5,965	7,378	32,81	40,58	11,68	14,76	100,00
3	12	4000	3,841	4,695	21,13	25,82	10,02	12,48	100,00
2	8	4000	2,019	2,426	11,10	13,34	7,52	9,12	100,00
1	4	4000	0,652	0,767	3,59	4,22	3,59	4,22	100,00
Base	0		0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



BAB VII PERENCANAAN BALOK PRIMER

7.1 Data Perencanaan

Frame geometry and section properties :

1. Clearance span, l_n = 4300 mm
2. Beam width, b_w = 300 mm
3. Beam height = 500 mm
4. Concrete cover, C_c = 40 mm
5. Column width, c = 700 mm

Material Properties :

1. Concrete compressive strength, f'_c = 30 Mpa ($\beta_1 = 0,84$)
2. Yield strength of steel bar, f_y = 420 Mpa
3. Diameter of longitudinal reinforcement = 19 mm ($A_s = 283,53 \text{ mm}^2$)
4. Diameter of transversal reinforcement = 10 mm ($A_s = 78,54 \text{ mm}^2$)

7.2 Gaya Dalam Output Etabs

Momen Tumpuan Negatif Kiri (M_{T-}) (envelope)	= 284,3 kNm
Momen Tumpuan Negatif Kanan (M_{T-}) (envelope)	= 284,3 kNm
Momen Tumpuan Positif Kiri (M_{T+}) (envelope)	= 148,18 kNm
Momen Tumpuan Positif Kanan (M_{T+}) (envelope)	= 148,18 kNm
Momen Lapangan Negatif (M_{L-}) (envelope)	= 0 kNm
Momen Lapangan Positif (M_{L+}) (envelope)	= 85,84 kNm
V_u tumpuan kiri (envelope)	= 185,25 kN
V_u tumpuan kanan (envelope)	= 185,25 kN
V_u lapangan (envelope)	= 185,25 kN
V_u tumpuan kiri (1,2D + 1,6L)	= 110,15 kN
V_u tumpuan kanan (1,2D + 1,6L)	= 110,15 kN
P (aksial) (max)	= 7,00 kN
T (torsion) (max)	= 18,56 kNm

7.3 Persyaratan SRPMK

- a. Gaya tekan aksial terfaktor tidak boleh melebihi $0,1 A_g f'_c$.

$$P_u = 7,00 \text{ kN}$$

$$0,1 A_g f'_c = 0,1 \times 300 \times 500 \times 30 = 450 \text{ kN}$$

$$P_u < 0,1 A_g f'_c \text{ (OK)}$$

- b. Bentang bersih komponen struktur, l_n tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.

$$l_n = 5,0 \text{ m} - (0,7) = 4,3 \text{ m}$$

$$4d = 4 \times 0,4185 = 1,674$$

$$l_n > 4d \text{ (OK)}$$

- c. Perbandingan lebar terhadap tinggi balok tidak kurang dari 0,3

$$b_w = 300 \text{ mm} \quad h = 500 \text{ mm}$$

$$\frac{b_w}{h} = 0,6 > 0,3 \text{ (OK)}$$

- d. Lebar komponen tidak boleh :

- Kurang dari 250 mm

$$b_w = 300 \text{ mm} > 250 \text{ mm (OK)}$$

- Melebihi komponen struktur pendukung

$$B_{\text{balok}} = 300 \text{ mm} ; b_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} = 700 \text{ mm (OK)}$$

7.4 Desain Tulangan Lentur

Penulangan Lentur Daerah Tumpuan (Momen Negatif)

Direncanakan tulangan D19 sebanyak 2 lapis dengan jarak bersih antar lapisan 25 mm

➤ Effective depth, d = $h - C_c - \text{sengkang} - \text{longitudinal} - 0,5 \times 25$

$$= 500 - 40 - 10 - 19 - 0,5 \times 25 = 418,5 \text{ mm}$$

➤ Rasio tulangan maksimum dan minimum

✓ Rasio tulangan maksimum SRPMK = 0,025

$$\text{Rasio tulangan maksimum} = 0,75 \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right] = 0,0224$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum pakai} = 0,0224$$

✓ Rasio tulangan minimum SRPMK = $0,25 \times \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} = 0,0033$

$$\text{Rasio tulangan minimum} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

$$\text{Rasio tulangan minimum pakai} = 0,0033$$

➤ $R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b_w \times d^2} = \frac{284,3 \times 10^6}{0,9 \times 300 \times 418,5^2} = 6,0121$

➤ $\rho = 0,85 \times \frac{f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{R_n}{0,85 f'_c}} \right) = 0,0166$

ρ pakai = 0,0166

- $A_s = \rho \times b_w \times d = 2081,3 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan = $2081,3/283,53 = 7,34 \approx 8$ buah
 A_s terpasang = $8 \times 283,53 = 2258,2 \text{ mm}^2$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \times d} = \frac{2258,2}{300 \times 418,5} = 0,0181 \leq \rho_b$$

- Cek apakah penampang tension controlled

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b_w} = \frac{2081,3 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 124,53 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{124,53}{418,5} = 0,2976$$

$$\frac{a_b}{d} = \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} = 0,84 \frac{600}{600 + 420} = 0,4916$$

$$\frac{a}{d} < \frac{a_b}{d} \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

- Cek factor reduksi kekuatan

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 149,01 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{\epsilon_c} = \frac{d - c}{\epsilon_t}$$

$$\frac{149,01}{0,003} = \frac{418,5 - 149,01}{\epsilon_t}$$

$$\epsilon_t = 0,0054 > 0,005 \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

Dengan demikian nilai $\phi = 0,9$

- Cek momen nominal

$$\phi M_n = 0,9 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,9 \times 2268,2 \times 420 \times \left(418,5 - \frac{124,52}{2} \right) =$$

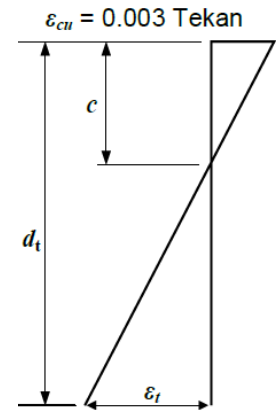
$$305,43 \text{ kNm} \geq M_u \text{ (Ok)}$$

- Probable momen capacities (Mpr)

$$a_{\text{probable}} = \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b_w} = \frac{1,25 \times 2268,2 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 155,66 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 1,25 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a_{\text{probable}}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \times 2268,2 \times 420 \times \left(418,5 - \frac{155,66}{2} \right) = 405,68 \text{ kNm}$$



Penulangan Lentur Daerah Tumpuan (Momen Positif)

SNI 2847 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 0,5 kuat lentur negatifnya.

$$\text{Mu output Etabs} = 148,18 \text{ kNm}$$

$$\text{Mu} \geq 0,5 \times 305,43 = 152,72 \text{ kNm,}$$

$$\text{Maka Mu desain} = 152,72 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulangan D19 sebanyak 1 lapis

$$\begin{aligned} \text{➤ Effective depth, } d &= h - C_c - \text{sengkang} - 0,5 \times \text{longitudinal} \\ &= 500 - 40 - 10 - 0,5 \times 19 = 440,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Rasio tulangan maksimum dan minimum

$$\checkmark \text{ Rasio tulangan maksimum SRPMK} = 0,025$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum} = 0,75 \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \right] = 0,0224$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum pakai} = 0,0224$$

$$\checkmark \text{ Rasio tulangan minimum SRPMK} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0,0033$$

$$\text{Rasio tulangan minimum} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

$$\text{Rasio tulangan minimum pakai} = 0,0033$$

$$\text{➤ } R_n = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{152,72 \times 10^6}{0,9 \times 300 \times 440,5^2} = 2,915$$

$$\text{➤ } \rho = 0,85 \times \frac{f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{R_n}{0,85 f'c}} \right) = 0,0074$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0074$$

$$\text{➤ } A_s = \rho \times bw \times d = 976,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{➤ Jumlah tulangan} = 976,6 / 283,52 = 3,45 \approx 4 \text{ buah}$$

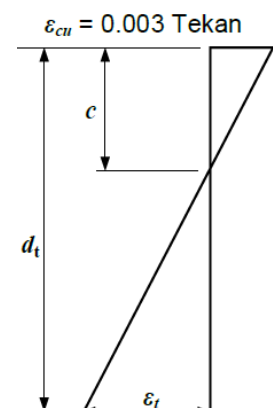
$$A_s \text{ terpasang} = 4 \times 283,52 = 1134,1 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bw \times d} = \frac{1134,1}{300 \times 440,5} = 0,0086 \leq \rho_b$$

➤ Cek apakah penampang tension controlled

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times bw} = \frac{1134,1 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 62,27 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{62,27}{440,5} = 0,142$$



$$\frac{a_b}{d} = \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} = 0,84 \frac{600}{600 + 420} = 0,4916$$

$$\frac{a}{d} < \frac{a_b}{d} \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

- Cek factor reduksi kekuatan

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 74,505 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{\varepsilon_c} = \frac{d - c}{\varepsilon_t}$$

$$\frac{74,505}{0,003} = \frac{440,5 - 74,505}{\varepsilon_t}$$

$$\varepsilon_t = 0,015 > 0,005 \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

Dengan demikian nilai $\phi = 0,9$

- Cek momen nominal

$$\Phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9 \times 1134,1 \times 420 \times \left(440,5 - \frac{62,27}{2}\right) =$$

$$175,49 \text{ kNm} \geq Mu \text{ (Ok)}$$

- Probable momen capacities (Mpr)

$$a \text{ probable} = \frac{1,25 \times As \times fy}{0,85 \times f'c \times bw} = \frac{1,25 \times 1134,1 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 77,831 \text{ mm}$$

$$Mpr = 1,25 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a \text{ probable}}{2}\right)$$

$$= 1,25 \times 1134,1 \times 420 \times \left(440,5 - \frac{77,831}{2}\right) = 239,11 \text{ kNm}$$

Penulangan Lentur Daerah Lapangan (Momen Positif)

SNI 2847 Pasal 21.5.2.2 juga mensyaratkan bahwa kuat lentur negative maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 0,25 kuat lentur terbesar yang disediakan disepanjang balok tersebut.

$$Mu \text{ output Etabs} = 85,836 \text{ kNm}$$

$$Mu \geq 0,5 \times 305,43 = 78,54 \text{ kNm,}$$

$$\text{Maka } Mu \text{ desain} = 85,836 \text{ kNm}$$

Direncanakan tulangan D19 sebanyak 1 lapis

- Effective depth, d = h - Cc - sengkang - longitudinal - 0.5x25
= 500 - 40 - 10 - 0.5x19 = 440,5 mm

- Rasio tulangan maksimum dan minimum

$$\checkmark \text{ Rasio tulangan maksimum SRPMK} = 0,025$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum} = 0,75 \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \right] = 0,0224$$

$$\text{Rasio tulangan maksimum pakai} = 0,0224$$

$$\checkmark \text{ Rasio tulangan minimum SRPMK} = 0,25 \times \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} = 0,0033$$

$$\text{Rasio tulangan minimum} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0033$$

$$\text{Rasio tulangan minimum pakai} = 0,0033$$

$$\text{➤ } R_n = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{85,836 \times 10^6}{0,9 \times 300 \times 440,5^2} = 1,64$$

$$\text{➤ } \rho = 0,85 \times \frac{f'c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{R_n}{0,85 f'c}} \right) = 0,004$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,004$$

$$\text{➤ } A_s = \rho \times bw \times d = 533,22 \text{ mm}^2$$

$$\text{➤ } \text{Jumlah tulangan} = 533,22 / 285,53 = 1,88 \approx 2 \text{ buah}$$

$$A_s \text{ terpasang} = 2 \times 285,53 = 567,06 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{bw \times d} = \frac{567,06}{300 \times 440,5} = 0,0043 \leq \rho_b$$

➤ Cek apakah penampang tension controlled

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times bw} = \frac{567,06 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 31,133 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{31,133}{440,5} = 0,071$$

$$\frac{a_b}{d} = \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} = 0,84 \frac{600}{600 + 420} = 0,492$$

$$\frac{a}{d} < \frac{a_b}{d} \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

➤ Cek factor reduksi kekuatan

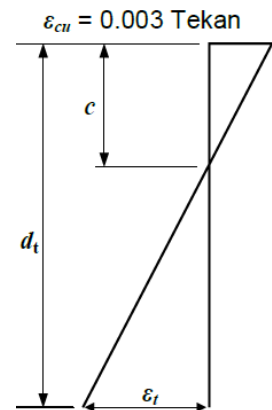
$$c = \frac{a}{\beta_1} = 37,253 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{\epsilon_c} = \frac{d - c}{\epsilon_t}$$

$$\frac{37,253}{0,003} = \frac{440,5 - 37,253}{\epsilon_t}$$

$$\epsilon_t = 0,0325 > 0,005 \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

Dengan demikian nilai $\phi = 0,9$



- Cek momen nominal

$$\Phi Mn = 0,9 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right) = 0,9 \times 567,06 \times 420 \times \left(440,5 - \frac{31,133}{2}\right) = 91,084 \text{ kNm} \geq Mu \text{ (Ok)}$$

Penulangan Lentur Daerah Lapangan (Momen Negatif)

SNI 2847 Pasal 21.5.2.2 juga mensyaratkan bahwa baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 0.25 kuat lentur terbesar yang disediakan pada sepanjang bentang tersebut.

$$\begin{aligned} \text{Mu output Etabs} &= 0 \text{ kNm} \\ \text{Mu} \geq 0,5 \times 305,43 &= 78,54 \text{ kNm,} \\ \text{Maka Mu desain} &= 78,54 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D19 sebanyak 1 lapis

- Effective depth, d = h - Cc - sengkang - longitudinal - 0.5x25
= 500 - 40 - 10 - 0.5x19 = 440,5 mm
- Rasio tulangan maksimum dan minimum
 - ✓ Rasio tulangan maksimum SRPMK = 0,025
Rasio tulangan maksimum = $0,75 \left[0,85 \times \beta_1 \times \frac{f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy}\right)\right] = 0,0224$
Rasio tulangan maksimum pakai = 0,0224
 - ✓ Rasio tulangan minimum SRPMK = $0,25 \times \frac{\sqrt{f'c}}{fy} = 0,0033$
Rasio tulangan minimum = $\frac{1,4}{fy} = 0,0033$
Rasio tulangan minimum pakai = 0,0033
- $Rn = \frac{Mu}{0,9 \times bw \times d^2} = \frac{78,54 \times 10^6}{0,9 \times 300 \times 440,5^2} = 1,46$
- $\rho = 0,85 \times \frac{f'c}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \frac{Rn}{0,85 f'c}}\right) = 0,0036$
 ρ pakai = 0,0036
- $As = \rho \times bw \times d = 472,5 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan = $472,5 / 285,53 = 1,67 \approx 2$ buah
As terpasang = $2 \times 285,53 = 567,06 \text{ mm}^2$
 $\rho = \frac{As}{bw \times d} = \frac{567,06}{300 \times 440,5} = 0,0043 \leq \rho_b$

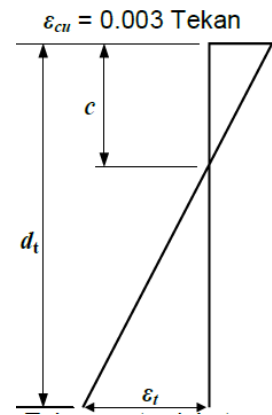
- Cek apakah penampang tension controlled

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b_w} = \frac{576,06 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 31,133 \text{ mm}$$

$$\frac{a}{d} = \frac{31,133}{440,5} = 0,071$$

$$\frac{a_b}{d} = \beta_1 \frac{600}{600 + f_y} = 0,84 \frac{600}{600 + 420} = 0,492$$

$$\frac{a}{d} < \frac{a_b}{d} \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$



- Cek factor reduksi kekuatan

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 37,253 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{\varepsilon_c} = \frac{d - c}{\varepsilon_t}$$

$$\frac{37,253}{0,003} = \frac{440,5 - 37,253}{\varepsilon_t}$$

$$\varepsilon_t = 0,0325 > 0,005 \text{ maka desain tulangan under-reinforced}$$

Dengan demikian nilai $\phi = 0,9$

- Cek momen nominal

$$\phi Mn = 0,9 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,9 \times 567,06 \times 420 \times \left(440,5 - \frac{31,133}{2} \right) =$$

$$91,084 \text{ kNm} \geq \text{Mu (Ok)}$$

Komfigurasi Penulangan Balok Induk

1. Interior kanan (negatif) = 8 D19 (2 lapis)
2. Interior kiri (negatif) = 8 D19 (2 lapis)
3. Interior kanan (positif) = 4 D19 (1 lapis)
4. Interior kiri (positif) = 4 D19 (1 lapis)
5. Tengah bentang (negatif) = 4 D19 (1 lapis)
6. Tengah bentang (positif) = 4 D19 (1 lapis)

Desain Sambungan Lewatan

$$\Psi_t = 1,3$$

$$\Psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{420 \times 1,3 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 19 = 901,92 \approx 1000 \text{ mm}$$

Sambungan lewatan harus diberi sengkang dengan jarak yang terkecil antara

$d/4 = 109$ mm atau 100 mm. Maka digunakan spasi sengkang 100 mm

Desain Cut-Off Points

$$\phi M_n (4D19) = 175,49 \text{ kNm}$$

Posisi ϕM_n pada diagram momen output ETABS = 940 mm dari muka kolom

SNI 2847 pasal 12.10.3 dan pasal 12.10.4 mengharuskan :

- Tulangan diteruskan melampaui titik dimana tulangan tersebut sudah tidak diperlukan lagi untuk menahan lentur, sejauh tinggi efektif komponen struktur, d , dan tidak kurang dari $12d_b$ kecuali pada daerah tumpuan balok sederhana dan pada daerah ujung bebas kantilever,
- Tulangan menerus harus mempunyai suatu panjang penanaman sejauh tidak kurang dari panjang penyaluran l_d diukur dari lokasi pemotongan tulangan lentur. Dari perhitungan tulangan lewatan didapatkan $l_d = 901,92$ mm

SNI 2847 pasal 12.12.3 mengharuskan setidaknya $1/3$ tulangan tarik momen negatif pada tumpuan harus ditanam melewati titik belok tidak kurang dari d , $12d_b$, atau $l_n/16$

Maka tulangan longitudinal harus dipasang yang terbesar diantara :

1. $l_d = 901,92$ mm ≈ 1000 mm
2. $940 + d = 940 + 440,5 = 1380,5$ mm
3. $940 + 12d_b = 940 + 12 \times 19 = 1168$ mm
4. $940 + l_n/16 = 940 + 4300/16 = 1208,75$ mm

Jadi diambil tulangan longitudinal momen tumpuan negatif harus dipasang sepanjang $1380,5 \approx 1400$ mm didepan muka kolom.

7.5 Desain Tulangan Geser

Desain gaya geser

$$V_{sway} = \frac{M_{pr(+)} + M_{pr(-)}}{l_n} = \frac{405,68 + 239,11}{4,3} = 149,95 \text{ kN}$$

$$V_u (1.2D+1.6L) \text{ tumpuan} = 110,15 \text{ kN (output ETABS)}$$

$$V_{desain} = V_{sway} \pm V_u$$

$$V_{desain} = 149,95 + 110,15 = 260,1 \text{ kN}$$

$$V_{desain} = 149,95 - 110,15 = 39,8 \text{ kN}$$

Sehingga gaya geser desain adalah 260,1 kN

Perhitungan Sengkang untuk Gaya Geser pada Daerah Sendi Plastis

Pada daerah sendi plastis = 2h dari muka kolom = 2 x 500 mm = 1000 mm

➤ V_c bernilai 0 jika:

$$1. V_{sway} \geq 0,5 V_u$$

$$V_{sway} = 149,95 \text{ kN}$$

$$0,5 V_u \text{ (envelope ETABS)} = 0,5 \times 185,25 = 92,625 \text{ kN}$$

maka $V_{sway} \geq 0,5 V_u$

$$2. P_u \leq 0,05 A_g f'_c$$

$$P_u = 7,0027 \text{ kN}$$

$$0,05 A_g f'_c = 0,05 \times 300 \times 500 \times 30 = 225 \text{ kN}$$

maka $P_u \leq 0,05 A_g f'_c$

Sehingga V_c bernilai 0

➤ Gaya geser desain dari $V_{sway} = 260,1 \text{ kN}$

Gaya geser ultimate (envelope) ETABS = 185,25 kN

Maka gaya geser desain yang digunakan adalah 260,1 kN

➤ Gaya geser yang harus ditahan oleh tulangan transversal

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{260,1}{0,75} - 0 = 346,8 \text{ kN}$$

$$V_{s \max} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 458,44 \text{ kN (ok) (SNI 2847 Pasal 21.5.3.4)}$$

➤ Kebutuhan Sengkang

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{346,8 \times 10^3}{420 \times 418,5} = 1,97 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Perhitungan Sengkang untuk Gaya Geser di Luar Daerah Sendi Plastis

$$V_u (1,2+1,6L) \text{ pada jarak } 2h \text{ dari tumpuan} = 64,941 \text{ kN}$$

$$V_{desain} = V_{sway} + V_u (1,2D+1,6L) = 149,95 + 64,941 = 214,89 \text{ kN}$$

$$➤ V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 300 \times 440,5 = 120,64 \text{ kN}$$

$$➤ V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{214,89}{0,75} - 120,64 = 165,88 \text{ kN}$$

- Kebutuhan Sengkang

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y d} = \frac{165,88 \times 10^3}{420 \times 440,5} = 0,897 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

7.6 Desain Tulangan Torsi

- Cek apakah pengaruh torsi dapat diabaikan

$$A_{cp} = b_w \times h = 300 \times 500 = 150000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b_w + h) = 2(300 + 500) = 1600 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SNI 2847 ($\lambda=1$ untuk beton berat normal) maka torsi dapat diabaikan jika,

$$T_u \leq \phi \frac{\lambda \sqrt{f'_c} (A_{cp})^2}{12 P_{cp}}$$

$$T_u \leq 0,75 \frac{1\sqrt{30} (150000^2)}{12 (1600)} = 4,814 \text{ kNm}$$

Karena nilai $T_u = 18,56 \text{ kNm}$ melebihi batas torsi yaitu $4,814 \text{ kNm}$, maka pengaruh torsi tidak dapat diabaikan.

- Cek dimensi penampang

$$V_c = 1/6 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = 1/6 \times \sqrt{30} \times 300 \times 440,5 = 120636 \text{ N}$$

Asumsi digunakan d10 sebagai sengkang dan selimut beton (C_c) sebesar 40 mm .

$$A_{oh} = (h - 2C_c - d_{sengkang}) \times (b_w - 2C_c - d_{sengkang})$$

$$A_{oh} = (500 - 2 \times 40 - 10) \times (300 - 2 \times 40 - 10) = 86100 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \times ((h - 2C_c - d_{sengkang}) + (b_w - 2C_c - d_{sengkang}))$$

$$P_h = 2 \times ((500 - 2 \times 40 - 10) + (300 - 2 \times 40 - 10)) = 1240 \text{ mm}$$

Untuk penampang solid, sesuai dengan SNI 2847 harus memenuhi

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{185,25 \times 10^3}{300 \times 440,5}\right)^2 + \left(\frac{18,56 \times 10^6 \times 1240}{1,7 \times 86100^2}\right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{120636 \times 10^3}{300 \times 440,5} + \frac{2}{3} \sqrt{30}\right)$$

$$2,3021 \leq 3,4233$$

Maka ukuran penampang sudah cukup.

- Hitung kebutuhan sengkang torsi

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{18,56}{0,75} = 24,745 \text{ kNm}$$

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 86100 = 73185 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_y} \cot\theta = \frac{24,745 \times 10^6}{2 \times 73185 \times 420} \cot 45 = 0,403 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

➤ Desain tulangan longitudinal untuk torsi

$$A_l = \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \left(\frac{f_y \text{ torsi}}{f_y \text{ longitudinal}}\right)$$

$$A_l = (0,403) 1240 \left(\frac{420}{420}\right) = 499,11 \text{ mm}^2$$

Perhitungan A_l minimum

$$A_{l,min} = \frac{5\sqrt{f'c} A_{cp}}{12 f_y \text{ longitudinal}} - \left(\frac{A_t}{s}\right) P_h \left(\frac{f_y \text{ torsi}}{f_y \text{ longitudinal}}\right)$$

$$A_{l,min} = \frac{5\sqrt{30} \times 150000}{12 \times 420} - (0,403) 1240 \left(\frac{420}{420}\right) = 315,95 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimana, } \frac{A_t}{s} \geq \frac{b_w}{6 f_y \text{ torsi}} = \frac{300}{6 \times 420} = 0,119 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka digunakan $A_l = 499,11 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan longitudinal torsi d13 ($A_s = 132,73 \text{ mm}^2$), maka jumlah tulangan yang dibutuhkan,

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{A_l}{A_s} = \frac{499,11}{132,73} = 3,76 \approx 4 \text{ buah}$$

7.7 Penulangan Sengkang Kombinasi Geser dan Torsi

Perhitungan Sengkang untuk Gaya Geser pada Daerah Sendi Plastis

Tambahkan luas sengkang torsi dengan geser, dan pilih diameter dan spasi tulangan sengkang,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 1,97 + 2 \times 0,403 = 2,78 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Cek persyaratan sengkang minimum:

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,062 \sqrt{f'c} \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,062 \sqrt{30} \frac{300}{420} = 0,243 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,35 \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,35 \frac{300}{420} = 0,25 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka digunakan,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = 2,78 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang dengan diameter 10 mm dan jumlah kaki = 4 buah

$$A_s = 4 \times 78,54 = 314,16 \text{ mm}^2$$

Sehingga spacing dapat dihitung,

$$s = \frac{A_s}{(A_{v+t}/s)}$$
$$s = \frac{314,16}{2,78} = 113,09 \text{ mm}$$

Syarat spacing SRPMK :

1. $s \leq d/4 = 104,63 \text{ mm}$
2. $s \leq 6 \times d_b = 114 \text{ mm}$
3. $s \leq 150 \text{ mm}$

Maka digunakan spacing sebesar 100 mm

Perhitungan Sengkang untuk Gaya Geser pada Daerah Sendi Plastis

Tambahkan luas sengkang torsi dengan geser, dan pilih diameter dan spasi tulangan sengkang,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,897 + 2 \times 0,403 = 1,702 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Cek persyaratan sengkang minimum:

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,062 \sqrt{f'c} \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,062 \sqrt{30} \frac{300}{420} = 0,243 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,35 \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,35 \frac{300}{420} = 0,25 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka digunakan,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = 1,702 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang dengan diameter 10 mm dan jumlah kaki = 4 buah

$A_s = 4 \times 78,54 = 314,16 \text{ mm}^2$, Sehingga spacing dapat dihitung,

$$s = \frac{A_s}{(A_{v+t}/s)}$$
$$s = \frac{314,16}{1,702} = 184,62 \text{ mm}$$

SNI 2847 Pasal 21.5.3.4 spasi maksimal tulangan geser di sepanjang balok SRPMK adalah $d/2 = 220,25 \text{ mm}$

Maka spacing yang digunakan adalah 150 mm

BAB VIII PERENCANAAN KOLOM

8.1 Data Perencanaan

Frame geometry and section properties :

1. Clearance span, l_n = 3500 mm
2. Column width, c = 700 x 700 mm
3. Concrete cover, C_c = 50 mm
4. Effective depth, d = 624,5 mm

Material Properties :

1. Concrete compressive strength, f'_c = 30 Mpa ($\beta_1 = 0.84$)
2. Yield strength of steel bar, f_y = 420 Mpa
3. Diameter of longitudinal reinforcement = 25 mm ($A_s = 490.88 \text{ mm}^2$)
4. Diameter of transversal reinforcement = 13 mm ($A_s = 132.73 \text{ mm}^2$)

8.2 Gaya Dalam Output Etabs

Dari aplikasi ETABS didapatkan :

No.	Output Case	P	V2	V3	T	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1	0.9D+Ux	-1662.62	148.35	72.38	8.80	51.01	101.08
2	0.9D+Ux	-1681.56	148.35	72.38	8.80	98.59	180.87
3	0.9D+Ux	-1700.51	148.35	72.38	8.80	230.54	451.38
4	Envelope	-1662.62	148.35	152.32	8.80	99.85	103.50
5	Envelope	-1681.56	148.35	152.32	8.80	201.07	181.16
6	Envelope	-1700.51	148.35	152.32	8.80	477.64	451.38
7	1.2D+Ux+L	-3321.63	147.19	71.16	8.80	54.30	103.50
8	1.2D+Ux+L	-3346.89	147.19	71.16	8.80	99.66	181.16
9	1.2D+Ux+L	-3372.15	147.19	71.16	8.80	229.38	449.55
10	0.9D+Uy	-1664.38	40.50	152.32	2.52	96.56	32.36
11	0.9D+Uy	-1683.33	40.50	152.32	2.52	200.00	51.99
12	0.9D+Uy	-1702.27	40.50	152.32	2.52	477.64	125.84
13	1.2D+Uy+L	-3323.40	39.33	151.10	2.52	99.85	34.79
14	1.2D+Uy+L	-3348.65	39.33	151.10	2.52	201.07	52.29
15	1.2D+Uy+L	-3373.91	39.33	151.10	2.52	476.48	124.00
16	1.4D	-2611.68	-3.61	-5.45	0.01	12.98	7.88
17	1.4D	-2641.15	-3.61	-5.45	0.01	3.04	1.29
18	1.4D	-2670.62	-3.61	-5.45	0.01	-6.90	-5.29
19	1D+0.3L	-2197.42	-2.69	-3.90	0.00	9.42	5.85
20	1D+0.3L	-2218.47	-2.69	-3.90	0.00	2.29	0.93
21	1D+0.3L	-2239.52	-2.69	-3.90	0.00	-4.83	-3.99
22	1.2D+1.6R+L	-3349.28	-3.48	-4.71	0.00	11.62	7.48

23	1.2D+1.6R+L	-3374.53	-3.48	-4.71	0.00	3.02	1.13
24	1.2D+1.6R+L	-3399.79	-3.48	-4.71	0.00	-5.58	-5.23
25	1D+1L+1R	-2971.93	-2.97	-3.94	0.00	9.77	6.36
26	1D+1L+1R	-2992.98	-2.97	-3.94	0.00	2.59	0.94
27	1D+1L+1R	-3014.03	-2.97	-3.94	0.00	-4.60	-4.48
28	1.2D+1.6L+0.5R	-4001.11	-3.72	-4.75	0.00	11.94	7.93
29	1.2D+1.6L+0.5R	-4026.37	-3.72	-4.75	0.00	3.27	1.14
30	1.2D+1.6L+0.5R	-4051.62	-3.72	-4.75	0.00	-5.40	-5.65
31	0.9D+Uy	-1693.50	-45.14	-159.32	-2.52	-79.87	-22.23
32	0.9D+Uy	-1712.44	-45.14	-159.32	-2.52	-196.10	-50.33
33	0.9D+Uy	-1731.38	-45.14	-159.32	-2.52	-486.51	-132.64
34	1.2D+Uy+L	-3352.51	-46.30	-160.54	-2.52	-76.58	-19.81
35	1.2D+Uy+L	-3377.76	-46.30	-160.54	-2.52	-195.03	-50.03
36	1.2D+Uy+L	-3403.02	-46.30	-160.54	-2.52	-487.67	-134.47
37	0.9D+Ux	-1695.26	-152.99	-79.38	-8.79	-34.33	-90.95
38	0.9D+Ux	-1714.20	-152.99	-79.38	-8.79	-94.69	-179.20
39	0.9D+Ux	-1733.14	-152.99	-79.38	-8.79	-239.42	-458.19
40	Envelope	-4001.11	-154.16	-160.54	-8.80	-79.87	-90.95
41	Envelope	-4026.37	-154.16	-160.54	-8.80	-196.10	-179.20
42	Envelope	-4051.62	-154.16	-160.54	-8.80	-487.67	-460.02
43	1.2D+Ux+L	-3354.27	-154.16	-80.60	-8.80	-31.04	-88.52
44	1.2D+Ux+L	-3379.53	-154.16	-80.60	-8.80	-93.62	-178.91
45	1.2D+Ux+L	-3404.78	-154.16	-80.60	-8.80	-240.58	-460.02

8.3 Persyaratan SRPMK

SNI Pasal 21.6.1

1. Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $0.1A_gf'_c$

$$\frac{A_g f'_c}{10} = \frac{700 \times 700 \times 30}{10} = 1470 \text{ kN} > 4051,62 \text{ kN (ok)}$$

2. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.

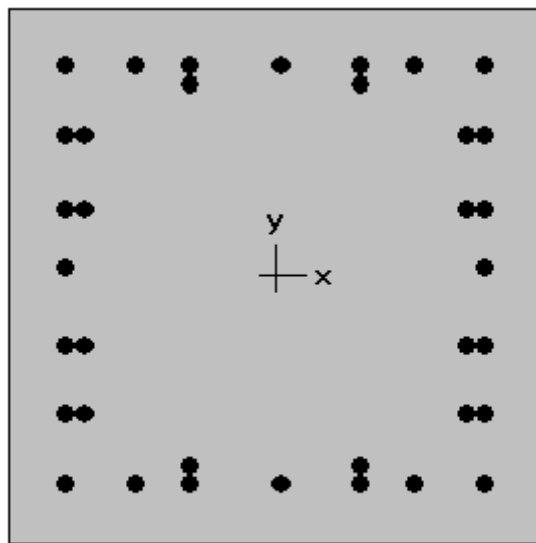
Sisi terpendek kolom, $b = 700 \text{ mm (ok)}$

3. Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4

$$\frac{b_x}{b_y} = 1 > 0,4 \text{ (ok)}$$

8.4 Desain Tulangan Lentur

Direncanakan tulangan longitudinal 36 D25 dengan gambar potongan sebagai berikut



700 x 700 mm
3.61% reinf.

- ✓ Rasio tulangan dibatasi tidak kurang dari 0,01 dan tidak lebih dari 0,06 sehingga konfigurasi tersebut sudah memenuhi peraturan.
- ✓ SNI Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan
Kuat kolom ϕM_n harus memenuhi $\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$
 $\sum M_c$ = jumlah M_n dua kolom yang bertemu di join
 $\sum M_g$ = jumlah M_n dua balok yang bertemu di join

Kontrol Momen Arah X

Dilakukan analisa kolom menggunakan aplikasi SPColumn dan didapatkan hasil sebagai berikut :

No.	Pu	Mux	ϕM_{nx}	$\phi M_n / \mu$	NA Depth	dt Depth	ϵ_t	ϕ
	kN	kNm	kNm		mm	mm		
1	-1662.62	51.01	1160.87	22.756	130	625	0.01145	0.9
2	-1681.56	98.59	1156.56	11.73	129	625	0.01151	0.9
3	-1700.51	230.54	1152.24	4.998	129	625	0.01157	0.9
4	-1662.62	99.85	1160.87	11.627	130	625	0.01145	0.9
5	-1681.56	201.07	1156.56	5.752	129	625	0.01151	0.9
6	-1700.51	477.64	1152.24	2.412	129	625	0.01157	0.9
7	-3321.63	54.3	763.64	14.062	84	625	0.01926	0.9
8	-3346.89	99.66	756.65	7.592	83	625	0.01946	0.9
9	-3372.15	229.38	749.65	3.268	83	625	0.01966	0.9
10	-1664.38	96.56	1160.47	12.019	130	625	0.01146	0.9

11	-1683.33	200	1156.15	5.781	129	625	0.01152	0.9
12	-1702.27	477.64	1151.84	2.412	129	625	0.01158	0.9
13	-3323.4	99.85	763.16	7.643	84	625	0.01927	0.9
14	-3348.65	201.07	756.16	3.761	83	625	0.01947	0.9
15	-3373.91	476.48	749.16	1.572	83	625	0.01968	0.9
16	-2611.68	12.98	942.81	72.649	106	625	0.01471	0.9
17	-2641.15	3.04	936	308.129	105	625	0.01482	0.9
18	-2670.62	6.9	929.18	134.621	104	625	0.01493	0.9
19	-2197.42	9.42	1038.4	110.224	115	625	0.01323	0.9
20	-2218.47	2.29	1033.56	450.469	115	625	0.01331	0.9
21	-2239.52	4.83	1028.71	212.896	114	625	0.01338	0.9
22	-3349.28	11.62	755.99	65.035	83	625	0.01948	0.9
23	-3374.53	3.02	748.99	247.993	83	625	0.01968	0.9
24	-3399.79	5.58	741.99	132.882	82	625	0.01989	0.9
25	-2971.93	9.77	859.44	87.938	98	625	0.01606	0.9
26	-2992.98	2.59	853.82	330.271	98	625	0.0162	0.9
27	-3014.03	4.6	848.1	184.252	97	625	0.01635	0.9
28	-4001.11	11.94	574.1	48.102	66	625	0.02518	0.9
29	-4026.37	3.27	567.01	173.584	66	625	0.02542	0.9
30	-4051.62	5.4	559.92	103.651	65	625	0.02566	0.9
31	-1693.5	79.87	1153.84	14.447	129	625	0.01155	0.9
32	-1712.44	196.1	1149.52	5.862	128	625	0.01161	0.9
33	-1731.38	486.51	1145.21	2.354	128	625	0.01167	0.9
34	-3352.51	76.58	755.09	9.86	83	625	0.0195	0.9
35	-3377.76	195.03	748.09	3.836	83	625	0.01971	0.9
36	-3403.02	487.67	741.09	1.52	82	625	0.01991	0.9
37	-1695.26	34.33	1153.44	33.6	129	625	0.01155	0.9
38	-1714.2	94.69	1149.12	12.136	128	625	0.01162	0.9
39	-1733.14	239.42	1144.81	4.782	128	625	0.01168	0.9
40	-4001.11	79.87	574.1	7.188	66	625	0.02518	0.9
41	-4026.37	196.1	567.01	2.891	66	625	0.02542	0.9
42	-4051.62	487.67	559.92	1.148	65	625	0.02566	0.9
43	-3354.27	31.04	754.6	24.311	83	625	0.01952	0.9
44	-3379.53	93.62	747.6	7.985	82	625	0.01972	0.9
45	-3404.78	240.58	740.6	3.078	82	625	0.01993	0.9

Cek strong column weak beam

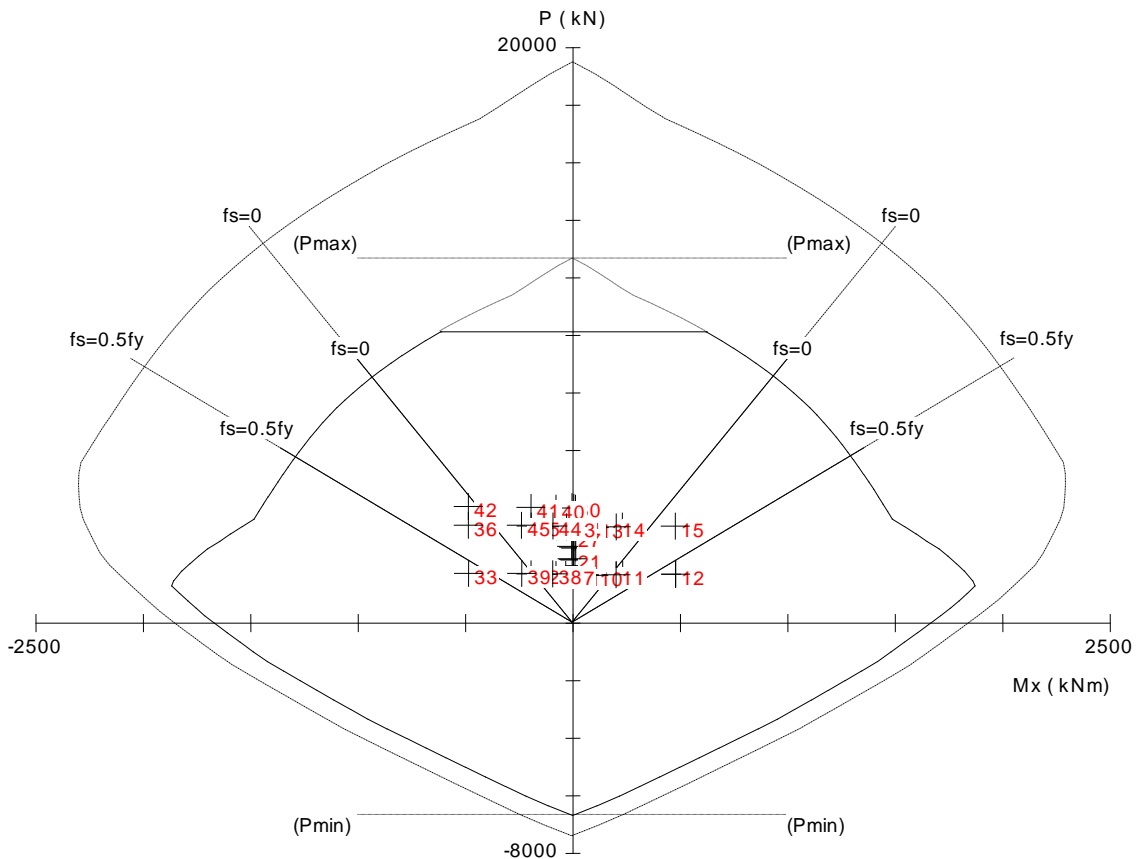
Dari hasil tersebut diambil M_n kolom minimum

$$\sum M_c = 2M_{n \text{ kolom}} = 2 \times 559,92 = 1119,8 \text{ kNm}$$

$$1,2 \sum M_g = 1,2(M_{n \text{ negatif balok}} + M_{n \text{ positif balok}} = 305,43 + 175,49) = 577,11 \text{ kNm}$$

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g \quad (\text{ok})$$

Gambar diagram interaksi kolom



Kontrol Momen Arah Y

Dilakukan analisa kolom menggunakan aplikasi SPColumn dan didapatkan hasil sebagai berikut :

No.	Pu	Muy	ϕM_{ny}	$\phi M_n / \mu_u$	NA	dt	ϵ_t	ϕ
	kN	kNm	kNm		Depth	Depth		
					mm	mm		
1	-1662.62	101.08	1321.55	13.075	148	625	0.00966	0.9
2	-1681.56	180.87	1317.38	7.284	147	625	0.00971	0.9
3	-1700.51	451.38	1313.22	2.909	147	625	0.00976	0.9
4	-1662.62	103.5	1321.55	12.769	148	625	0.00966	0.9
5	-1681.56	181.16	1317.38	7.272	147	625	0.00971	0.9
6	-1700.51	451.38	1313.22	2.909	147	625	0.00976	0.9
7	-3321.63	103.5	948.72	9.166	106	625	0.01471	0.9
8	-3346.89	181.16	942.98	5.205	105	625	0.0148	0.9
9	-3372.15	449.55	937.23	2.085	105	625	0.01488	0.9
10	-1664.38	32.36	1321.16	40.826	148	625	0.00966	0.9
11	-1683.33	51.99	1317	25.33	147	625	0.00971	0.9
12	-1702.27	125.84	1312.83	10.433	147	625	0.00977	0.9
13	-3323.4	34.79	948.32	27.262	106	625	0.01472	0.9
14	-3348.65	52.29	942.58	18.026	105	625	0.0148	0.9
15	-3373.91	124	936.83	7.555	105	625	0.01489	0.9

16	-2611.68	7.88	1109.69	140.859	122	625	0.01241	0.9
17	-2641.15	1.29	1103.03	852.158	121	625	0.0125	0.9
18	-2670.62	-5.29	1096.38	207.282	120	625	0.01259	0.9
19	-2197.42	5.85	1202.86	205.722	132	625	0.01116	0.9
20	-2218.47	0.93	1198.15	999.999	132	625	0.01122	0.9
21	-2239.52	-3.99	1193.43	299.294	131	625	0.01128	0.9
22	-3349.28	7.48	942.44	125.937	105	625	0.01481	0.9
23	-3374.53	1.13	936.69	832.02	105	625	0.01489	0.9
24	-3399.79	-5.23	930.94	177.936	104	625	0.01498	0.9
25	-2971.93	6.36	1028.14	161.66	113	625	0.01355	0.9
26	-2992.98	0.94	1023.37	999.999	113	625	0.01362	0.9
27	-3014.03	-4.48	1018.59	227.552	112	625	0.01369	0.9
28	-4001.11	7.93	780.96	98.501	86	625	0.01876	0.9
29	-4026.37	1.14	773.99	679.654	85	625	0.01896	0.9
30	-4051.62	-5.65	767.01	135.732	85	625	0.01916	0.9
31	-1693.5	-22.23	1314.76	59.138	147	625	0.00974	0.9
32	-1712.44	-50.33	1310.59	26.041	146	625	0.00979	0.9
33	-1731.38	-132.64	1306.41	9.85	146	625	0.00984	0.9
34	-3352.51	-19.81	941.7	47.541	105	625	0.01482	0.9
35	-3377.76	-50.03	935.95	18.707	105	625	0.0149	0.9
36	-3403.02	-134.47	930.21	6.918	104	625	0.01499	0.9
37	-1695.26	-90.95	1314.37	14.452	147	625	0.00975	0.9
38	-1714.2	-179.2	1310.2	7.311	146	625	0.0098	0.9
39	-1733.14	-458.18	1306.02	2.85	146	625	0.00985	0.9
40	-4001.11	-90.95	780.96	8.587	86	625	0.01876	0.9
41	-4026.37	-179.2	773.99	4.319	85	625	0.01896	0.9
42	-4051.62	-460.02	767.01	1.667	85	625	0.01916	0.9
43	-3354.27	-88.52	941.3	10.634	105	625	0.01482	0.9
44	-3379.53	-178.91	935.55	5.229	105	625	0.01491	0.9
45	-3404.78	-460.02	929.81	2.021	104	625	0.01499	0.9

Cek strong column weak beam

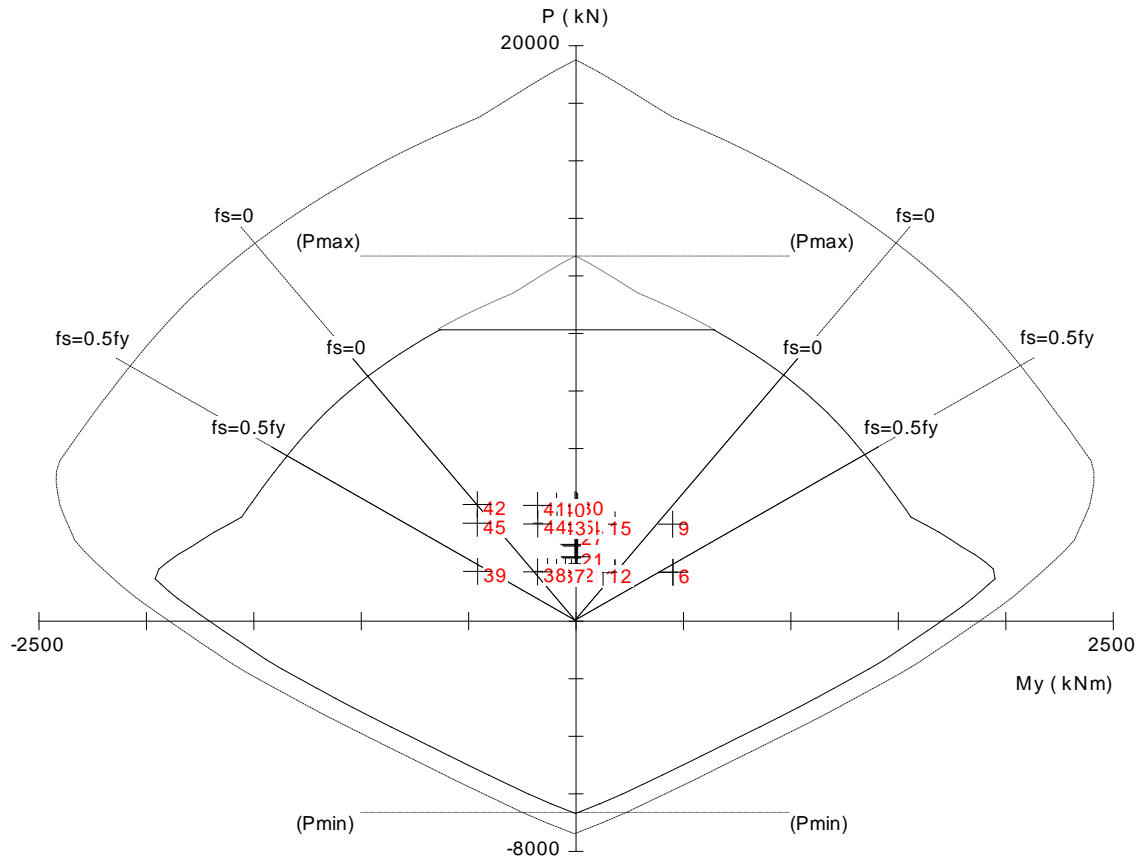
Dari hasil tersebut diambil M_n kolom minimum

$$\sum M_c = 2M_{n \text{ kolom}} = 2 \times 767,01 = 1534 \text{ kNm}$$

$$1,2 \sum M_g = 1,2(M_{n \text{ negatif balok}} + M_{n \text{ positif balok}} = 305,43 + 175,49) = 577,11 \text{ kNm}$$

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g \quad (\text{ok})$$

Gambar diagram interaksi kolom



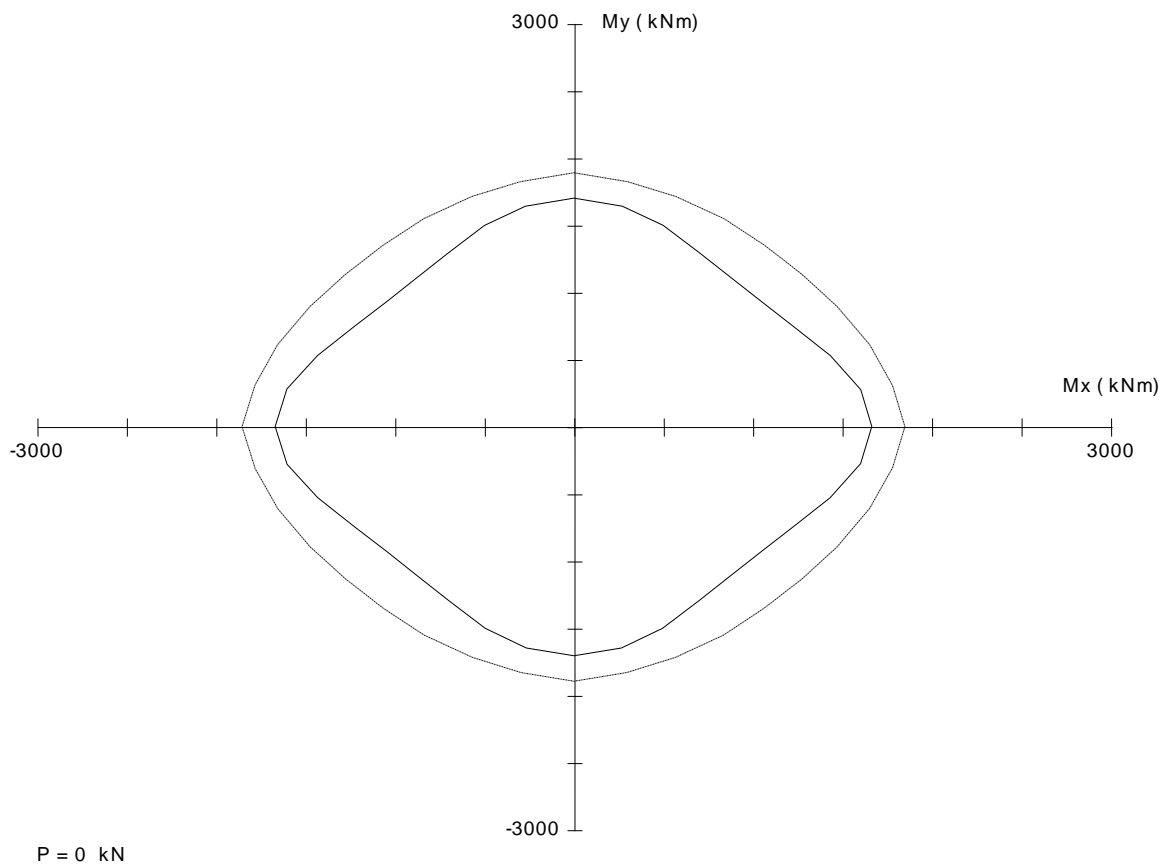
Kontrol Biaxial Bending

Dilakukan analisa kolom menggunakan aplikasi SPColumn dan didapatkan hasil sebagai berikut :

No	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ϕM_{nx} kNm	ϕM_{ny} kNm	$\phi M_n/M_u$	NA Depth mm	d_t Depth mm	ϵ_t	ϕ
1	-1662.62	51.01	101.08	571.90	1133.12	11.211	283	826	0.00577	0.900
2	-1681.56	98.59	180.87	605.40	1110.58	6.140	289	836	0.00568	0.900
3	-1700.51	230.54	451.38	574.33	1124.51	2.491	283	827	0.00579	0.900
4	-1662.62	99.85	103.50	875.71	907.76	8.771	320	880	0.00524	0.900
5	-1681.56	201.07	181.16	936.26	843.58	4.656	320	880	0.00526	0.900
6	-1700.51	477.64	451.38	913.20	863.00	1.912	319	880	0.00527	0.900
7	-3321.63	54.30	103.50	440.83	840.19	8.118	213	804	0.00835	0.900
8	-3346.89	99.66	181.16	455.23	827.53	4.568	216	811	0.00828	0.900
9	-3372.15	229.38	449.55	425.84	834.59	1.856	208	799	0.00853	0.900
10	-1664.38	96.56	32.36	1211.04	405.89	12.542	246	773	0.00648	0.900
11	-1683.33	200.00	51.99	1238.35	321.92	6.192	226	744	0.00696	0.900
12	-1702.27	477.64	125.84	1233.48	324.97	2.582	226	745	0.00697	0.900
13	-3323.40	99.85	34.79	885.09	308.36	8.865	180	749	0.00962	0.900
14	-3348.65	201.07	52.29	902.13	234.60	4.487	161	719	0.01049	0.900
15	-3373.91	476.48	124.00	896.54	233.33	1.882	160	718	0.01057	0.900
16	-2611.68	12.98	7.88	940.78	571.09	72.492	259	839	0.00673	0.900
17	-2641.15	3.04	1.29	997.36	424.99	328.326	224	787	0.00759	0.900
18	-2670.62	-6.90	-5.29	-868.78	-665.76	125.870	275	867	0.00645	0.900
19	-2197.42	9.42	5.85	1002.17	622.00	106.379	281	849	0.00608	0.900
20	-2218.47	2.29	0.93	1085.09	439.68	472.931	238	788	0.00696	0.900
21	-2239.52	-4.83	-3.99	-905.03	-746.86	187.300	298	876	0.00583	0.900
22	-3349.28	11.62	7.48	799.47	514.68	68.776	232	837	0.00787	0.900

No	P_u kN	M_{ux} kNm	M_{uy} kNm	ϕM_{nx} kNm	ϕM_{ny} kNm	$\phi M_n/M_u$	NA Depth mm	d_t Depth mm	ϵ_t	ϕ
23	-3374.53	3.02	1.13	868.24	323.64	287.479	182	756	0.00956	0.900
24	-3399.79	-5.58	-5.23	-698.85	-654.81	125.157	255	880	0.00735	0.900
25	-2971.93	9.77	6.36	864.22	562.39	88.427	251	846	0.00714	0.900
26	-2992.98	2.59	0.94	947.18	345.06	366.387	196	761	0.00874	0.900
27	-3014.03	-4.60	-4.48	-743.35	-722.90	161.495	271	880	0.00673	0.900
28	-4001.11	11.94	7.93	669.62	444.83	56.106	202	828	0.00931	0.900
29	-4026.37	3.27	1.14	730.75	254.76	223.709	148	730	0.01182	0.900
30	-4051.62	-5.40	-5.65	-559.55	-585.33	103.583	228	880	0.00858	0.900
31	-1693.50	-79.87	-22.23	-1228.92	-342.07	15.386	230	751	0.00686	0.900
32	-1712.44	-196.10	-50.33	-1234.44	-316.82	6.295	223	743	0.00703	0.900
33	-1731.38	-486.51	-132.64	-1224.38	-333.80	2.517	227	749	0.00696	0.900
34	-3352.51	-76.58	-19.81	-901.49	-233.18	11.772	160	718	0.01053	0.900
35	-3377.76	-195.03	-50.03	-896.25	-229.92	4.595	159	717	0.01064	0.900
36	-3403.02	-487.67	-134.47	-888.33	-244.94	1.822	161	723	0.01044	0.900
37	-1695.26	-34.33	-90.95	-448.86	-1189.15	13.075	256	788	0.00627	0.900
38	-1714.20	-94.69	-179.20	-588.56	-1113.90	6.216	285	831	0.00576	0.900
39	-1733.14	-239.42	-458.18	-582.07	-1113.94	2.431	284	830	0.00580	0.900
40	-4001.11	-79.87	-90.95	-541.13	-616.18	6.775	227	874	0.00856	0.900
41	-4026.37	-196.10	-179.20	-602.59	-550.68	3.073	229	879	0.00853	0.900
42	-4051.62	-487.67	-460.02	-589.15	-555.74	1.208	228	880	0.00858	0.900
43	-3354.27	-31.04	-88.52	-307.91	-878.16	9.920	179	749	0.00968	0.900
44	-3379.53	-93.62	-178.91	-434.11	-829.55	4.637	210	802	0.00847	0.900
45	-3404.78	-240.58	-460.02	-431.28	-824.68	1.793	209	802	0.00853	0.900

Diagram interaksi kolom M_x dan M_y :



Kesimpulan : Kolom kuat menahan biaxial bending

8.5 Desain Tulangan Confinement

- Lebar penampang inti beton terkekang, $bc = 700 - 2 \cdot (50 + 0,5 \times 13) = 587 \text{ mm}$
- Luas penampang inti kolom, $A_{ch} = (700 - 2 \times 50)^2 = 360000 \text{ mm}^2$
- SNI 2847 Pasal 21.6.4.4 total luas penampang hoops tidak kurang dari salah satu yang terbesar antara

$$1. \frac{A_{sh}}{S_1} = \frac{0,3 \times bc \times f'c}{f_y} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) = \frac{0,3 \times 700 \times 30}{420} \left(\frac{700 \times 700}{360000} - 1 \right) = 4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$2. \frac{A_{sh}}{S_2} = \frac{0,09 \times bc \times f'c}{f_y} = \frac{0,09 \times 700 \times 30}{420} = 3,77 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sehingga diambil nilai terbesar yaitu $4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$

- SNI 2847 Pasal 21.6.4.1 tulangan hoop/confinement diperlukan sepanjang l_0 dari ujung-ujung kolom. l_0 dipilih yang terbesar diantara
 1. Tinggi elemen kolom h di join = 700 mm
 2. $1/6$ tinggi bersih kolom = $1/6 \times 3500 = 583,33 \text{ mm}$
 3. 450 mm

Sehingga digunakan l_0 sebesar 700 mm

8.6 Desain Tulangan Geser

a) Daerah Sepanjang l_0

- Menghitung V_{sway}

$$M_{pr} \text{ balok diatas kolom} = 644,78 \text{ kNm}$$

$$M_{pr} \text{ balok dibawah kolom} = 644,78 \text{ kNm}$$

Faktor distribusi momen, $DF_{top} = DF_{bottom} = 0,5$ karena kolom atas dan bawah dari join yang ditinjau memiliki dimensi yang sama.

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_{top}} \times DF_{top} + M_{pr_{bot}} \times DF_{bot}}{l_n} = \frac{644,78 \times 0,5 + 644,78 \times 0,5}{3,5} \\ = 184,22 \text{ kN}$$

- V_e tidak boleh lebih kecil dari $V_u (1,2D+1,6L)$ dan tidak perlu lebih besar dari V_{sway}

$$V_u (1,2D+1,6L) = 3,72 \text{ kN (output Etabs),}$$

$$V_u \text{ (envelope etabs)} = 160,54 \text{ kN (output Etabs)}$$

maka digunakan $V_e = V_{sway} = 184,22 \text{ kN}$

- $V_c = 0$ jika :

$$1. V_e \geq 0,5 \times V_u \text{ maka } 184,22 \geq 0,5 \times 3,72 = 1,86 \text{ kN (ok)}$$

2. $P_u \leq 0.05 A_g f'_c$ maka $4051624,2 \text{ N} > 0.05 \times 490000 \times 30 = 735000 \text{ N}$ (not ok)

$$\text{Sehingga } V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 700 \times 624,5 = 399,06 \text{ kN}$$

- Cek apakah diperlukan tulangan geser

$$\frac{V_e}{\phi} = \frac{184,22}{0,75} = 245,63 \text{ kN}$$

$$0,5V_c = 0,5 \times 399,06 = 199,53 \text{ kN}$$

Karena $\frac{V_e}{\phi} > 0,5V_c$ maka dibutuhkan tulangan geser

- Cek apakah cukup jika digunakan tulangan geser minimum

$$V_c + \frac{1}{3} b w \times d = 399,06 + \frac{1}{3} 700 \times 624,5 = 544,78 \text{ kN}$$

$\frac{V_e}{\phi} < V_c + \frac{1}{3} b w \times d$ maka cukup digunakan tulangan geser minimum

$$\frac{A_{v \text{ minimum}}}{s} = \frac{b w}{3 f_y} = \frac{700}{3 \times 420} = 0,56 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

b) Daerah Diluar l_0

- Gaya geser ultimit diluar l_0 , $V_u = 160,54 \text{ kN}$
- Gaya aksial minimum, $P_u = 1662,62 \text{ kN}$
- Gaya geser nominal beton

$$V_c = \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \left(1 + \frac{1662,62 \times 10^3}{14 \times} \right) \sqrt{30} \times 700 \times 624,5 = 495,78 \text{ kN}$$

- Cek apakah diperlukan tulangan geser

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{160,54}{0,75} = 214,05 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} < V_c$$

Jadi tidak diperlukan tulangan geser dan hanya dipasang tulangan confinement.

8.7 Desain Tulangan Torsi

- Cek apakah pengaruh torsi dapat diabaikan

$$A_{cp} = b_x \times b_y = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b_x + b_y) = 2(700 + 700) = 2800 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SNI 2847 ($\lambda=1$ untuk beton berat normal) maka torsi dapat diabaikan jika,

$$T_u \leq \phi \frac{\lambda \sqrt{f'c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \leq 0,75 \frac{1\sqrt{30}}{12} \left(\frac{490000^2}{2800} \right) = 29,36 \text{ kNm}$$

Karena nilai $T_u = 8,81$ kN-m lebih kecil dari batas torsi yaitu 29,36 kN-m, maka pengaruh torsi dapat diabaikan.

8.8 Penulangan Sengkang Kombinasi Geser dan Torsi

Daerah Sepanjang l_0 Dari Ujung-Ujung Kolom

✓ Dari perhitungan sebelumnya didapatkan

1. Kebutuhan tulangan confinement sebesar 4,54 mm²/mm
2. Kebutuhan tulangan geser sebesar 0,56 mm²/mm

Sehingga diambil kebutuhan maksimal sebesar 4,54 mm²/mm

✓ Tambahkan luas sengkang torsi dengan geser, dan pilih diameter dan spasi tulangan sengkang,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 4,54 + 2 \times 0 = 4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Cek persyaratan sengkang minimum:

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,062 \sqrt{f'c} \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,062 \sqrt{30} \frac{700}{420} = 0,57 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,35 \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,35 \frac{700}{420} = 0,58 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka digunakan,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = 4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang dengan diameter 13 mm dan jumlah kaki = 4 buah

$$A_s = 4 \times 132,73 = 530,93 \text{ mm}^2$$

Sehingga spacing dapat dihitung,

$$s = \frac{A_s}{\left(\frac{A_{v+t}}{s} \right)}$$

$$s = \frac{530,93}{4,54} = 116,89 \text{ mm}$$

✓ SNI 2847 Pasal 21.6.4.3 Spasi maksimum adalah yang terkecil dari

1. $\frac{1}{4}$ dimensi penampang kolom terkecil = $\frac{1}{4} \times 700 = 175$ mm
2. 6 kali diameter tulangan longitudinal = $6 \times 25 = 150$ mm
3. So menurut persamaan

$$s_o \leq 100 + \frac{350-hx}{3} = 100 + \frac{350-\frac{2}{3} \times 587}{3} = 86,22 \text{ mm}$$

Namun s_o tidak boleh melebihi 150 mm, dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm sehingga digunakan $s_o = 100$ mm

✓ Kesimpulannya spasi sengkang yang digunakan adalah 100 mm

Daerah Di Luar lo Dari Ujung-Ujung Kolom

✓ Dari perhitungan sebelumnya didapatkan

1. Kebutuhan tulangan confinement sebesar $4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$
2. Kebutuhan tulangan geser sebesar $0 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Sehingga diambil kebutuhan maksimal sebesar $4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$

✓ Tambahkan luas sengkang torsi dengan geser, dan pilih diameter dan spasi tulangan sengkang,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 4,54 + 2 \times 0 = 4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Cek persyaratan sengkang minimum:

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,062 \sqrt{f'c} \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,062 \sqrt{30} \frac{700}{420} = 0,57 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{v+t}}{s} \geq 0,35 \frac{b_w}{f_{yt}} = 0,35 \frac{700}{420} = 0,58 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Maka digunakan,

$$\frac{A_{v+t}}{s} = 4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan sengkang dengan diameter 13 mm dan jumlah kaki = 4 buah

$$A_s = 4 \times 132,73 = 530,93 \text{ mm}^2$$

Sehingga spacing dapat dihitung,

$$s = \frac{A_s}{\left(\frac{A_{v+t}}{s}\right)}$$
$$s = \frac{530,93}{4,54} = 116,89 \text{ mm}$$

✓ SNI 2847 Pasal 21.6.4.5 sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi bersih kolom dikurangi l_0 di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum diantara :

1. 150 mm
2. 6 kali diameter longitudinal = $6 \times 25 = 150$ mm

✓ Kesimpulannya spasi sengkang yang digunakan adalah 100 mm

8.9 Desain Lap Splicing

Lap splices hanya boleh dipasang di tengah tinggi kolom, dan harus diikat dengan tulangan sengkang (confinement). Sepanjang lap splices (sambungan lewatan), spasi tulangan transversal dipasang sesuai spasi tulangan confinement diatas, yaitu 100 mm. Sambungan yang digunakan adalah sambungan kelas A, dimana tulangan disalurkan di lokasi yang berbeda-beda.

$$\Psi_t = 1.3$$

$$\Psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1.7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{420 \times 1.3 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 25 = 1465.96 \text{ mm}$$

SNI Pasal 12.17.2.2 panjang lap splices dapat dikurangi dengan mengalikan dengan 0.83 jika confinement sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari $0,0015 \times h \times s$:

$$0.0015 \times h \times s = 0.0015 \times 700 \times 100 = 105 \text{ mm}^2$$

Area efektif = $530.9292 \text{ mm}^2 \geq$ area efektif minimum, sehingga boleh dikurangi

$$\text{Panjang lap splices} = 1465.96 \times 0.83 = 1216.75 \approx 1250 \text{ mm}$$

BAB IX PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK-KOLOM

9.1 Data Perencanaan

Material Properties :

1. Concrete compressive strength, f'_c = 30 Mpa ($\beta_1 = 0,84$)
2. Yield strength of steel bar, f_y = 420 Mpa
3. Diameter of transversal reinforcement = 13 mm ($A_s = 132,73 \text{ mm}^2$)

9.2 Dimensi Join

Join depth = 700 mm

Join width = 700 mm

$$A_j = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

9.3 Tulangan Confinement

$bc = 507 \text{ mm}$

$$A_c = bc^2 = 257049 \text{ mm}^2$$

SNI 2847 menyatakan bahwa untuk join interior, jumlah tulangan confinement yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan confinement yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom.

Dari desain confinement kolom didapat $A_{sh}/s = 4,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$, maka

$$\text{Required } A_{sh} = 0,5 \times 4,54 = 2,27 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi vertika tulangan confinement diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

Jarak bersih antar tulangan tekan dan tarik balok adalah 318 mm.

Dipasang 2 tulangan confinement. Yang pertama dipasang pada jarak 80 mm dibawah tulangan atas. Jarak antar tulangan confinement ditetapkan sebesar 100 mm.

$$A_s = \left(A_{sh}/s \right) \times s$$

$$A_s = 4,54 \times 100 = 454 \text{ mm}^2$$

Dipasang baja tulangan diameter 13 mm 4 kaki.

$$A_s = 4 \times 132,73 = 530,92 \text{ mm}^2 \geq 454 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

9.4 Desain Gaya Geser

Faktor distribusi momen, $DF = 0,5$

$$M_e = DF \times M_{pr} \text{ balok} = 0,5 \times 644,78 = 322,39 \text{ kNm}$$

$$\text{➤ Geser pada kolom atas, } V_{sway} = \frac{2 \times M_e}{\ln \text{ kolom}} = \frac{2 \times 322,39}{3,5} = 184,22 \text{ kN}$$

➤ Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kiri adalah

$$T_1 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 2268,2 \times 420 = 1190,81 \text{ kN}$$

- Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri adalah
 $C1 = T1 = 1190,81 \text{ kN}$
- Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kanan adalah
 $T2 = 1,25 A_s f_y = 1,25 \times 1134,1 \times 420 = 595,4 \text{ kN}$
- Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan adalah
 $C2 = T2 = 595,4 \text{ kN}$

9.5 Cek Kuat Geser

Dikekang ke empat sisi

$$V_u = V_j = V_{\text{sway}} - T1 - C2 = 184,22 - 1190,81 - 595,4 = 1601,99 \text{ kN}$$

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{f'_c} \times A_j = 1,7 \times \sqrt{30} \times 490000 = 4562,53 \text{ kN} \leq V_u \text{ (ok)}$$

Dikekang tiga sisi

$$V_u = V_j = V_{\text{sway}} - T1 = 184,22 - 1190,81 = 1006,59 \text{ kN}$$

$$V_n = 1,2 \times \sqrt{f'_c} \times A_j = 1,2 \times \sqrt{30} \times 490000 = 3220,61 \text{ kN} \leq V_u \text{ (ok)}$$

BAB X PERENCANAAN DINDING GESER

10.1 Data Perencanaan

Dinding geser yang dianalisa adalah dinding geser Pier 4 pada lantai 5 sampai 7.

Frame geometry and section properties :

1. Panjang dinding, l_w = 4750 mm
2. Tinggi dinding, h_w = 12000 mm
3. Shear wall width, c = 300 mm
4. Concrete cover, C_c = 50 mm

Material Properties :

1. Concrete compressive strength, f'_c = 30 Mpa ($\beta_1 = 0.84$)
2. Yield strength of steel bar, f_y = 420 Mpa
3. Diameter of longitudinal reinforcement = 16 mm ($A_s = 490.88 \text{ mm}^2$)
4. Diameter of transversal reinforcement = 16 mm ($A_s = 490.88 \text{ mm}^2$)

10.2 Gaya Dalam Output Etabs

TABLE: Pier Forces							
Pier	Output Case	P	V2	V3	T	M2	M3
		kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
P4	1,4D + 1,4SDL	-1816.85	81.47	-84.34	43.52	154.07	-470.17
P4	1,4D + 1,4SDL	-766.05	15.90	-25.08	17.03	-67.94	-158.11
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1395.98	56.09	-62.47	48.39	111.49	-343.73
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-609.89	4.99	-13.68	19.06	-43.31	-145.51
P4	1,2D + Ex + L	-1199.97	299.04	-30.02	87.20	144.49	1065.53
P4	1,2D + Ex + L	-541.33	26.32	9.31	40.18	7.86	1131.08
P4	1,2D + Ex + L	-1406.41	-202.61	-74.72	-7.38	42.77	-1652.04
P4	1,2D + Ex + L	-611.74	-17.33	-32.70	-8.82	-81.08	-1375.59
P4	1,2D + Ey + L	-1159.33	531.87	-20.12	117.94	157.40	2104.79
P4	1,2D + Ey + L	-529.59	46.24	12.60	56.63	14.89	2162.37
P4	1,2D + Ey + L	-1447.04	-435.44	-84.62	-38.13	29.86	-2691.30
P4	1,2D + Ey + L	-623.48	-37.25	-35.99	-25.27	-88.10	-2406.88
P4	0,9D + Ex	-758.17	277.15	-4.30	66.61	98.76	1201.93
P4	0,9D + Ex	-355.51	24.58	14.71	32.04	25.39	1190.71
P4	0,9D + Ex	-964.61	-224.50	-49.01	-27.96	-2.96	-1515.64
P4	0,9D + Ex	-425.91	-19.08	-27.29	-16.96	-63.56	-1315.95
P4	0,9D + Ey	-717.53	509.97	5.60	97.36	111.67	2241.19
P4	0,9D + Ey	-343.77	44.49	18.01	48.49	32.41	2222.00
P4	0,9D + Ey	-1005.25	-457.33	-58.91	-58.71	-15.87	-2554.90
P4	0,9D + Ey	-437.65	-39.00	-30.59	-33.41	-70.58	-2347.24

P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-1324.45	52.04	-56.16	40.04	103.07	-314.91
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-583.70	4.16	-15.70	15.14	-44.17	-130.83
P4	0,9D + Wx	-882.65	30.15	-30.45	19.46	57.34	-178.51
P4	0,9D + Wx	-397.87	2.41	-10.29	7.00	-26.64	-71.20
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1398.19	56.13	-62.49	48.41	111.53	-344.49
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-610.69	4.99	-13.68	19.06	-43.31	-145.97
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-1326.66	52.08	-56.19	40.06	103.11	-315.68
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-584.49	4.16	-15.70	15.14	-44.17	-131.29
P4	0,9D + Wy	-866.45	66.72	-26.48	29.10	45.43	-225.36
P4	0,9D + Wy	-391.72	6.98	-3.91	12.96	-15.47	7.68
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-1308.24	88.61	-52.19	49.68	91.16	-361.76
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-577.54	8.72	-9.32	21.10	-32.99	-51.95
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-1310.45	88.65	-52.22	49.70	91.20	-362.53
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-578.34	8.72	-9.31	21.11	-33.00	-52.41
P4	Envelope	-717.53	531.87	5.60	117.94	157.40	2241.19
P4	Envelope	-343.77	46.24	18.01	56.63	32.41	2222.00
P4	Envelope	-1816.85	-457.33	-84.62	-58.71	-15.87	-2691.30
P4	Envelope	-766.05	-39.00	-35.99	-33.41	-88.10	-2406.88
P4	1,4D + 1,4SDL	-1281.67	32.90	-15.39	4.96	-0.32	-110.63
P4	1,4D + 1,4SDL	-1395.86	14.59	-16.18	3.60	-29.18	-88.48
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-990.83	3.16	-11.24	5.58	-0.88	-76.21
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1081.86	-7.47	-13.05	4.06	-23.57	-91.29
P4	1,2D + Ex + L	-864.60	266.40	-1.12	16.68	2.31	481.98
P4	1,2D + Ex + L	-954.24	260.30	-1.36	14.65	-4.28	719.82
P4	1,2D + Ex + L	-998.11	-258.56	-17.78	-7.52	-3.70	-612.39
P4	1,2D + Ex + L	-1090.59	-270.66	-20.48	-7.98	-35.14	-872.20
P4	1,2D + Ey + L	-836.46	513.66	0.21	25.00	3.98	906.79
P4	1,2D + Ey + L	-925.11	510.87	0.30	22.66	-1.60	1388.77
P4	1,2D + Ey + L	-1026.26	-505.82	-19.11	-15.84	-5.37	-1037.20
P4	1,2D + Ey + L	-1119.72	-521.24	-22.13	-15.99	-37.82	-1541.15
P4	0,9D + Ex	-557.42	266.37	3.48	14.29	2.71	512.04
P4	0,9D + Ex	-624.33	264.46	4.03	12.90	5.48	757.74
P4	0,9D + Ex	-690.93	-258.59	-13.18	-9.90	-3.30	-582.33
P4	0,9D + Ex	-760.68	-266.51	-15.09	-9.73	-25.38	-834.28
P4	0,9D + Ey	-529.28	513.63	4.81	22.61	4.38	936.85
P4	0,9D + Ey	-595.20	515.03	5.68	20.91	8.16	1426.69
P4	0,9D + Ey	-719.08	-505.85	-14.50	-18.22	-4.97	-1007.14
P4	0,9D + Ey	-789.81	-517.08	-16.75	-17.74	-28.06	-1503.23
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-945.15	4.38	-10.98	4.15	-0.22	-70.05
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-1036.51	-4.72	-12.43	2.86	-22.11	-81.35
P4	0,9D + Wx	-637.97	4.35	-6.38	1.76	0.18	-40.00
P4	0,9D + Wx	-706.60	-0.56	-7.04	1.12	-12.35	-43.42
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-992.25	3.15	-11.25	5.58	-0.88	-76.44
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1083.27	-7.49	-13.05	4.06	-23.58	-91.56
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-946.57	4.37	-10.98	4.15	-0.22	-70.29

P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-1037.93	-4.74	-12.43	2.87	-22.11	-81.61
P4	0,9D + Wy	-628.02	58.13	-3.97	4.55	-0.75	-48.97
P4	0,9D + Wy	-696.55	55.23	-4.59	3.73	-8.73	25.44
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-935.20	58.16	-8.57	6.94	-1.16	-79.02
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-1026.46	51.07	-9.98	5.47	-18.49	-12.49
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-936.62	58.15	-8.57	6.94	-1.16	-79.26
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-1027.87	51.06	-9.98	5.48	-18.50	-12.75
P4	Envelope	-529.28	513.66	4.81	25.00	4.38	936.85
P4	Envelope	-595.20	515.03	5.68	22.66	8.16	1426.69
P4	Envelope	-1281.67	-505.85	-19.11	-18.22	-5.37	-1037.20
P4	Envelope	-1395.86	-521.24	-22.13	-17.74	-37.82	-1541.15
P4	1,4D + 1,4SDL	-2433.44	74.97	-59.06	27.72	111.22	-560.02
P4	1,4D + 1,4SDL	-1005.65	13.57	-27.31	18.34	-66.26	-236.08
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1862.49	52.25	-45.36	30.99	82.79	-426.90
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-791.41	3.25	-15.20	20.49	-41.96	-212.90
P4	1,2D + Ex + L	-1610.91	417.13	-20.20	64.16	105.28	1628.47
P4	1,2D + Ex + L	-701.00	34.05	8.69	41.40	16.41	1724.00
P4	1,2D + Ex + L	-1877.37	-327.14	-55.77	-13.06	33.64	-2349.60
P4	1,2D + Ex + L	-795.13	-28.13	-34.60	-7.65	-87.36	-2079.21
P4	1,2D + Ey + L	-1559.45	773.08	-9.31	88.87	116.43	3263.01
P4	1,2D + Ey + L	-684.83	63.55	11.42	58.00	23.52	3434.78
P4	1,2D + Ey + L	-1928.83	-683.09	-66.66	-37.77	22.49	-3984.13
P4	1,2D + Ey + L	-811.30	-57.64	-37.34	-24.26	-94.47	-3789.98
P4	0,9D + Ex	-1026.93	396.82	-1.48	50.98	71.25	1801.54
P4	0,9D + Ex	-459.79	32.94	14.73	32.65	33.38	1812.53
P4	0,9D + Ex	-1293.39	-347.46	-37.05	-26.24	-0.40	-2176.53
P4	0,9D + Ex	-553.93	-29.24	-28.56	-16.40	-70.39	-1990.68
P4	0,9D + Ey	-975.48	752.76	9.40	75.69	82.40	3436.08
P4	0,9D + Ey	-443.62	62.45	17.46	49.25	40.50	3523.30
P4	0,9D + Ey	-1344.85	-703.40	-47.94	-50.95	-11.55	-3811.06
P4	0,9D + Ey	-570.10	-58.74	-31.30	-33.00	-77.50	-3701.46
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-1771.74	51.29	-40.92	25.56	76.00	-376.41
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-757.72	2.61	-16.99	16.38	-44.12	-177.76
P4	0,9D + Wx	-1187.77	30.98	-22.21	12.37	41.96	-203.34
P4	0,9D + Wx	-516.52	1.50	-10.95	7.64	-27.15	-89.24
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1864.72	52.28	-45.38	31.00	82.82	-427.66
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-792.23	3.24	-15.20	20.50	-41.96	-213.36
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-1773.97	51.32	-40.94	25.57	76.02	-377.17
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-758.54	2.60	-16.99	16.38	-44.13	-178.23
P4	0,9D + Wy	-1166.58	105.55	-19.52	19.95	34.31	-80.27
P4	0,9D + Wy	-508.43	8.83	-4.54	13.75	-14.47	186.06
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-1750.56	125.87	-38.23	33.13	68.34	-253.33
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-749.63	9.94	-10.58	22.49	-31.44	97.54
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-1752.78	125.90	-38.25	33.14	68.36	-254.09
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-750.45	9.94	-10.58	22.49	-31.44	97.07

P4	Envelope	-975.48	773.08	9.40	88.87	116.43	3436.08
P4	Envelope	-443.62	63.55	17.46	58.00	40.50	3523.30
P4	Envelope	-2433.44	-703.40	-66.66	-50.95	-11.55	-3984.13
P4	Envelope	-1005.65	-58.74	-37.34	-33.00	-94.47	-3789.98
P4	1,4D + 1,4SDL	-1656.50	21.50	-15.34	5.23	0.50	-143.84
P4	1,4D + 1,4SDL	-1772.85	4.62	-16.63	4.02	-28.50	-138.01
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1273.92	-5.34	-11.21	5.86	-0.25	-105.99
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1366.85	-15.08	-13.35	4.52	-23.04	-133.51
P4	1,2D + Ex + L	-1114.09	374.12	-1.07	16.72	2.80	722.91
P4	1,2D + Ex + L	-1205.57	366.86	-1.83	14.85	-1.66	1098.28
P4	1,2D + Ex + L	-1283.82	-381.25	-17.77	-7.08	-3.16	-901.25
P4	1,2D + Ex + L	-1378.12	-390.68	-20.51	-7.42	-36.87	-1320.61
P4	1,2D + Ey + L	-1079.61	737.82	0.00	24.86	5.18	1412.06
P4	1,2D + Ey + L	-1170.12	731.48	-0.48	22.62	1.04	2203.76
P4	1,2D + Ey + L	-1318.30	-744.95	-18.83	-15.22	-5.53	-1590.40
P4	1,2D + Ey + L	-1413.56	-755.30	-21.86	-15.19	-39.56	-2426.08
P4	0,9D + Ex	-720.65	377.22	3.52	14.22	2.93	766.23
P4	0,9D + Ex	-788.85	373.80	3.69	12.91	7.88	1154.01
P4	0,9D + Ex	-890.38	-378.14	-13.17	-9.59	-3.02	-857.92
P4	0,9D + Ex	-961.40	-383.74	-14.99	-9.36	-27.33	-1264.88
P4	0,9D + Ey	-686.17	740.92	4.59	22.35	5.31	1455.38
P4	0,9D + Ey	-753.41	738.42	5.03	20.68	10.57	2259.49
P4	0,9D + Ey	-924.86	-741.85	-14.24	-17.72	-5.40	-1547.07
P4	0,9D + Ey	-996.85	-748.36	-16.34	-17.13	-30.02	-2370.35
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-1216.58	-1.61	-10.93	4.42	-0.04	-90.57
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-1309.78	-9.95	-12.67	3.28	-22.04	-111.00
P4	0,9D + Wx	-823.15	1.49	-6.33	1.91	0.09	-47.24
P4	0,9D + Wx	-893.07	-3.01	-7.15	1.34	-12.50	-55.27
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1275.33	-5.35	-11.21	5.86	-0.25	-106.24
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1368.25	-15.10	-13.35	4.52	-23.04	-133.79
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-1218.00	-1.62	-10.93	4.42	-0.04	-90.81
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-1311.19	-9.96	-12.67	3.28	-22.04	-111.27
P4	0,9D + Wy	-810.16	91.68	-3.96	4.72	-0.36	20.72
P4	0,9D + Wy	-879.97	88.78	-4.72	3.97	-8.36	140.86
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-1203.59	88.57	-8.55	7.22	-0.49	-22.61
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-1296.69	81.85	-10.23	5.91	-17.90	85.13
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-1205.01	88.56	-8.55	7.23	-0.49	-22.85
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-1298.10	81.83	-10.23	5.91	-17.90	84.86
P4	Envelope	-686.17	740.92	4.59	24.86	5.31	1455.38
P4	Envelope	-753.41	738.42	5.03	22.62	10.57	2259.49
P4	Envelope	-1656.50	-744.95	-18.83	-17.72	-5.53	-1590.40
P4	Envelope	-1772.85	-755.30	-21.86	-17.13	-39.56	-2426.08
P4	1,4D + 1,4SDL	-3047.67	74.50	-61.61	29.11	109.31	-682.59
P4	1,4D + 1,4SDL	-1313.21	5.32	-8.49	7.58	-33.31	-327.95
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-2327.24	52.80	-46.89	32.44	80.98	-533.38

P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1023.85	-2.01	-2.19	8.60	-19.18	-289.79
P4	1,2D + Ex + L	-2022.68	532.58	-24.05	64.85	92.53	2581.70
P4	1,2D + Ex + L	-905.85	41.53	20.83	24.45	45.19	2589.34
P4	1,2D + Ex + L	-2344.64	-441.44	-54.67	-11.28	43.64	-3478.21
P4	1,2D + Ex + L	-1029.07	-44.72	-24.76	-10.35	-77.69	-3072.11
P4	1,2D + Ey + L	-1961.08	999.43	-11.08	89.06	104.01	5314.35
P4	1,2D + Ey + L	-883.73	83.26	23.54	36.23	52.64	5282.20
P4	1,2D + Ey + L	-1051.19	-86.46	-27.47	-22.12	-85.14	-5764.98
P4	0,9D + Ex	-1297.30	512.15	-4.80	51.08	59.38	2800.17
P4	0,9D + Ex	-593.49	42.45	21.60	20.75	52.92	2710.18
P4	0,9D + Ex	-1619.26	-461.87	-35.42	-25.04	10.49	-3259.74
P4	0,9D + Ex	-716.72	-43.80	-23.99	-14.05	-69.97	-2951.26
P4	0,9D + Ey	-1235.69	978.99	8.18	75.29	70.86	5532.82
P4	0,9D + Ey	-571.38	84.18	24.31	32.53	60.37	5403.05
P4	0,9D + Ey	-1680.86	-928.71	-48.40	-49.25	-0.99	-5992.40
P4	0,9D + Ey	-738.83	-85.54	-26.70	-25.82	-77.41	-5644.13
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-2217.27	54.76	-42.06	27.00	72.37	-450.36
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-980.25	-1.95	-5.95	6.27	-26.26	-226.93
P4	0,9D + Wx	-1491.89	34.33	-22.81	13.23	39.22	-231.89
P4	0,9D + Wx	-667.90	-1.03	-5.18	2.57	-18.53	-106.08
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-2329.48	52.83	-46.91	32.45	81.00	-534.14
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1024.73	-2.02	-2.18	8.60	-19.18	-290.26
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-2219.51	54.79	-42.07	27.00	72.39	-451.13
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-981.13	-1.96	-5.95	6.27	-26.26	-227.40
P4	0,9D + Wy	-1466.10	146.47	-20.34	20.85	34.70	215.50
P4	0,9D + Wy	-657.58	10.09	1.22	7.11	-3.65	458.21
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-2191.48	166.90	-39.59	34.62	67.85	-2.97
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-969.93	9.17	0.46	10.81	-11.38	337.36
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-2193.72	166.93	-39.61	34.63	67.87	-3.73
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-970.81	9.17	0.46	10.81	-11.38	336.89
P4	Envelope	-1235.69	999.43	8.18	89.06	109.31	5532.82
P4	Envelope	-571.38	84.18	24.31	36.23	60.37	5403.05
P4	Envelope	-1313.21	-86.46	-27.47	-25.82	-85.14	-5764.98
P4	1,4D + 1,4SDL	-1999.15	15.40	-10.00	2.28	-1.02	-187.92
P4	1,4D + 1,4SDL	-2079.52	4.23	-12.36	1.53	-22.27	-186.97
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1533.50	-9.94	-7.50	2.61	-1.31	-143.26
P4	1,2D + 1,6L + 0,5Lr	-1599.15	-16.37	-10.38	1.76	-18.71	-175.12
P4	1,2D + Ex + L	-1344.68	466.19	2.15	11.78	3.23	1120.88
P4	1,2D + Ex + L	-1412.55	453.80	0.54	10.47	4.47	1634.49
P4	1,2D + Ex + L	-1544.69	-481.71	-14.73	-7.52	-5.38	-1360.19
P4	1,2D + Ex + L	-1611.38	-480.37	-17.86	-7.61	-35.70	-1926.08
P4	1,2D + Ey + L	-1305.32	926.95	3.05	18.81	6.19	2262.08
P4	1,2D + Ey + L	-1373.00	907.65	1.60	17.23	7.16	3343.22
P4	1,2D + Ey + L	-1584.05	-942.47	-15.63	-14.54	-8.35	-2501.38
P4	1,2D + Ey + L	-1650.93	-934.23	-18.92	-14.37	-38.39	-3634.81

P4	0,9D + Ex	-872.48	470.86	5.24	10.66	3.79	1180.31
P4	0,9D + Ex	-925.58	460.98	4.86	9.71	12.25	1707.59
P4	0,9D + Ex	-1072.50	-477.05	-11.64	-8.65	-4.82	-1300.76
P4	0,9D + Ex	-1124.41	-473.20	-13.55	-8.38	-27.92	-1852.98
P4	0,9D + Ey	-833.12	931.61	6.14	17.68	6.76	2321.51
P4	0,9D + Ey	-886.03	914.83	5.91	16.47	14.94	3416.32
P4	0,9D + Ey	-1111.86	-937.81	-12.54	-15.67	-7.79	-2441.96
P4	0,9D + Ey	-1163.96	-927.05	-14.61	-15.13	-30.61	-3561.71
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-1465.60	-3.55	-7.78	1.68	-1.40	-114.76
P4	1,2D + Wx + L + 0,5Lr	-1532.78	-9.04	-10.17	0.97	-18.87	-136.16
P4	0,9D + Wx	-993.41	1.11	-4.69	0.55	-0.84	-55.34
P4	0,9D + Wx	-1045.81	-1.86	-5.86	0.20	-11.09	-63.05
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1534.89	-9.95	-7.50	2.61	-1.32	-143.51
P4	1,2D + 1,6L + 0,5R	-1600.51	-16.39	-10.38	1.76	-18.71	-175.40
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-1466.99	-3.56	-7.78	1.68	-1.40	-115.01
P4	1,2D + Wx + L + 0,5R	-1534.15	-9.06	-10.17	0.97	-18.87	-136.43
P4	0,9D + Wy	-977.72	123.90	-2.34	2.87	-0.60	145.99
P4	0,9D + Wy	-1030.34	120.23	-3.43	2.38	-6.24	311.89
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-1449.91	119.24	-5.43	4.00	-1.16	86.56
P4	1,2D + Wy + L + 0,5Lr	-1517.31	113.05	-7.74	3.14	-14.02	238.79
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-1451.30	119.23	-5.42	4.00	-1.16	86.32
P4	1,2D + Wy + L + 0,5R	-1518.68	113.04	-7.74	3.14	-14.02	238.52
P4	Envelope	-833.12	931.61	6.14	18.81	6.76	2321.51
P4	Envelope	-886.03	914.83	5.91	17.23	14.94	3416.32
P4	Envelope	-1999.15	-942.47	-15.63	-15.67	-8.35	-2501.38
P4	Envelope	-2079.52	-934.23	-18.92	-15.13	-38.39	-3634.81

10.3 Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

- Periksa apakah dibutuhkan dua lapis tulangan

SNI 2847 mengharuskan baja tulangan transversal dan horizontal masing-masing dipasang dua lapis apabila gaya geser bidang terfaktor yang bekerja pada dinding melebihi:

$$0,17A_{cv}\lambda\sqrt{f'c}$$

$$A_{cv} = 4,75 \times 0,3 = 1,425 \text{ m}^2$$

Untuk beton normal, $\lambda = 1$, sehingga

$$0,17A_{cv}\lambda\sqrt{f'c} = 0,17 \times 1,425 \times \sqrt{30} \times 10^3 = 1326,86 \text{ kN}$$

Dari aplikasi etabs didapatkan $V_u = 999,43 \text{ kN}$

Sehingga tidak diperlukan dua lapis tulangan, namun untuk nilai yang konservatif tetap digunakan dua lapis tulangan.

- Perhitungan kebutuhan tulangan longitudinal dan transversal
SNI 2847 mengharuskan bahwa untuk dinding structural, rasio tulangan longitudinal ρ_l dan rasio tulangan transversal ρ_t minimum adalah 0,0025, dan spasi maksimum masing-masing arah tulangan adalah 450 mm.

Luas penampang longitudinal dan transversal dinding geser per meter panjang:

$$A = 0,3 \times 1 = 0,3 \text{ m}^2$$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$\rho_{min} = 0,3 \times 0,0025 = 0,00075 \text{ m}^2 = 750 \text{ mm}^2$$

Bila digunakan tulangan D16 ($A_s = 201,06$), maka

$$\text{Digunakan dua lapis tulangan, } A_s = 201,06 \times 2 = 402,12 \text{ mm}^2$$

Jumlah pasangan tulangan yang diperlukan per meter panjang:

$$n = \frac{750}{402,12} = 1,86 \approx 2 \text{ pasang}$$

$$s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm} \quad (\text{Not Ok})$$

Maka digunakan tulangan 2D16-300 mm

10.4 Desain Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847, kuat geser nominal dinding structural dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

dimana,

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$= 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0$$

= variatif secara linier antara 0,25 dan 0,17 untuk nilai h_w/l_w antara 1,5 dan 2,0

$$\text{➤ } \frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = \frac{12}{4,75} = 2,53$$

Sehingga $\alpha_c = 0,17$

- Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi 2D16-300 mm. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{2 \times 201,06}{s \times t} = \frac{2 \times 201,06}{300 \times 300} = 0,0045$$

- Kuat geser nominal

$$V_n = 1,425(0,17 \times 1 \times \sqrt{30} + 0,0045 \times 420) \times 10^3 = 4020,11 \text{ kN}$$

- Kuat geser perlu

$$\phi V_n = 0,75 \times 4020,11 = 3015,08 \text{ kN}$$

$$V_u = 999,43 \text{ kN}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ (Ok)}$$

10.5 Desain Kombinasi Aksial dan Lentur

Berdasarkan analisa kombinasi aksial dan lentur, tulangan vertikal yang diperlukan adalah 2D16-150 mm.

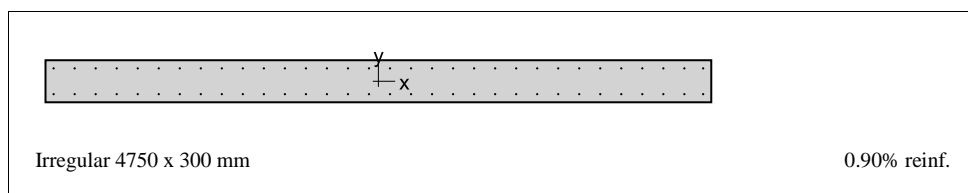
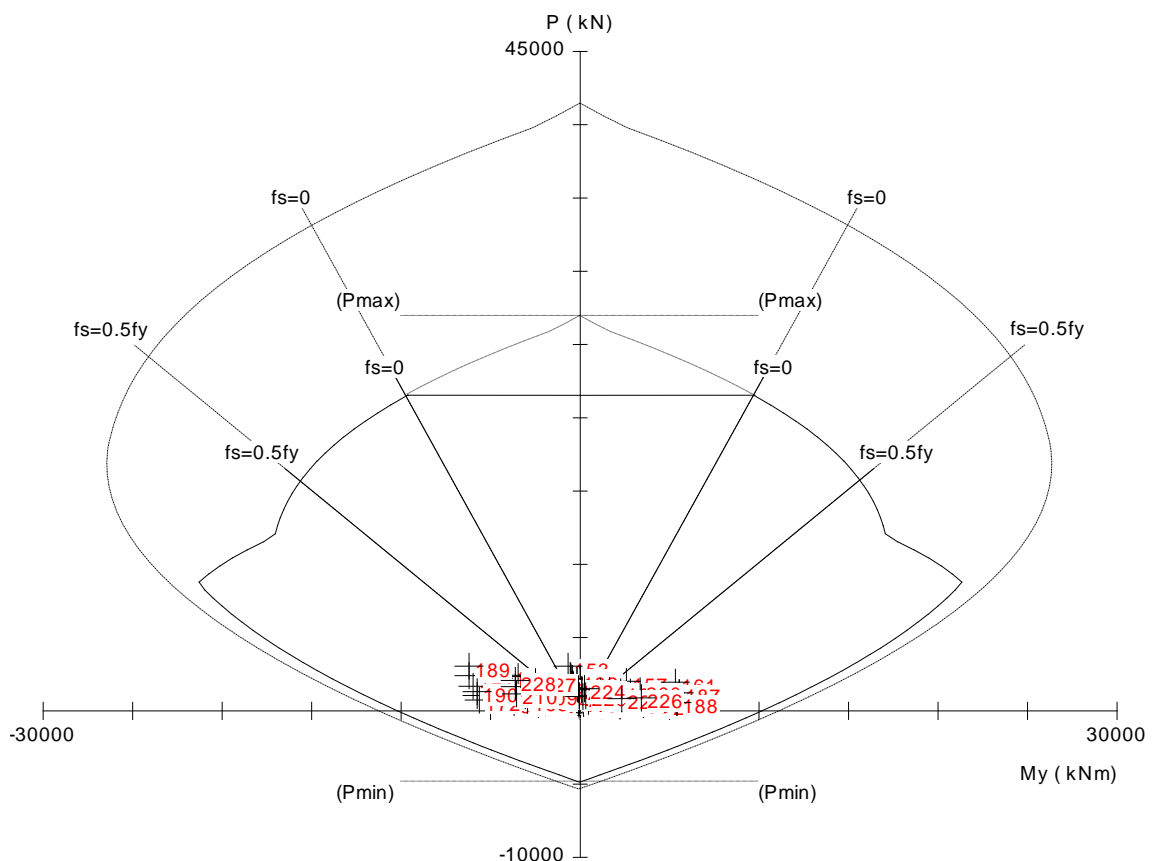


Diagram interaksi aksial-lentur



No	P_u kN	M_{uy} kNm	ϕM_{ny} kNm	$\phi M_r / M_u$	NA Depth mm	d_t Depth mm	ϵ_t	ϕ
1	-1816.85	-470.17	-6731.13	14.316	392	4692	0.03293	0.900
2	-766.05	-158.11	-8780.64	55.535	527	4692	0.02370	0.900
3	-1395.98	-343.73	-7566.48	22.013	446	4692	0.02854	0.900

No	P _u kN	M _{uy} kNm	φM _{ny} kNm	φM _r /M _u	NA Depth mm	d _t Depth mm	ε _t	φ
4	-609.89	-145.51	-9075.83	62.373	548	4692	0.02270	0.900
5	-1199.97	1065.53	7888.47	7.403	468	4692	0.02707	0.900
6	-541.33	1131.08	9145.26	8.085	553	4692	0.02247	0.900
7	-1406.41	-1652.04	-7545.91	4.568	445	4692	0.02864	0.900
8	-611.74	-1375.59	-9072.35	6.595	547	4692	0.02271	0.900
9	-1159.33	2104.79	7966.76	3.785	473	4692	0.02675	0.900
10	-529.59	2162.37	9167.36	4.239	554	4692	0.02240	0.900
11	-1447.04	-2691.30	-7465.69	2.774	440	4692	0.02902	0.900
12	-623.48	-2406.88	-9050.21	3.760	546	4692	0.02278	0.900
13	-758.17	1201.93	8734.58	7.267	524	4692	0.02386	0.900
14	-355.51	1190.71	9488.29	7.969	576	4692	0.02145	0.900
15	-964.61	-1515.64	-8403.02	5.544	502	4692	0.02505	0.900
16	-425.91	-1315.95	-9419.02	7.158	572	4692	0.02163	0.900
17	-717.53	2241.19	8811.80	3.932	529	4692	0.02359	0.900
18	-343.77	2222.00	9509.87	4.280	577	4692	0.02138	0.900
19	-1005.25	-2554.90	-8325.44	3.259	497	4692	0.02534	0.900
20	-437.65	-2347.24	-9397.46	4.004	570	4692	0.02169	0.900
21	-1324.45	-314.91	-7707.38	24.475	456	4692	0.02789	0.900
22	-583.70	-130.83	-9125.17	69.748	551	4692	0.02254	0.900
23	-882.65	-178.51	-8559.19	47.948	512	4692	0.02448	0.900
24	-397.87	-71.20	-9470.47	133.012	575	4692	0.02148	0.900
25	-1398.19	-344.49	-7562.12	21.952	446	4692	0.02856	0.900
26	-610.69	-145.97	-9074.33	62.166	548	4692	0.02270	0.900
27	-1326.66	-315.68	-7703.03	24.401	455	4692	0.02791	0.900
28	-584.49	-131.29	-9123.69	69.493	551	4692	0.02254	0.900
29	-866.45	-225.36	-8589.93	38.116	514	4692	0.02437	0.900
30	-391.72	7.68	9421.67	999.999	571	4692	0.02164	0.900
31	-1308.24	-361.76	-7739.25	21.393	458	4692	0.02774	0.900
32	-577.54	-51.95	-9136.77	175.876	552	4692	0.02250	0.900
33	-1310.45	-362.53	-7734.91	21.336	458	4692	0.02776	0.900
34	-578.34	-52.41	-9135.27	174.304	552	4692	0.02251	0.900
35	-717.53	2241.19	8811.80	3.932	529	4692	0.02359	0.900
36	-343.77	2222.00	9509.87	4.280	577	4692	0.02138	0.900
37	-1816.85	-2691.30	-6731.13	2.501	392	4692	0.03293	0.900
38	-766.05	-2406.88	-8780.64	3.648	527	4692	0.02370	0.900
39	-1281.67	-110.63	-7791.46	70.428	461	4692	0.02751	0.900
40	-1395.86	-88.48	-7566.72	85.519	446	4692	0.02854	0.900
41	-990.83	-76.21	-8352.98	109.605	499	4692	0.02523	0.900
42	-1081.86	-91.29	-8178.94	89.593	487	4692	0.02589	0.900
43	-864.60	481.98	8531.82	17.702	510	4692	0.02459	0.900
44	-954.24	719.82	8360.50	11.615	499	4692	0.02522	0.900
45	-998.11	-612.39	-8339.08	13.617	498	4692	0.02529	0.900
46	-1090.59	-872.20	-8162.23	9.358	486	4692	0.02596	0.900
47	-836.46	906.79	8585.50	9.468	514	4692	0.02439	0.900
48	-925.11	1388.77	8416.22	6.060	502	4692	0.02501	0.900
49	-1026.26	-1037.20	-8285.30	7.988	494	4692	0.02549	0.900
50	-1119.72	-1541.15	-8106.43	5.260	483	4692	0.02617	0.900
51	-557.42	512.04	9114.91	17.801	550	4692	0.02257	0.900
52	-624.33	757.74	8988.47	11.862	542	4692	0.02299	0.900
53	-690.93	-582.33	-8922.85	15.323	537	4692	0.02321	0.900
54	-760.68	-834.28	-8790.82	10.537	528	4692	0.02366	0.900
55	-529.28	936.85	9167.93	9.786	554	4692	0.02240	0.900
56	-595.20	1426.69	9043.55	6.339	545	4692	0.02281	0.900
57	-719.08	-1007.14	-8869.60	8.807	533	4692	0.02339	0.900
58	-789.81	-1503.23	-8735.65	5.811	524	4692	0.02385	0.900
59	-945.15	-70.05	-8440.14	120.487	504	4692	0.02491	0.900
60	-1036.51	-81.35	-8265.71	101.607	493	4692	0.02556	0.900
61	-637.97	-40.00	-9022.88	225.572	544	4692	0.02287	0.900
62	-706.60	-43.42	-8893.21	204.818	535	4692	0.02331	0.900
63	-992.25	-76.44	-8350.27	109.240	498	4692	0.02524	0.900

No	P _u kN	M _{uy} kNm	φM _{ny} kNm	φM _r /M _u	NA Depth mm	d _t Depth mm	ε _t	φ
64	-1083.27	-91.56	-8176.24	89.299	487	4692	0.02590	0.900
65	-946.57	-70.29	-8437.43	120.037	504	4692	0.02492	0.900
66	-1037.93	-81.61	-8262.99	101.250	493	4692	0.02557	0.900
67	-628.02	-48.97	-9041.65	184.637	545	4692	0.02281	0.900
68	-696.55	25.44	8851.62	347.941	532	4692	0.02346	0.900
69	-935.20	-79.02	-8459.10	107.050	506	4692	0.02484	0.900
70	-1026.46	-12.49	-8284.92	663.324	494	4692	0.02549	0.900
71	-936.62	-79.26	-8456.40	106.692	505	4692	0.02485	0.900
72	-1027.87	-12.75	-8282.22	649.586	494	4692	0.02550	0.900
73	-529.28	936.85	9167.93	9.786	554	4692	0.02240	0.900
74	-595.20	1426.69	9043.55	6.339	545	4692	0.02281	0.900
75	-1281.67	-1037.20	-7791.46	7.512	461	4692	0.02751	0.900
76	-1395.86	-1541.15	-7566.72	4.910	446	4692	0.02854	0.900
77	-2433.44	-560.02	-5465.25	9.759	312	4692	0.04217	0.900
78	-1005.65	-236.08	-8324.68	35.262	497	4692	0.02534	0.900
79	-1862.49	-426.90	-6639.71	15.553	386	4692	0.03346	0.900
80	-791.41	-212.90	-8732.62	41.017	524	4692	0.02386	0.900
81	-1610.91	1628.47	7076.05	4.345	414	4692	0.03098	0.900
82	-701.00	1724.00	8843.18	5.129	531	4692	0.02348	0.900
83	-1877.37	-2349.60	-6609.39	2.813	384	4692	0.03365	0.900
84	-795.13	-2079.21	-8725.55	4.197	524	4692	0.02389	0.900
85	-1559.45	3263.01	7178.43	2.200	421	4692	0.03044	0.900
86	-684.83	3434.78	8873.86	2.584	534	4692	0.02338	0.900
87	-1928.83	-3984.13	-6504.42	1.633	377	4692	0.03433	0.900
88	-811.30	-3789.98	-8694.83	2.294	521	4692	0.02400	0.900
89	-1026.93	1801.54	8221.22	4.563	490	4692	0.02575	0.900
90	-459.79	1812.53	9296.24	5.129	563	4692	0.02201	0.900
91	-1293.39	-2176.53	-7768.44	3.569	460	4692	0.02761	0.900
92	-553.93	-1990.68	-9181.20	4.612	555	4692	0.02236	0.900
93	-975.48	3436.08	8319.83	2.421	496	4692	0.02537	0.900
94	-443.62	3523.30	9326.06	2.647	565	4692	0.02192	0.900
95	-1344.85	-3811.06	-7667.23	2.012	453	4692	0.02807	0.900
96	-570.10	-3701.46	-9150.78	2.472	553	4692	0.02245	0.900
97	-1771.74	-376.41	-6821.19	18.122	397	4692	0.03243	0.900
98	-757.72	-177.76	-8796.43	49.485	528	4692	0.02364	0.900
99	-1187.77	-203.34	-7975.46	39.222	474	4692	0.02670	0.900
100	-516.52	-89.24	-9251.51	103.670	560	4692	0.02213	0.900
101	-1864.72	-427.66	-6635.16	15.515	386	4692	0.03349	0.900
102	-792.23	-213.36	-8731.06	40.922	524	4692	0.02387	0.900
103	-1773.97	-377.17	-6816.74	18.073	397	4692	0.03246	0.900
104	-758.54	-178.23	-8794.88	49.346	528	4692	0.02365	0.900
105	-1166.58	-80.27	-8016.67	99.871	477	4692	0.02653	0.900
106	-508.43	186.06	9206.46	49.481	557	4692	0.02228	0.900
107	-1750.56	-253.33	-6863.44	27.093	400	4692	0.03220	0.900
108	-749.63	97.54	8750.81	89.715	525	4692	0.02381	0.900
109	-1752.78	-254.09	-6859.01	26.994	400	4692	0.03222	0.900
110	-750.45	97.07	8749.25	90.133	525	4692	0.02381	0.900
111	-975.48	3436.08	8319.83	2.421	496	4692	0.02537	0.900
112	-443.62	3523.30	9326.06	2.647	565	4692	0.02192	0.900
113	-2433.44	-3984.13	-5465.25	1.372	312	4692	0.04217	0.900
114	-1005.65	-3789.98	-8324.68	2.196	497	4692	0.02534	0.900
115	-1656.50	-143.84	-7050.76	49.018	412	4692	0.03120	0.900
116	-1772.85	-138.01	-6818.98	49.409	397	4692	0.03244	0.900
117	-1273.92	-105.99	-7806.68	73.655	462	4692	0.02744	0.900
118	-1366.85	-133.51	-7623.90	57.104	450	4692	0.02827	0.900
119	-1114.09	722.91	8053.82	11.141	479	4692	0.02640	0.900
120	-1205.57	1098.28	7877.68	7.173	467	4692	0.02711	0.900
121	-1283.82	-901.25	-7787.24	8.640	461	4692	0.02752	0.900
122	-1378.12	-1320.61	-7601.69	5.756	449	4692	0.02837	0.900
123	-1079.61	1412.06	8120.09	5.751	483	4692	0.02614	0.900

No	P _u kN	M _{uy} kNm	φM _{ny} kNm	φM _r /M _u	NA Depth mm	d _t Depth mm	ε _t	φ
124	-1170.12	2203.76	7945.99	3.606	472	4692	0.02683	0.900
125	-1318.30	-1590.40	-7719.47	4.854	457	4692	0.02783	0.900
126	-1413.56	-2426.08	-7531.80	3.105	444	4692	0.02870	0.900
127	-720.65	766.23	8805.87	11.492	529	4692	0.02361	0.900
128	-788.85	1154.01	8676.20	7.518	520	4692	0.02407	0.900
129	-890.38	-857.92	-8544.48	9.960	511	4692	0.02453	0.900
130	-961.40	-1264.88	-8409.15	6.648	502	4692	0.02502	0.900
131	-686.17	1455.38	8871.31	6.096	533	4692	0.02339	0.900
132	-753.41	2259.49	8743.63	3.870	525	4692	0.02383	0.900
133	-924.86	-1547.07	-8478.81	5.481	507	4692	0.02477	0.900
134	-996.85	-2370.35	-8341.48	3.519	498	4692	0.02528	0.900
135	-1216.58	-90.57	-7919.16	87.437	470	4692	0.02694	0.900
136	-1309.78	-111.00	-7736.22	69.696	458	4692	0.02776	0.900
137	-823.15	-47.24	-8672.31	183.580	520	4692	0.02407	0.900
138	-893.07	-55.27	-8539.35	154.503	511	4692	0.02455	0.900
139	-1275.33	-106.24	-7803.91	73.456	462	4692	0.02745	0.900
140	-1368.25	-133.79	-7621.14	56.963	450	4692	0.02828	0.900
141	-1218.00	-90.81	-7916.38	87.175	470	4692	0.02695	0.900
142	-1311.19	-111.27	-7733.45	69.502	457	4692	0.02777	0.900
143	-810.16	20.72	8635.62	416.777	517	4692	0.02421	0.900
144	-879.97	140.86	8502.48	60.361	508	4692	0.02469	0.900
145	-1203.59	-22.61	-7944.56	351.374	472	4692	0.02683	0.900
146	-1296.69	85.13	7698.88	90.437	455	4692	0.02791	0.900
147	-1205.01	-22.85	-7941.79	347.562	472	4692	0.02684	0.900
148	-1298.10	84.86	7696.10	90.692	455	4692	0.02792	0.900
149	-686.17	1455.38	8871.31	6.096	533	4692	0.02339	0.900
150	-753.41	2259.49	8743.63	3.870	525	4692	0.02383	0.900
151	-1656.50	-1590.40	-7050.76	4.433	412	4692	0.03120	0.900
152	-1772.85	-2426.08	-6818.98	2.811	397	4692	0.03244	0.900
153	-3047.67	-682.59	-4160.22	6.095	230	4692	0.05822	0.900
154	-1313.21	-327.95	-7729.48	23.569	457	4692	0.02779	0.900
155	-2327.24	-533.38	-5685.23	10.659	325	4692	0.04033	0.900
156	-1023.85	-289.79	-8289.90	28.607	494	4692	0.02547	0.900
157	-2022.68	2581.70	6246.16	2.419	361	4692	0.03604	0.900
158	-905.85	2589.34	8453.10	3.265	505	4692	0.02488	0.900
159	-2344.64	-3478.21	-5649.23	1.624	323	4692	0.04063	0.900
160	-1029.07	-3072.11	-8279.92	2.695	494	4692	0.02551	0.900
161	-1961.08	5314.35	6372.61	1.199	369	4692	0.03516	0.900
162	-883.73	5282.20	8495.30	1.608	508	4692	0.02472	0.900
163	-1051.19	-5764.98	-8237.63	1.429	491	4692	0.02567	0.900
164	-1297.30	2800.17	7697.68	2.749	455	4692	0.02792	0.900
165	-593.49	2710.18	9046.78	3.338	546	4692	0.02280	0.900
166	-1619.26	-3259.74	-7124.79	2.186	416	4692	0.03081	0.900
167	-716.72	-2951.26	-8874.07	3.007	534	4692	0.02338	0.900
168	-1235.69	5532.82	7818.99	1.413	464	4692	0.02737	0.900
169	-571.38	5403.05	9088.55	1.682	549	4692	0.02266	0.900
170	-1680.86	-5992.40	-7002.30	1.169	409	4692	0.03145	0.900
171	-738.83	-5644.13	-8832.21	1.565	531	4692	0.02352	0.900
172	-2217.27	-450.36	-5912.36	13.128	339	4692	0.03854	0.900
173	-980.25	-226.93	-8373.18	36.898	500	4692	0.02516	0.900
174	-1491.89	-231.89	-7377.10	31.813	434	4692	0.02945	0.900
175	-667.90	-106.08	-8966.37	84.525	540	4692	0.02306	0.900
176	-2329.48	-534.14	-5680.60	10.635	325	4692	0.04037	0.900
177	-1024.73	-290.26	-8288.22	28.554	494	4692	0.02548	0.900
178	-2219.51	-451.13	-5907.75	13.095	339	4692	0.03858	0.900
179	-981.13	-227.40	-8371.50	36.814	500	4692	0.02516	0.900
180	-1466.10	215.50	7363.87	34.171	433	4692	0.02951	0.900
181	-657.58	458.21	8925.51	19.479	537	4692	0.02320	0.900
182	-2191.48	-2.97	-5965.53	999.999	342	4692	0.03814	0.900
183	-969.93	337.36	8330.46	24.693	497	4692	0.02533	0.900

No	P _u kN	M _{uy} kNm	φM _{ny} kNm	φM _n /M _u	NA Depth mm	d _t Depth mm	ε _t	φ
184	-2193.72	-3.73	-5960.91	999.999	342	4692	0.03817	0.900
185	-970.81	336.89	8328.78	24.723	497	4692	0.02534	0.900
186	-1235.69	5532.82	7818.99	1.413	464	4692	0.02737	0.900
187	-571.38	5403.05	9088.55	1.682	549	4692	0.02266	0.900
188	-1313.21	-5764.98	-7729.48	1.341	457	4692	0.02779	0.900
189	-1999.15	-187.92	-6360.63	33.848	368	4692	0.03530	0.900
190	-2079.52	-186.97	-6195.84	33.138	357	4692	0.03645	0.900
191	-1533.50	-143.26	-7295.02	50.922	427	4692	0.02995	0.900
192	-1599.15	-175.12	-7164.74	40.913	419	4692	0.03061	0.900
193	-1344.68	1120.88	7604.19	6.784	449	4692	0.02835	0.900
194	-1412.55	1634.49	7469.98	4.570	440	4692	0.02899	0.900
195	-1544.69	-1360.19	-7272.79	5.347	426	4692	0.03006	0.900
196	-1611.38	-1926.08	-7140.45	3.707	417	4692	0.03073	0.900
197	-1305.32	2262.08	7681.86	3.396	454	4692	0.02799	0.900
198	-1373.00	3343.22	7548.23	2.258	445	4692	0.02862	0.900
199	-1584.05	-2501.38	-7194.72	2.876	421	4692	0.03045	0.900
200	-1650.93	-3634.81	-7061.84	1.943	412	4692	0.03114	0.900
201	-872.48	1180.31	8516.78	7.216	509	4692	0.02464	0.900
202	-925.58	1707.59	8415.33	4.928	502	4692	0.02502	0.900
203	-1072.50	-1300.76	-8196.86	6.302	488	4692	0.02582	0.900
204	-1124.41	-1852.98	-8097.35	4.370	482	4692	0.02621	0.900
205	-833.12	2321.51	8591.87	3.701	514	4692	0.02437	0.900
206	-886.03	3416.32	8490.91	2.485	507	4692	0.02474	0.900
207	-1111.86	-2441.96	-8121.49	3.326	483	4692	0.02611	0.900
208	-1163.96	-3561.71	-8021.68	2.252	477	4692	0.02651	0.900
209	-1465.60	-114.76	-7429.02	64.735	437	4692	0.02920	0.900
210	-1532.78	-136.16	-7296.45	53.587	427	4692	0.02994	0.900
211	-993.41	-55.34	-8348.05	150.850	498	4692	0.02525	0.900
212	-1045.81	-63.05	-8247.92	130.816	492	4692	0.02563	0.900
213	-1534.89	-143.51	-7292.26	50.814	427	4692	0.02996	0.900
214	-1600.51	-175.40	-7162.04	40.833	419	4692	0.03062	0.900
215	-1466.99	-115.01	-7426.27	64.571	437	4692	0.02921	0.900
216	-1534.15	-136.43	-7293.73	53.461	427	4692	0.02995	0.900
217	-977.72	145.99	8315.54	56.960	496	4692	0.02539	0.900
218	-1030.34	311.89	8214.68	26.338	489	4692	0.02577	0.900
219	-1449.91	86.56	7395.97	85.443	435	4692	0.02935	0.900
220	-1517.31	238.79	7262.21	30.413	426	4692	0.03002	0.900
221	-1451.30	86.32	7393.21	85.649	435	4692	0.02936	0.900
222	-1518.68	238.52	7259.48	30.436	426	4692	0.03003	0.900
223	-833.12	2321.51	8591.87	3.701	514	4692	0.02437	0.900
224	-886.03	3416.32	8490.91	2.485	507	4692	0.02474	0.900
225	-1999.15	-2501.38	-6360.63	2.543	368	4692	0.03530	0.900
226	-2079.52	-3634.81	-6195.84	1.705	357	4692	0.03645	0.900

10.6 Desain Komponen Batas Khusus

Berdasarkan pendekatan tegangan, komponen batas khusus diperlukan apabila tegangan tekan maksimum akibat kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada penampang dinding geser melebihi $0,2f'c$. Jadi komponen batas khusus hanya diperlukan jika:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_{uy}}{I} > 0,2f'c$$

Nilai yang dihasilkan persamaan diatas adalah:

$$\frac{3047,67 \text{ kN}}{2,405 \text{ m}^2} + \frac{(6210,87 \text{ kNm})(3,075 \text{ m})}{9,996 \text{ m}^4} = 3,178 \text{ kN/m}^2 = 3,178 \text{ MPa}$$

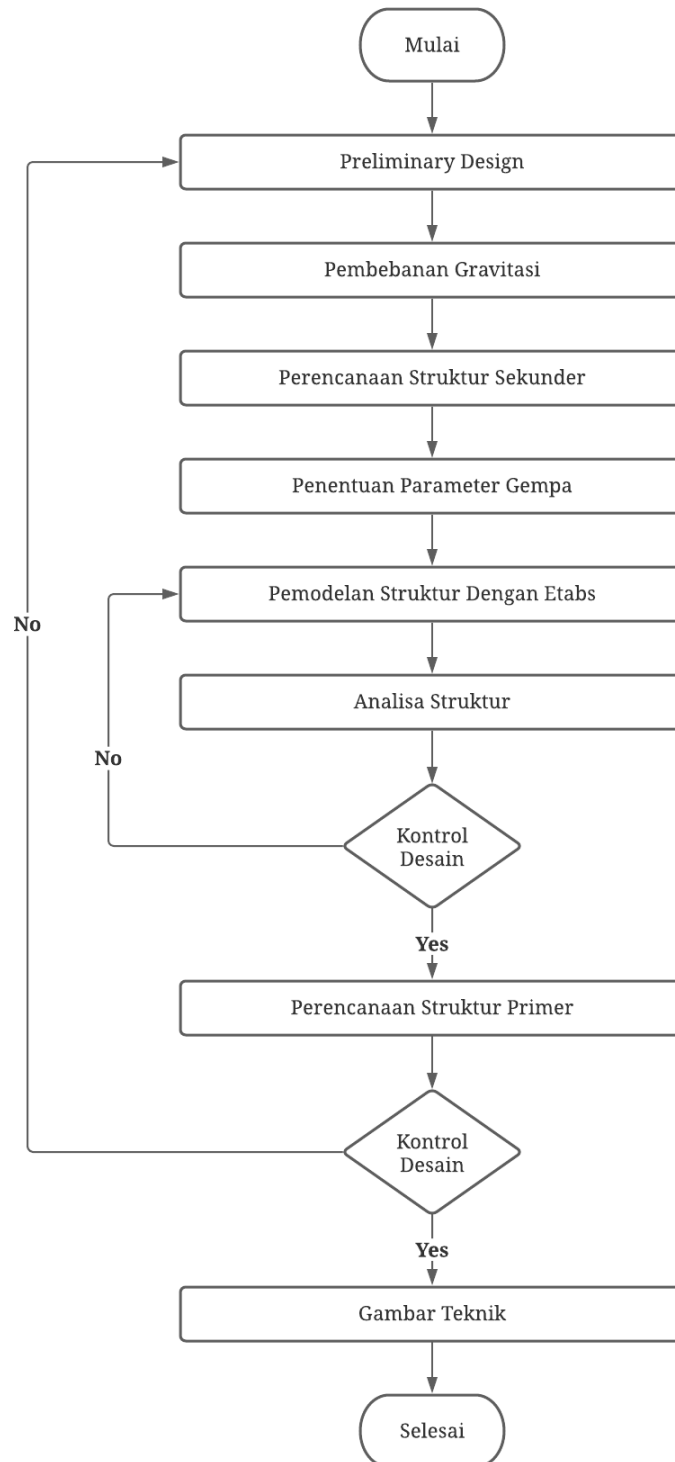
sedangkang,

$$0,2f'c = 0,2 \times 30 = 6 \text{ MPa}$$

Jadi berdasarkan perhitungan tegangan tidak dibutuhkan komponen batas khusus.

BAB XI KESIMPULAN

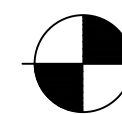
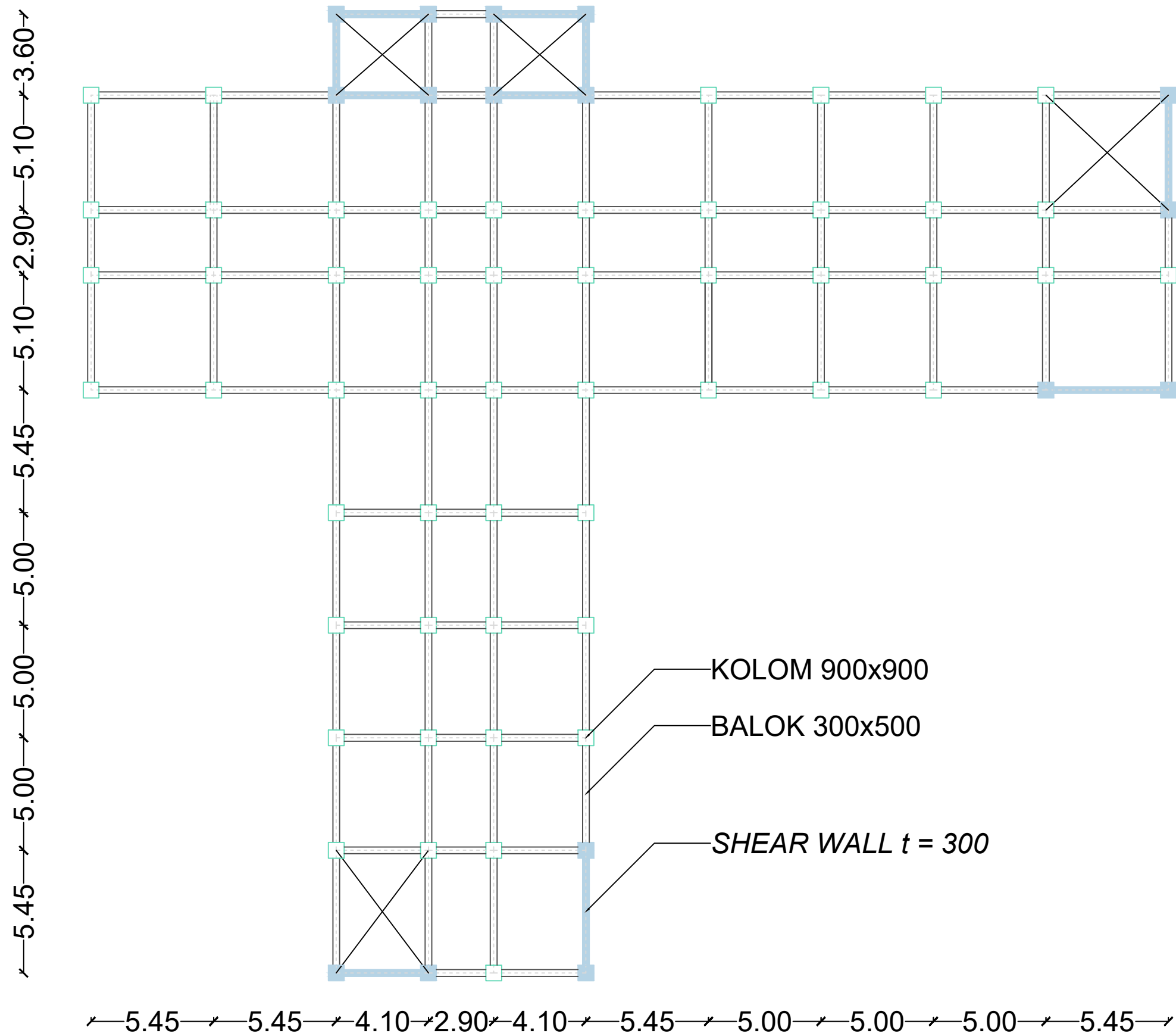
1. Dari uraian perencanaan struktur gedung beton bertulang maka dapat diketahui urutan perencanaannya adalah sebagai berikut:



2. Dari uraian perencanaan struktur gedung beton bertulang maka dapat diketahui referensi yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

No.	Langkah	Referensi
A.	Penentuan Parameter-Parameter Gempa	SNI 1726:2019
1	Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik	Tabel 12
2	Parameter gerak tanah, S_s	Gambar 15
3	Parameter gerak tanah, S_1	Gambar 16
4	Perhitungan S_{MS} dan S_{M1}	Pasal 6.2
5	Perhitungan parameter percepatan spektral desain, S_{DS} dan S_{D1}	Pasal 6.3
6	Spektrum respons desain	Pasal 6.4
7	Penentuan kategori desain seismik	Pasal 6.5
B.	Preliminary Design	SNI 2847:2019
1	Pelat satu arah	Pasal 7.3.1.1
2	Pelat dua arah	Pasal 8.3.1.1 & 8.3.1.2
3	Balok	Pasal 9.3.1.1, 18.6.2.1, & 20.6.1.3.1
4	Kolom	Pasal 10.3.1
C.	Pembebanan Gravitasi	SNI 1727:2019
1	Beban mati tambahan	PPIUG 1983
2	Beban hidup	Tabel 4.3-1
3	Beban hujan	Pasal 8.3
D.	Perencanaan Struktur Sekunder	SNI 2847:2019
1	Pelat satu arah	Pasal 7
2	Pelat dua arah	Pasal 8
3	Balok anak	
	Desain tulangan lentur	Pasal 18.6.3
	Desain tulangan geser	Pasal 18.6.5
	Desain tulangan torsi	Pasal 22.7
4	Penulangan Tangga	Perhitungan SST dan Penulangan biasa
E.	Analisa Struktur	SNI 1726:2019
1	Partisipasi massa	Pasal 7.9.1.1
2	Periode fundamental gedung	Pasal 7.8.2
3	Gaya geser dasar statik ekuivalen	Pasal 7.8.1
4	Kontrol gaya geser statik dan dinamis	Pasal 7.9.1.4.1
5	Pengecekan sistem ganda	Pasal 7.2.5.1
6	Pengecekan simpangan antar tingkat	Pasal 7.8.6 & 7.12.1
F.	Perencanaan Balok Induk	SNI 2847:2019
1	Pengecekan persyaratan balok SRPMK	Pasal 18.6.1 & 18.6.2
2	Desain tulangan lentur	Pasal 18.6.3

3	Desain tulangan geser	Pasal 18.6.5
4	Desain tulangan torsi	Pasal 22.7
5	Desain sengkang kombinasi geser dan torsi	Pasal 18.6.4
G.	Perencanaan Kolom	SNI 2847:2019
1	Pengecekan persyaratan kolom SRPMK	Pasal 18.7.2
2	Desain tulangan kombinasi aksial-lentur	Pasal 18.7.3 & 18.7.4
3	Desain tulangan pengekang	Pasal 18.7.5
4	Desain tulangan geser	Pasal 18.7.6
5	Desain tulangan torsi	Pasal 22.7
6	Desain sengkang kombinasi geser dan torsi	Pasal 18.7.5.3 & 18.7.5.5
H.	Perencanaan Hubungan Balok Kolom	SNI 2847:2019
1	Dimensi joint	Pasal 18.8.4.3
2	Tulangan confinement	Pasal 18.8.3.1 & 18.8.3.2
3	Desain gaya geser	Pasal 18.8.2.1
4	Kekuatan geser nominal joint	Pasal 18.8.4.1
I.	Perencanaan Dinding Geser	SNI 2847:2019
1	Tulangan vertikal dan horizontal minimum	Pasal 18.10.2.1 & 18.10.2.2
2	Desain tulangan geser	Pasal 18.10.4
3	Desain tulangan kombinasi aksial-lentur	Pasal 18.10.5



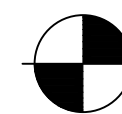
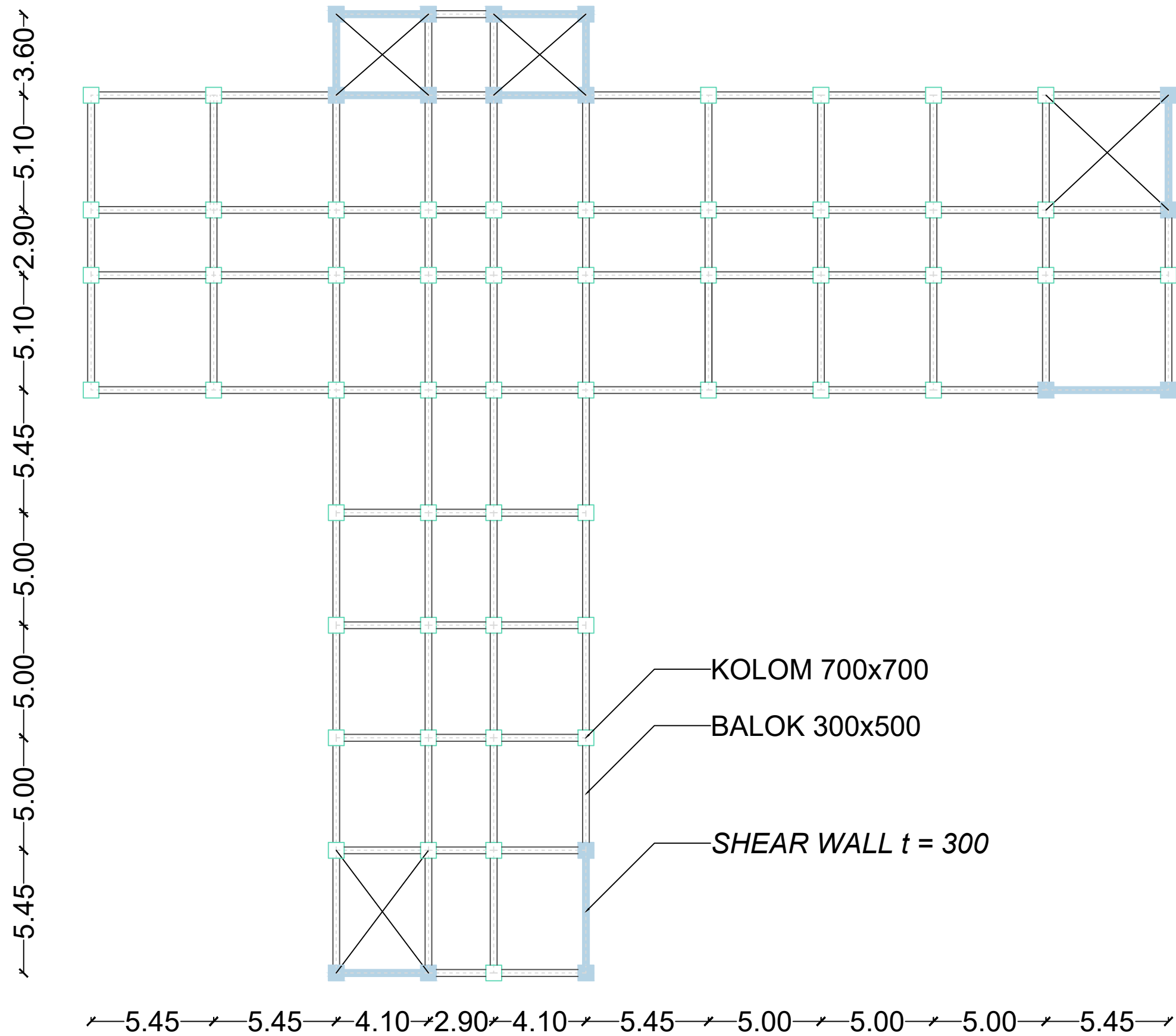
DENAH BALOK LANTAI 1-4

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas	Jumlah Lembar	No. Lembar	Dosen Asisten	Nama & NRP Mahasiswa	
Tugas Pengganti Kerja Praktik	1	3	DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT	DZIKRIE FIKRIYAN SYAH	0311174000010
				GERRY ANDROW P. P	03111740000141



DENAH BALOK LANTAI 5-7

SKALA 1:200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

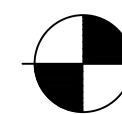
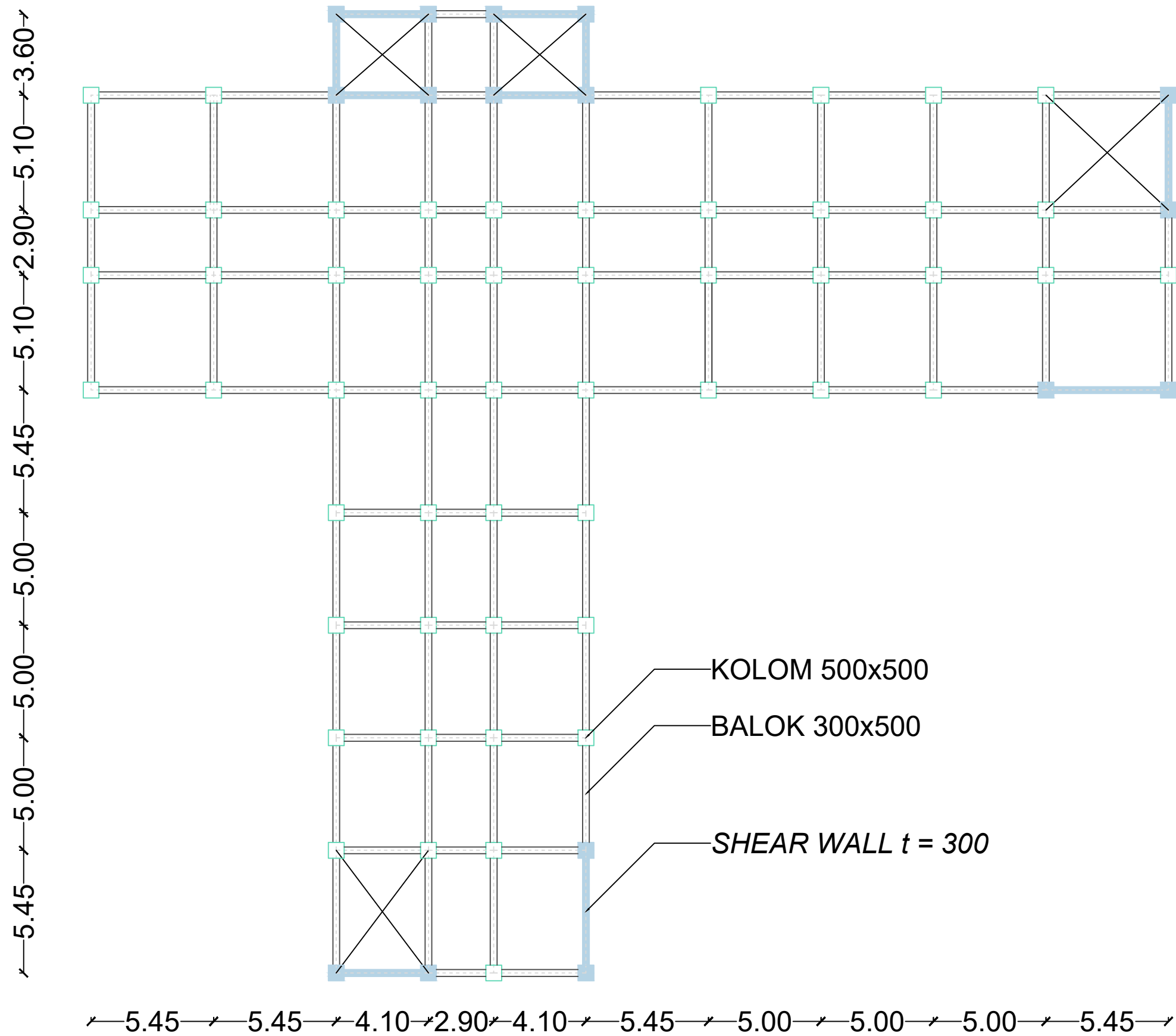
Nama Tugas
Tugas Pengganti Kerja Praktik

Jumlah Lembar
2

No. Lembar
3

Dosen Asisten
DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT

Nama & NRP Mahasiswa
DZIKRIE FIKRIYAN SYAH 0311174000010
GERRY ANDROW P. P 03111740000141



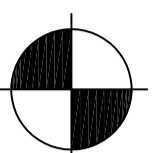
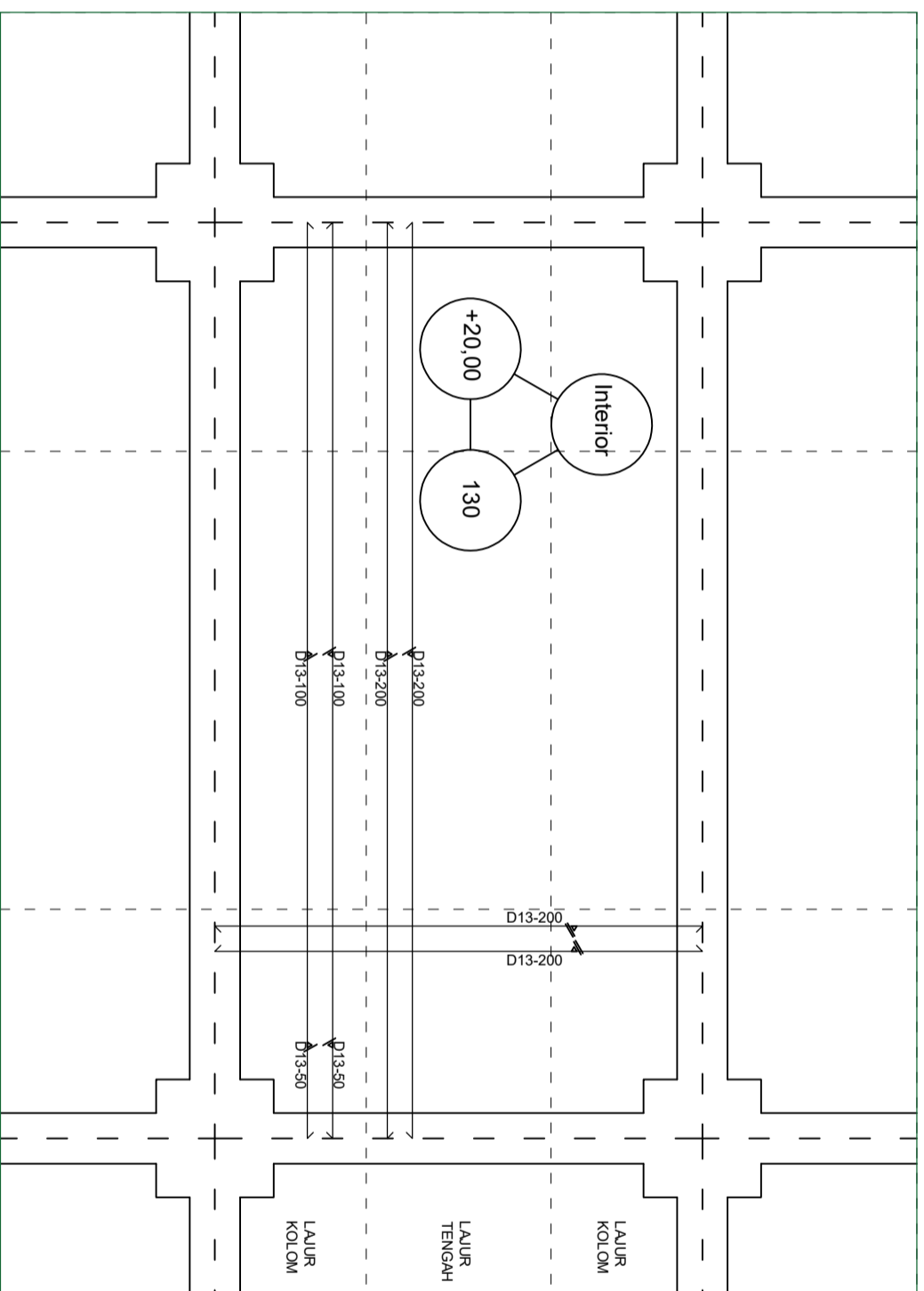
DENAH BALOK LANTAI 8-10

SKALA 1:200



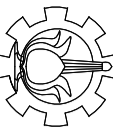
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

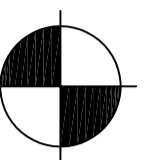
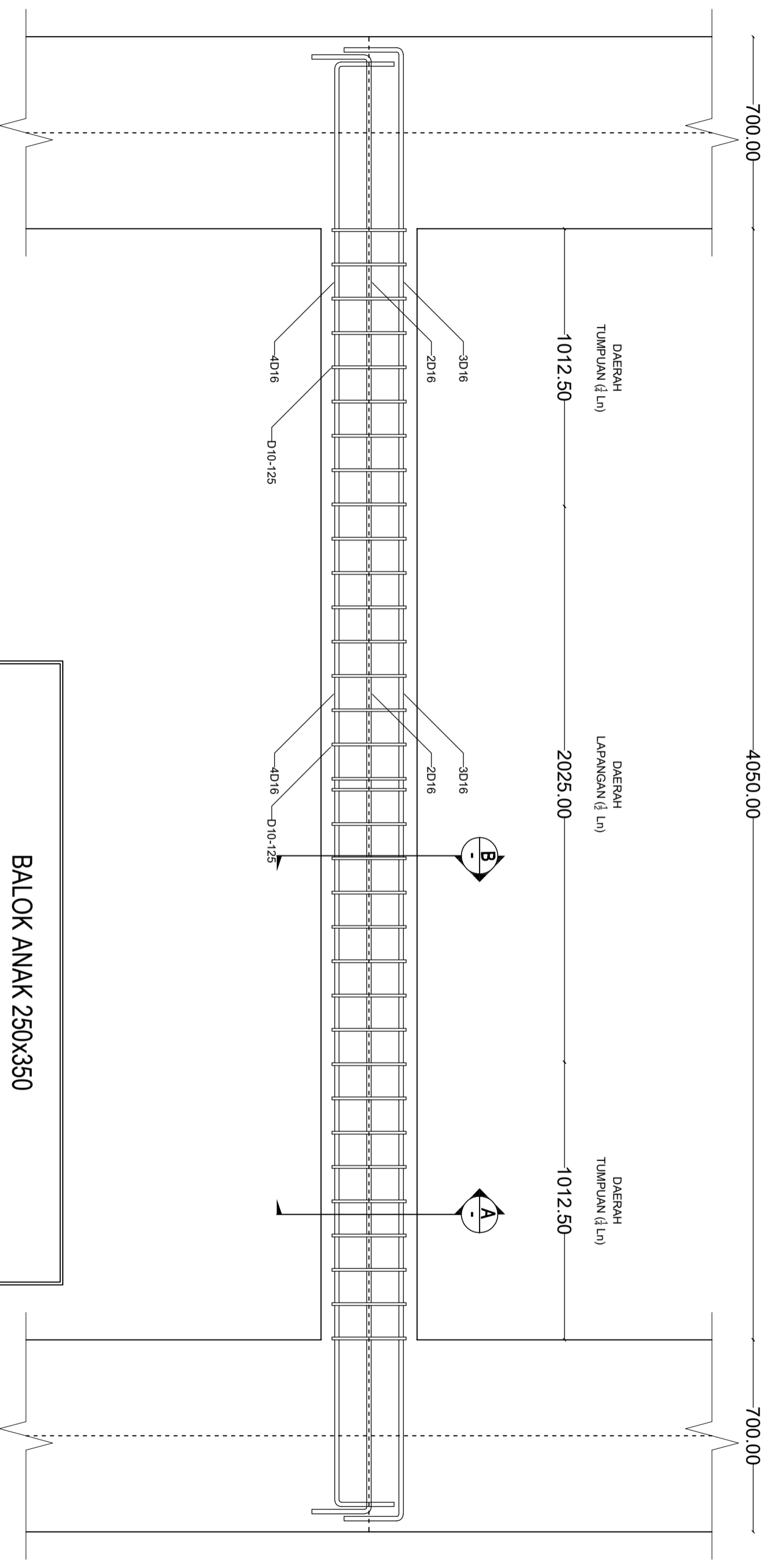
Nama Tugas	Jumlah Lembar	No. Lembar	Dosen Asisten	Nama & NRP Mahasiswa	
Tugas Pengganti Kerja Praktik	3	3	DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT	DZIKRIE FIKRIYAN SYAH	0311174000010
				GERRY ANDROW P. P	03111740000141



DETAIL PELAT LANTAI

SKALA 1:100

 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	Nama Tugas	Jumlah Lembar	No. Lembar	Dosen Asisten	Nama & NRP Mahasiswa
	Tugas Pengganti Kerja Praktik	1	7	DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT	DZIKRIE FIKRIYAN SYAH GERRY ANDROW P. P
					0311174000010 03111740000141



DETAIL BALOK ANAK

SKALA 1:50

BALOK ANAK 250X350	
Potongan A-A	Potongan B-B

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

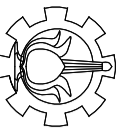
Nama Tugas
 Tugas Pengganti Kerja Praktik

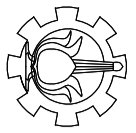
Jumlah Lembar
2

No. Lembar
7

Dosen Asisten
 DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT

Nama & NRP Mahasiswa
 DZIKRIE FIKRIYAN SYAH 0311174000010
 GERRY ANDROW P. P 03111740000141





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas
Tugas Pengganti Kerja Praktik

Jumlah Lembar

3

No. Lembar

7

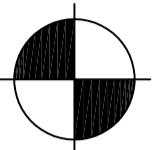
Dosen Asisten

DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT

Nama & NRP Mahasiswa

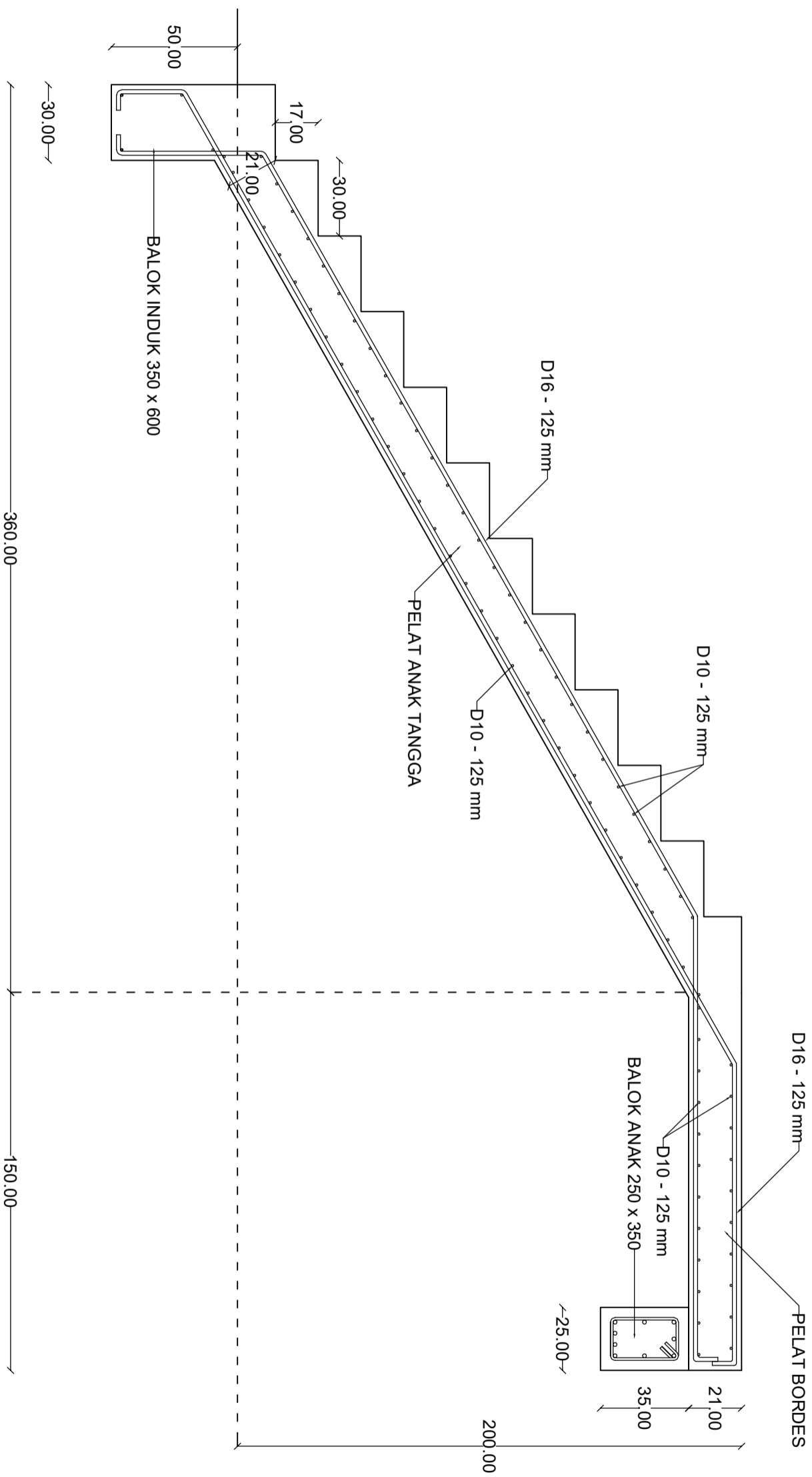
DZIKRIE FIKRIYAN SYAH
GERRY ANDROW P. P

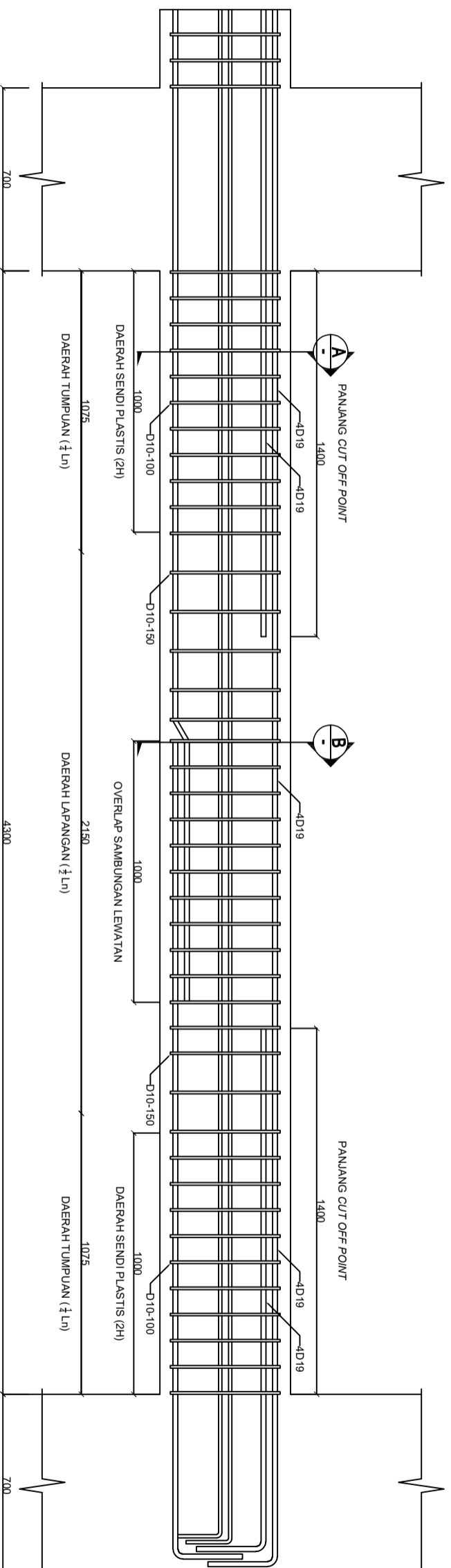
0311174000010
03111740000141



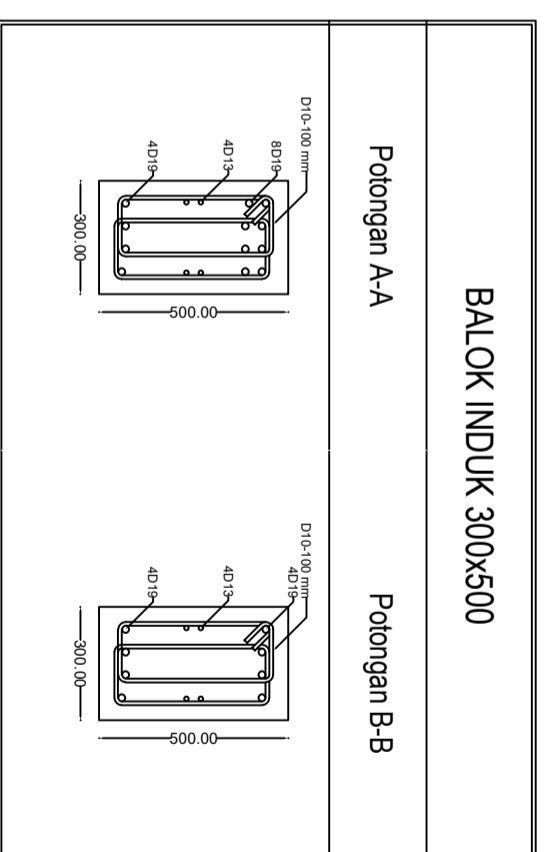
DETAIL TANGGA

SKALA 1:100

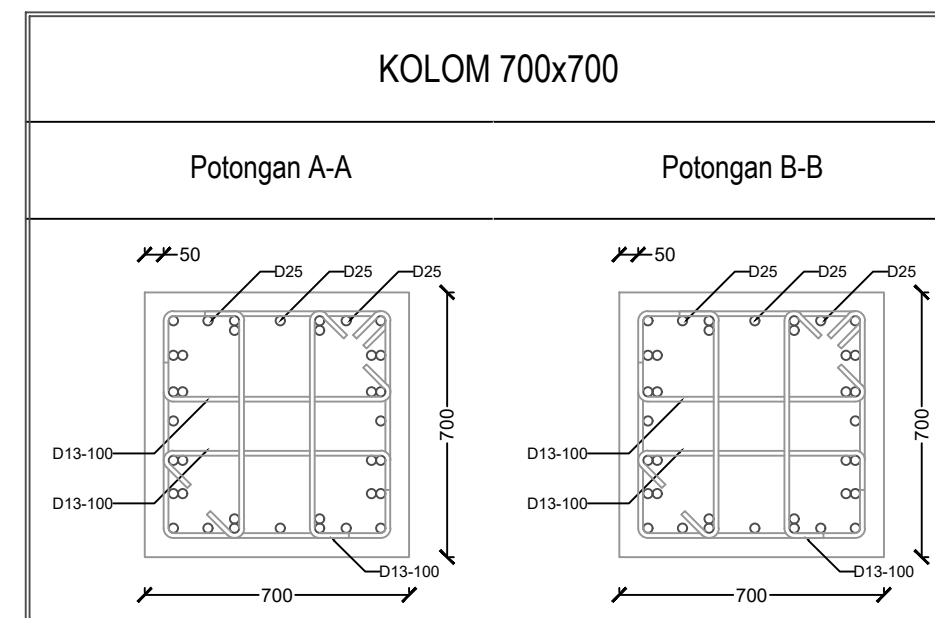
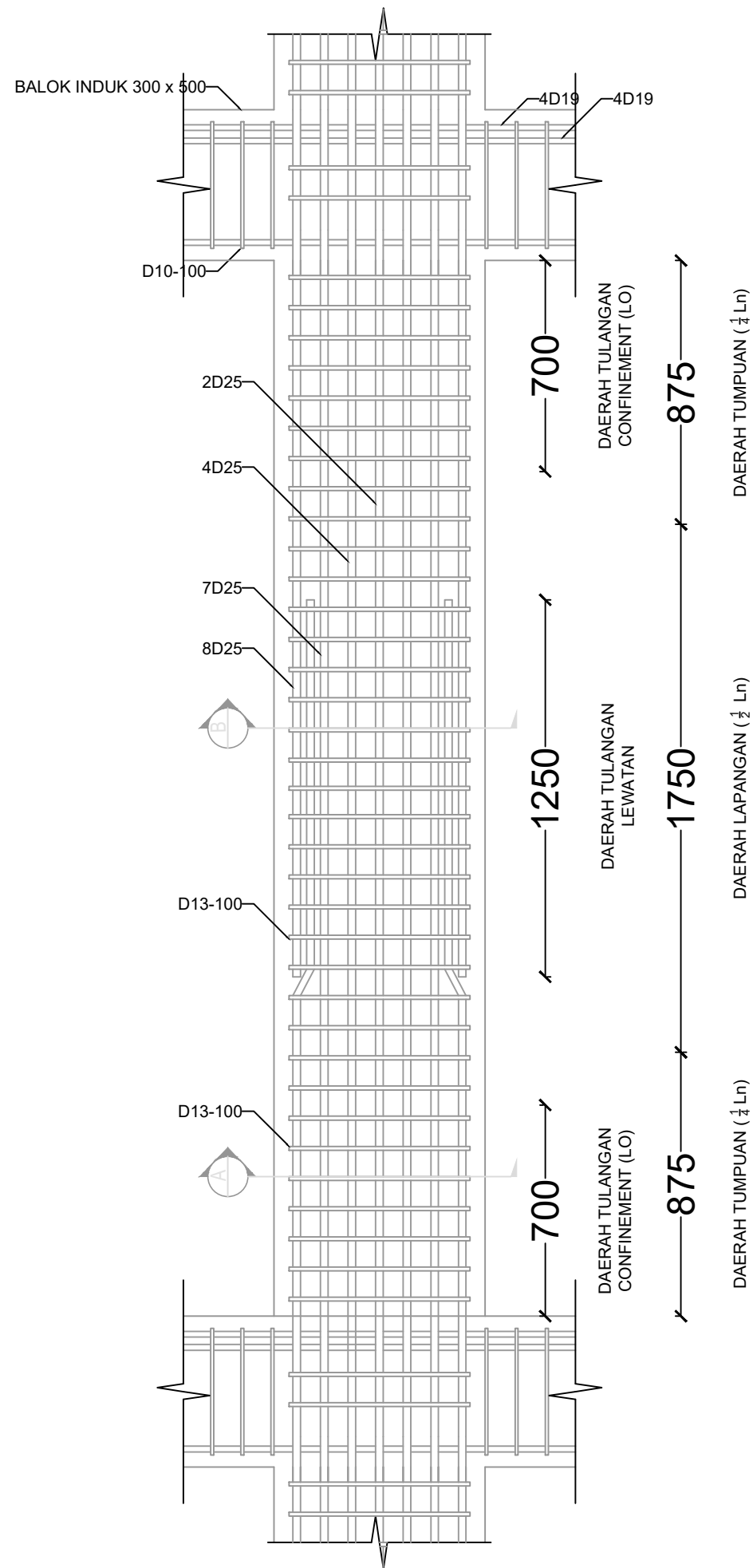




DETAIL BALOK INDUK 300X500
 SKALA 1:50



	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		Nama Tugas Tugas Pengganti Kerja Praktik	Jumlah Lembar 4	No. Lembar 7	Dosen Asisten DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT	Nama & NRP Mahasiswa DZIKRIE FIKRIYAN SYAH GERRY ANDROW P. P	0311174000010 03111740000141

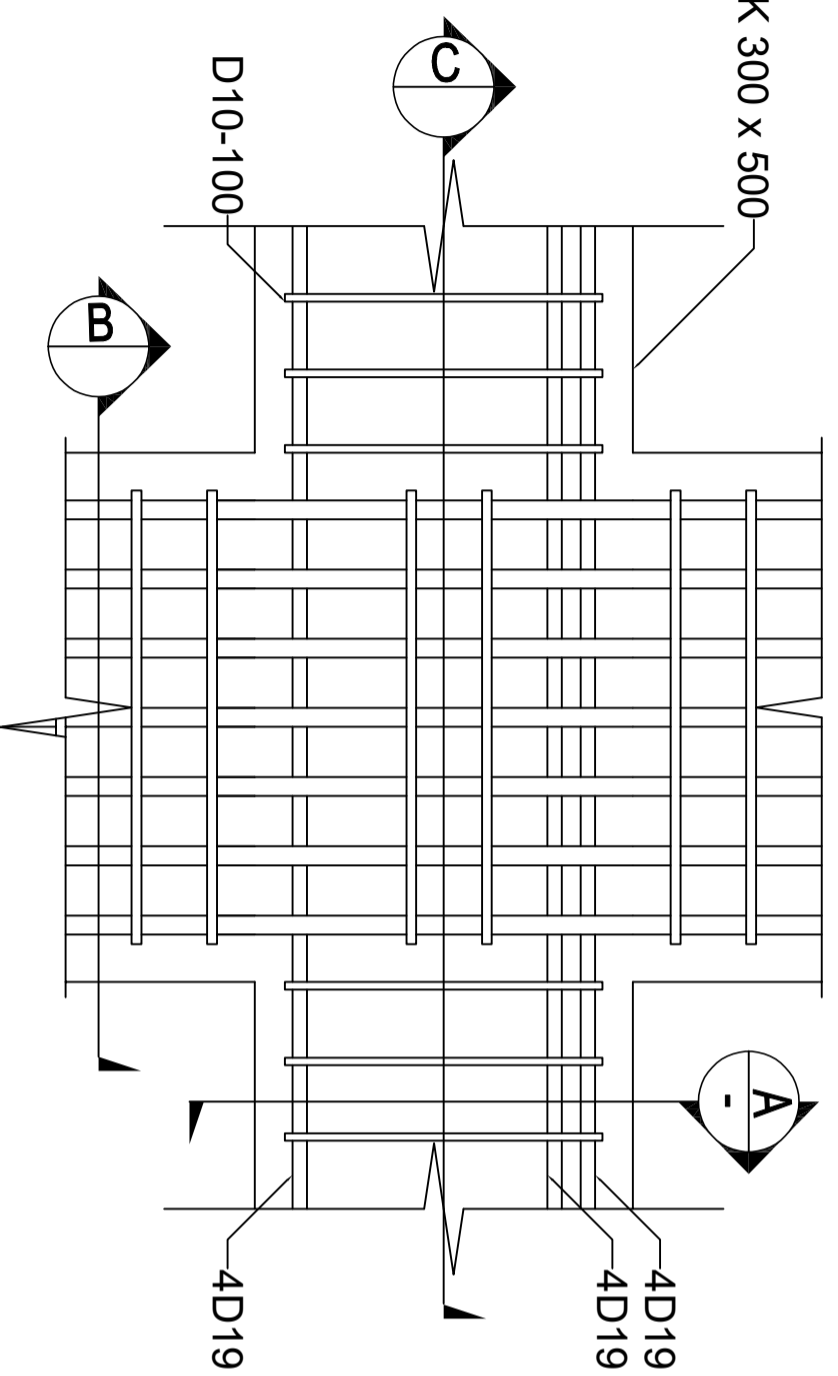


DETAIL KOLOM 700x700
SKALA 1:50

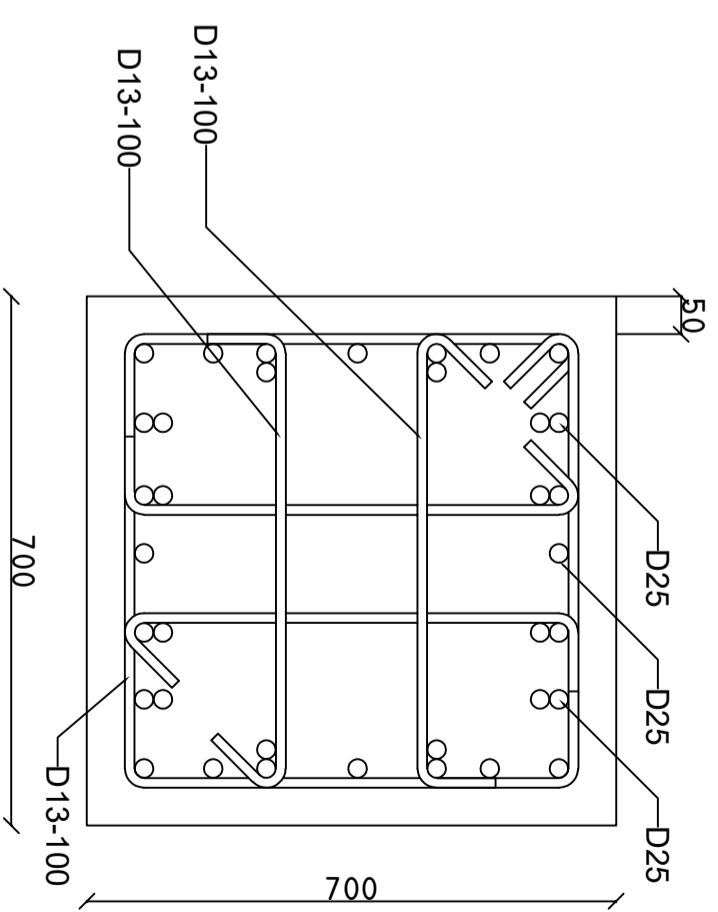


FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

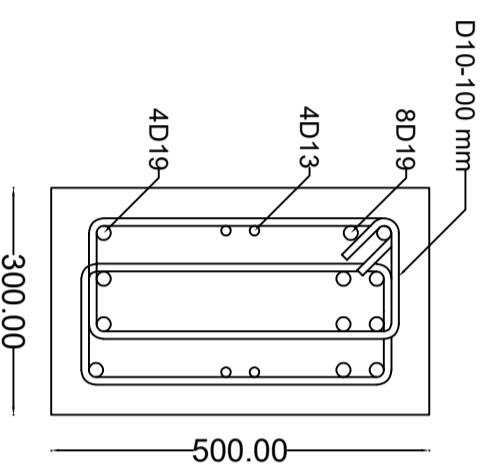
Nama Tugas	Jumlah Lembar	No. Lembar	Dosen Asisten	Nama & NRP Mahasiswa
Tugas Pengganti Kerja Praktik	5	7	DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT	DZIKRIE FIKRIYAN SYAH GERRY ANDROW P. P
				0311174000010 03111740000141



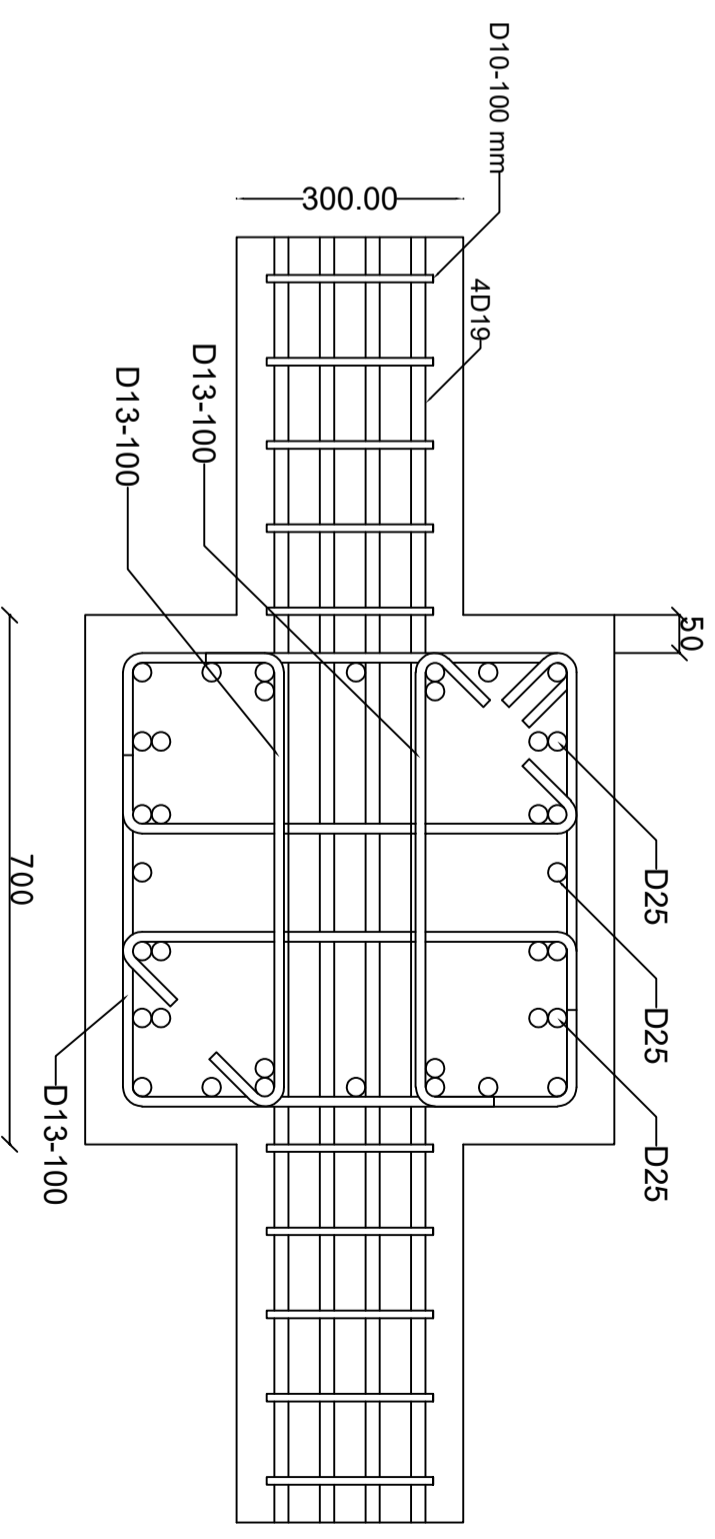
HUBUNGAN BALOK KOLOM
SKALA 1:100



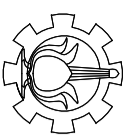
DETAIL B
SKALA 1:100



DETAIL A
SKALA 1:100



DETAIL C
SKALA 1:100



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Nama Tugas

Tugas Pengganti Kerja Praktik

Jumlah Lembar

6

No. Lembar

7

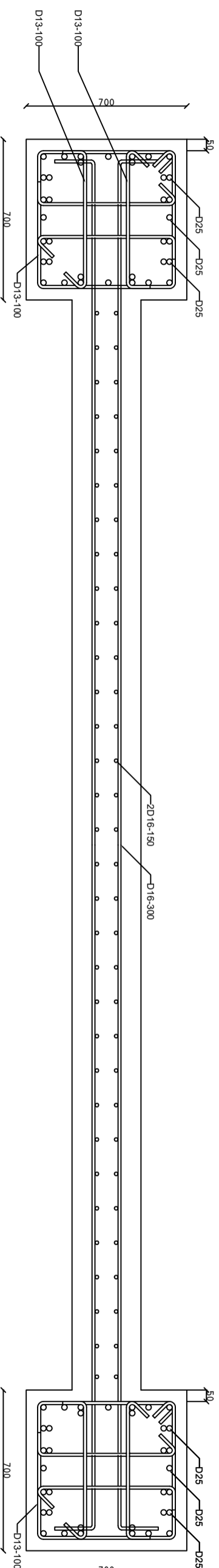
Dosen Asisten

DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT

Nama & NRP Mahasiswa

DZIKRIE FIKRIYAN SYAH
GERRY ANDROW P. P

0311174000010
03111740000141



DETAIL DINDING GESER
 SKALA 1:50

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA							
	Nama Tugas	Jumlah Lembar	No. Lembar	Dosen Asisten	Nama & NRP Mahasiswa			
Tugas Pengganti Kerja Praktik	7	7	DR. ASDAM TAMBUSAY, ST., MT	DZIKRIE FIKRIYAN SYAH GERRY ANDROW P. P	0311174000010 03111740000141			