

Analisis Struktur Gedung 2 Lantai SMA Negeri 5 Baubau Menggunakan Metode Statik Ekuivalen

Musrifin^{1*}, Hendra Kundrad Sutanto Rumbayan¹, Rizal Upu¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Buton

*Korespondensi: musrifinnear@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui besaran penampang pondasi, kolom, balok, plat dan tulangan terpakai pada perencanaan struktur gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau yang berada di daerah Kel. Kantalai, Kec. Lea-lea kota Baubau. Aturan penelitian ini mengacu pada peraturan SNI 1726-2019 tentang gempa dan SNI 2847-2019 untuk beton bertulang. Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif static ekuivalen dengan bantuan software SAP 2000. Dari hasil analisis kuantitatif static ekuivalen dengan software SAP 2000 didapatkan hasil Pada perencanaan struktur gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau ini: Dimensi pondasi 100cmx100cm tebal 25cm dengan tulangan atas dan bawah D10-200, kolom 35cmx35cm dengan tulangan 8D16 dan geser $\varnothing 8 - 125$, balok induk 25cmx50cm tulangan atas 3D16 bawah 2D16 dan geser $\varnothing 8 - 200$, balok anak 20cmx35cm tulangan atas 2D16 bawah 2D16 geser $\varnothing 8 - 200$, ring balok 15cmx25cm tulangan atas 2D10 bawah 2D10 geser $\varnothing 8 - 200$ dan untuk dimensi plat tebal 12cm tulangan arah x dan y $\varnothing 8 - 250$.

SEJARAH ARTIKEL

Diterbitkan 29 Desember 2022

KATA KUNCI

Statik Ekuivalen; SNI 1726-2019; Sap 2000

1. Pendahuluan

Kemajuan pembangunan yang telah disebarluaskan banyak gedung-gedung tinggi telah dibangun hampir di setiap wilayah Indonesia sebagai pedoman dalam proses perluasan daya saing di bidang ilmu pengetahuan, teknologi, dan industri, baik oleh pemerintah maupun swasta. Sekolah merupakan tempat terjadinya proses belajar mengajar, sekolah harus mempunyai gedung sebagai prasarana demi kenyamanan dalam proses belajar mengajar. Gedung sekolah yang digunakan sebagai prasarana pendidikan mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembangunan dan pertumbuhan pendidikan suatu daerah, serta upaya pemerataan pembangunan pendidikan, peningkatan mutu, dan pengembangan sumber daya manusia

Penelitian ini merupakan penelitian dimana perencanaan struktur gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau demi menunjang sarana dan prasarana akibat ketidak seimbangan antara jumlah siswa yang bertambah tiap tahun dengan ruang belajar mengajar yang tersedia maka penambahan gedung sangat dibutuhkan. Untuk menyelesaikan perencanaan struktur gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau agar struktur dapat berdiri tegak tanpa adanya gangguan terhadap kegagalan struktur maka diambil judul penelitian "Perencanaan Struktur Gedung 2 Lantai SMA Negeri 5 Baubau Menggunakan Metode Statik Ekuivalen".

2. Kajian Pustaka

Berdasarkan penelitian Diyanti dan Shinta (2021): a.) analisa Statik Ekuivalen 2 Dimensi dengan menggunakan program bantu SAP 2000 bahwa gedung Fakultas Teknik Universitas Jember didapatkan pembatasan simpangan antar tingkat memenuhi persyaratan kinerja batas layan dari tiap portal gedung yang ditinjau. b.) Dari hasil analisa Statik Ekuivalen 2 Dimensi perhitungan kinerja batas ultimit tiap portal gedung yang ditinjau, pembatasan simpangan antar tingkatnya juga memenuhi syarat.

Berdasarkan penelitian Faizah dan Restu (2015): a.) Perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur 5 tingkat dinilai akurat karena memberikan persyaratan yang lebih besar dalam perancangan struktur jika dibandingkan dengan pembebanan gempa dinamik *time history*. b.) Perhitungan pembebanan gempa statik ekuivalen pada struktur 10 tingkat atau lebih dinilai tidak akurat karena memberikan persyaratan yang lebih kecil dalam perancangan struktur jika dibandingkan dengan pembebanan gempa dinamik *time history*.

Berdasarkan penelitian Napoleo Braz Moreira (2016):

a.) Pada area balok;

1. Dimensi Balok : 35/75
2. Tulangan Tumpuan Kiri : atas 3D19, bawah 5D19
3. Tulangan Lapangan : atas 3D19, bawah 4D19
4. Tulangan Tumpuan Kanan : atas 3D19, bawah 4D19
5. Tulangan Geser

Joint Kiri:

1. Daerah Sendi Plastis : $\varnothing 10 - 70$ (2 kaki)
2. Daerah Luar Sendi Plastis : $\varnothing 10 - 200$ (2 kaki)

Joint Kanan:

1. Daerah Sendi Plastis : $\varnothing 10 - 70$ (2 kaki)
2. Daerah Luar Sendi Plastis : $\varnothing 10 - 200$ (2 kaki)

b.) Pada area Kolom;

Kolom pada portal ini direncanakan menggunakan dimensi 100/100 dengan jumlah tulangan 20D19, dengan spesifikasi tulangan geser :

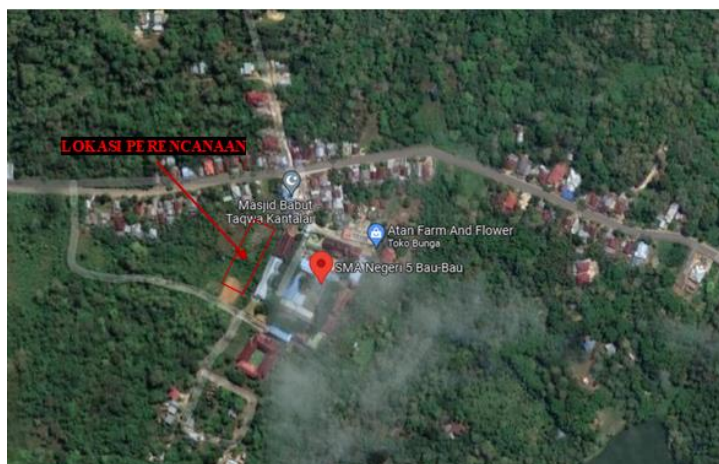
1. Daerah Sendi Plastis : $\varnothing 12 - 70$ (4 kaki)
2. Daerah Luar Sendi Plastis : $\varnothing 12 - 130$ (4 kaki)

3. Metode Penelitian

3.1 Analisis Kuantitatif Statik Ekvivalen

Dimana penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif static eqivalen dengan bantuan *software Sap 2000* untuk mendapatkan perilaku struktur secara keseluruhan baik gaya-gaya dalam yang di dapatkan serta besaran penampang atau dimensi suatu ukuran pondasi, kolom, balok, plat maupun tulangannya.

Penelitian berlokasi di daerah Kel. Kantalai, Kec. Lea-lea, Kota Baubau Sulawesi Tenggara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengambilan data gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau berlokasi di Kel. Kantalai, Kec. Lea-lea kota Baubau Sulawesi Tenggara sebagai berikut :

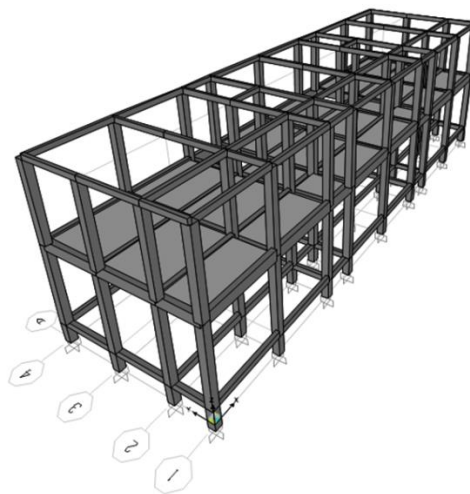
a.) Data Umum Bangunan

Nama Gedung	: Gedung SMA Negeri 5 Baubau
Lokasi	: Kel. Kantalai, Kec. Lea-lea, Kota baubau
Fungsi	: Gedung Sekolah
Jumlah Lantai	: 2 Lantai
Panjang Bangunan	: 28 Meter
Lebar Bangunan	: 8 Meter
Tinggi Bangunan	: 8,30 Meter
Struktur Utama	: Stuktur Beton Bertulang

b.) Data gambar denah proyek : Gambar Arsitektur

4. Hasil dan Pembahasan

Pada perencanaan gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau dengan ukuran bangunan 28 meter untuk panjang bangunan dan 8 meter untuk lebar bangunan dengan jarak kolom bervariasi 2 meter, 3 meter dan 4 meter, adapun untuk tahap perencanaan diuraikan sebagai berikut:



Gambar 2. Permodelan 3 Dimensi Gedung

Berdasarkan permodelan dan perhitungan struktur maka diperoleh besaran dimensi atau penampang yang digunakan baik plat, balok, kolom dan pondasi. Adapun hasil analisis dan gambar permodelannya sebagai berikut :

a.) Kebutuhan penampang balok induk (BI)

- Tinggi balok induk	= $1/12 \times$ bentang terpanjang rerata
	= $1/12 \times 600$ = 50cm
- Lebar balok induk	= Tinggi balok induk / 2
	= $50 / 2$ = 25cm

b.) Kebutuhan penampang balok anak (BA)

- Tinggi balok anak	= $1/18 \times$ bentang terpanjang rerata
---------------------	---

$$= 1/18 \times 600 = 35\text{cm}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lebar balok anak} &= \text{Tinggi balok anak} / 2 \\ &= 35 / 2 = 20\text{cm} \end{aligned}$$

c.) Kebutuhan penampang ring balok (RB)

$$\begin{aligned} \text{- Tinggi ring balok} &= 1/16 \times \text{bentang terpanjang} \\ &= 1/16 \times 400 = 25\text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Lebar ring balok} &= \text{Tinggi ring balok} / 2 \\ &= 25 / 2 = 15\text{cm} \end{aligned}$$

d.) Kebutuhan penampang kolom (K)

$$\begin{aligned} \text{- Penampang kolom persegi} &= \text{Lebar balok} + (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 25 + (2 \times 5) \\ &= 35\text{cm} \end{aligned}$$

- Jadi kebutuhan penampang kolom 35 x 35cm

e.) Kebutuhan tebal plat yang di gunakan untuk perencanaan struktur gedung 2 lantai SMA Negeri 5 Baubau diambil tebal 12cm, dikarenakan tidak adanya ketentuan lain yang mempengaruhi struktur gedung tersebut.

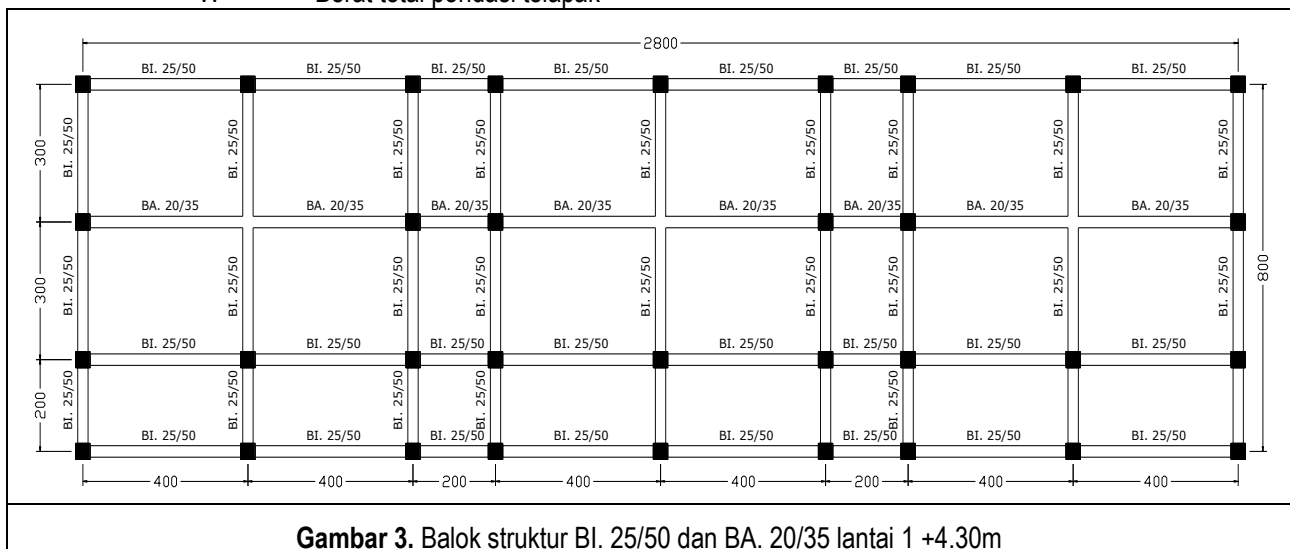
f.) Untuk kebutuhan penampang pondasi telapak menggunakan rumus $1/10 \cdot q_c \cdot (A_b - W)$ sehingga ukuran penampangpondasi telapak didapat 100cm x 100cm dengan tebal 25 cm.

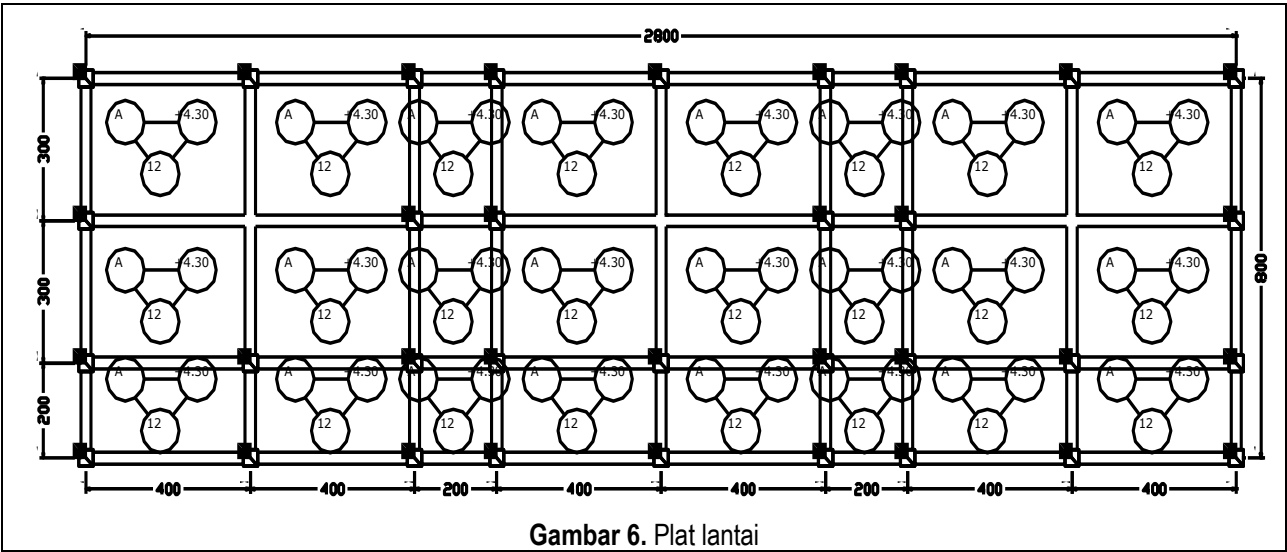
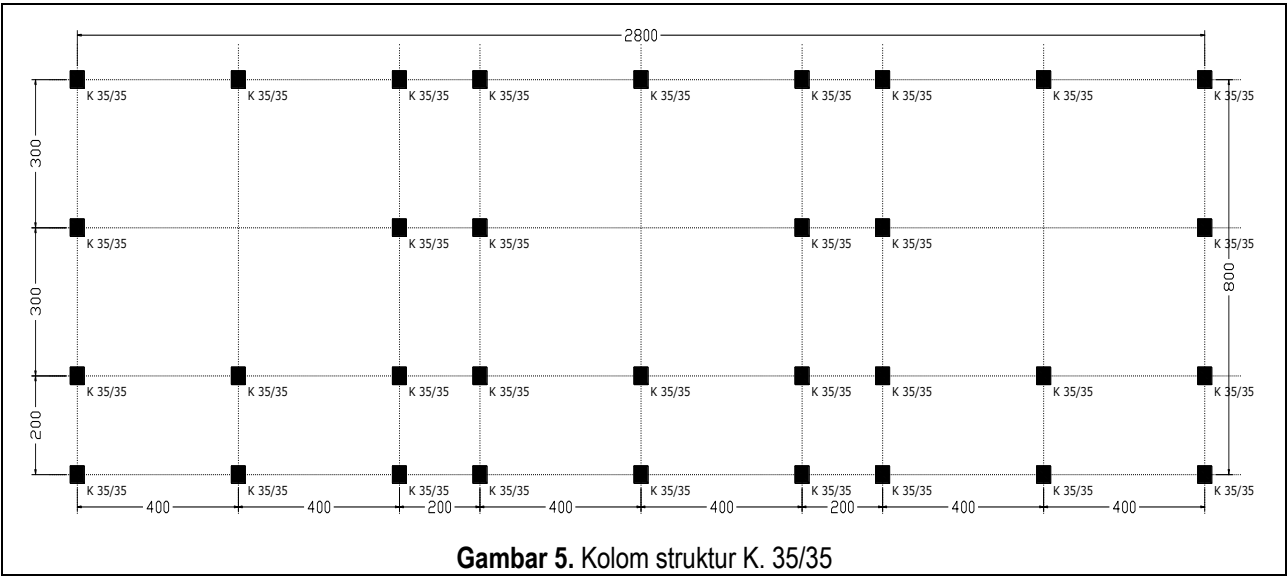
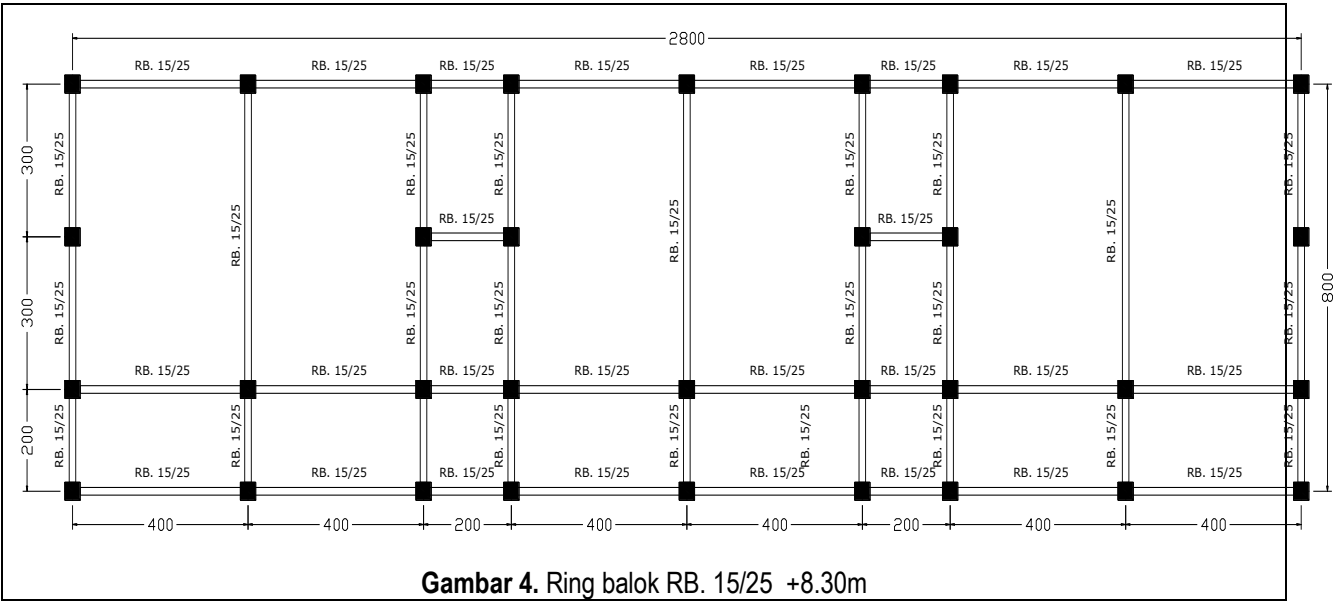
Dimana :

q_c = Daya dukung tanah sondir (kg/cm^2)

A_b = Luas telapak pondasi (cm^2)

W = Berat total pondasi telapak





Perencanaan struktur gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau baik analisis perhitungan maupun detail penggambaran struktur didapatkan dimensi plat tebal 12cm, kolom 35x35cm, balok induk 25x50cm, balok anak 20x35cm, ring balok 15x 25cm dan pondasi 100x100cm. Untuk hasil analisis perhitungan dan gambar detail struktur gedung sekolah SMA Negeri 5 Baubau sebagai berikut :

a.) Analisis perhitungan balok induk (Bl. 25x50) dengan bantuan *software* SAP 2000 didapatkan:

- Mu tumpuan	= 76,4351 KNm	= 76435100 Nmm
- Mu Lapangan	= 70,1668 KNm	= 70166800 Nmm
- Vu	= 65,748 KN	= 65748 N
- ϕ	= 0,9	
- ϕV_c	= 0,75	
- f_c	= 25 Mpa	
- f_y ulir	= 400 Mpa	
- f_y polos	= 240 Mpa	
- dipakai tulangan pokok	= D16	
- dipakai tulangan sengkang	= Ø8	

1. Area tumpuan

Mu tumpuan	= 76,4351 KNm	= 76435100 Nmm
Rn	= $M_u / (\phi . b . d^2)$	= 0,86 N/mm ²
m	= $f_y / (0,85 . f_c)$	= 18,82
ρ perlu	= $1/m [1 - \sqrt{1 - (2 . m . R_n) / f_y}]$	= 0,0045
As perlu	= $\rho_{\text{perlu}} \times b \times d$	= 499,5 mm ²
n pakai	= $A_{s_{\text{perlu}}} / A_{s_{\text{tulangan}}}$	= 3 buah

2. Area lapangan

Mu Lapangan	= 70,1668 KNm	= 70166800 Nmm
Rn	= $M_u / (\phi . b . d^2)$	= 1,58 N/mm ²
m	= $f_y / (0,85 . f_c)$	= 18,82
ρ perlu	= $1/m [1 - \sqrt{1 - (2 . m . R_n) / f_y}]$	= 0,00357
As perlu	= $\rho_{\text{perlu}} \times b \times d$	= 396,3 mm ²
n pakai	= $A_{s_{\text{perlu}}} / A_{s_{\text{tulangan}}}$	= 3 buah

3. Tulangan geser/lintang

Vu	= 65,748 KN	= 65748 N
Vc	= $0,17 \sqrt{f_c} . b . d$	= 94350 N
ϕV_c	= 70762,5 N	
0,5 ϕV_c	= 35381,25 N	
Vs hitung	= $0,062 \sqrt{f_c} . b . d$	= 34410 N

Syarat Jarak Sengkang

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0,5\phi V_c \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2:

$$0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

$$A_{v \text{ pakai}} = 1/4 \pi d^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{pakai}} = (A_v \times f_y \times d) / V_s = 259,3 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 2847:2019 Tabel 9.7.6.2.2. spasi maksimum untuk tulangan geser ditentukan berdasarkan nilai V_s , yaitu : $0.33\sqrt{25} \times 250 \times 444 = 183150 \text{ N}$, Nilai $V_{s \text{ hitung}}$ didapatkan lebih kecil dari $0.33\sqrt{f'_c} \times b \times d$ sehingga spasi maksimum tidak boleh melebihi dari nilai terendah batasan yang telah diatur pada SNI 2847:2019.

$$S_{\text{Min 1}} = d/2 = 222 \text{ mm (Dipilih)}$$

$$S_{\text{Min 2}} = 600 \text{ mm}$$

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

b.) Analisis perhitungan balok anak (BA. 20x35) dengan bantuan *software* SAP 2000 didapatkan:

- M_u tumpuan	= 28,4967 KNm	= 28496700 Nmm
- M_u Lapangan	= 12,0045 KNm	= 12004500 Nmm
- V_u	= 65,748 KN	= 65748 N
- ϕ	= 0,9	
- ϕV_c	= 0,75	
- f'_c	= 25 Mpa	
- f_y ulir	= 400 Mpa	
- f_y polos	= 240 Mpa	
- dipakai tulangan pokok	= D16	
- dipakai tulangan sengkang	= Ø8	

1. Area tumpuan

M_u tumpuan	= 76,4351 KNm	= 76435100 Nmm
R_n	= $M_u / (\phi \cdot b \cdot d^2)$	= 1,832 N/mm ²
m	= $f_y / (0,85 \cdot f_c)$	= 18,82
ρ perlu	= $1/m [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y}]$	= 0,0047
A_s perlu	= $\rho_{\text{perlu}} \times b \times d$	= 276,36 mm ²
n_{pakai}	= $A_{s \text{ perlu}} / A_{s \text{ tulangan}}$	= 2 buah

2. Area lapangan

M_u Lapangan	= 12,0045 KNm	= 12004500 Nmm
R_n	= $M_u / (\phi \cdot b \cdot d^2)$	= 0,772 N/mm ²

$$\begin{aligned}
 m &= f_y / (0,85 \cdot f_c) &= 18,82 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= 1/m [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y}] &= 0,0035 \\
 A_s_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d &= 205,8 \text{ mm}^2 \\
 n_{\text{pakai}} &= A_s_{\text{perlu}} / A_s_{\text{tulangan}} &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

3. Tulangan geser/lintang

$$\begin{aligned}
 V_u &= 27,327 \text{ KN} &= 27327 \text{ N} \\
 V_c &= 0,17 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d &= 49980 \text{ N} \\
 \phi V_c &= 37485 \text{ N} \\
 0,5 \phi V_c &= 18742,5 \text{ N} \\
 V_{s \text{ hitung}} &= 0,062 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d &= 18228 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat Jarak Sengkang

Kondisi 1:

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2:

$$0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \quad (\text{Memenuhi})$$

$$A_v_{\text{pakai}} = 1/4 \pi d^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{pakai}} = (A_v \times f_y \times d) / V_s = 324,1 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 2847:2019 Tabel 9.7.6.2.2. spasi maksimum untuk tulangan geser ditentukan berdasarkan nilai V_s , yaitu : $0,33 \sqrt{f'_c} \times 200 \times 315 = 103950 \text{ N}$, Nilai $V_{s \text{ hitung}}$ didapatkan lebih kecil dari $0,33 \sqrt{f'_c} \times b \times d$ sehingga spasi maksimum tidak boleh melebihi dari nilai terendah batasan yang telah diatur pada SNI 2847:2019.

$$S_{\text{Min 1}} = d/2 = 147 \text{ mm (Dipilih)}$$

$$S_{\text{Min 2}} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S_{\text{pakai}} = 125 \text{ mm}$$

c.) Analisis perhitungan ring balok (RB. 15x25) dengan bantuan *software* SAP 2000 didapatkan:

$$\begin{aligned}
 - \mu_{\text{tumpuan}} &= 4,8777 \text{ KNm} &= 4877700 \text{ Nmm} \\
 - \mu_{\text{Lapangan}} &= 12,0045 \text{ KNm} &= 12004500 \text{ Nmm} \\
 - V_u &= 65,748 \text{ KN} &= 65748 \text{ N} \\
 - \phi &= 0,9 \\
 - \phi V_c &= 0,75 \\
 - f_c &= 25 \text{ Mpa} \\
 - f_y \text{ ulir} &= 400 \text{ Mpa} \\
 - f_y \text{ polos} &= 240 \text{ Mpa} \\
 - \text{dipakai tulangan pokok} &= D10 \\
 - \text{dipakai tulangan sengkang} &= \emptyset 8
 \end{aligned}$$

1. Area tumpuan

$Mu_{tumpuan}$	$= 4,8777 \text{ KNm}$	$= 4877700 \text{ Nmm}$
Rn	$= Mu/(\phi.b.d^2)$	$= 0,770 \text{ N/mm}^2$
m	$= fy/(0,85.fc)$	$= 18,82$
ρ_{perlu}	$= 1/m [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot Rn)/fy}]$	$= 0,0035$
As_{perlu}	$= \rho_{perlu} \times b \times d$	$= 113,925 \text{ mm}^2$
n_{pakai}	$= As_{perlu} / As_{tulangan}$	$= 2 \text{ buah}$

2. Area lapangan

$Mu_{Lapangan}$	$= 4,6474 \text{ KNm}$	$= 4647400 \text{ Nmm}$
Rn	$= Mu/(\phi.b.d^2)$	$= 0,731 \text{ N/mm}^2$
m	$= fy/(0,85.fc)$	$= 18,82$
ρ_{perlu}	$= 1/m [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot Rn)/fy}]$	$= 0,0035$
As_{perlu}	$= \rho_{perlu} \times b \times d$	$= 113,925 \text{ mm}^2$
n_{pakai}	$= As_{perlu} / As_{tulangan}$	$= 2 \text{ buah}$

3. Tulangan geser/lintang

Vu	$= 5,757 \text{ KN}$	$= 5757 \text{ N}$
Vc	$= 0,17 \sqrt{fc} \cdot b \cdot d$	$= 27667,5 \text{ N}$
ϕVc	$= 24900,75 \text{ N}$	
$0,5 \phi Vc$	$= 12450,375 \text{ N}$	
Vs_{hitung}	$= 0,062 \sqrt{fc} \cdot b \cdot d$	$= 10090,5 \text{ N}$

Syarat Jarak Sengkang

Kondisi 1:

$$Vu \leq 0,5 \phi Vc \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Kondisi 2:

$$0,5 \phi Vc \leq Vu \leq \phi Vc \quad (\text{Memenuhi})$$

$$Av_{pakai} = 1/4 \pi d^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$S_{pakai} = (Av \times fy \times d) / Vs = 432,17 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 2847:2019 Tabel 9.7.6.2.2. spasi maksimum untuk tulangan geser ditentukan berdasarkan nilai Vs , yaitu : $0.33 \sqrt{25} \times 150 \times 217 = 53707,5 \text{ N}$, Nilai Vs_{hitung} didapatkan lebih kecil dari $0.33 \sqrt{f'_c} \times b \times d$ sehingga spasi maksimum tidak boleh melebihi dari nilai terendah batasan yang telah diatur pada SNI 2847:2019.

$$S_{Min 1} = d/2 = 108 \text{ mm (Dipilih)}$$

$$S_{Min 2} = 600 \text{ mm}$$

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

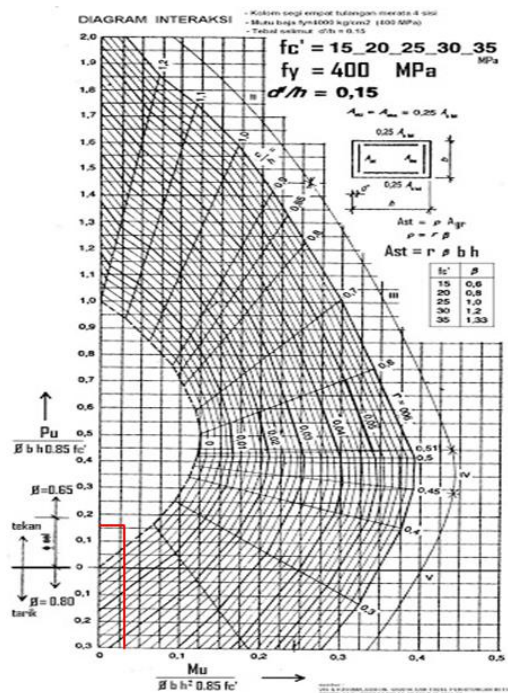
d.) Analisis perhitungan kolom (K. 35x35) dengan bantuan *software* SAP 2000 didapatkan:

- Mu	= 20,3753 KNm	= 20375300 Nmm
- P	= 276,312 KNm	= 276312 N
- Vu	= 11,239 KN	= 11239 N
- ϕ	= 0,65	
- ϕV_c	= 0,75	
- f_c	= 25 Mpa	
- f_y ulir	= 400 Mpa	
- f_y polos	= 240 Mpa	
- dipakai tulangan pokok	= D16	
- dipakai tulangan sengkang	= Ø8	

1. Kebutuhan tulangan utama

$$\text{Sumbu x} = \frac{M_u}{(\phi \cdot b \cdot h^2 \cdot 0,85 \cdot f_c)} = 0,03$$

$$\text{Sumbu y} = \frac{P_u}{(\phi \cdot b \cdot h \cdot 0,85 \cdot f_c)} = 0,16$$



Gambar 7. Grafik Diagram Interaksi Kolom 4 Sisi

Dari grafik : $f_c = 25 \text{ Mpa} \rightarrow \beta = 1,0$

Karena dari grafik pertemuan sumbu x dan sumbu y tidak didapat nilai r , maka diambil untuk r nilai minimum.

$$r = 0,01$$

$$\rho = r \cdot \beta = 0,01 \cdot 1,0 = 0,01$$

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot h = 0,01 \cdot 350 \cdot 350 = 1225 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 162 = 200,96 \text{ mm}^2 \\ n &= A_{st} / d_b = 1225 / 200,96 = 8 \text{ D16} \end{aligned}$$

2. Tulangan geser/lintang

$$\begin{aligned} V_u &= 11,239 \text{ KN} &= 11239 \text{ N} \\ V_c &= 0,17 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d &= 87465 \text{ N} \\ \phi V_c &= 65598,7 \text{ N} \\ 0,5 \phi V_c &= 32799,375 \text{ N} \\ V_{s \text{ hitung}} &= 0,062 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d &= 31899 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat Jarak Sengkang

Kondisi 1:

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5 \phi V_c && (\text{Memenuhi}) \\ A_v \text{ pakai} &= \frac{1}{4} \pi d^2 &= 50,24 \text{ mm}^2 \\ S_{\text{pakai}} &= (A_v \times f_y \times d) / V_s &= 185,22 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sesuai SNI 2847:2019 Tabel 10.7.6.5.2. spasi maksimum untuk tulangan geser ditentukan berdasarkan nilai V_s , yaitu : $0.33 \sqrt{25} \times 350 \times 294 = 169785 \text{ N}$. Nilai $V_{s \text{ hitung}}$ didapatkan lebih kecil dari $0.33 \sqrt{f'_c} \times b \times d$ sehingga spasi maksimum tidak boleh melebihi dari nilai terendah batasan yang telah diatur pada SNI 2847:2019.

$$\begin{aligned} S_{\text{Min 1}} &= d/2 &= 147 \text{ mm (Dipilih)} \\ S_{\text{Min 2}} &= 600 \text{ mm} \\ \text{Maka } S_{\text{pakai}} &= 125 \text{ mm} \end{aligned}$$

e.) Analisis perhitungan plat lantai (T. 12) dengan bantuan *software* SAP 2000 didapatkan:

$$\begin{aligned} - M_u &= 2,7917 \text{ KNm} &= 2791700 \text{ Nmm} \\ - \phi &= 0,9 \\ - f_c &= 25 \text{ Mpa} \\ - f_y \text{ ulir} &= 400 \text{ Mpa} \\ - f_y \text{ polos} &= 240 \text{ Mpa} \\ - \text{dipakai tulangan arah X} &= \emptyset 8 \\ - \text{dipakai tulangan arah Y} &= \emptyset 8 \end{aligned}$$

1. Kebutuhan jarak tulangan plat lantai

$$\begin{aligned} M_n &= M_u / (\phi) &= 3101888,8 \text{ Nmm} \\ R_n &= M_n / (b \cdot d \cdot x^2) &= 0,34 \text{ N/mm}^2 \\ m &= f_y / (0,85 \cdot f_c) &= 18,82 \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y}] &= 0,0020 \\ A_{s \text{ perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d &= 192 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

dicoba spasi untuk tulangan arah x dan y 250mm

$$As_p = (b/s) \times (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2) = 200,1 \text{ mm}^2$$

Maka $As_p > As_{perlu} \rightarrow 200,1 > 192$ (ok).

Jadi untuk tulangan plat lantai digunakan $\phi 8 - 250$

f.) Analisis perhitungan pondasi telapak (PT. 100/100) dengan bantuan *software* SAP 2000 didapatkan:

- Mx	= 5,32 KNm	= 5320000 Nmm
- My	= 1,22 KNm	= 1220000 Nmm
- Pu	= 301,52 KN	= 301520 N
- ϕ	= 0,9	
- ϕV_c	= 0,75	
- f_c	= 25 Mpa	
- f_y ulir	= 400 Mpa	
- f_y polos	= 240 Mpa	
- dipakai tulangan arah X	= D10	
- dipakai tulangan arah Y	= D10	

1. Tegangan akibat beban terfaktor :

Mx	= 1,2 x 11,32	= 13,6 KNm
My	= 1,2 x 1,22	= 1,5 KNm
P	= 1,2 x 301,53	= 361,84 KN

a. Pada titik A

$$\sigma = (P/A) - (M_x \times y/l_x) + (M_y \times x/l_y) = 294,24 \text{ KN/m}^2$$

b. Pada titik B

$$\sigma = (P/A) - (M_x \times y/l_x) + (M_y \times x/l_y) = 402,54 \text{ KN/m}^2$$

c. Pada titik C

$$\sigma = (P/A) - (M_x \times y/l_x) + (M_y \times x/l_y) = 292,43 \text{ KN/m}^2$$

d. Pada titik D

$$\sigma = (P/A) - (M_x \times y/l_x) + (M_y \times x/l_y) = 308,82 \text{ KN/m}^2$$

2. Kontrol geser satu arah :

- Gaya geser yang disebabkan oleh beban terfaktor:

$$V_u = q_u B(L/2 - c/2 - d) = 60,38 \text{ KN}$$

- Gaya geser yang disumbangkan oleh beton:

$$\phi V_c = \phi(0,17\lambda\sqrt{f_c \cdot b \cdot d}) = 189,66 \text{ KN}$$

Maka $\phi V_c > V_u \rightarrow$ pondasi aman dari geser satu arah (ok)

3. Kontrol geser dua arah :

- Gaya geser yang disebabkan oleh beban terfaktor:

$$V_u = q_u[L^2 - (l \cdot \text{kolom} + d)^2] = 365,56 \text{ KN}$$

- Gaya geser yang disumbangkan oleh beton diambil nilai V_c yang terkecil dari hasil persamaan di bawah ini:

$$V_{c1} = 0,17(1 + 2/\beta_c)\lambda\sqrt{f_c \cdot b_o \cdot d} = 758,625 \text{ KN}$$

$$V_{c2} = 0,083(\alpha_s d)/b_o + 2\lambda\sqrt{f_c \cdot b_o \cdot d} = 755,3 \text{ KN}$$

$$V_{c3} = 0,33 \cdot \sqrt{f_c \cdot b_o \cdot d} = 490,875 \text{ KN}$$

$$\text{Diambil nilai terkecil } V_{c3} = \phi V_{c3} = 368,16 \text{ KN}$$

Maka $\phi V_{c3} > V_u \rightarrow$ pondasi aman dari geser dua arah (ok)

4. Kebutuhan tulangan pondasi telapak

$$M_u = \frac{1}{2} \cdot q \cdot b \cdot l^2 = 21,26 \text{ KNm}$$

$$R_n = M_u / (\phi \cdot b \cdot d \cdot x^2) = 0,82 \text{ N/mm}^2$$

$$m = f_y / (0,85 \cdot f_c) = 18,82$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 1/m [1 - \sqrt{1 - (2 \cdot m \cdot R_n) / f_y}] = 0,0021$$

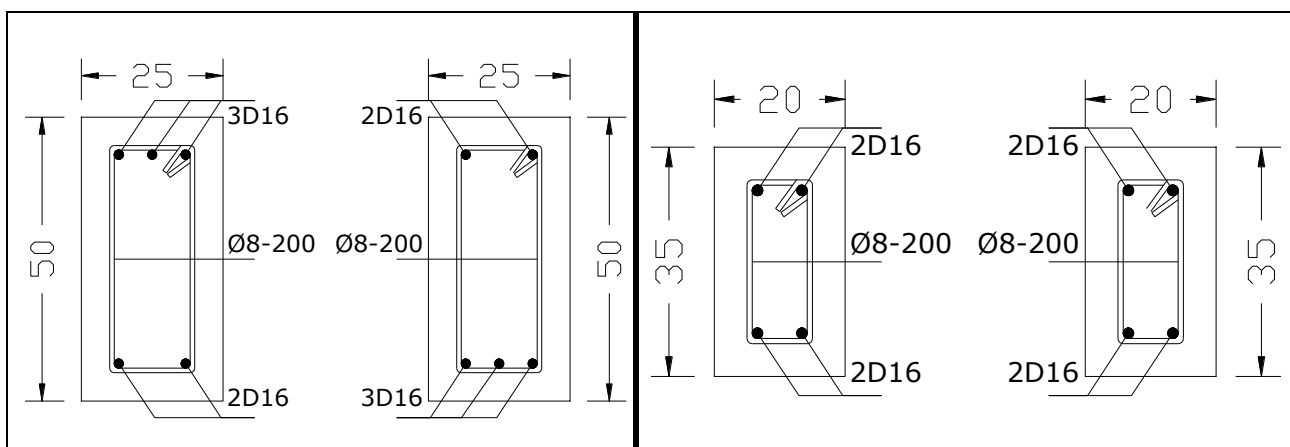
$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 392,5 \text{ mm}^2$$

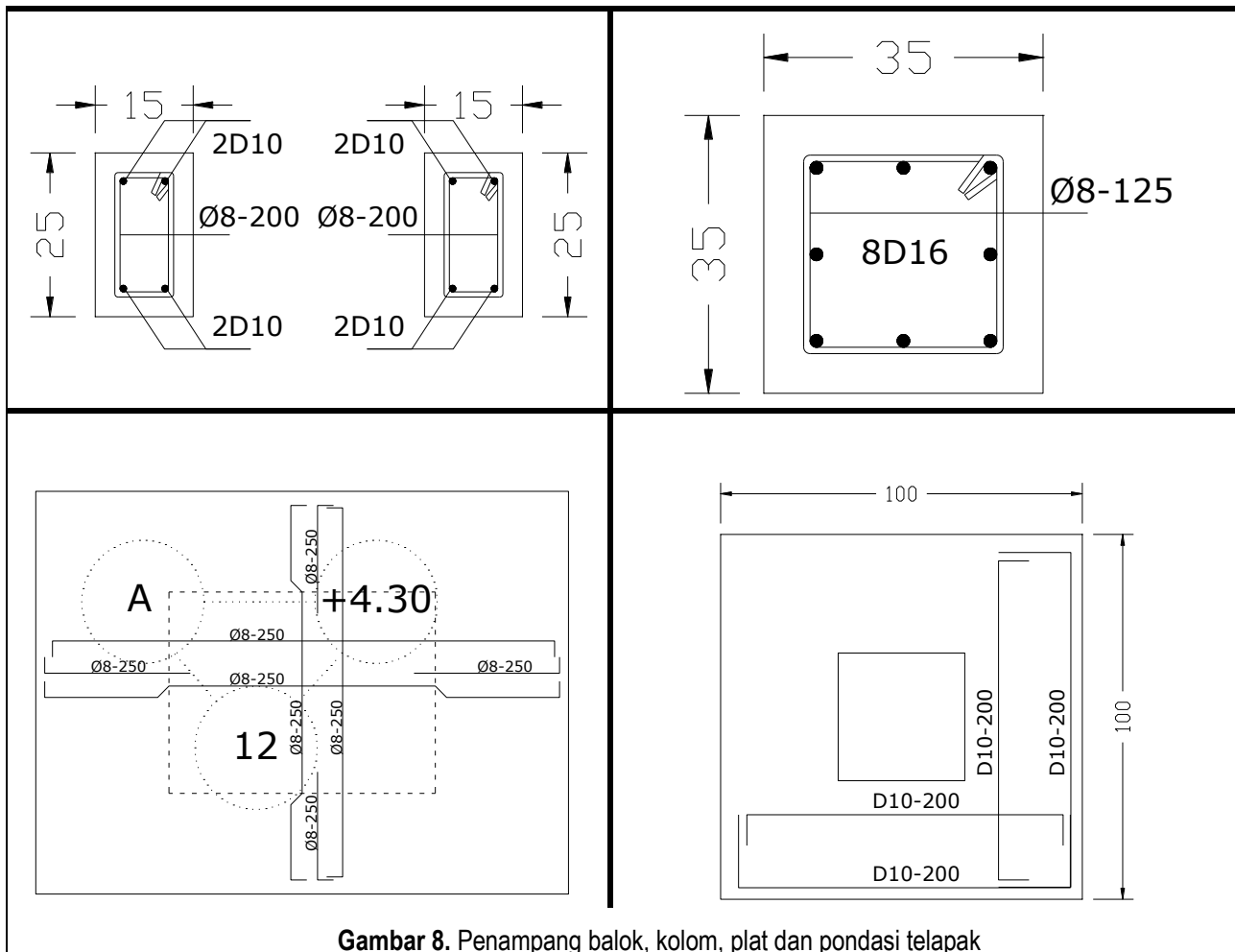
dicoba spasi untuk tulangan arah x dan y 200mm

$$A_{sp} = (b/s) \times (1/4 \cdot \pi \cdot \phi^2) = 392,5 \text{ mm}^2$$

Maka $A_{sp} = A_{s \text{ perlu}} \rightarrow 392,5 = 392,5$ (ok).

Jadi untuk tulangan pondasi telapak digunakan D10 – 200





Gambar 8. Penampang balok, kolom, plat dan pondasi telapak

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu berdasarkan analisis kuantitatif static eqivalen dengan software SAP 2000 didapatkan dimensi pondasi 100cmx100cm tebal 25cm dengan tulangan atas dan bawah D10-200, kolom 35cmx35cm dengan tulangan 8D16 dan geser $\varnothing 8 - 125$, balok induk 25cmx50cm tulangan atas 3D16 bawah 2D16 dan geser $\varnothing 8 - 200$, balok anak 20cmx35cm tulangan atas 2d16 bawah 2D16 geser $\varnothing 8 - 200$, ring balok 15cmx25cm tulangan atas 2D10 bawah 2D10 geser $\varnothing 8 - 200$ dan untuk dimensi plat tebal 12cm tulangan arah x dan y $\varnothing 8 - 250$

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung". SNI 03 – 2847 – 2019.
- Badan Standardisasi Nasional. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung “. SNI 03 – 1726 – 2019.
- Dinyanti, Shinta. (2021). Analisa Statik Ekuivalen 2 Dimensi Dengan Menggunakan Program Bantu SAP 2000. Fakultas Teknik Universitas Jember
- Faizah, Restu. (2015). Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen Dan Dinamik Time History Pada Gedung Bertingkat Di Yogyakarta.
- Gedung, B., Widya, S., Jl, B., & Kota, I. (2016). Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Disusun Oleh : Napoleo Braz Moreira Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan.
- Partama, I. G. N. E. (2017). Penentuan Tebal Pelat Lantai Gedung yang Ditumpu pada Keempat Sisinya Sesuai SNI 2847:2013. Jurnal Teknik Gradien.
- Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. (2016). Struktur Beton Pondasi.