

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS DAN BAWAH GEDUNG FAKULTAS  
ILMU KEOLAHRAGAAN UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

**Reynhard Bayu Prananda Ghunu<sup>1</sup>, Ester Priskasari<sup>2</sup>, Mohammad Erfan<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura 2, Malang*

*Email: [bayughunu@gmail.com](mailto:bayughunu@gmail.com)*

*<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura 2, Malang*

*Email: [esterpriskasari@gmail.com](mailto:esterpriskasari@gmail.com)*

*<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura 2, Malang*

*Email: [nafre1977@gmail.com](mailto:nafre1977@gmail.com)*

**ABSTRACT**

Malang City is famous as an education city, so many private and public campuses are located in Malang. Malang State University is one of the state universities in Malang, which in 2018 built the Faculty of Sports Science (FIK) building. The Indonesian National Standardization Agency has made building design regulations by taking into account the influence of earthquake loads on building structures. In the Faculty of Sport Science (FIK) building, the upper structure uses reinforced concrete structures, steel frame roofs, and bore pile foundation structures. Some buildings that experience structural failure when a large earthquake occurs, this is because the building does not match the design of earthquake resistant buildings. In this regard, the authors conducted a study of upper structure planning with reinforced concrete portals and lower structures using bored pile foundations in the Faculty of Sports Science (FIK) building. Earthquake resistant structure planning is focused on designing reinforcement, beams, columns, Beam Column Relations (HBK), pilecap and borepile based on SNI 2847 2013. For the process of modeling and analyzing the structure using the 2016 ETABS assistance program V.16.2.1. By planning the top structure using reinforced concrete portals and the bottom structure using bored pile foundations, it is expected that the Faculty of Sport Science (FIK) building will be able to withstand the loads caused by the earthquake.

Keywords:

**ABSTRAK**

Kota Malang terkenal sebagai kota pendidikan, sehingga banyak kampus swasta maupun negeri yang berada di kota Malang. Universitas Negeri Malang merupakan salah satu universitas negeri yang ada di Malang, yang pada tahun 2018 membangun gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan ( FIK ). Badan Standarnisasi Nasional Indonesia sudah membuat peraturan desain bangunan gedung dengan memperhatikan adanya pengaruh beban gempa terhadap struktur bangunan. Pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan ( FIK ) struktur atasnya menggunakan struktur beton bertulang, atap rangka baja, dan struktur bawah pondasi tiang bor. Beberapa bangunan yang mengalami kegagalan struktur ketika terjadi gempa besar, hal ini dikarenakan gedung tidak sesuai dengan desain gedung tahan gempa. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis melakukan suatu studi perencanaan struktur atas dengan portal beton bertulang dan struktur bawah dengan menggunakan pondasi tiang bor pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan ( FIK ). Perencanaan struktur tahan gempa difokuskan pada pendesaian tulangan, balok, kolom, Hubungan Balok Kolom (HBK), pilecap dan borepile berdasarkan SNI 2847 2013. Untuk proses pemodelan dan analisa strukturnya menggunakan program bantu ETABS 2016 V.16.2.1. Dengan merencanakan struktur atas menggunakan portal beton bertulang dan struktur bawah menggunakan pondasi tiang bor, diharapkan gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan ( FIK ) akan mampu menahan beban akibat gempa.

Kata kunci:

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kota Malang terkenal sebagai kota pendidikan, sehingga banyak kampus swasta maupun negeri yang berada di kota Malang. Universitas Negeri Malang merupakan salah satu universitas negeri yang ada di Malang, yang pada tahun 2018 membangun gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan ( FIK ). Gedung berlantai 7 ini diharapkan dapat menjadi gedung kuliah dan gedung olahraga di Universitas Negeri Malang. Pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan ( FIK ) struktur atasnya menggunakan struktur beton bertulang, atap rangka baja, dan struktur bawah pondasi tiang bor.

Beberapa bangunan yang mengalami kegagalan struktur ketika terjadi gempa besar, hal ini dikarenakan gedung tidak sesuai dengan desain gedung tahan gempa, perilaku gempa bangunan dan beberapa bangunan juga kurang dalam hal pengawasan pelaksanaan di lapangan. Bangunan gedung bertingkat perlu didesain mampu menahan gaya gempa yang sesuai dengan gempa rencana.

### Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Berapa dimensi balok dan kolom ?
2. Berapa jumlah tulangan longitudinal dan transversal balok dan kolom ?
3. Berapa jumlah tulangan hubungan balok dan kolom (HBK) ?
4. Berapa dimensi dan jumlah tulangan pondasi bore pile ?
5. Berapa dimensi dan jumlah tulangan pile cap ?
6. Bagaimana gambar detail penulangan dari hasil perencanaan ?

### Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk lebih memahami dan mendalami langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan struktur gedung dengan menerapkan disiplin ilmu yang telah diterima yang juga memiliki tujuan dari perencanaan ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui dimensi tulangan balok dan kolom.
2. Untuk mengetahui jumlah tulangan longitudinal dan transversal balok dan kolom.
3. Untuk mengetahui jumlah tulangan pada hubungan balok dan kolom (HBK).
4. Untuk mengetahui dimensi dan jumlah tulangan pondasi tiang bor.
5. Untuk mengetahui dimensi dan jumlah tulangan pondasi pile cap.

6. Untuk mengetahui gambar detail penulangan dari hasil perencanaan.

### Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dalam penyusunan perencanaan gedung ini adalah :

1. Bagi Penulis  
Dapat menambah pengetahuan di bidang perencanaan struktur, khususnya dalam perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa dan pondasi.
2. Umum  
Dapat dipakai sebagai salah satu referensi pada sistem perencanaan struktur tahan gempa dalam suatu bangunan gedung.

### Batasan Masalah

Perencanaan struktur yang merupakan salah satu pekerjaan yang sangat rumit karena di dalamnya terdapat banyak unsur yang saling berhubungan. Untuk mempermudah perhitungan maka ada beberapa batasan yang diambil dalam perencanaan struktur ini antara lain :

1. Analisa struktur pada bangunan menggunakan program bantu ETABS 16.2.1
2. Peraturan yang digunakan :
  - a. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain SNI 03-1727-2013
  - b. Tata cara perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1 726-2012, menggunakan Peta Sumber dan Bahaya Gempa Tahun 2017
  - c. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2013
  - d. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung ( PPIUG ) 1987

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Prinsip Dasar

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, terbentuknya sendi-sendi plastis yang mampu memancarkan energi gempa dan membatasi besarnya beban gempa yang masuk ke dalam struktur harus dikendalikan sedemikian rupa agar struktur berperilaku memuaskannya dan tidak sampai runtuh saat terjadi gempa kuat. Pada prinsipnya dengan konsep desain kapasitas elemen-elemen utama penahan beban gempa kuat dapat dipilih, direncanakan dan didetail sedemikian rupa, sehingga mampu memancarkan energi gempa dengan deformasi

inelastik yang cukup besar tanpa runtuh, sedangkan elemen-elemen lainnya diberi kekuatan yang cukup, maka mekanisme yang telah dipilih dapat dipertahankan pada saat terjadi gempa kuat (Gideon Kusuma dan Takim Andriano, *Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di Daerah Rawan Gempa Seri III*, 1993). Pondasi tiang bor adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Pondasi ini digunakan pada tanah yang stabil dan kaku sehingga memungkinkan untuk membuat lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air atau lembek, maka dibutuhkan pipa atau casing untuk dinding lubang dan akan ditarik keluar pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibersihkan untuk memenuhi tahanan dukung ujung tiang.

### **Pembebanan**

#### **1. Beban Mati**

Untuk pembebanan beban mati menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1997

#### **2. Beban Hidup**

Untuk pembebanan beban hidup menggunakan SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

#### **3. Beban Gempa**

Untuk pembebanan gempa menggunakan SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

### **Kombinasi Pembebanan**

Berdasarkan SNI 1726 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, maka kombinasi beban yang digunakan pada perencanaan ini adalah :

1.  $1,4D$
2.  $1,4D + 1,6L$
3.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
4.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
5.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
6.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
7.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$

8.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
9.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
10.  $1,2D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
11.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
12.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
13.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
14.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
15.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
16.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
17.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$
18.  $0,9D + L + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D) + Q_E (\Omega_0 + 0,2S_D D)$

### **Kontrol Perilaku Struktur**

#### **1. Kinerja Batas Layan**

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh beban gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelepasan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping itu juga untuk mencegah kerusakan pada komponen non struktur dan ketidaknyamanan penghuni gedung. (SNI 1726 2002 pasal 8.1.1 halaman 35).

Menurut SNI 1726 2002 bahwa syarat simpangan struktur gedung tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a.  $0,03/R$  x tinggi tingkat yang bersangkutan
- b. 30 mm

#### **2. Kinerja Batas Ultimit**

Menurut SNI 1726 2002 pasal 8.2.1 halaman 35, kinerja batas layan ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat maksimum struktur akibat pengaruh beban gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk

membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung yang dipisah dengan sela pemisah/sela delatasi.

Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali =  $0,7 \times R$  (untuk gedung beraturan). Dalam pasal 8.2.2 halaman 36, disebutkan bahwa untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan ultimit struktur gedung dalam segala hal simpangan antar tingkat yang tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

### **Komponen Struktur Lentur Rangka Momen Khusus (lihat SNI 2847-2013 Pasal 21.5)**

### **Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Dikenai Beban Aksial (lihat SNI 2847-2013 Pasal 21.6)**

### **Pondasi Tiang Bor**

Pondasi tiang bor adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Pondasi ini digunakan pada tanah yang stabil dan kaku sehingga memungkinkan untuk membuat lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air atau lembek, maka dibutuhkan pipa atau casing untuk dinding lubang dan akan ditarik keluar pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk memenuhi tahanan dukung ujung tiang.

### **Daya Dukung Aksial Tunggal**

Daya dukung pondasi tiang bor mengikuti rumus daya dukung pondasi tiang dengan menggunakan data SPT antara lain diberikan oleh Meyerhof (1956) dengan ketentuan sebagai berikut:

$$Q_u = (40 \cdot N \cdot A_p) + (0,1 \cdot N \cdot A_s)$$

$Q_u$  = Daya dukung ultimit pondasi tiang (ton)

$N$  = Nilai  $N_{SPT}$  pada tanah sekitar dasar tiang

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )

$A$  = Luas selimut tiang ( $m^2$ )

$N$  = Nilai rata-rata uji SPT di sepanjang tiang

40 = Karakteristik Tanah Pasir

### **Daya Dukung Ijin Tiang**

Penentuan daya dukung ijin ( $Q_a$  atau  $Q_{all}$ ) dilakukan dengan membagi daya dukung ultimit dengan faktor keamanan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{Q_u}{F}$$

Keterangan :

$Q_a$  = Daya dukung ijin tiang

$Q_u$  = Daya dukung ultimit tiang

$F$  = Faktor keamanan

### **Menentukan Jumlah Tiang Yang Diperlukan**

Jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang.

$$n = \frac{P}{Q}$$

Keterangan :

$n$  = jumlah tiang

$P$  = gaya aksial yang terjadi

$Q_a$  = daya dukung ijin tiang

### **Dukung Kelompok Tiang**

$$Q_p = E_g \times n_{ti} \times Q_a$$

Dimana :

$Q_p$  = Daya dukung kelompok tiang

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$n_{ti}$  = jumlah tiang

$Q_a$  = Daya dukung ijin tiang

**Penurunan Pondasi Tiang Tunggal**

Penurunan dipengaruhi mekanisme pengalihan beban, maka penyelesaian untuk perhitungan penurunan hanya bersifat pendekatan. Untuk memperkirakan besarnya penurunan elastis maupun seketika pada pondasi tiang tunggal, dapat digunakan dua metode, yaitu metode semi empiris dan metode empiris.

**a. Metode semi-empiris**

penurunan elastis pondasi tiang tunggal dapat dihitung sebagai berikut :

$$1. S_c = S_s + S_p + S_{ps}$$

$$2. S_1 = \frac{(Q + \alpha Q)L}{A E}$$

Keterangan :

Ss = penurunan akibat deformasi tiang tunggal

Qp = daya dukung ujung tiang

Qs = daya dukung selimut tiang

Ap = luas ujung tiang bawah

L = panjang tiang

Ep = modulus elastisitas material tiang

= 0,5 jika distribusi gesekan berbentuk parabola atau 0,67 jika segitiga

$$3. S_p = \frac{C \cdot x \cdot Q}{D \cdot x \cdot q}$$

Keterangan :

Sp = penurunan tiang disebabkan oleh beban yang bekerja pada ujung Tiang

Cp = koefisien empiris

D = diameter tiang

Qp = daya dukung batang ujung tiang

$$4. S_{ps} = \left( \frac{Q}{P \cdot x \cdot l} \right) \times \frac{D}{E} \times (1 - \mu_s^2) \times I_w$$

Keterangan :

Sps = penurunan tiang disebabkan oleh beban yang bekerja sepanjang kulit/selimut tiang

P = keliling penampang tiang

L = panjang tiang

Es = modulus elastisitas tanah

μs = angka poisson

Iws = faktor pengaruh

Faktor pengaruh menurut Vesic (sholeh, 2008)

yaitu :

$$I_w = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$$

**Penurunan Kelompok Pondasi Tiang**

$$S_g = S \sqrt{\frac{B}{D}}$$

Keterangan :

Sg = Penurunan tiang kelompok (m)

S = Penurunan tiang tunggal (m)

Bg = Lebar kelompok tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

**3. Metode Perencanaan**

**Data Perencanaan**

- a. Nama bangunan = Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan
- b. Fungsi bangunan = Gedung Perkuliahan
- c. Jumlah lantai = 8 Lantai
- d. Lokasi bangunan = Jalan Semarang No. 5 Malang
- e. Tinggi bangunan = 37.750 meter
- f. Lebar bangunan = 28 meter
- g. Panjang bangunan = 70 meter
- h. Struktur bangunan = Beton bertulang
- i. Struktur pondasi = Bored pile

**Mutu Bahan**

- a. Mutu beton (f'c) : 30 mpa
- b. Mutu baja ulir (fy) : 400 mpa
- c. Mutu baja polos (fy) : 240 mpa
- d. Mutu baja struktur atap : ASTM A572 Gr.50 (BJ 50)

**Studi Literatur**

Literatur-literatur yang digunakan sebagai pedoman perencanaan meliputi:

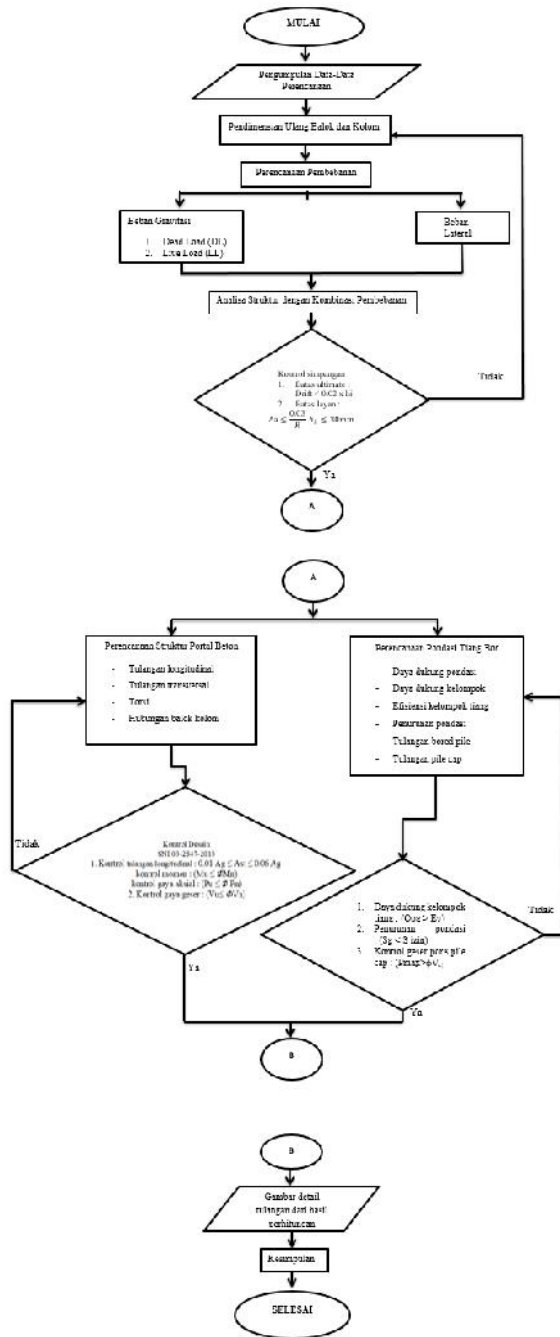
- 1. SNI 2847-2013 Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
- 2. SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

- SNI 1727-2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

**Analisa Struktur ( Pemodelan Struktur )**

Untuk menghitung gaya-gaya dalam pada struktur Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan digunakan program bantu ETABS 2016 V.16.2.1.

**Bagan Alir/Flowchart**



Gambar 1. Bagan Alir

**4. Analisa dan Pembahasan**

**Dimensi Balok dan Kolom**

Balok	Bentang	Lantai 1-7		
		b	-	h
B1	8,00 m	0,40 m	-	0,80 m
B2	8,00 m	0,70 m	-	0,90 m
B3	8,00 m	0,50 m	-	0,90 m
B4	8,00 m	0,35 m	-	0,70 m
B5	8,00 m	0,30 m	-	0,60 m
B6	8,00 m	0,40 m	-	0,60 m

K1	=	900	mm	x	900	mm	1	>	0,4
K2	=	600	mm	x	900	mm	0,667	>	0,4
K3	=	300	mm	x	300	mm	1	>	0,4
K4	=	200	mm	x	200	mm	1	>	0,4

**Beban Mati Sendiri Struktur (Selfweight)**

Untuk berat sendiri struktur, meliputi balok, kolom dan pelat sudah dihitung dengan perintah selfweight pada program bantu ETABS 2016.

**Beban Mati Tambahan Pada Pelat Atap**

- Berat air hujan (tebal 5 cm) = 50 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat ME = 10 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat Plafond & penggantung = 14 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat spesi (tebal 5 cm) = 105 kg/m<sup>2</sup>
- 
- = 179 kg/m<sup>2</sup>  
= 1,79 kN/m<sup>2</sup>

**Beban Mati Tambahan Pada Pelat Lantai**

- Berat spesi (tebal 3 cm) = 63 kg/m<sup>2</sup>
  - Keramik (tebal 1 cm) = 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat plafond & penggantung = 14 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat ME = 10 kg/m<sup>2</sup>
- 
- = 111 kg/m<sup>2</sup>  
= 1,11 kN/m<sup>2</sup>

**e-journal PERENCANAAN PORTAL DAN PONDASI BETON BERTULANG**  
**Program Studi Teknik Sipil S1, ITN Malang**

**Beban Gempa**

Lantai	Cv <sub>x</sub>	Cv <sub>y</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>
			(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
Atap	0,2371	0,2371	6528,05	6528,05	<b>1547,614</b>	<b>1547,614</b>
lantai R	0,2470	0,2470	6528,05	6528,05	<b>1612,669</b>	<b>1612,669</b>
Lantai 7	0,1618	0,1618	6528,05	6528,05	<b>1055,929</b>	<b>1055,929</b>
Lantai 6	0,1226	0,1226	6528,05	6528,05	<b>800,294</b>	<b>800,294</b>
Lantai 5	0,0963	0,0963	6528,05	6528,05	<b>628,774</b>	<b>628,774</b>
Lantai 4	0,0764	0,0764	6528,05	6528,05	<b>498,743</b>	<b>498,743</b>
Lantai 3	0,0529	0,0529	6528,05	6528,05	<b>345,606</b>	<b>345,606</b>
Lantai 2	0,0048	0,0048	6528,05	6528,05	<b>31,101</b>	<b>31,101</b>
Lantai 1	0,0011	0,0011	6528,05	6528,05	<b>7,321</b>	<b>7,321</b>
<b>TOTAL</b>					<b>6528,051</b>	<b>6528,051</b>

Lantai	Tinggi (hi) m	Berat (Wi) kN	hi <sup>kx</sup> m	hi <sup>ky</sup> m	Wi x hi <sup>kx</sup> kNm	Wi x hi <sup>ky</sup> kNm
Atap	37,75	13250,7531	90,24	90,24	1195687,22	1195687,22
lantai R	34,0	15720,5007	79,26	79,26	1245948,90	1245948,90
Lantai 7	29,0	12537,6469	65,07	65,07	815810,99	815810,99
Lantai 6	25,0	11422,4382	54,13	54,13	618307,38	618307,38
Lantai 5	21,0	11140,3163	43,61	43,61	485790,98	485790,98
Lantai 4	17,0	11483,5231	33,55	33,55	385329,10	385329,10
Lantai 3	13,0	11098,0472	24,06	24,06	267015,41	267015,41
Lantai 2	9,0	1575,65866	15,25	15,25	24028,29	24028,29
Lantai 1	3,50	1196,47224	4,73	4,73	5656,49	5656,49
<b>TOTAL</b>		89425,3564			5043574,76	5043574,76

**Kontrol Simpangan**

**a. Akibat EX**

**Tabel 1 Simpangan Akibat EX (Simpangan arah x dan y) Untuk Kontrol Batas Layan**

Lantai	Ketinggian (mm)	Simpangan (mm)		S		Batas izin (mm)	Cek
		X	Y	X	Y		
Kuda	2000	82,566	100,619	4,873	2,305	7,5	Ok
RL	5000	77,693	98,314	17,666	17,416	18,75	Ok
7	4000	60,027	80,898	9,564	13,798	15	Ok
6	4000	50,463	67,100	10,211	14,000	15	Ok
5	4000	40,252	53,100	10,601	14,266	15	Ok
4	4000	29,651	38,834	10,051	12,851	15	Ok
3	4000	19,600	25,983	7,423	10,243	15	Ok
2	4000	12,177	15,740	9,426	12,311	15	Ok
1	5500	2,751	3,429	2,751	3,429	20,625	Ok
Basement	3500	0,000	0,000	0,000	0,000	13,125	Ok

Berikut merupakan contoh perhitungannya :

Simpangan antar lantai tingkat desain ( s )

$$s = \text{simpangan di lantai yang bersangkutan} - \text{simpangan lantai di bawahnya}$$

$$= 2,751 \text{ mm} - 0 \text{ mm}$$

$$= 2,751 \text{ mm}$$

Simpangan yang diizinkan = 0,03/R x tinggi tingkat yang bersangkutan

$$= 0,03/8 \times 5500 \text{ mm}$$

$$= 20,625 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas, s = 2,751 mm < simpangan yang diizinkan = 20,625 mm (AMAN)

**b. Akibat EY**

**Tabel 2 Simpangan Akibat EY (simpangan arah x dan y) untuk dikontrol Batas Layan**

Lantai	Ketinggian (mm)	Simpangan (mm)		Δs		Batas izin (mm)	Cek
		X	Y	X	Y		
Kuda	2000	82,566	100,619	4,873	2,305	7,5	Ok
RL	5000	77,693	98,314	17,666	17,416	18,75	Ok
7	4000	60,027	80,898	9,564	13,798	15	Ok
6	4000	50,463	67,100	10,211	14,000	15	Ok
5	4000	40,252	53,100	10,601	14,266	15	Ok
4	4000	29,651	38,834	10,051	12,851	15	Ok
3	4000	19,600	25,983	7,423	10,243	15	Ok
2	4000	12,177	15,740	9,426	12,311	15	Ok
1	5500	2,751	3,429	2,751	3,429	20,625	Ok
Basement	3500	0,000	0,000	0,000	0,000	13,125	Ok

**Kontrol Kinerja Batas Ultimit**

Sesuai dengan SNI 1726 2002 pasal 8.2 halaman 35-36, simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali = 0,7 x R (untuk gedung beraturan). Dalam pasal 8.2.2 disebutkan bahwa dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung untuk batas ultimit tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

**a. Akibat EX (simpangan arah x)**

**Tabel 3 Simpangan Akibat EX (simpangan arah x) Untuk Kontrol Batas Ultimit**

Lantai	Ketinggian (mm)	Simpangan X	Simpangan antar tingkat	Faktor Pengali	Δs x ξ	Batas izin (mm)	Cek
RL	5000	77,693	17,666	5,600	98,930	100	Ok
7	4000	60,027	9,564	5,600	53,558	80	Ok
6	4000	50,463	10,211	5,600	57,182	80	Ok
5	4000	40,252	10,601	5,600	59,366	80	Ok
4	4000	29,651	10,051	5,600	56,286	80	Ok
3	4000	19,600	7,423	5,600	41,569	80	Ok
2	4000	12,177	9,426	5,600	52,786	80	Ok
1	5500	2,751	2,751	5,600	15,406	110	Ok
Basement	3500	0,000	0,000	0,000	0,000	13,125	Ok

Berikut merupakan contoh perhitungan :

Simpangan antar lantai tingkat desain ( s )

$$s = \text{simpangan di lantai yang bersangkutan} - \text{simpangan lantai dibawahnya}$$

$$= 2,751 \text{ mm} - 0 \text{ mm}$$

$$= 2,751 \text{ mm}$$

Faktor pengali ( ) = 0,7 x R

$$= 0,7 \times 8$$

$$= 5,6$$

$$s \times \text{Faktor pengali ( )} = 2,751 \text{ mm} \times 5,6$$

$$= 15,506 \text{ mm}$$

Simpangan yang diizinkan = 0,02 x tinggi tingkat yang bersangkutan

$$= 0,02 \times 5500 \text{ mm}$$

$$= 110 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas, s x Faktor pengali ( ) = 15,506 mm < simpangan yang diizinkan = 110 mm (AMAN)

**b. Akibat EX (simpangan arah y)**

**Tabel 4 Simpangan Akibat EX (simpangan arah y) Untuk Kontrol Batas Ultimit**

Lantai	Ketinggian (mm)	Simpangan Y	Simpangan antar tingkat	Faktor Pengali	$\Delta S \times \xi$	Batas izin (mm)	Cek
Kuda	2000	100,619	2,305	5,600	12,908	40	Ok
RL	5000	98,314	17,416	5,600	97,530	100	Ok
7	4000	80,898	13,798	5,600	77,269	80	Ok
6	4000	67,100	14,000	5,600	78,400	80	Ok
5	4000	53,100	14,266	5,600	79,890	80	Ok
4	4000	38,834	12,851	5,600	71,966	80	Ok
3	4000	25,983	10,243	5,600	57,361	80	Ok
2	4000	15,740	12,311	5,600	68,942	80	Ok
1	5500	3,429	3,429	5,600	19,202	110	Ok
Basement	3500	0,000	0,000	0,000	0,000	13,125	Ok

**c. Akibat EY (simpangan arah x)**

**Tabel 5 Simpangan Akibat EY (simpangan arah x) Untuk Kontrol Batas Ultimit**

Lantai	Ketinggian (mm)	Simpangan X	Simpangan antar tingkat	Faktor Pengali	$\Delta S \times \xi$	Batas izin (mm)	Cek
Kuda	2000	82,566	4,873	5,600	27,289	40	Ok
RL	5000	77,693	17,666	5,600	98,930	100	Ok
7	4000	60,027	9,564	5,600	53,558	80	Ok
6	4000	50,463	10,211	5,600	57,182	80	Ok
5	4000	40,252	10,601	5,600	59,366	80	Ok
4	4000	29,651	10,051	5,600	56,286	80	Ok
3	4000	19,600	7,423	5,600	41,569	80	Ok
2	4000	12,177	9,426	5,600	52,786	80	Ok
1	5500	2,751	2,751	5,600	15,406	110	Ok
Basement	3500	0,000	0,000	0,000	0,000	13,125	Ok

**d. Akibat EY (simpangan arah y)**

**Tabel 6 Simpangan Akibat EY (simpangan arah Y) Untuk Kontrol Batas Ultimit**

Lantai	Ketinggian (mm)	Simpangan Y	Simpangan antar tingkat	Faktor Pengali	$\Delta S \times \xi$	Batas izin (mm)	Cek
Kuda	2000	100,619	2,305	5,600	12,908	40	Ok
RL	5000	98,314	17,416	5,600	97,530	100	Ok
7	4000	80,898	13,798	5,600	77,269	80	Ok
6	4000	67,100	14,000	5,600	78,400	80	Ok
5	4000	53,100	14,266	5,600	79,890	80	Ok
4	4000	38,834	12,851	5,600	71,966	80	Ok
3	4000	25,983	10,243	5,600	57,361	80	Ok
2	4000	15,740	12,311	5,600	68,942	80	Ok
1	5500	3,429	3,429	5,600	19,202	110	Ok
Basement	3500	0,000	0,000	0,000	0,000	13,125	Ok

**Perhitungan Penulangan Struktur**

Data-data perencanaan:

- Lebar badan balok (bw) = 700 mm
- Lebar efektif (beff) = 2000 mm
- Tinggi balok (h) = 900 mm
- Selimit beton (sb) = 40 mm
- Mutu beton (fc') = 30 Mpa
- Fy ulir (tulangan longitudinal) = 400 Mpa
- Fy polos (tulangan transversal) = 400 Mpa
- Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa
- Diameter tul. longitudinal (D) = 32 mm
- Diameter tul. transversal (D) = 10 mm
- Bentang balok (L) = 8000 mm
- Bentang bersih balok (Ln) = 7100 mm

**Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri**

$Mu^+ = 2158,5015 \text{ kNm}$   
 $= 2158501500 \text{ Nmm}$   
 $Mu^- = 2329,932 \text{ kNm}$

$= 2329932000 \text{ Nmm}$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

Tulangan yang terpasang pada daerah tarik  
 12 D32 (As = 9646 mm<sup>2</sup>)

Tulangan yang terpasang pada daerah tekan  
 10 D32 (As = 8038,4 mm<sup>2</sup>)

$Mn > Mu^-$

$2343275372 \text{ Nmm} > 2329932000 \text{ Nmm}$

$Mn > Mu^+$

$2317866337 \text{ Nmm} > 2158501500 \text{ Nmm}$

**Perhitungan Penulangan Tumpuan Kanan**

$Mu^+ = 1995,844 \text{ kNm}$   
 $= 1995844400 \text{ Nmm}$

$Mu^- = 2185,9364 \text{ kNm}$

$= 2185936400 \text{ Nmm}$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

Tulangan yang terpasang pada daerah tarik  
 12 D32 (As = 9646 mm<sup>2</sup>)

Tulangan yang terpasang pada daerah tekan  
 10 D32 (As = 8038,4 mm<sup>2</sup>)

$Mn > Mu^-$

$2343275372 \text{ Nmm} > 2329932000 \text{ Nmm}$

$Mn > Mu^+$

$2317866336,87 \text{ Nmm} > 1995844400 \text{ Nmm}$

**Perhitungan Penulangan Lapangan**

$Mu^+ = 219,27 \text{ kNm}$   
 $= 219269200 \text{ Nmm}$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

Tulangan yang terpasang pada daerah tarik  
 5 D32 (As = 4019,2 mm<sup>2</sup>)

Tulangan yang terpasang pada daerah tekan  
 10 D32 (As = 8038,4 mm<sup>2</sup>)

$Mn > Mu^+$

$2008325197,5 \text{ Nmm} > 219269200 \text{ Nmm}$

**Perhitungan Penulangan Geser**

- Lebar badan balok (bw) = 700 mm
- Tinggi balok = 900 mm
- d = 834 mm
- fc' = 30 Mpa
- Diameter tulangan longitudinal = 32 mm
- fy ulir (tulangan longitudinal) = 400 Mpa
- fy polos (tulangan sengkang) = 400 Mpa
- Ln = 7100 mm

**Didapat:**

- Joint kiri
- Daerah sendi plastis = 5 kaki D10 - 90 mm
- Daerah luar sendi plastis = 5 kaki D10 - 200 mm
- Joint kanan
- Daerah sendi plastis = 5 kaki D10 - 90 mm
- Daerah luar sendi plastis = 5 kaki D10 - 200 mm

**Perhitungan Penulangan Torsi**

As tul. longitudinal sisi = jumlah tulangan sisi  
 balok x  $\frac{1}{4} D^2$   
 $= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1024$   
 $= 3218,29 \text{ mm}^2 > Almin =$



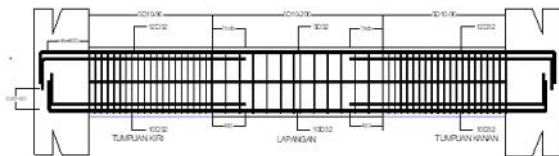
22,13 mm<sup>2</sup>

Karena As tulangan longitudinal sisi balok = 3218,29 mm<sup>2</sup> > Almin = 22,13 mm<sup>2</sup>, maka tulangan longitudinal balok pada sisi samping balok sudah mencukupi untuk menahan torsi.

Catatan : tulangan longitudinal yang diperlukan untuk torsi harus didistribusikan disekeliling perimeter sengkang tertutup dengan spasi maksimum 300 mm (SNI 2847 2013 pasal 11.5.6.2 halaman 99)

Jadi, untuk memenuhi persyaratan di atas, maka ada tambahan tulangan pinggang di tiap sisi badan balok.

KODE	B2		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
<b>LANTAI J</b>			
<b>POTONGAN</b>			
DIMENSI	700 x 900	700 x 900	700 x 900
TULANGAN ATAS	12 D32	5 D32	12 D32
TULANGAN BAWAH	10 D32	10 D32	10 D32
SENGKANG	D10 - 90	D10 - 200	D10 - 90
TULANGAN TORSI	Ø16	Ø16	Ø16
SELIMUT BETON	+0	+0	+0



### Perhitungan Kolom

Data-data perencanaan:

- Lebar kolom (b kolom) = 900 mm
- Tinggi kolom (h kolom) = 900 mm
- Selimut beton (sb) = 40 mm
- Mutu beton (fc') = 30 Mpa
- fy ulir (tulangan longitudinal) = 400 Mpa
- fy polos (tulangan transversal) = 400 Mpa
- Modulus elastisitas baja = 200000 Mpa
- Diameter tul. Longitudinal = 32 mm
- Diameter tul. Transversal = 10 mm

$$A_g = b \text{ kolom} \times h \text{ kolom} \\ = 900 \text{ mm} \times 900 \text{ mm} \\ = 810000 \text{ mm}^2$$

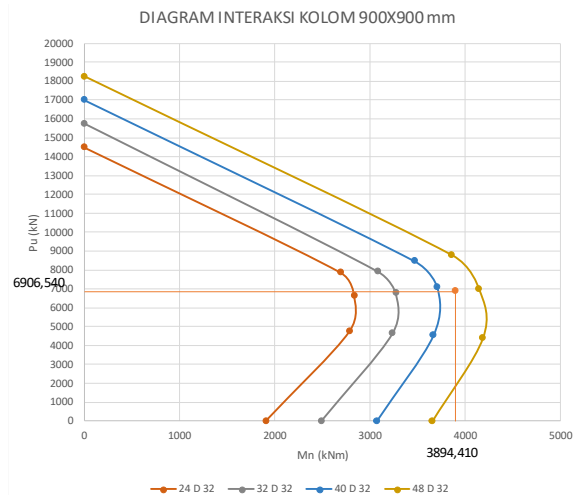
$$A_{st} = n \text{ tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ = 24 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times (32 \text{ mm})^2 \\ = 19292,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rasio tul. memanjang ( } \rho \text{ )} = \frac{A_{st}}{A_g} \\ = \frac{19292,16 \text{ mm}^2}{810000 \text{ mm}^2} \\ = 0,0238$$

Cek rasio tulangan memanjang ( ρ ):  
 0,01 Ag < 0,0238 < 0,06 Ag (OK)

**Tabel 7 Koordinat Diagram Interaksi Formasi Tulangan 48D32**

Kondisi	48 D 32	
	φ Pn (kN)	φ Mn (kNm)
Sentris	18254,510	0
Patah Desak	8779,677	3858,963116
Balance	6993,556	4142,292209
Balance 1,25 fy	5930,578	4743,56221
Patah Tarik	4394,795	4183,472685
Lentur murni	0,000	3652,109158



Dari diagram interaksi diatas bahwa Pu max dan Mc masih berada dalam diagram interaksi yang terbentuk oleh formasi tulangan 48D32, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa kolom mampu memikul beban-beban struktur dengan formasi tulangan 48D32.

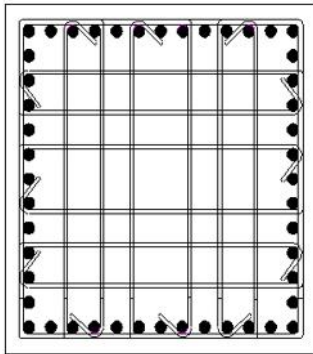
### Penulangan Geser Kolom

Data-data perencanaan:

- Lebar kolom (b kolom) = 900 mm
- Tinggi kolom (h kolom) = 900 mm
- Tinggi lantai = 5500 mm
- Selimut beton (sb) = 40 mm
- Mutu beton (fc') = 30 Mpa
- fy ulir (tul. longitudinal) = 400 Mpa
- fy polos (tul. transversal/sengkang) = 400 Mpa
- Diameter tul. longitudinal (D) = 32 mm
- Diameter tul. sengkang/transversal = 10 mm
- Tinggi bersih kolom (Lu) = hl - h balok = 5500 - 900 = 4600 mm

Daerah sendi plastis = 8 kaki D 10 - 100 mm

Daerah luar sendi plastis = 8 kaki D 10 - 150 mm



### Kontrol Strong Column Weak Beam (SCWB)

Momen pada kolom

$$M_n \text{ atas} = M_n \text{ bawah} = 4183472685,184 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= M_n \text{ atas} + M_n \text{ bawah} \\ &= 4183472685,184 + 4183472685,184 \\ &= 83466945370,368 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen pada balok

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= 2343275372 \text{ Nmm} \\ M_{pr2} &= 902066315 \text{ Nmm} \\ M_{nb} &= 2343275372 + 902066315 \\ &= 3245341687,572 \text{ Nmm} \\ 1,2 M_{nb} &= 1,2 \times 3245341687,572 \text{ Nmm} \\ &= 3894410025,086 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kontrol persyaratan :

$$\begin{aligned} M_{nc} &= 1,2 M_{nb} \\ 83466945370,368 \text{ Nmm} & > 3894410025,086 \text{ Nmm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

### Perhitungan Pertemuan Balok dan Kolom

$$\frac{N}{A} = \frac{6}{9 \times 9} > 0,1 \times 30$$

$$= 8,527 \text{ N/mm}^2 > 3 \text{ N/mm}^2$$

Maka nilai  $V_{c,h}$  dihitung dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V_{c,h} &= \frac{2}{3} \times \left( \sqrt{\frac{N}{A}} - 0,1 f_{c'} \right) \times b \times h_j \\ &= \frac{2}{3} \times \left( \sqrt{\frac{6}{9 \times 9}} - 0,1 \times 30 \right) \times 900 \times 900 \\ &= 1269470,168 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s,h} + V_{c,h} &= V_{j,h} \\ V_{s,h} &= V_{j,h} - V_{c,h} \\ &= 5602829,12 \text{ N} - 1269470,168 \text{ N} \\ &= 4333358,96 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{j,h} &= \frac{V_{s,h}}{f} \\ &= \frac{4333358,96 \text{ N}}{4 \text{ N/mm}^2} \\ &= 10833,397 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan pengkang horizontal sebagai berikut 10 kaki D 10 mm – 14 lapis

$$\begin{aligned} A_s &= \text{jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} D^2 \times 14 \text{ lapis} > A_{j,h} \\ &= 10 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \times 14 > 10833,397 \text{ mm}^2 \\ &= 10990 \text{ mm}^2 > 10833,397 \text{ mm}^2 (\text{OK}) \end{aligned}$$

### Perhitungan Pondasi Bore Pile

Tipe	Klasifikasi Beban	Fy (kg)	Fx (kg)	Fz (kg)	Momen X (kgm)	Momen Y (kgm)
1	Berat	388,69	285,43	561718	690,21	568,79
2	Sedang	-6734	-1695,6	383934	8463,61	-1582,51
3	Ringan	-1559,8	-6134,3	185282	29126,16	-34109,97

$$\begin{aligned} N_b &= \frac{\sum S}{1,5} \\ &= \frac{4}{1,5} \\ &= 49,375 \text{ blows/ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{\sum}{1} \\ &= \frac{1}{3} \\ &= 28,423 \text{ blows/ft} \end{aligned}$$

Maka, didapat nilai  $Q_u$  :

$$\begin{aligned} Q &= 40 \times N_b \times A_p + 0,1 \times N \times A_s - W_p \\ &= 40 \times 49,375 \times 0,1964 + 0,1 \times 28,423 \times 38,971 - 11,691 \\ &= 387,9464286 + 116,1 - 12,3 \\ &= 487,023 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter tiang (D)} &= 50 \text{ cm} = 0,5 \text{ m} \\ \text{Kedalaman tiang (H)} &= 26,00 \text{ m} \\ \text{Tebal pilecap (Hp)} &= 1,2 \text{ m} \\ \text{Panjang tiang bor (Lf)} &= 24,80 \text{ m} \\ \text{Luas penampang (Ap)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 2500 \\ &= 1964,3 \text{ cm}^2 \\ &= 0,1964 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling tiang bor (P)} &= \pi \times D \\ &= \frac{2}{7} \times 0,5 \\ &= 1,5714 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas selimut (As)} &= P \times L \\ &= 1,7514 \times 24,8 \\ &= 38,971 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri (Wp)} &= A_p \times L_f \times B_j \\ &= 0,1964 \times 24,8 \times 2400 \\ &= 11691,429 \text{ kg} \\ &= 11,691 \text{ ton} \end{aligned}$$

### Menghitung Daya Dukung Ijin

Klasifikasi struktur	Faktor Aman			
	Kontrol Baik	Kontrol Normal	Kontrol Jelek	Kontrol Sangat Jelek
Monumental	2,3	3	3,5	4
Permanen	2	2,5	2,8	3,4
Sementara	1,4	2	2,3	2,8

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q}{2,5} \\ &= \frac{487,023}{2,5} \\ &= 194,81 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menentukan Jumlah Tiang Kelompok

Sehingga dapat dicari jumlah tiang bor (n) yaitu :

$$n = \frac{F}{Q} = \frac{5,7}{1,8} = 2,8834 = 3 \text{ tiang}$$

Menghitung Efisiensi Kelompok Tiang

Banyaknya Tiang	Efisiensi (Eg)
1	1
2	0,938
3	0,875
4	0,813
5	0,800
6	0,771
7	0,750
9	0,722
12	0,698

Setelah diketahui nilai efisiensi kelompok tiang, maka dapat diperhitungkan nilai daya dukung kelompok tiang yaitu dengan rumus seperti di bawah ini:

$$Q = E \times \Sigma \times Q = 0,813 \times 4 \text{ tiang} \times 194,81 = 633,521 \text{ ton}$$

Syarat : Nilai  $Q_{pg} > SV$ , maka nilai SV akan dihitung sebagai berikut:

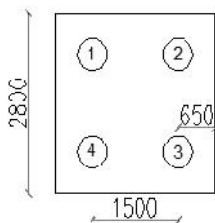
Menghitung berat pilecap

$$\begin{aligned} \text{Berat pilecap} &= \text{luas} \times \text{tebal} \times B_j \text{ beton} \\ &= 7,84 \times 1,20 \times 2400 \\ &= 22579 \text{ kg} \\ &= 22,579 \text{ ton} \end{aligned}$$

Menghitung berat pondasi borepile

$$\begin{aligned} \text{Berat pondasi} &= 11,691 \times 4 \\ &= 46,766 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka ditotal :

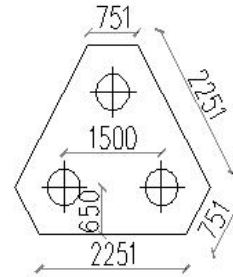


Pondasi Tipe 1 (4 tiang)

$$V = F_z + \text{Berat Pilecap} + \text{Berat Pondasi}$$

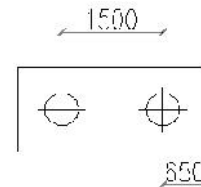
$$\begin{aligned} &= 561,718 + 22,579 + 46,766 \\ &= 631,063 \text{ ton} < Q_{pg} = 633,521 \text{ ton (YES)} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama digunakan untuk menghitung pondasi tipe 2 dan 3, sehingga didapat :



Pondasi Tipe 2 (3 tiang)

$$\begin{aligned} V &= F_z + \text{Berat Pilecap} + \text{Berat Pondasi} \\ &= 383,934 + 15,437 + 35,074 \\ &= 434,445 \text{ ton} < Q_{pg} = 511,37 \text{ ton (YES)} \end{aligned}$$



Pondasi Tipe 3 (2 tiang)

$$\begin{aligned} V &= F_z + \text{Berat Pilecap} + \text{Berat Pondasi} \\ &= 383,934 + 10,483 + 23,383 \\ &= 219,148 \text{ ton} < Q_{pg} = 365,463 \text{ ton (YES)} \end{aligned}$$

### Penulangan Pile Cap

Dengan menggunakan rumus keseimbangan gaya yang sama pada lentur balok, maka didapatkan tulangan pile cap sebagai berikut :

Tipe 1

Arah X

$$M_n > M_u \quad 2241905685,413 \text{ Nmm} > 2112130438 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat : 16 D 22 atau D 22 – 187

Arah Y

$$M_n > M_u \quad 2241905685,413 \text{ Nmm} > 2113344638 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat : 16 D 22 atau D 22 – 180

Tipe 2

Arah X

$$M_n > M_u \quad 1425380348,821 \text{ Nmm} > 1040697466 \text{ Nmm} \text{ (Memenuhi)}$$

Dari perhitungan diatas maka didapat : 10 D 22 atau D 22 – 333

Arah Y

$$M_n > M_u$$

**e-journal PERENCANAAN PORTAL DAN PONDASI BETON BERTULANG**  
**Program Studi Teknik Sipil S1, ITN Malang**

1419324354,592 Nmm > 1291818183 Nmm  
 (Memenuhi)  
 Dari perhitungan diatas maka didapat : 10 D 22 atau  
 D 22 – 280

Tipe 3  
 Arah X  
 Mn > Mu

1024952500,753 Nmm > 865356938 Nmm  
 (Memenuhi)

Dari perhitungan diatas maka didapat : 5 D 22 atau D  
 22 – 700

**Perhitungan Penulangan Lentur Bore Pile**

- Diameter = 500 mm
- Dia. Tul sengkang = 10 mm
- Dia. Tul Pokok = 19 mm
- Selimut Beton (Cb) = 75 mm
- Mutu Beton (fc') = 30 Mpa
- Fy ulir = 400 Mpa
- Fy polos = 240 Mpa
- Tebal pilecap = 1200 mm
- T bore pile = 26000 mm
- T bore pile bersih = 24800 mm
- 1 = 0,85
- Es = 200000 Mpa

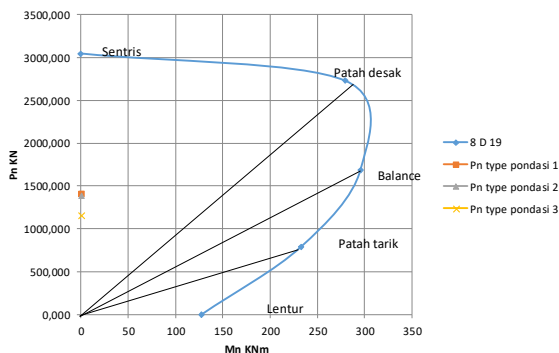
Didapat :

**Tabel 8 Nilai P max**

Pn pondasi tipe 1	141,269	kN
Pn pondasi tipe 2	138,76	kN
Pn pondasi tipe 3	115,381	kN

**Tabel 9 Nilai Pn dan Mn Perhitungan**

Kondisi	8 D 19	
	Pn (kN)	Mn (kNm)
Sentris	3046,13	0
Patah Desak	2728,9	279,11653
Balance	1689,526	295,23083
Patah Tarik	787,9069	243,938
Lentur	0	127,628



Pada penulangan Bore Pile dengan diameter 50 cm diperoleh tulangan pokok 8D19 dan tulangan geser D10-100

**Perhitungan Penurunan Tiang Tunggal**

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

Dimana :

J) Penurunan akibat deformasi aksial tiang (S<sub>s</sub>)

$$S_s = \frac{(Q + \alpha Q) L}{A \cdot E} = \frac{(3,9 + 0,5 \times 1,7) \times 2}{0,2 \times 2,0} = 0,02279492 \text{ m}$$

J) Penurunan dari ujung tiang (S<sub>p</sub>)

$$S_p = \frac{C \cdot Q}{D \cdot q}$$

Dimana:  $q_p = \frac{Q}{A} = \frac{3,9}{0,1} = 1975 \text{ ton/m}$

**Tabel 10 Nilai Koefisien Empiris (C<sub>p</sub>)**

Jenis Tanah	Tiang Bor
Pasir (padat hingga lepas)	0,09 - 0,18
Lempung (teguh hingga lunak)	0,03 - 0,06
Lanau (padat hingga lepas)	0,09 - 0,12

Sumber : Vesic, 1997

$$C_p = \frac{0,03 \cdot 3,9}{0,5 \times 1} = 0,0354$$

J) Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang (S<sub>ps</sub>)

**Tabel 11 Nilai Modulus Elastisitas Tanah (E<sub>s</sub>)**

Jenis Tanah	E <sub>s</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Lempung lunak	20 - 40
Lempung sedang	45 - 90
Lempung berpasir	300 - 425

Sumber : Bowles, 1997

**Tabel 12 Nilai Angka Poisson Tanah (V<sub>s</sub>)**

Jenis Tanah	V <sub>s</sub>
Lempung jenuh	0,04 - 0,05
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3

Sumber : Bowles, 1997

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{L/D}$$

$$= 2 + 0,35 \times \sqrt{26/0,5}$$

$$= 2 + 0,35 \times 7,2$$

$$= 4,524$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q}{F \cdot L}\right) \cdot \left(\frac{L}{E}\right) \cdot (1 - V_s^2) \cdot I_{ws}$$

$$= \left(\frac{1,7}{1,5 \times 2}\right) \cdot \left(\frac{0,5}{9}\right) \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 4,524$$

$$= 0,0062 \text{ m}$$

$$S = S_s + S_p + S_{ps}$$

$$= 0,0416 \text{ m}$$

$$= 4,16 \text{ cm}$$

**Perhitungan Penurunan Ijin Tiang Tunggal**

$$S_{ijin} = 10\% D$$

$$= 5 \text{ cm}$$

Penurunan total tiang tunggal < Penurunan ijin

$$4,16 \text{ cm} < 5 \text{ cm}$$

(OK)

**Perhitungan Penurunan Tiang Kelompok**

$$S_g = S \sqrt{\frac{B}{D}}$$

$$= 0,0416 \sqrt{\frac{2,8}{0,5}}$$

$$= 0,099053434 \text{ m}$$

**5. Kesimpulan dan Saran**  
**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perencanaan struktur atas Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Malang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan struktur bawah Pondasi Bored Pile yang mengacu pada SNI 2847 2013, SNI 1726 2012 dengan program bantu ETABS 2016 didapat kesimpulan sebagai berikut :

**Komponen Struktur Atas**

1. Komponen balok yang ditinjau adalah balok B dengan dimensi 700x900 mm, diperoleh :

- a. Tulangan Longitudinal
  - ) Tumpuan kiri
    - Tarik = 12D32
    - Tekan = 10D32
  - ) Lapangan
    - Tarik = 5D32
    - Tekan = 10D32
  - ) Tumpuan Kanan
    - Tarik = 12D32
    - Tekan = 10D32

- b. Tulangan Transversal
  - ) Joint kiri
    - Daerah sendi plastis = 5 kaki D10 - 90 mm
    - Daerah luar sendi plastis = 5 kaki D10 - 200 mm
  - ) Joint kanan
    - Daerah sendi plastis = 5 kaki D10 - 90 mm
    - Daerah luar sendi plastis = 5 kaki D10 - 200 mm

2. Komponen struktur kolom yang ditinjau adalah kolom K1 dengan dimensi 900x900 mm, diperoleh :

- a. Tulangan longitudinal = 48D32
- b. Tulangan transversal
  - ) Daerah sendi plastis = 8 kaki D 10 – 100 mm
  - ) Daerah sambungan lewatan = 8 kaki D 10 – 100 mm
  - ) Daerah luar sendi plastis = 8 kaki D 10 – 150 mm

Hasil dari perencanaan, kolom telah memenuhi konsep desain kapasitas “Strong Column Weak Beam” dengan nilai sebesar :

$$M_{nc} = 1,2 M_{nb}$$

- 3. Pada hubungan balok kolom yang ditinjau (joint ) diperoleh :
  - a. Pengekang vertikal cukup menggunakan tulangan longitudinal kolom 900x900 mm
  - b. Pengekang horizontal (x-x) = 10 kaki Ø10 (14 lapis)
  - c. Pengekang horizontal (y-y) = 8 kaki Ø10 (6 lapis)

**Komponen Struktur Bawah**

- 1. Hasil perencanaan struktur Pile Cap :
  - a. Tipe 1 :
    - ) Arah x = Tarik 16D22 dan Tekan 16D22
    - ) Arah y = Tarik 16D22 dan Tekan 16D22
  - b. Tipe 2
    - ) Arah x = Tarik 10D22 dan Tekan 10D22
    - ) Arah y = Tarik 10D22 dan Tekan 10D22
  - c. Tipe 3
    - ) Arah x = Tarik 5D22 dan Tekan 5D22
- 2. Pada penulangan Bore Pile dengan diameter 50 cm diperoleh tulangan pokok 8D19 dan tulangan geser D10-100

**Saran**

Menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga diharapkan dalam proses penjabaran skripsi ini, penulis lebih fokus dan detail, terlebih lagi harus mengacu pada peraturan-peraturan yang sudah ditetapkan dan tentunya dapat dipertanggung jawabkan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Badan Standarsasi Nasional. (2012). SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.

Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 1723 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

Raharjo, Paulus P. 2005. Manual Pondasi Tiang Geotechnical Engineering Center, Bandung : Universitas Katolik Parahyangan.

**e-journal PERENCANAAN PORTAL DAN PONDASI BETON BERTULANG**  
**Program Studi Teknik Sipil S1, ITN Malang**

Pamungkas, Anugrah & Harianti, Erny. (2013).  
Desain Pondasi Tahan Gempa Sesuai SNI 03-  
1726-2002 dan SNI 03-2847-2002.  
Yogyakarta: Andi Offset.

Kusuma, Gideon H. & Andriono, Takim. (1993).  
Desain Struktur Rangka Beton Bertulang di  
Daerah Rawan Gempa. Jakarta: Erlangga.

Hardiyatmo, Hary Chhristady. (2011). Mekanika  
Tanah II. Yogyakarta: Gadjah Mada  
University Press.

Hardiyatmo, Hary Chhristady. (1996). Teknik  
Fondasi 1. Jakarta: Gramedia