

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH GEDUNG MENGUNAKAN PONDASI BORE PILE (STUDI KASUS GEDUNG PASCASARJANA UNISMA)

Afriza Marianti¹, Sudirman Indra², Silvia Megananda³

Prodi Teknik Sipil S-1, Institut Teknologi Nasional Malang^{1,2,3}

E-mail¹: afriza_marianti@lecturer.itn.ac.id

E-mail²: dirman.indra@yahoo.co.id

E-mail³: megasebelas10@gmail.com

ABSTRACT

The building was built by the Islamic University of Malang with a 7-story and 1-roof plan, which is located in the middle of Malang city with dense conditions and very close to the surrounding buildings. Previously the building used a pile foundation and the installation process could disrupt activities around the building because it could cause vibrations that could interfere with even damage the construction and soil structure. So it is deemed necessary to re-plan using the type of Borepile foundation with a depth of 12 m. Soil data uses boring data. The beam and column structure uses preliminary planning data, calculated using ETABS assistance program to get vertical load data which will be forwarded to the foundation.

Type 1 foundation (4 pole diameter 50 cm) with pilecap reinforcement D22 - 130 (x) and D22-130 (y). Type 2 (3 pole diameter 50 cm) with pilecap receptacle D22-230 (x) & D22-210 (y). Type 3 (2 pole diameter 50 cm) with pilecap receptacle D22-190 (x) & D22-190 (y). Borepile Reinforcement (8 D 19) with a decrease in type 1 pole is 0.3104 cm, type 2 pole is 0.1286 cm and type 3 is 00537 cm.

Keywords: Borepile foundation, reinforcement of foundation, pilecap, settlement, foundation planning.

ABSTRAK

Gedung Pascasarjana UNISMA dibangun dengan perencanaan 7 lantai dan 1 atap, yang terletak di tengah kota Malang dengan kondisi padat dan sangat berdekatan dengan bangunan di sekitarnya. Sebelumnya gedung tersebut menggunakan pondasi tiang pancang dan proses pemasangannya dapat mengganggu aktivitas yang berada di sekitar gedung karena dapat menimbulkan getaran yang dapat mengganggu bahkan merusak konstruksi maupun struktur tanah. Sehingga dianggap perlu melakukan perencanaan ulang menggunakan jenis pondasi Borepile dengan kedalaman 12 m. Data tanah menggunakan data boring. Struktur balok dan kolom menggunakan data awal perencanaan, dihitung menggunakan program bantu ETABS untuk mendapatkan data beban vertikal yang akan diteruskan ke pondasi.

Pondasi Tipe 1 (4 tiang diameter 50 cm) dengan tulangan pilecap D22 – 130 (x) dan D22-130 (y). Tipe 2 (3 tiang diameter 50 cm) dengan Tulangan pilecap D22 – 230 (x) & D22 – 210 (y). Tipe 3 (2 tiang diameter 50 cm) dengan Tulangan pilecap D22-190 (x) & D22-190 (y). Tulangan Borepile (8 D 19) dengan penurunan tiang tipe 1 adalah 0.3104 cm, tiang tipe 2 sebesar 0.1286 cm dan tipe 3 sebesar 00537 cm.

Kata kunci : Pondasi Borepile, penulangan pondasi, pilecap, penurunan, perencanaan pondasi.

1. PENDAHULUAN

Pembangunan salah satu gedung Pascasarjana UNISMA yang terdiri dari 7 lantai dan 1 atap menggunakan jenis pondasi tiang pancang dan dibangun ditengah lokasi padat dan dekat dengan gedung tinggi disekitarnya dianggap dapat membahayakan konstruksi dan struktur tanah disekitar gedung. Sehingga perlu dilakukan perencanaan alternatif menggunakan jenis pondasi borepile yang dianggap paling aman dan tidak mengganggu aktifitas gedung di sekitarnya.

Umumnya pondasi terdiri dari pondasi langsung dan pondasi tidak langsung. Tiang

pondasi borepile merupakan jenis pondasi tidak langsung. Data tanah yang diperoleh berupa 18 m tanah jenis lempung pasir kelanauan (data BH-1) dan 13m – 30 m tanah dominan pasir sedikit lanau (data BH-1). Gedung terletak dipusat kota Malang dengan kondisi bangunan sekitar cukup padat. Jika sebelumnya gedung direncanakan dan dilaksanakan pembangunannya menggunakan pondasi tiang pancang, maka kali ini direncanakan ulang menggunakan jenis pondasi Borepile sehingga dapat mengurangi resiko kerusakan konstruksi dan struktur tanah sekitar akibat proses pemancangan. Pondasi adalah bagian struktur paling bawah yang

bertugas menerima beban yang dari bangunan di atasnya dan diteruskan kembali ke tanah.

Pertimbangan dalam perencanaan pondasi:

1. Keadaan tanah pondasi
2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya
3. Keadaan daerah sekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Pondasi tiang bor

Pondasi Borepile adalah jenis pondasi yang pengerjaannya diawali dengan mengebor tanah, kemudian diisi oleh tulangan dan dicor. Metode pelaksanaan borepile terdiri dari metode kering (berada di atas muka air tanah) dan metode basah (pengeboran melewati muka air tanah dan rawan longsor).

Keuntungan menggunakan tiang bor

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya
2. Kedalam tiang dapat divariasikan
3. Data tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data Lab.
4. Tiang dapat dipasang menembus lapis batuan
5. Diameter tiang memungkinkan lebih besar
6. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah
7. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan akibat pengangkutan dan pemasangan

Kelemahan menggunakan tiang bor

1. Pengecoran tiang dipengaruhi cuaca
2. Keseragaman mutu hasil pengecoran tidak terjamin
3. Pengeboran mengakibatkan gangguan kepadatan tanah pasir/kerikil
4. Air mengakibatkan stabilitas tanah berkurang sehingga mempengaruhi daya dukung/kapasitas tiang

Daya dukung pondasi tiang bor

a. Daya Dukung Aksial Pondasi

Daya dukung aksial tunggal

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- Q_u = daya dukung ultimit tiang (ton)
 Q_p = daya dukung ultimit ujung tiang bor (ton)
 Q_s = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)
 W_p = berat pondasi tiang (ton)

Daya Dukung Aksial Tunggal Dari Data SPT Metode mayerhof

$$Q_{ult} = 40 \times N_b \times A_p + 0,2 \times N \times A_s \dots\dots(2)$$

Keterangan :

- Q_u = daya dukung ultimit pondasi tiang pancang (ton)
 N_b = nilai Nspt pada elevasi dasar tiang (m^2)
 A_p = luas penampang dasar tiang (m^2)
 N = nilai Nspt rata – rata sepanjang tiang
 40 = karakteristik tanah pasir
 K = koefisien karakteristik tanah :
 - 12 t/ m^2 , lempung
 - 20 t/ m^2 , lanau berlempung
 - 25 t/ m^2 , lanau berpasir
 - 32 t/ m^2 , pasir berlempung
 - 40 t/ m^2 , pasir

Tiang dengan desakan tanah yang kecil seperti tiang bor dan tiang baja H:

$$Q_{ult} = 40 \times N_b \times A_p + 0,1 \times N \times A_s \dots\dots(3)$$

Nilai N_b disarankan untuk dibatasi sebesar 40 sedangkan F_s (yaitu 0,2 N) disarankan untuk tidak melebihi 10 ton/ m^2

Metode Luciano Decourt :

Daya dukung maksimum sebuah tiang pondasi dihitung berdasarkan pada hasil Standart Penetration Test (SPT) dengan menggunakan metode Luciano Decourt (1982), yaitu :

$$Q_L = Q_p + Q_s = [N_p \times K \times A_p] + \left[\left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \right] \dots\dots(4)$$

Keterangan :

- Q_p = daya dukung dari unsur point bearing
 Q_s = daya dukung dari unsur skin friction
 N_p = harga rata – rata SPT di sekitar 4B diatas dan dibawah dasar pondasi (B = diameter pondasi)
 N_s = harga rata – rata SPT di sepanjang tiang yang terbenam (D), dengan batasan : $3 \leq N \leq$
 A_p = luas penampang dasar tiang (m^2)
 A_s = luas selimut tiang = $\pi \times B \times D$ (m^2)
 K = koefisien karakteristik tanah :
 - 12 t/ m^2 , lempung
 - 20 t/ m^2 , lanau berlempung
 - 25 t/ m^2 , lanau berpasir
 - 32 t/ m^2 , pasir berlempung
 - 40 t/ m^2 , pasir

Daya dukung aksial kelompok

Menentukan daya dukung kelompok tiang

Daya dukung kelompok tiang dapat ditentukan dengan menentukan jumlah total dari daya dukung seluruh tiang, yaitu dengan rumus :

$$\sum Q_u = m \times n (Q_p + s) \dots\dots\dots(5)$$

$$= m \times n [(A_p \times q_p) + \sum (p \times \Delta L \times f_s)]$$

Keterangan :

- A_p = luas penampang tiang tunggal (m^2)
 p = keliling tiang (m)

ΔL = panjang segmen tiang (m)

q_p = daya dukung ujung tiang (ton/m²)

f_s = tahanan selimut (ton/m²)

Setelah menentukan jumlah total daya dukung tiang langkah selanjutnya adalah menentukan daya dukung dari balok kelompok tiang yang berukuran $L_g \times B_g \times H$:

$$\sum Q_u = L_g \times B_g \times q_p + \sum [2 \times (L_g + B_g) \times \Delta L \times f_s] \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

L_g = panjang balok

B_g = lebar balok

Setelah itu bandingkan kedua besaran $\sum Q_u$ dan gunakan nilai yang terkecil sebagai kapasitas daya dukung ultimit dari kelompok tiang.

Kapasitas dukung kelompok dan efisiensi kelompok tiang

Menentukan jumlah tiang dalam satu pilecap:

$$n = \frac{P}{Q_a} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

n = jumlah tiang

P = beban yang bekerja (kg)

Q_{ijin} = daya dukung pondasi yang diijinkan (kg)

Jarak antar tiang di dalam kelompok tiang sangat mempengaruhi kapasitas dukung dari kelompok tiang tersebut

$$S = \frac{1,57 \times D \times m \times n}{m \times n - 2} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

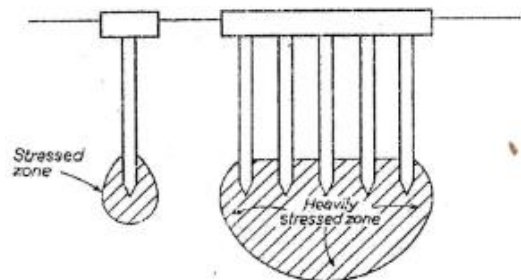
S = jarak antar tiang

D = diameter tiang

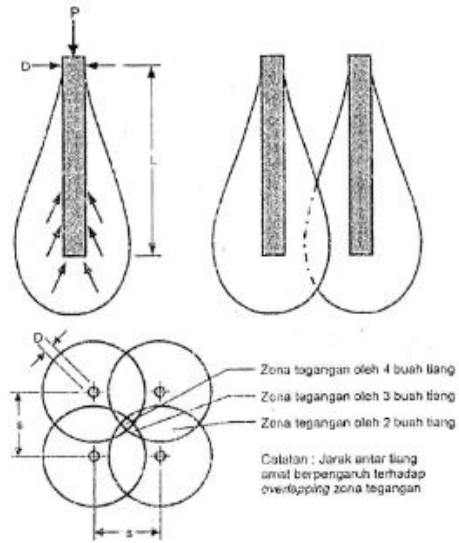
m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

Dalam system kelompok tiang, baik pada ujung maupun pada keliling tiang akan terjadi overlapping pada daerah yang mengalami tegangan – tegangan akibat beban kerja struktur. Overlapping tegangan yang terjadi akan memperbesar tegangan keliling disekitar tiang. Hal ini menguntungkan untuk pondasi yang duduk di tanah pasir karena daya dukungnya meningkat.



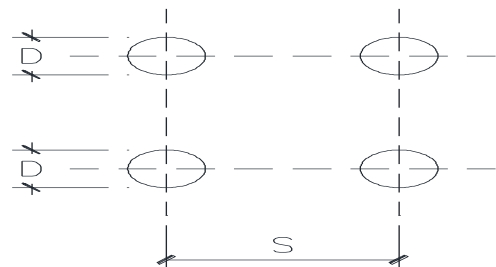
Gambar 1. Tegangan dibawah ujung tiang tunggal dan kelompok tiang (Tomlinson, 1994)



Gambar 2. Ilustrasi overlapping zona tegangan disekitar kelompok tiang (Bowles, 1997)

Demikian juga akibat adanya pelebaran daerah pengaruh dari kelompok tiang, maka secara keseluruhan kelompok tiang pada tanah pasir tidak merupakan masalah kecuali perlunya pengontrolan penurunan dari kelompok tiang yang umumnya beberapa kali lebih besar daripada yang tunggal.

Pada tiang gesekan maka overlapping tegangan akan terjadi disekitar tiang yang akan mempengaruhi daya dukungnya. Karena jarak antara tiang tidak dapat dibuat terlalu besar maka pengaruh kelompok tiang ini tidak dapat dihindarkan sehingga daya dukung kelompok tiang dapat lebih kecil dari jumlah total daya dukung masing – masing tiang. Kebanyakan peraturan bangunan mensyaratkan jarak minimum antar tiang sebesar 2 kali diameter tiang sedangkan jarak optimal antar tiang umumnya adalah 2,5 – 3,0 kali diameter tiang. Untuk pondasi yang memiliki beban lateral yang besar, maka dianjurkan jarak yang lebih besar.



$$S > 2,5 D$$

$$S > 3 D$$

Keterangan :

S : jarak antar masing – masing tiang dalam kelompok.

D : diameter tanah

Biasanya jarak antara 2 tiang dalam kelompok diisyaratkan minimum 0,6 m dan maksimum 2 m.

Sedangkan Efisiensi kelompok tiang didefinisikan sebagai :

$$E_g = \frac{\text{Daya dukung kelompok tiang}}{\text{Jumlah tiang} \times \text{Daya dukung tiang tunggal}}$$

atau

$$E_g = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u} = \frac{f_{av} [2(m+n-2)s + 4D] L}{m \cdot n \cdot p \cdot L \cdot f_{av}} = \frac{2(m+n-2)s + 4D}{m \cdot n \cdot p} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

f_{av} = gesekan tiang

L = panjang tiang

P = keliling penampang tiang

Lingkar : $\pi \cdot D$

Persegi : $2 (p + 1)$

Committee on Deep Foundation (1984)

menganjurkan bahwa tiang gesekan pada tanah pasiran dengan jarak tiang sekitar 2.0 D ~ 3.0 D

b. Daya Dukung Lateral Pondasi

Tabel 1. Kriteria Jenis Perilaku Tiang

Jenis Perilaku Tiang	Kriteria
Pendek (kaku)	$L \leq 2 T$
Panjang (elastis)	$L \geq 4 T$

2. DATA PERENCANAAN

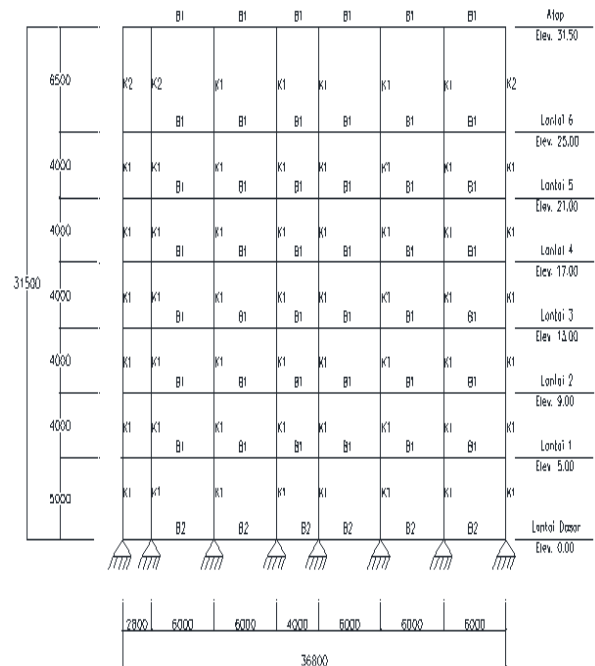
Data bangunan

- Nama Gedung = Gedung PascaSarjana UNISMA
- Lokasi Gedung = Dinoyo Malang
- Fungsi bangunan = Gedung Perkuliahan
- Jumlah lantai = 8 Lantai
- Bentang memanjang = 36,8 m
- Bentang melintang = 18 m
- Luas bangunan = ± 648 m
- Tinggi bangunan = 31,5 m

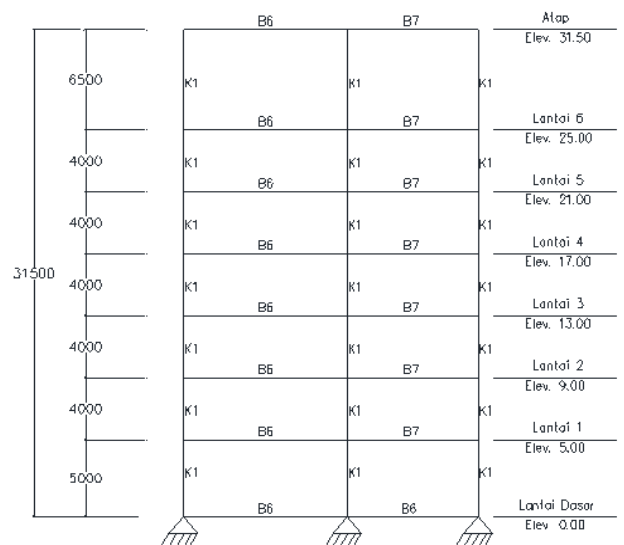
Data material

Data perencanaan gedung ini, mutu yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Peraturan Perencanaan Dasar
 - a. SNI 1726 : 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
 - b. SNI 2847 : 2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
 - c. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (1987)



Gambar 3. Gambaran Umum Gedung (Memanjang)



Gambar 4. Gambaran Umum Gedung (Melintang)

3. PEMBEBANAN

Perencanaan pembebanan dihitung dari berat sendiri struktur, beban hidup akibat fungsi struktur dan beban lateral akibat gempa.

a. Kode pembebanan adalah sebagai berikut :

- Beban Mati (DEAD) = D
- Beban Hidup (LIVE) = L
- Beban Gempa = E

b. Berat sendiri dari material konstruksi sesuai dengan PPIUG 1987 yaitu :

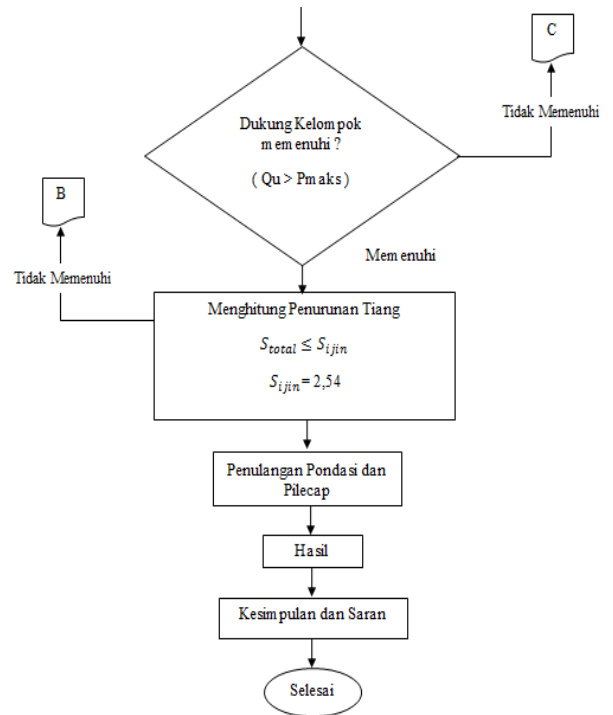
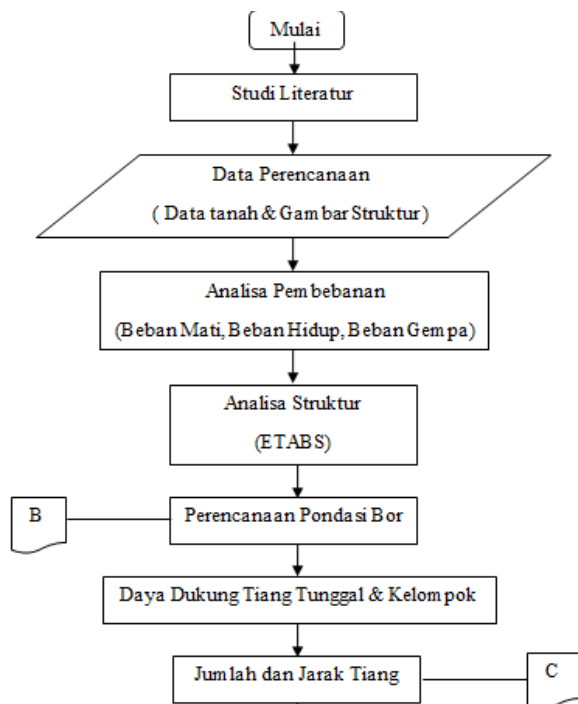
- Beton bertulang = 2400 Kg/m³

- Berat dinding = 1700 Kg/m³
 - Berat spesi per cm tebal = 21 Kg/m³
 - Berat penutup lantai per cm tebal = 24 Kg/m³
- c. Beban hidup yang direncanakan sesuai dengan PPIUG 1987 yaitu :
- Beban hidup bangunan (R. kuliah) = 250 Kg/m²
 - Beban hidup atap datar = 100 Kg/m²
 - Dan menurut SNI 1727 : 2013
 - Beban hidup balkon = 1,5 x Beban hidup

$$= 1,5 \times 250 = 375 \text{ Kg/m}^2$$

- d. Dimensi Balok yang dipakai :
- Balok B1: b = 30 cm ; h = 50 cm
 - Balok B2: b = 35 cm ; h = 60 cm
 - Balok B3: b = 25 cm ; h = 50 cm
 - Balok B4: b = 20 cm ; h = 50 cm
 - Balok B5: b = 30 cm ; h = 70 cm
 - Balok B6: b = 40 cm ; h = 90 cm
 - Balok B7: b = 40 cm ; h = 70 cm
- e. Dimensi Kolom yang dipakai :
- Kolom K1: b = 50 cm ; h = 80 cm
 - Kolom K2: b = 50 cm ; h = 50 cm
- f. Dimensi Balok yang dipakai :
Plat S 1 : tebal 12 cm

Bagan alir perencanaan



Gambar 5. Bagan Alir Perencanaan

Perhitungan Beban Kolom

- Lantai Basement
Kolom 80 x 50
Beban Mati (Qd)
Tinggi Kolom base : 5 m
Dimensi : b = 50 cm ; h = 80 cm
B.S Kolom = (0,5 x t.b) x L. Kolom x BJ
Beton
= (0,5 x 5) x (0,5 x 0,8) x 2400
= 2,5 x 0,4 x 2400
= 2400 Kg
- Lantai 1
Kolom 80 x 50
Tinggi Kolom Lantai 1 : 4 m
B.S Kolom = 4320 Kg
- Lantai 2 - 5
Kolom 80 x 50
Tinggi Kolom Lantai 2 : 4 m
B.S Kolom = 3840 Kg
- Lantai 6
Kolom 80 x 50
Tinggi Kolom Lantai 6 : 6,5 m
B.S Kolom = 5040 Kg
Kolom 50 x 50
Tinggi Kolom Lantai 6 : 6,5 m
B.S Kolom = 3870 Kg
- Atap
Kolom 80 x 50
Tinggi Kolom Lantai 7 : 6,5 m
B.S Kolom = 3120 Kg
Kolom 50 x 50
Tinggi Kolom Lantai 7 : 6,5 m
B.S Kolom = 1950 Kg

Perhitungan beban plat beban mati (Qd)

- Berat sendiri plat = $0,12 \times 2400 = 288 \text{ Kg/m}^2$
- Berat spesi (4 cm) = $4 \times 21 = 84 \text{ Kg/m}^2$
- Penutup lantai = $1 \times 24 = 24 \text{ Kg/m}^2$
= 396 Kg/m^2

Beban hidup (Ql)

Lantai Ruang Perkuliahan = 250 Kg/m^2

Tabel 2. Perhitungan Perataan Beban

Tipe	Bentuk	a/c	b	l	h	F1	F2	RA = RB	Mmax1	Mmax2	h'	cek
A	Trapesium	1,33	1,67	6	1,33	0,89	2,22	3,11	4,5	h'	5,62	1,25 (OK)
B	Segitiga	1,33	-	2,67	1,33	0,89	-	0,89	0,89	h'	0,79	0,89 (OK)
C	Trapesium	2,1	0,9	6	2,1	2,21	1,89	4,1	4,5	h'	7,91	1,76 (OK)
D	Segitiga	2,10	-	4,2	2,1	2,21	-	2,21	2,21	h'	3,09	1,4 (OK)
E	Trapesium	1,33	0,67	4	1,33	0,89	0,89	1,78	2,00	h'	2,28	1,14 (OK)
F	Segitiga	1,33	-	2,67	1,33	0,89	-	0,89	0,89	h'	0,79	0,89 (OK)
G	Trapesium	1,67	1,33	6	1,67	1,39	2,22	3,61	4,5	h'	6,73	1,5 (OK)
H	Segitiga	1,667	-	3,33	1,67	1,39	-	1,39	1,39	h'	1,54	1,11 (OK)
I	Trapesium	1,23	1,77	6	1,23	0,76	2,18	2,94	4,5	h'	5,24	1,16 (OK)
J	Segitiga	1,233	-	2,466	1,233	0,76	-	0,76	0,76	h'	0,62	0,88 (OK)
K	Trapesium	2	0,1	4,2	2	2	0,2	2,2	2,21	h'	3,08	1,4 (OK)
L	Segitiga	2	-	4	2	2	-	2	2	h'	2,67	1,333 (OK)
M	Trapesium	0,75	0,75	3	0,75	0,28	0,56	0,84	1,13	h'	0,77	0,69 (OK)
N	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,5 (OK)
O	Trapesium	0,75	1,25	4	0,75	0,28	0,94	1,22	2	h'	1,43	0,71 (OK)
P	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,5 (OK)
Q	Trapesium	0,75	0,75	3	0,75	0,28	0,56	0,84	1,13	h'	0,77	0,69 (OK)
R	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,5 (OK)
S	Trapesium	0,75	0,92	3,33	0,75	0,28	0,69	0,97	1,39	h'	1,39	0,7 (OK)
T	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,5 (OK)
U	Trapesium	0,75	0,58	2,67	0,75	0,28	0,44	0,72	0,89	h'	0,59	0,67 (OK)
V	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,5 (OK)

W	Trapesium	0,75	1,35	4,2	0,75	0,28	1,01	1,29	2,21	h'	1,58	0,72 (OK)
X	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,5 (OK)
Y	Trapesium	0,74	0,65	2,78	0,75	0,28	0,49	0,77	0,97	h'	0,66	0,68 (OK)
Z	Segitiga	0,75	-	1,5	0,88	0,33	-	0,33	0,28	h'	0,16	0,58 (OK)
AA	Trapesium	0,75	1,25	4	0,75	0,28	0,94	1,22	2	h'	1,4	0,71 (OK)
AB	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,50 (OK)
AC	Segitiga	0,75	-	1,5	0,75	0,28	-	0,28	0,28	h'	0,14	0,5 (OK)
AD	Trapesium	2	1	6	2	2	2	4	4,5	h'	7,67	1,7 (OK)
AE	Segitiga	2	-	4	2	2	-	2	2	h'	2,67	1,33 (OK)
AF	Trapesium	2,1	0,9	6	2,1	2,21	1,89	4,1	4,5	h'	7,91	1,76 (OK)
AG	Segitiga	2,1	-	4,2	2,1	2,21	-	2,21	2,21	h'	3,09	1,4 (OK)
AH	Trapesium	2	0,1	4,2	2	2	0,2	2,2	2,21	h'	3,08	1,4 (OK)
AI	Segitiga	2	-	4	2	2	-	2	2	h'	2,67	1,33 (OK)
AJ	Trapesium	2,9	0,1	6	2,9	4,21	0,29	4,5	4,5	h'	8,99	2 (OK)
AK	Segitiga	2,9	-	5,8	2,9	4,21	-	4,21	4,21	h'	8,13	1,93 (OK)
AL	Trapesium	2	0,9	5,8	2	2	1,8	3,8	4,21	h'	7,08	1,68 (OK)
AM	Segitiga	2	-	4	2	2	-	2	2,67	h'	2,67	1,33 (OK)
AN	Trapesium	1,4	0,7	4,2	1,4	0,98	0,98	1,96	4,5	h'	1,23	0,27 (OK)
AO	Segitiga	1,4	-	2,8	1,4	0,98	-	0,98	0,98	h'	0,91	0,93 (OK)
AP	Trapesium	1,05	0,35	2,8	1,05	0,55	0,37	0,92	0,98	h'	0,84	0,85 (OK)
AQ	Segitiga	1,05	-	2,1	1,05	0,55	-	0,55	0,55	h'	0,39	0,70 (OK)

Tabel 3. Beban Mati Pada Balok Memanjang

Balok	Berat Sendiri	Berat Plat	Berat Total
LANTAI BASEMENT			
GRID 1 (A-B-C-D-E-F-G)	556,80	792,00	3048,80
GRID 1 (C-D)	556,80	665,28	2922,08
GRID 2 (A-B-C-D-E-F-G)	403,20	1488,96	3592,16
GRID 2 (C-D)	403,20	1053,36	3156,56
GRID 3 (A-B-C-D-E-F-G)	556,80	1370,16	3626,96
GRID 3 (C-D)	556,80	1053,36	3310,16
GRID 3' (A-B-C-D-E-F-G)	403,20	1346,40	3449,60
GRID 3' (C-D)	403,20	1053,36	3156,56
GRID 4 (A-B-C-D-E-F-G)	556,80	673,20	2930,00
GRID 4 (C-D)	556,80	526,68	2783,48
LANTAI 1 - 5			
GRID 1" (A-B-C-D-E-F-G)	273,60	1053,36	3026,96
GRID 1" (C-D)	273,60	451,44	2425,04
GRID 2 (A-B-C-D-E-F-G)	273,60	1156,32	3129,92
GRID 2 (C-D)	273,60	978,12	2951,72
GRID 1 (A-B-C-D-E-F-G)	403,20	594,00	2697,20
GRID 3 (A-B-C-D-E-F-G)	403,20	1191,96	3295,16
GRID 3 (C-D)	403,20	978,12	3081,32
GRID 4 (A-B-C-F-G)	403,20	1041,48	3144,68
GRID 4 (C-D)	403,20	451,44	2554,64
GRID 4 (D-E-F)	403,20	495,00	2598,20
GRID 3' (A-B-C-D-E-F-G) = GRID 3" (A-B-C-D-E-F-G)	228,00	990,00	2918,00
GRID 3' (C-D) = GRID 3" (C-D)	228,00	902,88	2830,88
GRID 1' (F-G'-G) = 4' (A-B'-B'-C'-C'-F-G'-G)	182,40	273,24	2155,64
GRID 2 (G-G')	182,40	514,80	2397,20
GRID 3' (G-G')	182,40	396,00	2278,40
GRID 1" (G-G')	417,60	229,68	2347,28
GRID 3 (G-G')	417,60	396,00	2513,60
GRID 3" (G-G')	417,60	198,00	2315,60
LANTAI 6			
GRID 1' (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G) = GRID 4' (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	182,40	273,24	2155,64
GRID 4' (C-D)	182,40	281,2	2163,6
GRID 1' (A"-A,-G-G") = GRID 4' (A"-A,-G-G")	182,40	198,00	2080,4
GRID 2 (G-G')	182,40	427,7	2310,1
GRID 3' (A'-A",G-G")	182,40	396,00	2278,4
GRID 1 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G) = GRID 4 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	403,20	1140,5	3243,7
GRID 3 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	403,20	1192,0	3295,2
GRID 3 (C-D)	403,20	978,1	3081,3
GRID 4 (C-D)	403,20	732,6	2835,8
GRID 1" (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	273,60	1053,4	3027,0
LANTAI 7			
GRID 1" (C-D)	273,60	451,4	2425,0
GRID 2 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	273,60	1156,3	3129,9
GRID 2 (C-D)	273,60	978,1	2951,7
GRID 3' (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G) = GRID 3" (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	228,00	990,0	2918,0
GRID 3' (C-D) = GRID 3" (C-D)	228,00	902,9	2830,9
GRID 1 (A"-A,-G-G")	417,60	396,0	2513,6
GRID 4 (A"-A,-G-G")	417,60	396,0	2513,6
GRID 1" (A"-A,-G-G")	417,60	427,7	2545,3
GRID 3 (G-G')	417,60	396,0	2513,6
GRID 3" (A"-A,-G-G")	417,60	396,0	2513,6
LANTAI ATAP			
GRID 1' (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G) = GRID 4' (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	182,40	273,24	455,64
GRID 4' (C-D)	182,40	281,16	463,56
GRID 1' (A"-A,-G-G") = GRID 4' (A"-A,-G-G")	182,40	198,00	380,40
GRID 2 (G-G')	182,40	427,68	610,08
GRID 3' (A'-A",G-G")	182,40	396,00	578,40
GRID 1 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G) = GRID 4 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	403,20	1140,48	1543,68
GRID 3 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	403,20	1191,96	1595,16
GRID 3 (C-D)	403,20	978,12	1381,32
GRID 4 (C-D)	403,20	732,60	1135,80
GRID 2' (A')	273,60	673,20	946,80
GRID 1" (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	273,60	1053,36	1326,96
GRID 1" (C-D)	273,60	451,44	725,04
GRID 2 (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	273,60	1156,32	1429,92
GRID 2 (C-D)	273,60	978,12	1251,72
GRID 3' (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G) = GRID 3" (A-B'-B'-C'-C'-D-E'-E'-F'-F'-G'-G)	228,00	990,00	1218,00
GRID 3' (C-D) = GRID 3" (C-D)	228,00	902,88	1130,88
GRID 1 (A"-A,-G-G")	417,60	396,00	813,60
GRID 4 (A"-A,-G-G")	417,60	396,00	813,60
GRID 1" (A"-A,-G-G")	417,60	427,68	845,28
GRID 3 (G-G')	417,60	396,00	813,60
GRID 3" (A"-A,-G-G")	417,60	396,00	813,60

Tabel 4. Beban Mati Pada Balok Melintang

Balok	Berat Sendiri	Berat Plat	Berat Total
LANTAI BASEMENT			
GRID A (1-2) = GRID C (1-2) = GRID D (1-2)	748,80	764,28	3213,08
GRID A (3-3'-4) = GRID G (3-3')	748,80	526,68	2975,48
GRID B (1-2) = GRID E (1-2) = GRID F (1-2)	748,80	1528,56	3977,36
GRID B (2-3) = GRID E (2-3) = GRID F (2-3)	748,80	1108,80	3557,60
GRID G (2-3)	748,80	554,40	3003,20
GRID B (3-3'-4)=GRID C (3-3'-4) = GRID D (3-3'-4) = GRID E (3-3'-4) = GRID F (3-3'-4)	748,80	1053,36	3502,16
GRID A (2-3)	556,80	554,40	2811,20
GRID A' (2-3)	556,80	-	2256,80
GRID C (2-3) = GRID D (2-3)	748,80	1108,80	3557,60
LANTAI 1 - 5			
GRID A (1-1")	748,80	439,56	1188,36
GRID A (1"-2)	748,80	348,48	2797,28
GRID A (3-3'-3'-4)	748,80	352,44	2801,24
GRID B (1-1") = GRID E (1-1") = GRID F (1-1")	748,80	879,12	3327,92
GRID B (1"-2) = GRID E (1"-2) = GRID F (1"-2)	748,80	696,96	3145,76
GRID B (2-3) = GRID E (2-3) = GRID F (2-3)	748,80	1108,80	3557,60
GRID C (1-1") = GRID D (1-1")	748,80	439,56	2888,36
GRID C (1"-2) = GRID D (1"-2)	748,80	700,92	3149,72
GRID C (2-3) = GRID D (2-3)	748,80	1108,80	3557,60
GRID G (1"-2)	748,80	625,68	3074,48
GRID G (2-3)	748,80	831,60	3280,40
GRID G (3-3'-3")	748,80	629,64	3078,44
GRID A' (2-3)	556,80	554,40	2811,20
GRID A' (2-3)	556,80	-	2256,80
GRID B (3-3'-3'-4) = GRID E (3-3'-3'-4) = GRID F (3-3'-3'-4)	556,80	704,88	2961,68
GRID A (4-4) = GRID C (4-4) = GRID F (1'-1,4-4) = GRID G (1'-1,4-4)	417,60	198,00	2315,60
GRID B (4-4)	417,60	396	2513,60
GRID G' (1"-2)	182,40	269,28	2151,68
GRID G' (2-3)	182,40	285,12	2167,52
GRID G' (3-3'-3')	182,40	265,32	2147,72
GRID G' (1'-1,4-4) = GRID B' (4-4) = GRID C' (4-4) = GRID G' (4-4)	182,40	396,00	2278,40
LANTAI 6			
GRID A' (2-3)	556,80	-	2256,80
GRID A (2-3)	556,80	554,40	2811,20
GRID B (3-3'-3'-4) = GRID E (3-3'-3'-4) = GRID F (3-3'-3'-4)	556,80	704,88	2961,68
GRID C (3-3'-3'-4) = GRID D (3-3'-3'-4)	556,80	704,88	2961,68
GRID A' (1'-1,4-4) = GRID G' (1'-1,4-4)	182,40	198	2080,4
GRID A' (1-1") = GRID G' (1-1")	182,40	277,2	2159,60
GRID A' (1"-2) = GRID G' (1"-2)	182,40	269,28	2151,68
GRID A' (3-3'-3'-4) = GRID G' (3-3'-3'-4)	182,40	265,32	2147,72
GRID B' (1'-1,4-4) = GRID C' (1'-1,4-4) = GRID E' (1'-1,4-4) = GRID F' (1'-1,4-4) = GRID G' (1'-1,4-4)	182,40	396,00	2278,40
GRID G' (2-3)	182,40	277,20	2159,60
GRID A (1-1")	748,80	277,20	2726,00
GRID A (1"-2)	748,80	277,20	2726,00
GRID A (3-3'-3'-4)	748,80	265,32	2714,12
GRID B (1-1") = GRID E (1-1") = GRID F (1-1")	748,80	879,12	3327,92
GRID B (1"-2) = GRID E (1"-2) = GRID F (1"-2)	748,80	696,96	3145,76
GRID B (2-3) = GRID E (2-3) = GRID F (2-3)	748,80	1108,80	3557,60
GRID C (1-1") = GRID D (1-1")	748,80	439,56	2888,36
GRID C (1"-2) = GRID D (1"-2)	748,80	700,92	3149,72
GRID C (2-3) = GRID D (2-3)	748,80	1108,80	3557,60
GRID G (1"-2)	748,80	625,68	3074,48
GRID G (2-3)	748,80	831,60	3280,40
GRID G (3-3'-3')	748,80	629,64	3078,44
GRID A (1'-1,4-4) = GRID G (1'-1,4-4) = GRID B (1'-1,4-4) = GRID E (1'-1,4-4) = GRID F (1'-1,4-4)	417,60	396	2513,60
GRID C (1'-1,4-4) = GRID D (1'-1,4-4)	417,60	198	2315,60
LANTAI ATAP			
GRID A' (2-3)	556,80	-	1111,20
GRID A (2-3)	556,80	1108,80	1665,60
GRID B (3-3'-3'-4) = GRID E (3-3'-3'-4)	556,80	704,88	1261,68
= GRID F (3-3'-3'-4)			
GRID C (3-3'-3'-4) = GRID D (3-3'-3'-4)	556,80	704,88	1261,68
GRID A' (1'-1,4-4) = GRID G' (1'-1,4-4)	182,40	198,00	380,40
GRID A' (1-1") = GRID G' (1-1")	182,40	277,20	459,60
GRID A' (1"-2) = GRID G' (1"-2)	182,40	269,28	451,68
GRID A' (3-3'-3'-4) = GRID G' (3-3'-3'-4)	182,40	265,32	447,72
GRID B' (1'-1,4-4) = GRID C' (1'-1,4-4) = GRID E' (1'-1,4-4) = GRID F' (1'-1,4-4)	182,40	396,00	578,40
GRID G' (2-3)	182,40	277,20	459,60
GRID A (1-1")	748,80	277,20	1026,00
GRID A (1"-2)	748,80	277,20	1026,00
GRID A (3-3'-3'-4)	748,80	265,32	1014,12
GRID B (1-1") = GRID E (1-1") = GRID F (1-1")	748,80	879,12	1627,92
GRID B (1"-2) = GRID E (1"-2) = GRID F (1"-2)	748,80	696,96	1445,76
GRID B (2-3) = GRID E (2-3) = GRID F (2-3)	748,80	1108,80	1857,60
GRID C (1-1") = GRID D (1-1")	748,80	439,56	1188,36
GRID C (1"-2) = GRID D (1"-2)	748,80	700,92	1449,72
GRID C (2-3) = GRID D (2-3)	748,80	1108,80	1857,60
GRID G (1"-2)	748,80	625,68	1374,48
GRID G (2-3)	748,80	831,60	1580,40
GRID G (3-3'-3')	748,80	629,64	1378,44

Tabel 7. Hasil Perencanaan Pondasi Borpile

	Pondasi Tipe 1	Pondasi Tipe 2	Pondasi Tipe 3
Fz	608731,39	418402,93	219468,90
Kategori	Besar	Sedang	Kecil
Diameter Borpile	0,5	0,5	0,5
Jumlah Tiang	4 tiang	3 tiang	2 tiang
Penurunan	0,1366 cm	0,1286 cm	0,0537 cm
Dimensi Pilecap	1 m	0,8 m	0,5 m
Tulangan Pokok Borpile	8 D 19	8 D 19	8 D 19
Tulangan Ulir Borpile	Ø10 - 90 mm	Ø10 - 90 mm	Ø10 - 90 mm
Tulangan Pilecap X	D22 - 130	D22 - 230	D22-190
Tulangan Pilecap Y	D 22 130	D22 - 210	D22-190

Analisa perhitungan perencanaan pondasi borpile pada gedung Pasca Sarjana Universitas Islam Malang :

1. Dimensi pondasi tiang bor dengan daya dukung yang mencukupi adalah 0,5 m
2. Tulangan menggunakan 8 D 19
3. Jumlah pondasi tiang bor yang diperlukan yaitu Tipe 1 = 4 tiang , Tipe 2 = 3 Tiang , Tipe 3 = 2 Tiang
4. Penurunan pondasi tiang bor yaitu Tipe 1 = 0,1366 cm , Tipe 2 = 0,1286 cm , Tipe 3 = 0,0537 cm. Penurunan ketiga tipe pondasi AMAN dikarenakan lebih kecil dari penurunan max yaitu 2,54 cm.
5. Dimensi tulangan pada pilecap yaitu Tipe 1 = D22 – 134 (x) & D22 – 134 (y) , Tipe 2 = D22 – 230 (x) & D22 – 210 (y) , Tipe 3 = D22-196 (x) & D22-196 (y).
6. Dimensi pondasi borpile dipengaruhi oleh besarnya beban yang disalurkan yaitu dicantumkan seperti pada tabel. Semakin besar beban yang diterima semakin banyak anggota kelompok tiang yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Sosrodarsono, Suyono., Kazuto Nakazawa. 1983. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta : Pradnya Paramita
- Budi, Gogot Setyo. (2011). *Pondasi Dangkal*. Jakarta: Andi Publisher.
- Bowles, J.E (1987). Analisis dan Desain Pondasi Jilid 2. Jakarta 2. Jakarta : Erlangga
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1996. *Teknik Fondasi I*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- GEC UNPAR. (2005). *Manual Pondasi Tiang Jilid 3. Geotechnical Engineering Center*. Bandung : Universitas Katolik Parahyangan

Sunggono. 1984. *Buku Teknik Sipil*: Bandung. NOVA

Sosrodarsono, S. & Nakazawa, K. (2000). *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. Terjemahan Ir. L. Taulu dkk. Jakarta : Pradnya Paramitha

Pamungkas. & Harianti. (2013). *Desain Pondasi Tahan Gempa*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.