

STUDI KAPASITAS PONDASI TIANG PADA SUSUNAN TIANG YANG TIDAK BERATURAN DENGAN SISTEM TUMPUAN PEGAS

(Studi Kasus Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology
Universitas Jember)

Nala Libna Aunurrifa

Dosen Pembimbing : Arief Alihudin, ST, MT dan Ir. Pujo Priyono, M.T.

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

Jl.Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

E-mail : libnanala@gmail.com

RINGKASAN

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Banyak jenis pondasi dan pondasi yang digunakan menyesuaikan dengan kondisi tanah pada lokasi tersebut. Dan ada pula beberapa tipe dalam 1 pondasi, contohnya pondasi tiang memiliki beberapa tipe dalam susunannya. Karena pondasi merupakan bagian penting dalam sebuah konstruksi, perlu bagi kita untuk mengetahui daya dukung dan efisiensi (kapasitas pondasi) tersebut. Banyak cara dalam mencari nilai kapasitas pondasi dan banyak pula data yang bisa kita gunakan diantaranya data SPT.

Daya Dukung pondasi tiap tipe pondasi berbeda-beda, begitu pula pondasi tiang dengan susunan yang beraturan dan tidak beraturan juga berbeda. Studi ini menggunakan bantuan *software Ms. Excel dan SAP2000 v22* dan didapatkan nilai prosentase dari segi daya dukung pondasi maupun efisiensi pondasi yang berbeda. Namun nilai-nilai tersebut tidak melebihi 10%, jadi tidak menjadi masalah terhadap pondasi yang ditinjau dengan menggunakan tumpuan pegas.

Kata kunci : *Pondasi, Kapasitas pondasi, Daya dukung, Efisiensi, Pegas.*

ABSTRACT

All constructions engineered to rest on the ground must be supported by a foundation. Many types of foundations and foundations are used to suit the soil conditions at that location. And there are also several types in 1 foundation, for example, a pile foundation has several types in its arrangement. Because the foundation is an important part in a construction, it is necessary for us to know the carrying capacity and efficiency (capacity of the foundation). There are many ways to find the value of the foundation capacity and there are also many data that we can use, including SPT data.

The bearing capacity of the foundation for each type of foundation is different, so are the pile foundations with an orderly and irregular arrangement. This study uses software assistance *Ms. Excel and SAP2000 v22* and obtained percentage values in terms of different foundation bearing capacity and foundation efficiency. However, these values do not exceed 10%, so there is no problem with the foundations that are reviewed using spring supports.

Keywords: *foundation, foundation capacity, carrying capacity, efficiency, Spring.*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berkembangnya dunia pendidikan saat ini merupakan alasan bagi universitas-universitas yang ada untuk bersaing baik dalam penambahan jurusan, menambah fasilitas perkuliahan, dan melakukan pembangunan gedung – gedung baru sebagai salah satu cara untuk menarik minat para siswa / siswi yang ingin melanjutkan ke bangku perkuliahan. Universitas Jember sedang membangun beberapa gedung baru salah satunya adalah Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology, bertujuan untuk bersaing menjadi lebih unggul dari universitas lain di Indonesia baik dari segi fasilitas, jumlah mahasiswa, dan juga menambah fakultas atau jurusan yang ada di Universitas Jember itu sendiri.

Sebagian gedung – gedung yang dibangun memiliki perencanaan gedung yang hampir sama, terutama dalam bentuk fisik gedung tersebut. Namun meskipun serupa tapi tetaplah berbeda, Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology juga berbeda. Terutama pada perencanaan pondasi mengalami beberapa perubahan, berupa adanya penambahan pondasi di sana.

Oleh karena itu di sini akan di bahas dengan judul “*Studi Kapasitas Pondasi Tiang Pada Susunan Tiang Yang Tidak Beraturan Dengan Sistem Tumpuan Pegas*”. Hal ini agar kita dapat mengetahui perbandingan dari kapasitas pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan, untuk pondasi yang tidak beraturan susunannya akan menggunakan tumpuan pegas dibantu dengan aplikasi SAP.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana dengan efisiensi pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan susunannya ?

2. Bagaimana kapasitas pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan susunannya ?
3. Berapa rasio perbandingan kapasitas pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan susunannya ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai efisiensi pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan susunannya.
2. Mengetahui nilai kapasitas pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan susunannya.
3. Mengetahui perbandingan nilai kapasitas pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan susunannya.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui langkah – langkah dalam mencari nilai kapasitas dan efisiensi pondasi tiang beraturan dan tidak beraturan susunannya.
2. Menambah wawasan para pembaca dalam membandingkan antara pondasi beraturan dan tidak beraturan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah sebagai berikut :

1. Lokasi yang ditinjau adalah Pembangunan Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember.
2. Menghitung sebatas kapasitas pondasi(daya dukung) dan efisiensi tiang beraturan dan tidak beraturan.
3. Tidak menghitung beban pemancangan tiang lateral.
4. Tidak menghitung penurunan pondasi.

5. Tidak menghitung RAB.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Ketahanan Gempa

Perencanaan ketahanan gempa mengacu pada SNI 03 – 1726 - 2012 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.

2.2 Pembebanan

Pada tahap analisa gaya-gaya dalam pada struktur utama dilakukan pembebanan dengan beberapa kombinasi pembebanan sesuai dengan ketentuan yang terdapat dalam PPIUG 1983.

2.2.1 Beban Vertikal

• Beban Mati (PPIUG '83 pasal 2)

Beban mati mencakup semua bagian dari struktur gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Beban mati ini dihitung berdasarkan PPIUG '83.

• Beban Hidup (PPIUG '83 pasal 3)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian dan penggunaan gedung tersebut serta kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap yang dikategorikan beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air.

2.2.2 Beban Horisontal

• Beban Angin (PPIUG '83 pasal 4)

Mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang

disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Dalam perencanaan ini beban horizontal akibat tekanan angin diabaikan, karena pengaruhnya relatif kecil dibandingkan dengan beban horisontal akibat gempa.

• Beban Gempa (SNI – 1726 – 2012)

Mencakup semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang meniru pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dengan menganalisa gedung secara 3 dimensi menggunakan metode Respons Spektrum Analisis, dimana gedung dikenakan spektrum percepatan respon gempa rencana yang dihitung menurut diagram respon spektrum gempa rencana wilayah gempa 4.

Pembebanan gempa bekerja dalam 2 arah utama gedung-gedung secara bersamaan. Kemungkinan bahwa selama suatu jangka waktu yang pendek selama gempa berlangsung, unsur-unsur struktur dalam kedua arah utama (seperti balok-balok portal 2 arah) mencapai taraf leleh secara bersamaan.

Pasal 3.3.2. peraturan gempa, Pasal ini mensyaratkan agar unsur-unsur primer direncanakan terhadap pengaruh 100% dari beban gempa rencana dalam satu arah utama dikombinasikan dengan pengaruh 30% dari beban gempa rencana dalam arah yang tegak lurus.

2.2.3 Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan yang telah tercantum pada SNI 1726 - 2012, digunakan sebagai pedoman perhitungan Struktur dan pendetailan semua elemen struktur, agar struktur dan komponen dari struktur memenuhi syarat dan ketentuan yang layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi pada bangunan ini, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor pembebanan yang digunakan yaitu: (SNI 03 – 2847 2013, Pasal 9.2).

- Komb I = 1.4D
- Komb II = 1.2D+1.6L
- Komb III = 1.2D+1L+1Eqx

- Komb IV = $1.2D+1L+1Eqy$
- Komb V = $0.9D+1Eqx$
- Komb VI = $0.9D+1Eqy$

Faktor pembebanan pada pondasi :

- Komb I = $1D$
- Komb II = $1D + 1L$
- Komb III = $1D + 0,7E$
- Komb IV = $1D + 0,525E + 0,75L$
- Komb V = $0,6D + 0,7E$

2.3 Pondasi

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (Bowles, 1988). Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

2.3.1 Jenis Pondasi

- Pondasi Dangkal

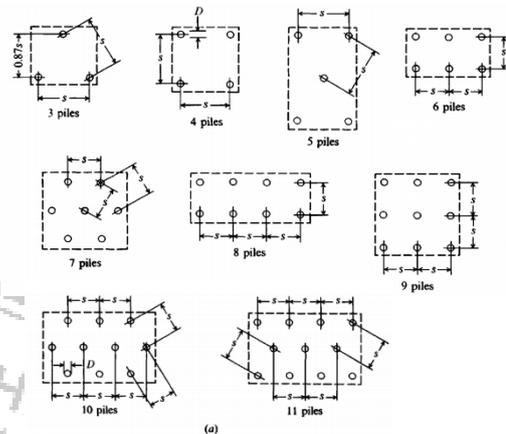
Pondasi jenis ini biasanya dilaksanakan pada tanah dengan kedalaman tanah tidak lebih dari 3 meter atau sepertiga dari dari lebar alas pondasi. Dengan kata lain, pondasi ini diterapkan pada tanah yang keras atau stabil yang mendukung struktur bangunan yang tidak terlalu berat dan tinggi, dengan kedalaman tanah keras kurang dari 3 meter. Pondasi dangkal tidak disarankan untuk dilaksanakan pada jenis tanah yang kurang stabil atau memiliki kepadatan tanah yang buruk, seperti tanah bekas rawa/gambut. Beberapa contoh pondasi dangkal adalah pondasi telapak, pondasi menerus, dan pondasi rakit.

- Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban

struktural dan kondisi permukaan tanah. Pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m di bawah elevasi permukaan tanah. Pondasi dalam dapat dijumpai dalam bentuk pondasi sumuran, pondasi bored pile, dan pondasi tiang pancang.

Dalam pondasi tiang pancang ada beberapa tipe pada kelompok tiangnya.



Gambar 2.1 Typical pile-group patterns: (a) for isolated pile caps; (b) for foundation walls.

Sumber : Joseph Bowles, 1996

2.4 Kapasitas Pondasi

Kapasitas daya dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Jika pada kapasitas dukung pondasi dangkal satuannya Kpa maka pada kapasitas dukung tiang pancang satuannya adalah kN.

2.4.1 Mencari Nilai N rata - rata

- a. Nilai N pada ujung tiang = N_1
- b. Harga N rata - rata pada jarak $3D$ dari ujung tiang

$$\text{Jarak} = 3 \times D \quad (2.1)$$

$$N_2 = \frac{a+b+c}{3} \quad (2.2)$$

$$\bar{N} = \frac{N_1+N_2}{2} \quad (2.3)$$

Dimana :

- D = diameter tiang
- a,b,c = 3 nilai N dari ujung tiang
- N_1 = nilai N pada ujung tiang

2.4.2 Daya dukung pada ujung tiang

$$\frac{I}{D} \quad (2.4)$$

$$\frac{qd}{\bar{N}} = a \quad (2.5)$$

$$qd = a \times \bar{N} \quad (2.6)$$

$$qd \times A$$

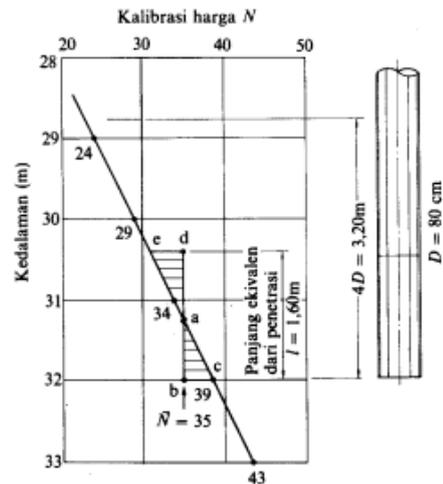
Dimana :

I = Panjang ekuivalen dari penetrasi yang didapat dari grafik

qd = daya dukung terpusat tiang

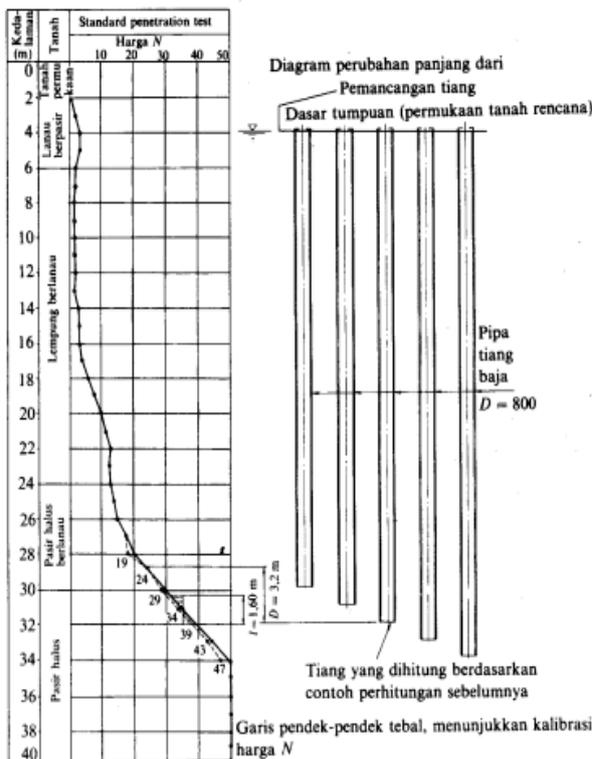
a = nilai qd/N dari grafik

A = luas ujung tiang



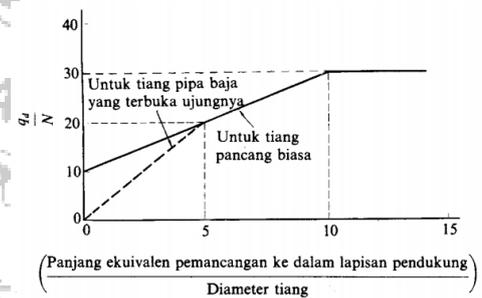
Grafik 2.2 panjang ekuivalen

Sumber : Kazuto Nakazawa, 2000



Grafik 2.1 SPT

Sumber : Kazuto Nakazawa, 2000



Grafik 2.3 daya dukung yang diijinkan

Sumber : Kazuto Nakazawa, 2000

2.4.3 Gaya geser pada keliling permukaan tiang, digolongkan menurut lapisan tanah

Tabel 2.1 gaya geser pada keliling permukaan tiang

kedalaman	ketebalan lapisan li (m)	tanah	luas rata-rata N	fi (t/m ²)	li x fi
0-7	7	lanau berpasir	32,5	12	84
7-9	2	lanau berpasir gravel	42,667	12	24
9-13,5	4,5	lanau berpasir gravel	46,333	12	54
Σ	13,5	-	-	-	162

Sumber : Perhitungan excel,

Dimana :

Li = ketebalan lapisan

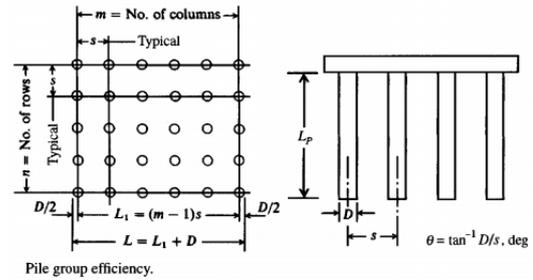
Fi = intensitas gaya geser dinding tiang

Tabel 2.2 intensitas gaya geser dinding tiang

(Satuan: t/m²)

Jenis tanah pondasi	Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir		$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif		c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

Sumber : Kazuto Nakazawa, 2000



Gambar 2.11 efisiensi tiang pancang

Sumber : Joseph Bowles, 1996

Jika nilai f_i melebihi 12 atau 10 sesuai tabel 2.2 maka nilai yang dipergunakan adalah 12 atau 10 tersebut.

2.4.4 Gaya geser maksimum dinding tiang

$$U \sum li \cdot fi$$

Dimana : (2.7)

U = panjang keliling tiang

$\sum li \cdot fi$ = jumlah total hasil dari $li \times fi$

2.4.5 Daya Dukung Ultimate

$$Ru = qd \times A + U \sum li \cdot fi \quad (2.8)$$

Dimana :

Ru = daya dukung ultimate

qd = daya dukung terpusat tiang

A = luas ujung tiang

$U \sum li \cdot fi$ = gaya geser maksimum

dinding tiang

2.4.6 Daya Dukung Ijin

$$Ra = \frac{Ru}{SF} \quad (2.9)$$

Dimana :

Ra = daya dukung ijin

Ru = daya dukung ultimate

SF = angka keamanan

2.4.7 Efisiensi tiang pancang

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (2.10)$$

Dimana :

m = banyaknya tiang (baris)

n = banyaknya tiang melebar

m = banyaknya tiang (baris)

n = banyaknya tiang melebar

θ = Arc tan (d/s)

E_g = efisiensi kelompok tiang

- Efisiensi dari nilai SAP

$$= \frac{\text{daya dukung dari SAP}}{\text{daya dukung tunggal}} \quad (2.11)$$

2.4.8 Daya dukung tiang pancang

$$Q = Ra \times Eg \quad (2.12)$$

Dimana :

Ra = daya dukung ijin

Eg = efisiensi tiang

2.5 Konstanta pegas/spring constan (Ks)

Besarnya reaksi yang dapat didukung oleh tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan pegas elastis, tergantung dari besarnya gaya pegas dari tumpuan yang bersangkutan. Untuk tanah yang dimodelkan sebagai tumpuan elastis, kemampuan untuk mendukung beban, tergantung dari besarnya **modulus of subgrade reaction (k_s)** dari tanah. Besarnya k_s berlainan untuk setiap jenis tanah.

Menurut Bowles (1974), besarnya **modulus of subgrade reaction** kearah vertikal (k_{sv}) dapat ditentukan dari besarnya daya dukung tanah yang diijinkan (Ra), yaitu :

$$Ksv = 40 \times SF \times Ra \quad (2.13)$$

Dimana :

Ksv = modulus of subgrade reaction (vertical)

SF = faktor keamanan

Ra = daya dukung tanah yang di ijinakan

Besarnya **modulus of subgrade reaction** kearah horisontal (k_{sh}) pada umumnya lebih besar dibandingkan dengan harga k_{sv} . Untuk perhitungan praktis, besarnya k_{sh} dapat diambil dua kali dari harga k_{sv} .

$$K_{sh} = 2 \times K_{sv} \quad (2.14)$$

Dimana :

K_{sv} = modulus of subgrade reaction (vertical)

Tabel 2.13 Perkiraan besar nilai k_{sv}

Jenis tanah	Kisaran harga k_{sv} (kN/m^3)
Sand :	
Loose sand (pasir lepas)	4500 - 15000
Medium sand (pasir kepadatan sedang)	9000 - 75000
Dense sand (pasir padat)	60000 - 120000
Clayey sand (pasir campur lempung)	30000 - 75000
Silty sand (pasir campur lanau)	22500 - 45000
Clay :	
$q_u < 4 \text{ kPa}$	11250 - 22500
$4 \text{ kPa} < q_u < 8 \text{ kPa}$	22500 - 45000
$8 \text{ kPa} < q_u$	> 45000

Sumber : Joseph Bowles,

III. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Proyek

Lokasi Proyek pembangunan gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology Universitas Jember terletak di Jl. Kalimantan No. 37, Krajan Timur, Sumbersari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur, Kode pos : 68121.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Proyek

Sumber : Google earth

3.2 Alat dan Data

3.2.1 Alat

Alat bantu atau aplikasi yang digunakan dalam mendukung penyelesaian studi berupa aplikasi sebagai berikut:

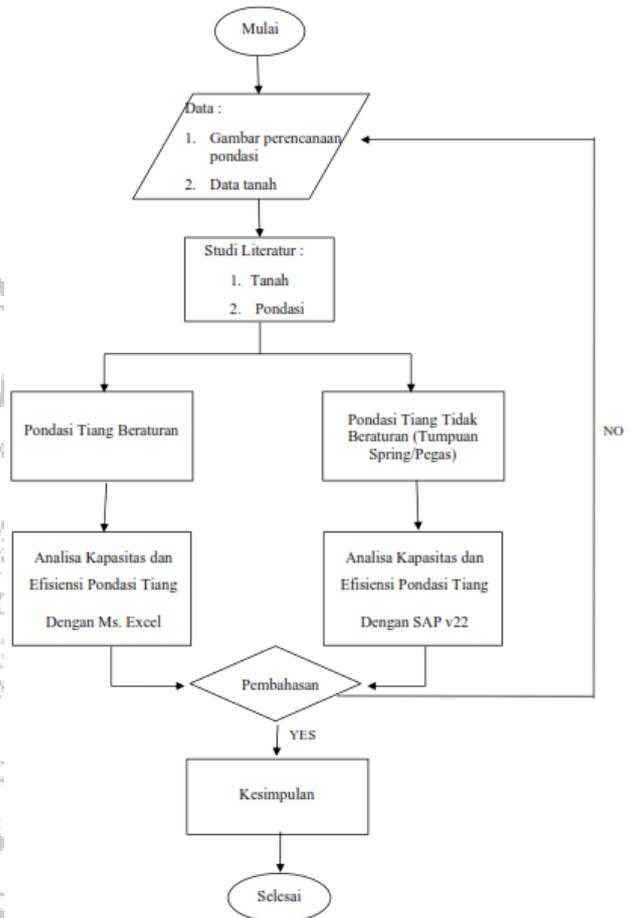
- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- SAP 2022

3.2.2 Data

Adapun data – data yang perlu dikumpulkan dalam studi ini berupa :

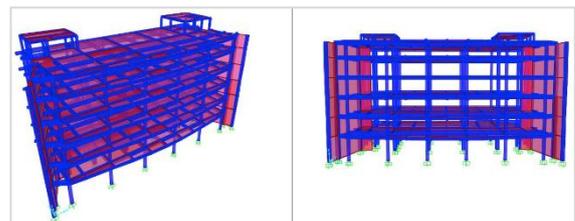
- Data gambar atau denah gedung
- Data tanah
- Data beton

3.3 Flowchart



IV. PEMBAHASAN

4.1 Informasi Proyek



Gambar 4.1 struktur bangunan

Sumber : Hasil SAP

- Nama Proyek : Gedung Integrated Laboratory for Natural Science and Food Technology
- Fungsi : Fasilitas Pendidikan
- Lokasi : Jember – Jawa Timur
- Jumlah Lantai : 7 Lantai
- Tinggi Bangunan : 27 meter
- Bahan Struktur : Beton bertulang
- Pondasi : Tiang Pancang

4.2 Mutu Bahan

- Beton Struktur : K 350 (29,05 MPa)
- Beton Pondasi : K 250 (20,75 MPa)
- Baja Tulangan : Untuk tulangan ≤ 12 mm, $F_y = 240$ MPa
- Untuk tulangan > 12 mm, $F_y = 390$ MPa

4.3 Data Tanah

Tabel 4.1 data SPT

STANDART PENETRATION TEST				Jenis tanah
SPT No.	VALUE	N VALUE	DEPTH (M)	
1	19	19	-1	Lanau kelepungan berpasir
2	37	37	-2	
3	38	38	-3	
4	39	39	-4	
5	32	32	-5	Cadas berpasir sedikit lanau
6	24	24	-6	
7	30	30	-7	
8	36	36	-8	Batu sedikit lanau
9	31	31	-9	
10	16	16	-10	Lanau kelepungan berpasir+cadas
11	60	60	-11	
12	60	60	-12	

Sumber : Hasil uji SPT

N rerata = 35,1667

Jenis tanah = sedang

4.4 Pembebanan

Tabel 4.2 Beban Mati

Beban Mati	
Berat Elemen struktur (Kolom, Balok, Pelat Lantai)	
Spesi lantai (2 cm)	36 kg/m ²
Keramik (1 cm)	24 kg/m ²
Urugan Pasir (3 cm)	63 kg/m ²
Plafon dan Penggantung	18 kg/m ²
Pipa dan AC	10 kg/m ²
Beban Mesin sebagai beban mati tambahan sesuai panel bangunan	
Beban mati tangga	750 kg/m ²
Beban dinding Bata	250 kg/m ²

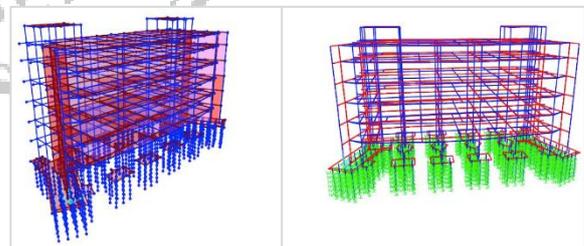
Sumber : (PPIUG '83 pasal 2)

Tabel 4.3 Beban Hidup

Beban Hidup	
Beban Hidup pada atap	100 kg/m ²
Beban Hidup Pendidikan	250 kg/m ²
Beban Hidup Tangga	600 kg/m ²
Beban Air Hujan	30 kg/m ²

Sumber : (PPIUG '83 pasal 3)

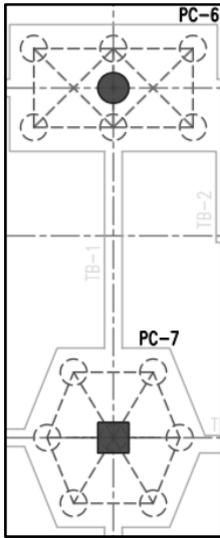
4.5 Pemodelan 3D struktur menggunakan software SAP2000 v22



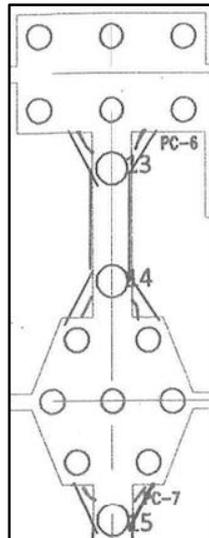
Gambar 4.2 struktur dan pondasi (pegas)

Sumber : Hasil SAP

4.6 Detail Pondasi Beraturan Dan Tidak Beraturan



Gambar 4.3
detail pondasi beraturan



Gambar 4.4
detail pondasi tidak beraturan

Sumber : data gambar

Tabel 4.4 detail pondasi beraturan

	6 tiang		7 tiang	
	D	m	D	m
D	0,6	m	0,6	m
B	4,7	m	4,25	m
L	2,9	m	4,1	m
t	1,25	m	1,25	m
s	1,8	m	1,5	m
H tiang	8	m	8	m
n	2		3	
m	3		3	

Sumber : data gambar

Tabel 4.5 detail pondasi tidak beraturan

	7 tiang		9 tiang	
	D	m	D	m
D	0,6	m	0,6	m
B	4,7	m	4,25	m
L	2,9	m	4,1	m
t	1,25	m	1,25	m
s	1,8	m	1,5	m
H tiang	6	m	6	m
n	3		5	
m	3		3	

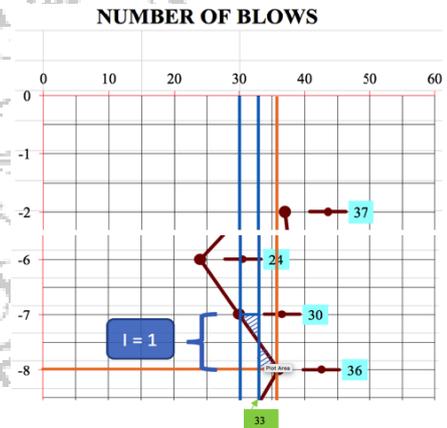
Sumber : data gambar

4.7 Kapasitas Pondasi PC 6 (6 tiang pancang)

4.7.1 Mencari N rata - rata

- nilai N pada ujung tiang
 $N_1 = 36$
- nilai N rata-rata dengan jarak 3D dari ujung tiang
 $3D = 3 \times 0,6 = 1,8 \text{ m}$
- $N_2 = \frac{33+30+27}{3} = 30$
- $N = \frac{N_1+N_2}{2} = \frac{36+30}{2} = 33$

4.7.2 Daya Dukung Pada Ujung Tiang Pancang



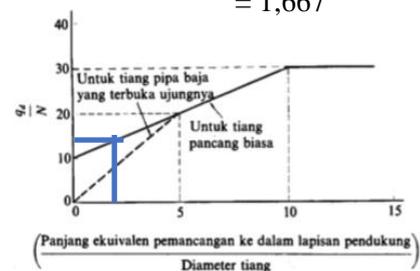
Grafik 4.1 nilai ekivalen

Sumber : data SPT

A. $I = 1$

B. $\frac{I}{D} = \frac{1}{0,6}$

$= 1,667$



Grafik 4.2 mencari nilai qd/N
 Sumber : kazuto nakazawa, 2000

$$C. \frac{qd}{N} = 14$$

$$qd = 14N \\ = 14 \times 33 \\ = 462 \text{ ton/m}^2$$

$$D. qd \times A = \frac{qd \times \pi \times D^2}{4} \\ = \frac{462 \times \pi \times 0,6^2}{4} \\ = 130,56 \text{ ton} \\ = 1305,6 \text{ kN}$$

4.7.3 Gaya Geser Pada Keliling Permukaan Tiang Pancang

$$A. - Fi 1 = \frac{N}{2} \\ = \frac{32,5}{2} \\ = 16,25 \text{ ton}$$

$$- Fi 2 = \frac{N}{2} \\ = \frac{42,667}{2} \\ = 21,333 \text{ ton}$$

$$- Fi 3 = \frac{N}{2} \\ = \frac{46,333}{2} \\ = 23,167 \text{ ton}$$

4.7.5 Daya Dukung Ultimate

$$A. Ru = (qd \times A) + (U \Sigma li \cdot fi) \\ = 1305,6 + 3053,63 \\ = 4359,223 \text{ kN}$$

4.7.6 Daya Dukung yang Diijinkan

$$A. Ra = \frac{Ru}{SF} \\ = \frac{4359,223}{3} \\ = 1453,08 \text{ kN}$$

4.7.7 Efisiensi Tiang Pancang

$$A. \emptyset = \tan^{-1} \times \frac{D}{S} \\ = \tan^{-1} \times \frac{0,6}{1,8} \\ = 18,435$$

$$B. Eg = 1 - \left(\emptyset \times \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right) \\ = 1 - \left(18,435 \times \frac{(2-1)3 + (3-1)2}{90 \times 3 \times 2} \right) \\ = 0,761$$

4.7.8 Daya Dukung Tiang Pancang

$$A. Q = Ra \times Eg \\ = 1453,08 \times 0,761 \\ = 1105,79388$$

karena semua nilai fi lebih dari 12 maka digunakan nilai fi 12.

Tabel 4.6 gaya geser pada keliling permukaan tiang

kedalaman	ketebalan lapisan li (m)	tanah	harga rata-rata N	fi (t/m2)	li x fi
0-7	7	lanau berpasir	32,5	12	84
7-9	2	lanau berpasir gravel	42,667	12	24
9-13,5	4,5	lanau berpasir gravel	46,333	12	54
Σ	13,5	-	-	-	162

Sumber : perhitungan excel

4.7.4 Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang Pancang

$$A. U \Sigma li \cdot fi = \pi \times D \times \Sigma li \cdot fi \\ = 3,14 \times 0,6 \times 162 \\ = 305,363 \text{ ton} \\ = 3053,63 \text{ kN}$$

Tabel 4.7 daya dukung dan efisiensi PC6 dan PC7

Tipe Pondasi	PC6	PC7
Mencari N Rerata		
Nilai N ujung (N1)	36	36
3D = 3 x 0,6	1,8	1,8
N2 = (33+30+27)/3	30	30
N = (N1+N2)/2	33	33
Daya Dukung Ujung		
I	1	1
I/D = 1/0,6	1,667	1,667
qd	462	462
qd x A	1305,6	1305,6
Gaya Geser Permukaan Tiang		
fi 1 = N/2	16,25	16,25
fi 2 = N/2	21,33	21,33
fi 3 = N/2	23,167	23,167
karena semua nilai fi lebih dari 12 maka yang digunakan nilai fi 12		
Gaya Geser Permukaan Maksimum		
$U \Sigma li \cdot fi = \sum x D x \Sigma li$	3053,63	3053,63
Daya Dukung Ultimate		
$Ru = (qd x A) + (U \Sigma li \cdot Fi)$	4359,223	4359,223
Daya Dukung Ijin		
$Ra = Ru / SF$	1453,08	1453,08
Efisiensi		
$\emptyset = \tan^{-1} x D/S$	18,435	21,621
$Eg = 1 - (\emptyset x \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90mn})$	0,761	0,835
Daya Dukung Tiang		
$Q = Ra x Eg$	1105,79	1213,32

Sumber : perhitungan excel

4.8 Pondasi Tidak Beraturan

4.8.1 Kapasitas Pondasi Dan Efisiensi

• PC6

Tabel 4.8 joint reaction SAP v22 (p. 7 tiang / PC6)

TABLE:JointReactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
998	BebanMati	LinStatic		-2559375,4	0	1072154,5	0	0	0
998	COMBP2	Combination		-2559375,4	0	1072154,5	0	0	0
998	COMBP4	Combination	Max	-2559375,4	0	1072154,5	0	0	0
998	COMBP4	Combination	Min	-2559375,5	0	1072154,5	0	0	0
998	COMB5	Combination	Max	-2559375,4	0	1072154,5	0	0	0
998	COMB5	Combination	Min	-2559375,5	0	1072154,5	0	0	0
790	COMBP4	Combination	Max	1756988,3	0	1070646,1	0	0	0
790	COMB5	Combination	Max	1756988,3	0	1070646,1	0	0	0
790	BebanMati	LinStatic		1756988,3	0	1070646	0	0	0
790	COMBP2	Combination		1756988,3	0	1070646	0	0	0
790	COMBP4	Combination	Min	1756988,3	0	1070646	0	0	0
790	COMB5	Combination	Min	1756988,3	0	1070646	0	0	0
559	BebanMati	LinStatic		-2275882,5	0	1064758,8	0	0	0
559	COMBP2	Combination		-2275882,5	0	1064758,8	0	0	0
559	COMBP4	Combination	Max	-2275882,5	0	1064758,8	0	0	0
559	COMBP4	Combination	Min	-2275882,5	0	1064758,8	0	0	0
559	COMB5	Combination	Max	-2275882,5	0	1064758,8	0	0	0
559	COMB5	Combination	Min	-2275882,5	0	1064758,8	0	0	0
1037	BebanMati	LinStatic		1519388,1	0	1064397,9	0	0	0
1037	COMBP2	Combination		1519388,1	0	1064397,9	0	0	0

Sumber : hasil SAP

- Kapasitas Pondasi (ambil F3 terbesar)

$$Q = 1072154,5 N$$

$$= 1072,1545 kN$$

- Efisiensi

$$Eg = \frac{\text{Daya dukung dari SAP}}{\text{Daya Dukung Tunggal}}$$

$$= \frac{1072,1545}{1453,08}$$

$$= 0,73785$$

• PC7

Tabel 4.9 joint reaction SAP v22 (p. 9 tiang / PC7)

TABLE:JointReactions									
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
1082	BebanMati	LinStatic		-0,027783	0	1118824	0	0	0
1082	COMBP2	Combination		-0,027783	0	1118824	0	0	0
1082	COMBP4	Combination	Max	-0,023772	0	1118824	0	0	0
1082	COMBP4	Combination	Min	-0,031794	0	1118824	0	0	0
1082	COMB5	Combination	Max	-0,022449	0	1118824	0	0	0
1082	COMB5	Combination	Min	-0,033138	0	1118824	0	0	0
1085	BebanMati	LinStatic		0,030366	0	1118824	0	0	0
1085	COMBP2	Combination		0,030366	0	1118824	0	0	0
1085	COMBP4	Combination	Max	0,031227	0	1118824	0	0	0
1085	COMBP4	Combination	Min	0,029484	0	1118824	0	0	0
1085	COMB5	Combination	Max	0,031521	0	1118824	0	0	0
1085	COMB5	Combination	Min	0,029211	0	1118824	0	0	0
1136	BebanMati	LinStatic		-0,03045	0	1118824	0	0	0
1136	COMBP2	Combination		-0,03045	0	1118824	0	0	0
1136	COMBP4	Combination	Max	-0,028455	0	1118824	0	0	0
1136	COMBP4	Combination	Min	-0,032424	0	1118824	0	0	0
1136	COMB5	Combination	Max	-0,027783	0	1118824	0	0	0
1136	COMB5	Combination	Min	-0,033096	0	1118824	0	0	0
1137	BebanMati	LinStatic		0,027699	0	1118824	0	0	0
1137	COMBP2	Combination		0,027699	0	1118824	0	0	0

Sumber : hasil SAP

- Kapasitas Pondasi (ambil F3 terbesar)

$$Q = 1118824 N$$

$$= 1118,824 kN$$

- Efisiensi

$$Eg = \frac{\text{Daya dukung dari SAP}}{\text{Daya Dukung Tunggal}}$$

$$= \frac{1118,824}{1453,08}$$

$$= 0,76997$$

4.8.2 Konstanta Pegas

• Konstanta pegas vertical

- PC6 (7 tiang)

$$Ksv = 40 x SF x Ra$$

$$= 40 x 3 x 1072,1545$$

$$= 12865,854 KN/m^3$$

- PC7 (9 tiang)

$$Ksv = 40 x SF x Ra$$

$$= 40 x 3 x 1118,824$$

$$= 13425,885 KN/m^3$$

• **Konstanta pegas horizontal**

- PC6 (7 tiang)

$$\begin{aligned} K_{sh} &= 2K_{sv} \\ &= 2 \times 12865,854 \\ &= 25731,708 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

- PC7 (9 tiang PC7)

$$\begin{aligned} K_{sh} &= 2K_{sv} \\ &= 2 \times 13425,885 \\ &= 26851,769 \text{ KN/m}^3 \end{aligned}$$

4.9 Perbandingan Kapasitas Pondasi dan Efisiensi Antara Pondasi Tiang Beraturan dan Tidak Beraturan

Tabel 4.10 Perbandingan hasil perhitungan

Tipe Pondasi	Pondasi Beraturan		Pondasi Tidak Beraturan	
	PC6	PC7	PC6	PC7
	6 tiang	7 tiang	7 tiang	9 tiang
Kapasitas Pondasi	1105,79	1213,32	1072,15	1118,82
Efisiensi	0,761	0,835	0,738	0,77

Sumber : perhitungan excel

- Prosentase Perbandingan Kapasitas pondasi

$$\begin{aligned} \text{PC6 (persegi)} &= \frac{(1105,79 - 1072,1545)}{1105,79} \times 100\% \\ &= 3,04\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PC7 (segi 6)} &= \frac{(1213,32 - 1118,82)}{1213,32} \times 100\% \\ &= 7,788\% \end{aligned}$$

- Prosentase Perbandingan Efisiensi

$$\begin{aligned} \text{PC6 (persegi)} &= \frac{(0,761 - 0,738)}{0,761} \times 100\% \\ &= 3,04\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PC7 (segi 6)} &= \frac{(0,835 - 0,77)}{0,835} \times 100\% \\ &= 7,788\% \end{aligned}$$

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- Dari perhitungan 4 jenis susunan pondasi tiang yang ditinjau didapatkan nilai efisiensi untuk pondasi beraturan PC6 (persegi panjang/6 tiang) = 0,761 ; PC7 (segi 6/ 7 tiang) = 0,835 ; sedangkan pondasi tidak beraturan PC6 (persegi panjang/7 tiang) = 0,738 ; PC7 (segi 6 / 9 tiang) = 0,77.

- Untuk kapasitas pondasi beraturan PC6 (persegi panjang/6 tiang) = 1105,79 kN ; PC7 (segi 6/ 7 tiang) = 1213,32 kN ; sedangkan pondasi tidak beraturan PC6 (persegi panjang/7 tiang) = 1072,1545 kN ; PC7 (segi 6 / 9 tiang) = 1118,8237 kN.

- Dari hasil tersebut dapat dibandingkan nilai kapasitas pondasi dalam bentuk prosentase sebagai berikut untuk PC6 = 3,042% dan untuk PC7 = 7,788%.

- Perbandingan nilai kapasitas pondasi dan efisiensi antara pondasi beraturan dan tidak beraturan berbeda namun tidak terpaut jauh (tidak melebihi 10%), jadi tidak masalah penggunaan pondasi susunan tidak beraturan dengan jenis tumpuan pegas.

5.2 Saran

- Untuk perhitungan kapasitas pondasi, efisiensi, dan konstanta pegas dapat di tinjau ulang karena masi banyak rumus lain yang dapat digunakan.
- Dapat dilanjutkan pada perhitungan penurunan tanah jika memiliki data lebih lengkap.
- Yang saya tinjau hanya PC6 dan PC7 tidak secara global, bisa dilanjutkan dengan meninjau secara keseluruhan/global.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph.E, (1988), “*Foundation Analysis And Design*”, Singapura: The McGraw-Hill Companies,Inc.
- Cahyo, Hanggoro, “*Topik Khusus Teknik Pondasi*”.
- Edward, Ivan dan Tarigan, Johannes, “*Analisis Pondasi Tiang Pancang Dengan Memperhitungkan Daya Dukung Tanah Di Bawah Pile Cap Konvensional Berdasarkan Teori Hetenyi*”, Medan: Teknik Sipil USU.
- Harsanto, Cristian dan Manopo, Fabian.J, “*Analisis Daya Dukung Tiang Bor (Bored Pile) Pada Struktur Pylon Jembatan Soekarno Dengan Plaxis 3D*”, Manado: Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Nakazawa, Kazuto,. 2000, “*Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*”. Jakarta: PT. Pertja.
- Priyono, Pujo,. 2018, “*Struktur Beton Jilid 1*”. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.
- Priyono, Pujo,. 2019, “*Struktur Beton Jilid 2*”. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.
- Priyono, Pujo,. 2019, “*Struktur Beton Tahan Gempa Jilid 2*”. Jember: Pustaka Abadi.