

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH PONDASI TIANG PANCANG PADA BANGUNAN RUMAH SAKIT UMUM DAERAH

(Studi Kasus : Gedung Instalasi Gawat Darurat Kanjuruhan Malang)

Arbi Arif¹⁾ Ir. Eding Iskak Imananto, MT²⁾ Mohamad Erfan, ST, MT.³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

^{2) 3)} Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

ABSTRAK

Pondasi merupakan bagian dari struktur bawah bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Dalam penyusunan skripsi ini yang akan direncanakan adalah pondasi tiang pancang yang meliputi daya dukung, jumlah tiang dan jumlah tulangan pilecap.

Pengambilan judul ini bertujuan untuk dapat merencanakan ulang struktur bawah bangunan Instalasi Gawat Darurat 4 lantai (3 lantai, 1 lantai atap) dengan luas total 300 m² menggunakan pondasi tiang pancang yang direncanakan pada kedalaman 7,4 m. Data yang digunakan adalah data CPT (Cone Penetration Test). Lapisan tanah keras dengan perlawanan konus (q_c) = 150 kg/cm² dan ratio gesekan (F_r) = 6,67 % didapat tanah jenis lempung.

Dimensi balok, kolom dan plat begitu juga dengan nilai mutu beton dan tulangan didapat dari proyek bangunan IGD RSUD Kanjuruhan Malang. Peraturan yang dipakai adalah SNI 1726 : 2012, SNI 2847 : 2013 dan SNI 1727 : 2013. Sedangkan untuk mencari beban vertikal dipergunakan program bantu ETABS yang kemudian dipakai untuk menghitung daya dukung dan penulangan pilecap pondasi tiang pancang. Dari hasil perhitungan direncanakan dimensi pondasi untuk semua tipe beban adalah \varnothing 50 cm kedalaman 7,4 m. Untuk jumlah tiang tipe beban 1, 2 dan 3 masing-masing adalah 4 tiang, 2 tiang dan 2 tiang. Untuk daya dukung pondasi tipe 1 = 214,860 ton, tipe 2 dan 3 = 119,745 ton. Sementara untuk penulangan pilecap pondasi arah X dan Y tekan tipe 1 = D19 – 240, tulangan tarik = D19 – 120, tulangan tekan tipe 2 = D19 – 260, dan tulangan tarik = D19 – 120, tulangan tekan tipe 3 = D19 – 260 dan tulangan tarik = D19 – 120.

Kata kunci: Pondasi Tiang Pancang, Daya Dukung, Penulangan

ABSTRACT

The foundation is part of the underlying structure of the building in charge of laying the building and passing the upper building load to the ground that is strong enough to support it. In the preparation of this thesis that will be planned is a pile foundation that includes the carrying capacity, the number of poles and the number of reinforcements pilecap.

Taking this title is intended to be able to re-plan the structure under the building of Emergency Installation 4 floors (3 floors, 1 floor roof) with a total area of 300 m² using a pile foundation planned at a depth of 7,4 m. The data used is the data CPT (Cone Penetration Test). Hard soil layer with conical resistance (q_c) = 150 kg / cm² and friction ratio (F_r) = 6.67% obtained clay type of soil.

Dimensions of beams, columns and plates as well as the quality values of concrete and reinforcement obtained from the building project IGD RSUD Kanjuruhan Malang. The regulation used is SNI 1726: 2012, SNI 2847: 2013 and SNI 1727: 2013. While to find the vertical load is used ETABS auxiliary program which is then used to calculate the carrying capacity and repeating pilecap foundation. From the calculation result is planned dimension of foundation for all the load type is \varnothing 50 cm depth of 7,4 m. For the number of pole type of load 1, 2 and 3 respectively are 4 pole, 2 pole and 2 pole. For the carrying capacity of foundation type 1 = 214,860 tons, types 2 and 3 = 119.745 tons. As for repeating pilecap foundation of X and Y direction for type 1 press reinforcement = D19 - 240, tensile reinforcement = D19 - 120, for type 2 press reinforcement = D19 - 260, and tensile reinforcement = D19 - 120, for type 3 press reinforcement = D19 - 260 and tensile reinforcement = D19 - 120.

Keywords: Pile Foundation Foundation, Supporting Capacity, Repeatability

PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Kanjuruhan Malang terdiri dari 4 lantai. Dalam pembangunan Rumah Sakit tersebut maka diperlukan perencanaan struktur atas (up structure)

dan struktur bawah (sub structure). Pada penulisan ini dibahas tentang perencanaan pondasi tiang pancang. Tujuan dari penulisan ini adalah menghitung pembebanan, menentukan dimensi dan kedalaman pondasi, menghitung daya dukung aksial dan lateral pondasi, menghitung penurunan pondasi,

menghitung dan menentukan dimensi pilecap pada gedung Rumah Sakit Umum Daerah Kanjuruhan Malang . Dalam penulisan ini, penulis membatasi masalah tentang menghitung pembebanan struktur atas berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983, SNI 03-1726-2012, SNI-03-2847-2013 dan SNI-03-1727-2013. Menghitung perencanaan pondasi tiang pancang dengan menggunakan bentuk tiang bulat dengan diameter 50 cm dan tidak merencanakan penulangan pondasi tiang pancang, karena tiang pancang merupakan pabrikasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Beban Mati atau Dead Load (DL)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu. Beban mati merupakan berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau didalam menentukan beban mati dari suatu gedung

Beban Hidup atau Live Load (LL)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Beban Gempa atau Earthquake (E)

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Perhitungan beban gempa berdasarkan Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung SNI-03-1726-2012.

Analisa Struktur

Hasil perhitungan pembebanan yang meliputi perhitungan beban mati, beban hidup dan beban gempa dihitung dengan bantuan program ETABS dan memasukkan kombinasi beban sesuai dengan SNI-03-1726-2012.

Daya Dukung Ujung Tiang (Qp)

$$Q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \cdot A_p$$

Dimana:

Qp = Daya dukung ujung ultimit tiang (kg)

qc1 = Nilai qc rata-rata pada 0,7D – 4D dibawah ujung tiang (kg/cm²)

qc2 = Nilai qc rata-rata dari ujung tiang hingga 8D diatas ujung tiang (kg/cm²)

Ap = Luas proyeksi penampang tiang (cm²)

(Sumber : GEC UNPAR, Manual Pondasi Tiang, 2005 : 42)

Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

$$Q_s = p \cdot F_s$$

Dimana:

Qs = Daya dukung selimut tiang (kg)

p = Keliling tiang (cm)

Fs = Jumlah hambatan lekat pada kedalaman tertentu 8D diatas ujung tiang (kg/cm).

Daya Dukung Total (Qu)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Daya Dukung Ijin (Qa)

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

Tabel 1. Faktor Aman Berdasarkan Klasifikasi Struktur

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

(Sumber : Reese & O' Neil, 1989)

Pengambilan faktor keamanan (FK) untuk Qs lebih rendah daripada keamanan untuk Qp karena gerakan yang dibutuhkan untuk memobilisasi tahanan ujung. Di Indonesia umumnya digunakan FK = 2,5 baik untuk gesekan selimut maupun untuk daya dukung ujung tiang pancang.

(Sumber : GEC UNPAR, Manual Pondasi Tiang, 2005 : 42)

Menentukan Jumlah Tiang (n)

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

Dimana :

n = Jumlah tiang

P = Beban yang bekerja (kg)

Qa = Daya dukung pondasi ijin (kg)

(Sumber : Pamungkas dan Harianti, Pondasi Tahan Gempa, 2013 : 54)

Menentukan Daya Dukung Kelompok Tiang (Qpg)

$$Q_{pg} = E_g \times n \times Q_a$$

Dimana :

Qpg = Daya dukung kelompok tiang (kg)

Eg = Beban yang bekerja (kg)

n = Jumlah tiang
 Qa = Daya dukung pondasi ijin (kg)
 (Sumber : Manual Pondasi Tiang, 2005 : 76)

Menentukan Jarak Tiang (s)

$$s = \frac{1,57 \times D \times m \times n}{m + n - 2}$$

Dimana :

m = Jumlah tiang pada deretan baris

n = Jumlah tiang pada deretan kolom

(Sumber : Bowles, Foundation Analysis and Design. 1982 : 674)

Efisiensi Kelompok Tiang

Formula sederhana

$$E_g = \frac{2(m + n - 2)s + 4D}{p \cdot m \cdot n}$$

Formula Converse-Labarre

$$E_g = 1 - \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \theta$$

$\theta = \tan^{-1}(D/s) \dots$ dalam derajat

Formula Los Angeles

$$E_g = 1 - \frac{D}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [m \cdot (n-1) + (m-1) \cdot (n-1) \sqrt{2}]$$

Formula Seiler-Keeney

$$E_g = \left[1 - \frac{36 \cdot s \cdot (m + n - 2)}{(75 - s^2 - 7) \cdot (m + n - 1)} \right] + \frac{0,3}{m + n}$$

Formula Field

2 tiang $\rightarrow E_g = 15/16 = 0,938$

3 tiang $\rightarrow E_g = 14/16 = 0,875$

4 tiang $\rightarrow E_g = 13/16 = 0,813$

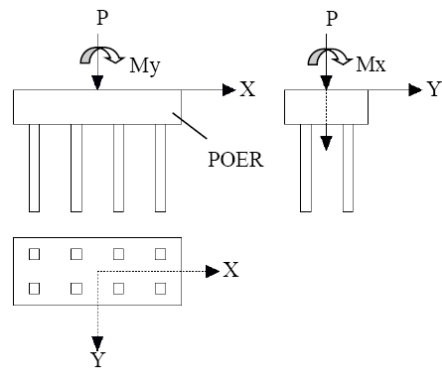
6 tiang $\rightarrow E_g = 0,771$

9 tiang $\rightarrow E_g = 0,698$

12 tiang $\rightarrow E_g = 0,722$

(Sumber : GEC UNPAR, Manual Pondasi Tiang, 2005 : 77-78)

Beban Maksimum (P_{max})



Gambar 1. Skema Pondasi Tiang Kelompok

$$P_{max} = \frac{Pu}{n} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{max}}{nx \cdot \sum y^2}$$

Dimana:

P_{max} = Beban maksimum yang diterima oleh pondasi (kg)

Pu = Jumlah total beban normal / gaya aksial (kg)

n = Jumlah pondasi

My = Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu y (kgm)

X_{max} = Jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang searah sumbu x (m)

ny = Banyak tiang dalam satu baris searah sumbu y (buah)

$\sum x^2$ = Jumlah kuadrat absis tiang (m²)

Mx = Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu x (kgm)

Y_{max} = Jarak terjauh tiang ke pusat berat kelompok tiang searah sumbu y (m)

nx = Banyak tiang dalam satu baris searah sumbu x (buah)

$\sum y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat tiang (m²)

Perhitungan Tulangan Pilecap

1. Momen nominal (Mn)

$$Mn = Mu / \phi$$

2. Tinggi efektif pilecap (d)

$d = h$ - selimut beton - $\frac{1}{2}$ Diameter tulangan

3. Koefisien kapasitas penampang (Rn)

$$Rn = Mn / b \times d^2$$

$$m = fy / 0,85 \times f'c$$

5.
$$\rho_b = 0,85 \left(\frac{0,85 \times f'c}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

6. $\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b$

7. $\rho_{min} = 1,4 / fy$

8.
$$\rho_{ada} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

9. Asperlu = $\rho_{ada} \times b \times d$

10. Jumlah tulangan

$$n = \text{Asperlu} / \frac{1}{4} \pi D^2$$

11. Jarak tulangan

$$s = b - (2 \times \text{selimut beton}) / n - 1$$

Bila P maksimum yang terjadi bernilai positif, maka pile mendapatkan gaya tekan. Bila P maksimum yang terjadi bernilai negatif, maka pile mendapatkan gaya tarik. Dari hasil-hasil tersebut dapat dilihat apakah masing-masing tiang masih memenuhi daya dukung tekan dan atau tarik bila ada. (Sumber : Pamungkas dan Harianti, Pondasi Tahan Gempa, 2013 : 57-58).

Penentuan Kriteria Tiang Panjang & Pendek

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot I_p}{K_s \cdot B}}$$

Dimana:

- R = Faktor kekakuan
- E_p = Modulus elastisitas tiang (ton/m²)
- I_p = Momen inersia tiang (m⁴)
- K_s = Modulus subgrade tanah dalam arah horizontal (ton/m³)
- B = Diameter tiang (m)

Tabel 2. Kriteria Jenis Perilaku Tiang

Jenis Perilaku Tiang	Kriteria
Pendek (kaku)	$L \leq 2 R$
Panjang (elastis)	$L \geq 3,5 R$

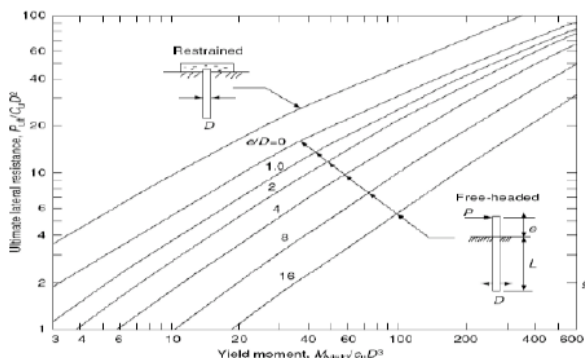
Menghitung Daya Dukung Lateral Metode Broms

$$H_u = \frac{2 \cdot M_u}{1,5 \cdot D + 0,5 \cdot x_o}$$

$$x_o = \frac{H_u}{9 \cdot C_u \cdot D}$$

Dimana:

- M_u = Momen ultimit penampang tiang (kgm)
- D = Diameter tiang (m)
- H_u = Beban lateral di kepala tiang (kg)
- x_o = Kedalaman dibawah permukaan tanah, dihitung dari kepala tiang (m)



Gambar 2. Kapasitas Lateral Ultimit Tiang Panjang pada Tanah Kohesif

Daya Dukung Ijin Lateral Tiang

$$H_a = \frac{H_u}{FK}$$

Dimana :

- H_a = Daya dukung ijin tiang
- H_u = Daya dukung ultimit tiang
- FK = Faktor keamanan

Kontrol Geser Pons Pilecap
a. Terhadap Kolom

b. Terhadap Tiang Pancang

$$\phi V_c = 1 + \frac{2}{\beta c} \times \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = \frac{1}{12} \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + \sqrt{f_c'} \right) \times b_o \times d$$

$$\phi V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{3} \times b_o \times d$$

Dimana :

- d = Tinggi efektif
- b_o = Bidang kritis geser pons
- c = Lebar bidang
- βc = Perbandingan sisi panjang & pendek kolom
- α_s = 40 (jika termasuk kolom dalam) 30 (jika termasuk kolom tepi)

Penurunan Tiang Tunggal (S)

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

Dimana :

S_s = Penurunan akibat deformasi aksial tiang

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) L}{A_p \cdot E_p}$$

Dimana :

- Q_p = Daya dukung ujung ultimit tiang (kg)
- α = Sudut geser tanah
- Q_s = Daya dukung selimut tiang (kg)
- L = Panjang tiang (m)
- A_p = Luas penampang (m)
- E_p = Modulus elastisitas tiang (kg/m²)

Penurunan dari ujung tiang (Sp)

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p}$$

$$q_p = \frac{Q_p}{A_p}$$

Dimana :

- C_p = Koefisien empiris Vesic
- D = Diameter tiang (m)
- q_p = Daya dukung berat ujung tiang (kg/m²)

Q_p = Daya dukung ujung ultimit tiang (kg)
 A_p = Luas penampang (m)

Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang (Sps)

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_s}{p \cdot L} \right) \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - V_s^2) \cdot l_{ws}$$

$$l_{ws} = 2 + 0,35 \cdot \frac{\sqrt{L}}{D}$$

Dimana :

Q_s = Daya dukung selimut tiang (kg)
 p = Keliling tiang (m)
 L = Panjang tiang (m)
 D = Diameter tiang (m)
 E_s = Modulus elastis tanah (kg/m²)
 V_s = Angka poisson tanah
 l_{ws} = Faktor pengaruh

Penurunan Tiang Kelompok (Sg)

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot I}{2 \cdot Q_c}$$

$$q = \frac{P}{L_g \cdot B_g}$$

$$I = \left(1 - \frac{L}{8 \cdot B_g} \right) \geq 0,5$$

Dimana :

B_g = Panjang pilecap (m)
 L_g = Lebar pilecap (m)
 P = Beban yang bekerja (kg)
 L = Panjang tiang (m)
 Q_c = Perlawanan ujung konus (kg/cm²)

Penurunan Ijin Tiang

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

Penurunan tiang tunggal < Penurunan ijin

METODOLOGI

Tahapan perencanaan pondasi tiang pancang merupakan tahapan perhitungan secara manual dengan menggunakan beberapa metode sesuai dengan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan. Tahapan perhitungan dimulai dengan perhitungan pembebanan, penentuan dimensi tiang, perhitungan daya dukung tiang, perhitungan jumlah tiang pondasi, penentuan dimensi dan penulangan pilecap. Berikut ini diagram alir pada Gambar 3.

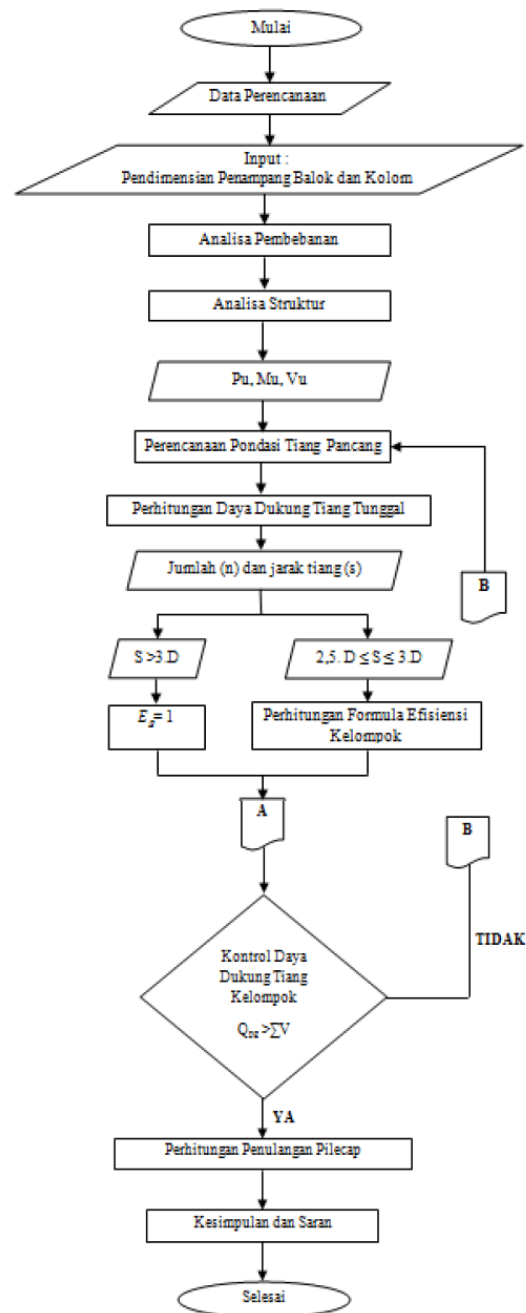
Data Perencanaan

Nama Bangunan = IGD RSUD
 Lokasi Bangunan = Kanjuruhan Malang
 Fungsi Bangunan = Rumah Sakit
 Jumlah Lantai = 4 + Atap

Bentang Memanjang = 20 m
 Bentang Melintang = 15 m
 Luas Bangunan = 300 m²
 Tinggi Bangunan = 16,5 m
 Tinggi per Lantai
 Lantai 1 ke lantai 2 = 4,5 m
 Lantai 2 ke lantai 3 = 4,0 m
 Lantai 3 ke lantai 4 = 4,0 m
 Lantai 4 ke Atap = 4,0 m

Data Material

Kuat Tekan Beton (fc') = 25 Mpa
 Tegangan Leleh Tulangan (fy) = 320 Mpa



Gambar 3. Bagan Alir

Berat Sendiri Material (PPIUG 1987)

Beton Bertulang = 2400 kg/m³
 Batu Bata = 1700 kg/m³
 Semen = 21 kg/m²
 Penutup Lantai = 24 kg/m²

Berat Sendiri Material (Brosur)

Plafon Gypsum = 5,5 kg/m² (Jayaboard)
 Penggantung Galvalum = 11,304 kg/m² (Kencana)
 Berat Equipment = 35 kg/m²
 Bangunan (RS) = 192 kg/m²
 Atap = 96 kg/m²

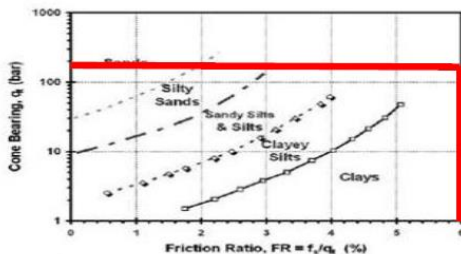
Dimensi yang Dipakai

Balok B1 = b : 20 cm ; h : 40 cm
 Balok B2 = b : 30 cm ; h : 70 cm
 Balok B3 = b : 20 cm ; h : 30 cm
 Kolom K1 = b : 40 cm ; h : 40 cm
 Plat S1 = 13 cm

Perhitungan Pembebanan

- Input dimensi balok, kolom dan plat lantai sesuai dengan proyek.
- Perataan beban plat dihitung secara manual.
- Perhitungan berat sendiri plat dan balok dihitung secara manual.
- Perhitungan berat kolom akan dihitung menggunakan program bantu ETABS

Klasifikasi Tanah



Gambar 4. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir (Robertson dan Campanella, 1983)

Tabel 3. Data Sondir

Nomor Titik	Kedalaman (m)	qc (Kg/cm ²)	Fr (%)	Jenis Tanah
1	7,8	150	6,67	Lempung

ANALISA STRUKTUR

Tabel 4. Berat Beban Seluruh Lantai

Lantai	Berat (kg)
Atap	203759,76 Kg
Lantai 4	256040,71 Kg
Lantai 3	256040,71 Kg
Lantai 2	331100,71 Kg
TOTAL	1046941,90 Kg

Tabel 5. Gaya Gempa Lateral per Lantai

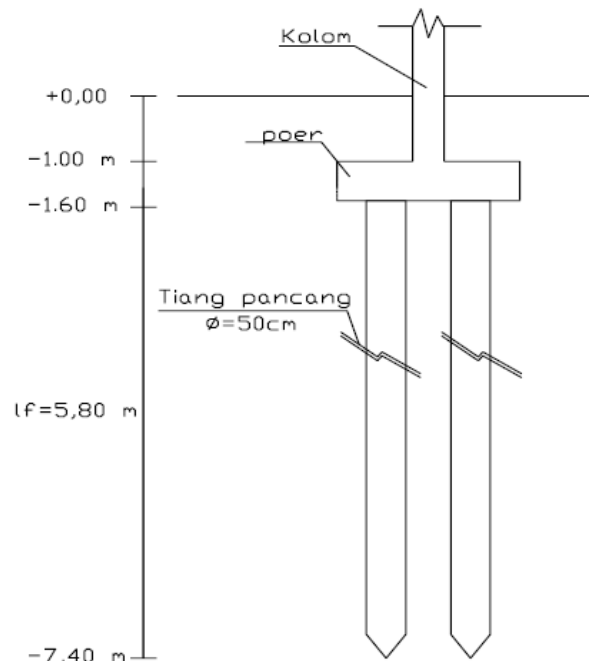
Lantai	Cvx	Cvy	Vx	Vy	Fx	Fy
			(Kg)	(Kg)	(Kg)	(Kg)
Atap	0,322	0,322	87735	87735	28234,82	28234,82
Lt. 4	0,312	0,312	87735	87735	27254,01	27254,01
Lt. 3	0,215	0,215	87735	87735	18893,56	18893,56
Lt. 2	0,152	0,152	87735	87735	13352,69	13352,69
TOTAL					87735,09	87735,09

Setelah menghitung semua beban-beban yang bekerja pada struktur atas seperti beban plat dan balok, lalu semua beban diinput pada program bantu ETABS untuk mendapatkan gaya yang bekerja pada kolom yang nanti akan digunakan untuk menghitung pondasi tiang pancang.

PERENCANAAN PONDASI

Tabel 6. Beban-beban pada Kolom dari Program Bantu ETABS

Beban	Fx (kg)	Fz (kg)	Momen X (kg m)	Momen Y (kg m)
Berat	4759,44	178957,7	11363,90	10820,20
Sedang	-6421,59	90078,89	-11321,30	-14416,69
Ringan	5833,80	59781,96	14813,67	13169,20



Gambar 5. Perencanaan Pondasi

Data Pondasi

Diameter Tiang (D) = 50 cm : 0,5 m
 Kedalaman Pondasi (H) = 7,4 m
 Tebal Pilecap (HP) = 60 cm : 0,6 m

Panjang Tiang (LF) = 5,8 m
 Luas Penampang (AP) = 1159 cm²
 (WIKA BETON)
 Keliling Tiang (p) ($\pi \cdot D$) = 1,57 m
 Luas Selimut (p . LF) = 9,11 m²
 Berat Sendiri (WP) (AP.LF.BJ) = 1,613 ton

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5}$$

$$Q_a = 71678,393$$

Jumlah Tiang (n)

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

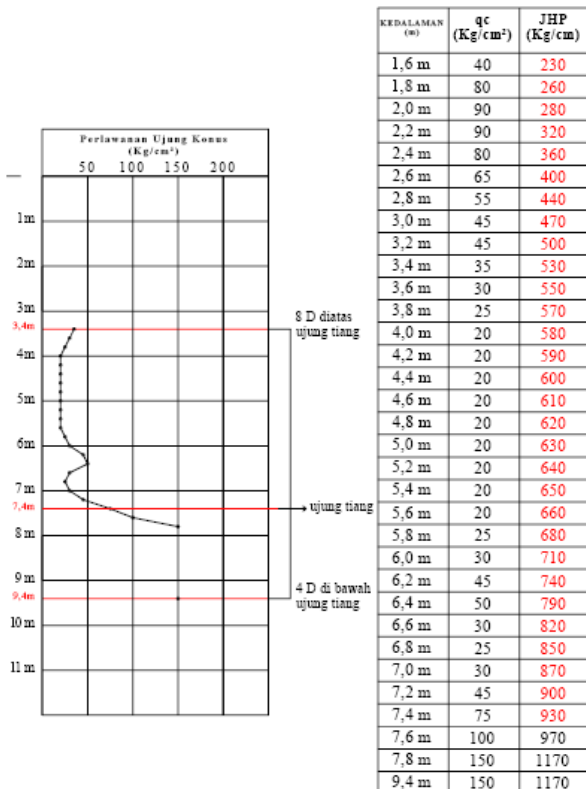
$$n = \frac{178,958}{71,678}$$

$$n=2,5 \text{ tiang}=3 \text{ tiang}$$

Perhitungan Daya Dukung Aksial

Daya Dukung Ujung Tiang (QP)

$$Q_p = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \cdot A_p$$



Gambar 6. qc1, qc2 dan JHP rata-rata pada Data Sondir

$$Q_p = \frac{119 + 30}{2} \cdot 1159$$

$$Q_p = 86062,649 \text{ Kg}$$

Daya Dukung Selimut Tiang (Qs)

$$Q_s = p \cdot F_s$$

$$Q_s = 157,143 \times 593$$

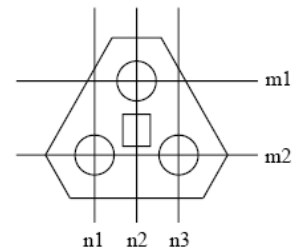
$$Q_s = 93133,333 \text{ kg}$$

Daya Dukung Total (Qu)

$$Q_U = Q_P + Q_S$$

$$Q_U = 179,195,982 \text{ Kg}$$

Daya Dukung Ijin (Qu)



Gambar 7. Susunan Pondasi Tipe 1 (3 tiang)

Jarak Tiang (n)

$$s = \frac{1,57 \times D \times m \times n}{m + n - 2}$$

$$s = 1,24 \text{ m} < 3D = 1,5 \text{ m}$$

karena $s < 3D$, maka diperlukan efisiensi grup tiang

Efisiensi Grup Tiang (Eg)
 Formula Sederhana

$$E_g = \frac{3s + 3D}{p \cdot \sum \text{tiang}}$$

$$E_g = 1,105 > 1 \dots (\text{NO})$$

Formula Field (3 Tiang)

$$E_g = \frac{14}{16}$$

$$E_g = 0,875 < 1 \dots (\text{OK})$$

Diambil yang terkecil yaitu : 0,875

Jarak tiang ke tepi pilecap :

$$s \geq 1,25D$$

$$s \geq 0,625 \text{ m}$$

Daya Dukung Kelompok Tiang (Qpg)

$$Q_{pg} = E_g \times n \times Q_a$$

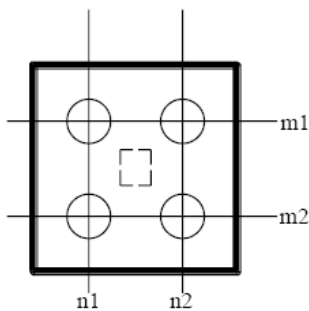
$$Q_{pg} = 0,875 \times 3 \text{ tiang} \times 71,68$$

$$Q_{pg} = 188,156 \text{ ton}$$

Syarat nilai $Q_{pg} > \Sigma V$ (jumlah seluruh beban yang diterima pondasi)

$\Sigma V = P + \text{berat pilecap} + \text{berat pondasi} + \text{berat tanah di atas pilecap}$

$\Sigma V = 191,926 \text{ ton} > Q_{pg} = 188,156 \dots$ (NO)
 Karena 3 tiang tidak aman maka dicoba 4 tiang



Gambar 8. Susunan Pondasi Tipe 1 (4 tiang)

Jarak Tiang (n)

$$s = \frac{1,57 \times D \times m \times n}{m + n - 2}$$

$$s = 1,07 \text{ m} < 3D = 1,5 \text{ m}$$

karena $s < 3D$, maka diperlukan efisiensi grup tiang

Efisiensi Grup Tiang (E_g)

Formula Sederhana

$$E_g = \frac{2(m+n-2)s + 4D}{p \cdot m \cdot n}$$

$$E_g = 0,999 < 1 \dots$$
 (OK)

Formula Converse - Labarre

$$E_g = 1 - \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \theta$$

$$E_g = 0,995 < 1 \dots$$
 (OK)

Formula Seiler - Keeney

$$E_g = \left[1 - \frac{36 \cdot s \cdot (m+n-2)}{(75-s^2-7) \cdot (m+n-1)} \right] + \frac{0,3}{m+n}$$

$$E_g = 0,749 < 1 \dots$$
 (OK)

Formula Field (4 Tiang)

$$E_g = \frac{13}{16}$$

$$E_g = 0,813 < 1 \dots$$
 (OK)

Diambil yang terkecil yaitu : 0,749

Jarak tiang ke tepi pilecap :

$$s \geq 1,25D$$

$$s \geq 0,625 \text{ m}$$

Daya Dukung Kelompok Tiang (Q_{pg})

$$Q_{pg} = E_g \times n \times Q_a$$

$$Q_{pg} = 0,749 \times 4 \text{ tiang} \times 71,68$$

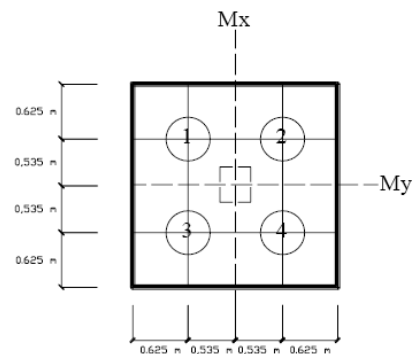
$$Q_{pg} = 214,86 \text{ ton}$$

Syarat nilai $Q_{pg} > \Sigma V$ (jumlah seluruh beban yang diterima pondasi)

$\Sigma V = P + \text{berat pilecap} + \text{berat pondasi} + \text{berat tanah di atas pilecap}$

$$\Sigma V = 202,04 \text{ ton} < Q_{pg} = 214,86 \dots$$
 (OK)

Beban Maksimum (P_{max})



Gambar 9. Dimensi pilecap Pondasi Tipe 1

$$P_{max} = \frac{Pu}{n} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{max}}{nx \cdot \sum y^2}$$

Untuk tiang 1 = 50,002 ton

Untuk tiang 2 = 29,777 ton

Untuk tiang 3 = 71,243 ton

Untuk tiang 4 = 51,018 ton

Diambil P_{max} terbesar yaitu :

$$P_{max} = 71,243 < Q_a = 71,678 \dots$$
 (OK)

Tabel 6. Hasil Analisa

No.	Perhitungan	TIPE 1	TIPE 2	TIPE 3
1	Ptotal	202,040 ton	99,952 ton	69,655 ton
2	Pmax	71,243 ton	39,405 ton	30,583 ton
3	Diameter Tiang	0,5 m	0,5 m	0,5 m
4	Kedalaman Pondasi	7,4 m	7,4 m	7,4 m
5	Jumlah Tiang	4 tiang	2 tiang	2 tiang
6	Jarak Tiang	1,07 m	1 m	1 m
7	Efisiensi Kelompok	0,75	0,84	0,84
8	Daya dukung aksial:			
	- tunggal	71,678 ton	71,678 ton	71,678 ton
	- kelompok	214,860 ton	119,745 ton	119,745 ton
9	Daya dukung lateral	1,190 ton	3,211 ton	2,917 ton
10	Pilecap			
	- Panjang	2,32 m	1,25 m	1,25 m
	- Lebar	2,32 m	2,25 m	2,25 m
	- Tinggi	0,60 m	0,6 m	0,6 m
	- Luas	3,229 m ²	1,688 m ²	1,688 m ²
11	Tulangan Pilecap			
	Tulangan polok tekan arah x dan y	x = D 19 - 240 mm y = D 19 - 240 mm	D 19 - 260	D 19 - 260
	Tulangan polok tarik arah x dan y	x = D 19 - 120 mm y = D 19 - 120 mm	D 19 - 120	D 19 - 120

KESIMPULAN

Dari rumusan masalah yang ada dapat disimpulkan bahwa dari analisa perhitungan perencanaan pondasi tiang pancang pada Bangunan IGD RSUD Kanjuruhan Malang, didapat pondasi tiang pancang yang aman dengan hasil perencanaan sebagai berikut:

1. Daya dukung aksial pondasi tiang pancang lebih besar dari beban vertikal yang ditahan. Ini berarti pondasi tiang pancang memenuhi untuk digunakan. Ada 2 macam daya dukung yang dianalisa, yaitu daya dukung ultimit tiang tunggal (Q_a) dan daya dukung kelompok tiang (Q_{pg}). Untuk daya dukung pondasi tiang tunggal didapat $Q_a = 71,678$ ton pada semua tipe pondasi, sedangkan untuk daya dukung kelompok tiang pada pondasi 1 yaitu $Q_{pg} = 214,860$ ton, untuk pondasi tipe 2 dan 3 yaitu $Q_u = 119,745$ ton.
2. Jumlah tiang yang dipakai pada masing-masing tipe pondasi adalah untuk pondasi tipe 1 sebanyak 4 tiang, pondasi tipe 2 dan 3 sebanyak 2 tiang.
3. Berdasarkan hasil perhitungan didapat bahwa pilecap pondasi tipe 1 mempunyai tulangan tarik arah x dan y yaitu D19 – 120 mm, sedangkan tulangan tekannya yaitu D19 – 240 mm. Pilecap pondasi tipe 2 dan 3 mempunyai tulangan tarik arah x dan y yaitu D19 – 120 mm dan tulangan tekan arah x dan y yaitu D19 – 260 mm.

SARAN

1. Dalam merencanakan pondasi sebaiknya mempertimbangkan jenis pondasi yang sesuai dengan lingkungan sekitar. Pemilihan jenis pondasi bergantung pada kondisi tanah, beban

yang harus didukung dan biaya pembuatan pondasi.

2. Dalam merencanakan pondasi tiang, jarak tiang sangat mempengaruhi besar daya dukung kelompok tiang, oleh karena itu sebagai perencana harus pandai-pandai memodifikasi tiang, agar didapat daya dukung yang aman dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Rahardjo. 1997. Manual Pondasi Tiang Edisi 3. Bandung : GCC Universitas Katolik Parahyangan
- Pamungkas, Anugrah., Erny Harianti. 2013. Desain Pondasi Tahan Gempa. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Asiyanto. 2007. Metode Konstruksi untuk Pekerjaan Fondasi. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia
- Badan Stadartusasi Nasional, 2008, SNI 2827-2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir, Jakarta : BSN
- Sosarodarsono, Suyono., Kazuto Nakazawa. 1983. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta : Pradnya Paramita
- Hardiyatmo, Hari Christady. 2006. Teknik Pondasi 2. Jakarta : Erlangga
- GEC UNPAR. 2005. Manual Pondasi Tiang. Bandung : UNPAR
- Poulos, H. G., Davis, E. H., 1980. Pile Foundation Analysis and Design. New York : John Wiley
- Tomilson, M.J., 1986. Foundation Design and Construction 5th edition. England : Longman Scientific