

ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE STATIK DAN CALENDRING STUDI KASUS : PROYEK PEMBANGUNAN MANADO TOWN SQUARE 3

Eko Seftian Randyanto

Josef. E. R. Sumampouw, Sjachrul Balamba

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: esr_ekosrandyanto@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pemakaian alternative metode dalam mencari nilai daya dukung tiang sangat beragam, dengan menggunakan berbagai data parameter tanah. Coduto (1994) membagi 3 (tiga) untuk mendukung Daya Dukung Pondasi tiang diantaranya yaitu metode Static (Menggunakan prinsip –prinsip mekanika tanah klasik), Dinamic dan loading test (uji beban skala penuh).

Beberapa metode yang dibahas dalam perhitungan daya dukung tiang diantaranya dengan cara statik dan calendring, untuk metode statik menggunakan data triaxial, N-SPT dan Sondir. Rumus umum yang digunakan untuk mencari daya dukung dengan metode statik yaitu $Q_u = Q_b + Q_s$ dengan menjumlahkan tahanan ujung (Q_b) dan tahanan samping (Q_s). Pengujian calendring didasarkan atas perlawanan tanah terhadap tumbukan tiang. Pengujian ini ditujukan untuk penghentian pemukulan dikarenakan tiang sudah tidak mengalami perlawanan penetrasi sehingga perlu dilakukan uji calendring untuk mendapatkan daya dukung tiang.

Hasil daya dukung antara cara statik akan dibandingkan dengan pengujian calendring. Hasil nilai daya dukung tiang dengan menggunakan data triaxial pada metode Meyerhof sebesar 38,76 ton dan U.S Army Corps sebesar 56,27. Perubahan nilai daya dukung tiang akibat pengaruh pemancangan, untuk Metode Meyerhof sebesar 74,17 ton dan U.S. Army Corps sebesar 105,90 ton. Penggunaan data SPT dalam mencari nilai daya dukung tiang dibagi menjadi dua metode, untuk Metode Meyerhof daya dukung tiang sebesar 69,88 ton dan metode Briaud et al 124,99 ton. Hasil daya dukung tiang dengan menggunakan data sondir, untuk Metode Meyerhof sebesar 96,21 ton dan Metode Schmertmann & Nottingham sebesar 90,1320 ton. Daya dukung tertinggi ada pada uji calendring dengan metode hiley sebesar 272,83 ton.

Penurunan tertinggi sebesar 0,4 inch dan struktur dapat dikategorikan sebagai Reinforced concrete structure, Brick walls high story, Machine operation dengan batas penurunan maksimum antara 1-3 inch. Hasil dari setiap metode diambil daya dukung tiang terendah untuk mewakili setiap metode.

Kata kunci : Cara Statik, Uji Calendring, Daya Dukung Tiang, Penurunan Tiang

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Manado merupakan salah satu tempat di pesisir pantai dimana daerah pesisirnya dimanfaatkan sebagai daerah reklamasi. Dalam peraturan SNI 03-1726-2002 tentang pembagian zona gempa, manado termasuk dalam wilayah gempa zona 5. Hal ini membuktikan kota manado rentan terjadi keruntuhan pada saat gempa berlangsung. Salah satu aspek penting dalam penanaman tersebut adalah Pondasi.

Pada hakekatnya suatu konstruksi bangunan sipil berdiri di atas tanah dasar atau bebatuan yang akan menerima dan menahan beban dari keseluruhan struktur di atasnya (sesuai dengan perencanaan) yang kemudian didukung oleh

pondasi sebagai penyeimbang dari beban-beban yang bekerja.

Pemakaian metode dalam mencari daya dukung tiang tunggal sangat banyak, seiring dengan kebutuhan proyek.

Rumusan Masalah

Pondasi secara umum dibagi atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (shallow foundation) misalnya pondasi telapak dan pondasi dalam (deep foundation) seperti pondasi tiang pancang. Menurut Coduto (1994) membagi 3 (tiga) untuk mendukung Daya Dukung Pondasi tiang diantaranya yaitu metode Static (Menggunakan prinsip –prinsip mekanika tanah klasik), Dinamic dan loading test (uji beban skala penuh)

Cara tiang pancang untuk mendukung beban ditentukan oleh sifat fisik dan mekanis tanah baik itu karakteristik maupun nilai c (kohesi), ϕ (sudut geser dalam), γ (berat isi tanah).

Maksud dan Tujuan

Dalam rangkaian skripsi ini, pokok pembahasan yang utama adalah memberikan dan mengulas kajian mengenai penggunaan metode dalam menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dengan data triaxial, SPT, sondir dan uji lapangan (calendring). Penggunaan data dalam mencari daya dukung tiang sangat berpengaruh terhadap kapasitas tiang dalam mendukung beban oleh sebab itu dalam kajian ini banyak mengulas perbandingan kapasitas dukung dengan cara statik dan uji calendring.

Penentuan metode yang digunakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan detail kondisi struktur, hal ini dapat meminimalisir kesalahan dalam perencanaan. Penelitian ini juga dapat bertujuan untuk menentukan alternatif pemakaian metode dalam kajian daya dukung tiang pancang dalam perhitungan.

Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan dalam pembahasan permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya, maka perlu dibuat batasan masalah. Adapun batasan masalah tersebut antara lain :

1. Sifat mekanis tanah diperoleh dari data sekunder,
2. Tidak meninjau kekuatan tanah akibat reklamasi,
3. Tidak menghitung daya dukung tanah,
4. Penelitian lapangan dilakukan dengan pengujian calendring,
5. Letak data uji statik menyesuaikan dengan data calendring,
6. Menghitung daya dukung tiang pancang tunggal,
7. Kontrol Daya Dukung Tiang tunggal dengan calendring.

Manfaat

Dengan Tugas akhir ini, diharapkan dapat memilih alternatif metode dalam mencari nilai daya dukung tiang dengan berbagai variatif data antara metode statik dan calendring.

LANDASAN TEORI

Umum

Perkembangan jaman menuntun para engginer untuk mengembangkan permasalahan yang terjadi dalam pekerjaan konstruksi. Hal ini menyebabkan permasalahan yang semakin kompleks terutama pada bagian dasar yaitu tanah.

Definisi Tanah

Tanah pada kondisi alam adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose), yang terletak di atas batuan dasar (bedrock).

Parameter Tanah

Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Sondir merupakan salah satu pengujian tanah untuk mengetahui karakteristik tanah yang dilakukan di lapangan atau pada lokasi yang akan dilakukan pembangunan konstruksi. Data tekanan conus (qc) dan hambatan pelekat (fs) yang didapatkan dari hasil pengujian sondir dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah.

Modulus Young (E)

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari Triaxial Test. Dengan menggunakan data sondir, boring dan grafik triaksial dapat digunakan untuk mencari besarnya nilai elastisitas tanah.

$$E = 3 \cdot qc \tag{1}$$

Poisson Ratio

Tabel 1. Hubungan antara jenis tanah dan Poisson Ratio

Jenis Tanah	Poisson Ratio (μ)
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir	0,1 – 1,0
Batuan	0,1 – 0,4
Umum dipakai untuk tanah	0,3 – 0,4

Sumber : Das (1984)

Fondasi Tiang Pancang

Penggunaan fondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam.

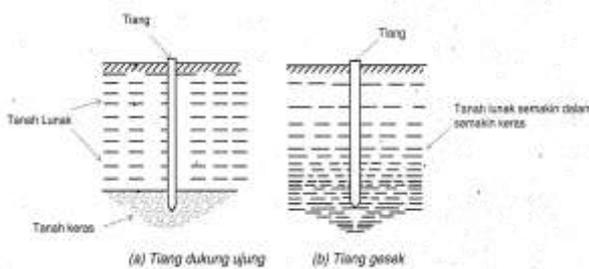
Tipe Tiang

Fondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori, sebagai berikut :

1. Tiang perpindahan besar (large displacement pile), yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah
2. Tiang perpindahan kecil (small displacement pile) adalah sama seperti tiang kategori pertama, hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil
3. Tiang tanpa perpindahan (non displacement pile) terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah.

Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek

Tiang ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu Tiang dukung ujung (*end bearing pile*) dan Tiang gesek (*friction pile*).

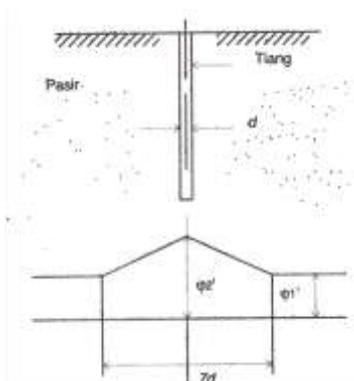


Gambar 1. Tiang ditinjau dari cara mendukung beban (Tomlinson,1977)

Pengaruh Pekerjaan Pemasangan Tiang

Kishida menyarankan hubungan ϕ_2' (sudut gesek dalam sesudah pemancangan) dan ϕ_1' sebagai berikut :

$$\phi_2' = \frac{1}{2} (\phi_1' + 40^\circ) \quad (2)$$

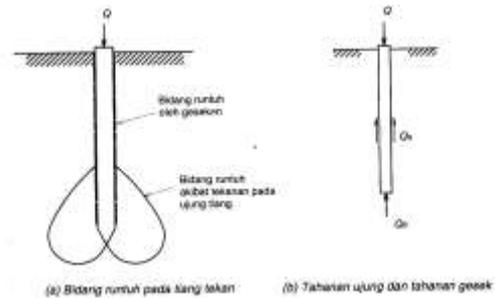


Gambar 2 Pengaruh pemancangan tiang pada sudut gesek dalam (ϕ) pasir (Kishida, 1967)

Kapasitas Dukung Tiang Pancang

Kapasitas Dukung *Ultimate* Cara Statis

Kapasitas dukung *ultimate* tiang cara statis dihitung dengan menggunakan teori mekanika tanah. Berikut gambar Skema bidang runtuh untuk tiang yang mengalami pembebanan.



Gambar 3 Tahanan ujung dan tahanan gesek dan model bidang keruntuhan

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (3)$$

dengan,

- Q_u = Kapasitas dukung ultimate neto
- $Q_b/(Q_p)$ = Tahanan ujung bawah *ultimate*
- Q_s = Tahanan gesek *ultimate*

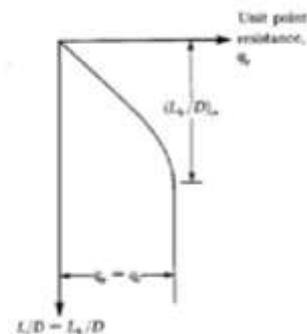
Kapasitas Dukung Tiang pada Tanah Granurel

Metode Meyerhof

Tahanan Ujung Tiang (Q_b)

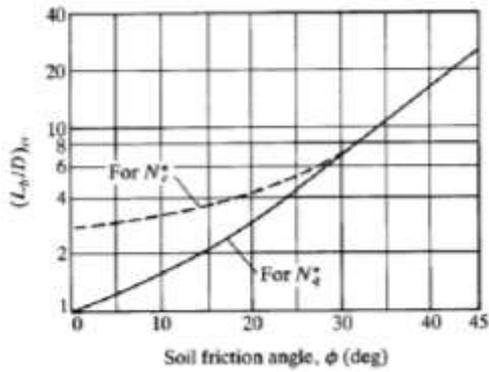
Langkah perhitungan :

1. Untuk pasir, karena $c = 0$, maka $Q_p = A_p q_p = A_p N_q^* q^*$ (4)
2. Menentukan sudut gesek tanah ϕ
3. Menentukan nisbah L_b/D tiang



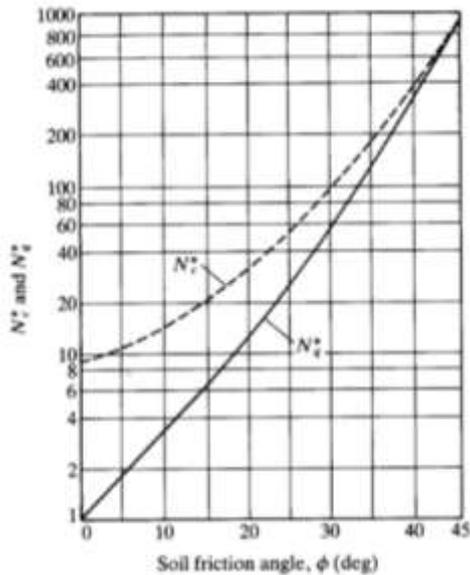
Gambar 4 Variasi tahanan titik satuan pada pasir homogeny

4. Menentukan $(L_b/D)_{cr}$



Gambar 5 Variasi $(L_p/D)_{cr}$ terhadap sudut gesek tanah (Meyerhof, 1976)

5. Menentukan nilai N_q^*



Gambar 6 Nisbah penanaman kritis dan faktor daya dukung untuk berbagai sudut gesek tanah (Meyerhof, 1976)

6. Menggunakan nilai N_q^* yang dihitung pada langkah 5 untuk memperoleh Q_p sebagai

$$Q_p = A_p \cdot N_q^* \cdot q' \leq A_p \cdot q_t \quad (5)$$

Tahanan titik pembatas dapat diberikan sebagai,

$$q_t \text{ (kN / m}^2\text{)} = 50 N_q^* \tan \phi \quad (6)$$

ϕ = sudut gesek tanah pada ujung tiang

dimana :

$A_p = A_b$ = Luas ujung tiang

c = Kohesi tanah pada ujung tiang

q_p = tahanan titik satuan

q' = Tegangan vertikal ujung tiang

N_c^*, N_q^* = Faktor daya dukung

Tahanan Gesek Kulit (Q_s)

Tahanan (hambatan) gesek atau tahanan kulit tiang dapat ditulis sebagai

$$Q_s = \sum p \Delta L f \quad (7)$$

Dimana

p = Keliling penampang tiang

ΔL = Panjang tiang

f = Tahanan gesek pada setiap kedalaman

Tahanan gesek satuan untuk kedalaman tertentu tiang di dalam pasir dapat dinyatakan sebagai,

$$f = K \sigma'_v \tan \delta \quad (8)$$

dimana K = Koefisien tekanan tanah

σ'_v = Tegangan vertikal efektif

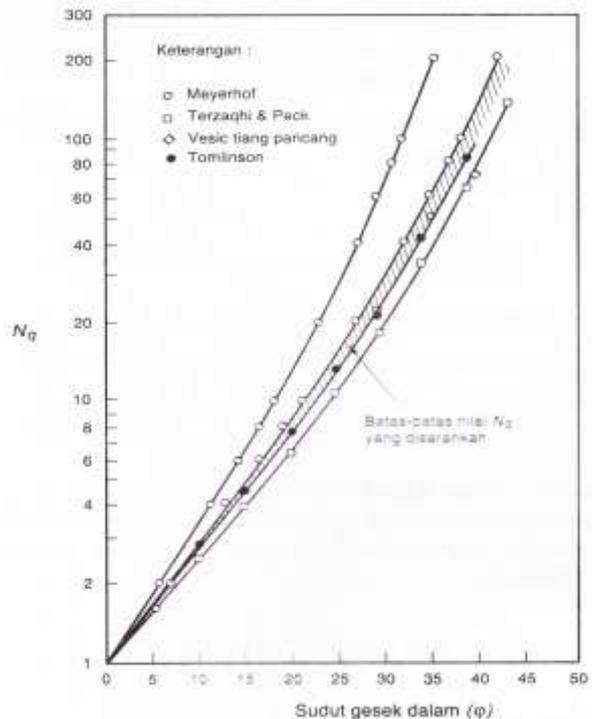
δ = Sudut gesek antara tanah-tiang

Metode U.S Army Corps

Tahanan ujung ultimate (Q_b)

$$Q_b = A_b f_b \quad (9)$$

$$f_b = P_b' N_q \quad (10)$$



Gambar 7 Hubungan ϕ' dan N_q (Reese et., al 2006)

Dimana,

f_b = Tahanan ujung per satuan luas

A_b = Luas Penampang

P_b' = Tekanan vertical efektif

Tahanan Gesek Kulit (Q_s)

$$Q_s = A_s f_s \quad (11)$$

$$f_s = K_d p_0' \tan \delta \quad (12)$$

dimana, A_s = Luas selimut tiang

f_s = Tahanan gesek per satuan luas

K_d = Koefisien tekanan tanah

P_0' = Tekanan vertical efektif

δ = ϕ_d' = Sudut gesek dinding efektif

Tabel 2 Nilai-bilai δ (U.S. Army Corps)

Bahan Tiang	δ
Tiang Baja	$0,67 \square' - 0,83 \square'$
Tiang Beton	$0,90 \square' - 1,00 \square'$
Tiang Kayu	$0,80 \square' - 1,00 \square'$

Sumber : Hardiyatmo (2011)

Tabel 3 Nilai K_d dan K_t (U.S. Army Corps)

Tanah	K_d (Tiang Tekan)	K_t (Kuat Tarik)
Pasir	1,0 – 2,0	0,5 – 0,7
Lanau	1,0	0,5 – 0,7
Lempung	1,0	0,7 – 1,0

Sumber : Hardiyatmo (2011)

Kapasitas Dukung Tiang dari Uji Penetrasi Standard (SPT)

Meyerhof (1976)

Tahanan Ujung Tiang (Q_b)

$$f_b = 0,4 N_{60}' (L/d) \sigma_r \leq 4 N_{60}' \sigma_r \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (13)$$

Tahanan Gesek

$$f_s = \frac{1}{50} \sigma_r N_{60}' \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (14)$$

Briand et al. (1985)

Tahanan Ujung Tiang (Q_b)

$$f_b = 19,7 \sigma_r (N_{60}')^{0,36} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (15)$$

Tahanan Gesek Satuan

$$f_s = 0,224 \sigma_r (N_{60}')^{0,29} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (16)$$

$$Q_s = \sum p \Delta L f \quad (17)$$

Dengan σ_r = tegangan referensi = 100 kN/m²

Kapasitas Dukung Tiang dari Uji Kerucut Statis (Cone Penetration Test, CPT)

Metode Meyerhof

Tahanan Ujung

$$f_b = \omega_1 \omega_2 q_{ca} \quad (18)$$

Tahanan Gesek

$$f_s = K_c q_c \text{ ,dengan } K_c = 0,005 \quad (19)$$

dimana, q_c = hambatan konus

Metode Schmertmann dan Nottingham

Kapasitas Dukung *Ultimate*

$$Q_u = A_b \omega q_{ca} + A_s K_f q_f \quad (20)$$

Tahanan Ujung Satuan

$$f_b = \omega q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \text{ (15.000 kN/m}^2\text{)} \quad (21)$$

Tahanan gesek satuan

$$f_s = K_c q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (22)$$

dimana, K_c = Koefisien tak berdimensi yang nilainya bergantung pada tipe tiang.

Tiang beton $K_c = 1,2 \%$

Kapasitas Dukung Tiang dari Rumus Dinamik Hilley (1930)

$$Q_u = \frac{e_h E_h}{s + \frac{1}{2}(k_1 + k_2 + k_3)} \frac{W_r + n^2 W_p}{W_r + W_p} \quad (23)$$

e_h = Efisiensi palu/pemukul

E_h = Besaran energi

W_p = Berat tiang termasuk berat penutup tiang

W_r = Berat ram

n = Koefisien restitusi

s = Penetrasi per pukulan

k_1 = kompresi elastis blok penutup

k_2 = kompresi tiang pancang elastik dan topi tiang pancang

k_3 = kompresi tanah elastik

Tabel 4 Nilai-nilai k_1 (Chellis,1961)

Bahan tiang	Nilai-nilai k_1 (mm), untuk tegangan akibat pukulan pemancangan di kepala tiang			
	3,5 MPa	7,0 MPa	10,5 MPa	14 MPa
Tiang baja atau pipa langsung pada kepala tiang	0	0	0	0
Tiang kayu langsung pada kepala tiang	1,3	2,5	3,8	5
Tiang beton pracetak dengan 75 – 100 mm bantalan di dalam cap	3	6	9	12,5
Baja tertutup cap yang berisi bantalan kayu untuk tiang baja H atau tiang pipa.	1	2	3	4
Pringan fiber 5 mm diantara dua pelat baja 10 mm	0,5	1	1,5	2

Sumber : Hardiyatmo (2011)

Tabel 5 Nilai efisiensi e_h

Tipe	Efisiensi e_h
Pemukul jatuh (<i>drop hammer</i>)	0,75 - 1
Pemukul aksi tunggal (<i>single acting hammer</i>)	0,75 - 0,85
Pemukul aksi ganda (<i>double acting hammer</i>)	0,85
Pemukul diesel (<i>diesel hammer</i>)	0,85 - 1

Sumber Hardiyatmo (2011)

Tabel 6 Koefisien Restitusi n (ASCE,1941)

Material	n
<i>Broomed wood</i>	0
Tiang kayu (ujung tidak rusak)	0,25
Bantalan kayu padat pada tiang baja	0,32
Bantalan kayu padat di atas tiang baja	0,40
Landasan baja pada baja (<i>steel on steel anvil</i>), pada tiang baja atau beton	0,50
Pemukul besi cor pada tiang beton tanpa penutup (<i>cap</i>)	0,40

Sumber Hardiyatmo (2011)

Penurunan Tiang

Metode Poulos dan Davis (1980)

$$S = \frac{Q \cdot I}{E_s \cdot d} \quad (24)$$

$$I = I_0 \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_\mu \quad (25)$$

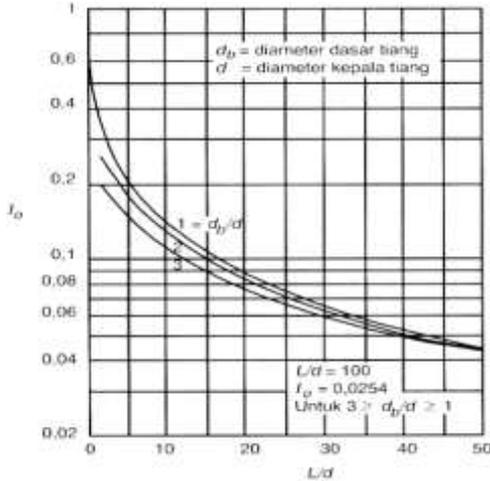
dengan,

S = Penurunan kepala tiang

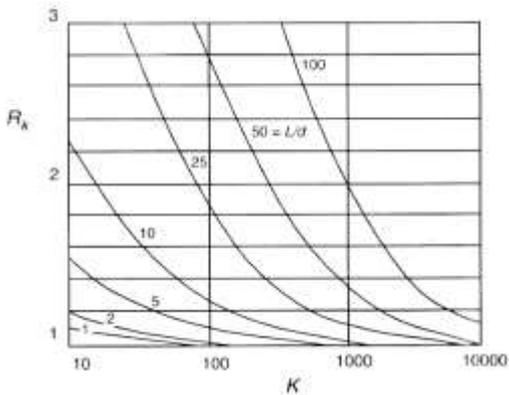
Q = Beban yang bekerja

I_0 = Faktor pengaruh penurunan

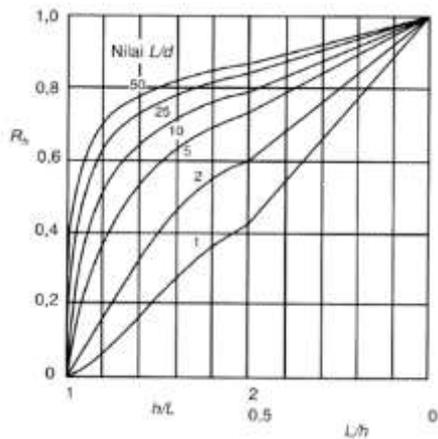
Rk = Faktor koreksi kemudah-mampatan (kompresibilitas) tiang untuk $\mu = 0,5$
 Rh = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras
 R μ = Faktor koreksi angka poisson μ
 h = Kedalaman total lapisan tanah



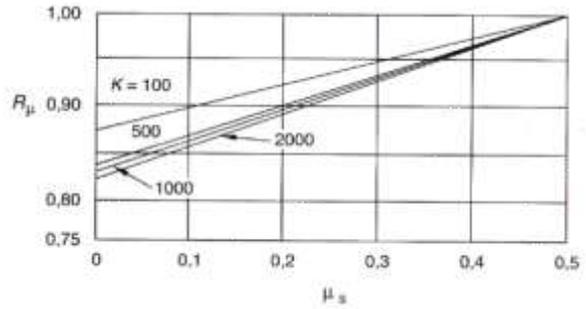
Gambar 7 Faktor penurunan I_0 (poulus dan Davis, 1980)



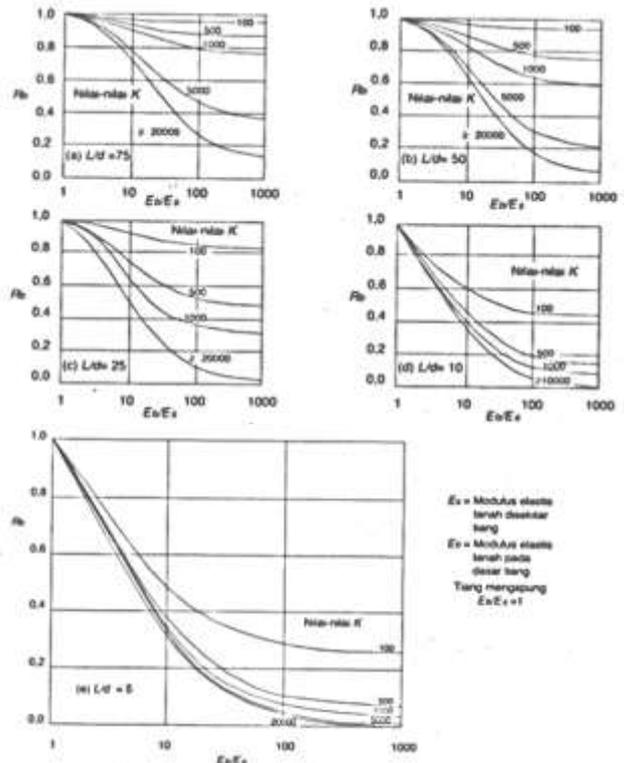
Gambar 8 Koreksi kompresi Rk (Poulus dan Davis, 1980)



Gambar 9 Koreksi kedalaman Rh (Poulus dan Davis, 1980)



Gambar 10 Koreksi angka poisson R μ (Poulus dan Davis, 1980)



Gambar 11 Koreksi kekakuan lapisan pendukung, R b (Poulus dan Davis) Sumber: Hardiyatmo (2011)

Tabel 4 Faktor penurunan maksimum

Limiting Factor or Type of Structure	MAXIMUM ALLOWABLE SETTLEMENT	
	Differential ^a	Total (in.)
Drainage of floors	0.01-0.02L	6-12
Stacking, warehouse lift trucks	0.01L	6
Tilting of smokestacks, silos	0.004B	3-12
Framed structure, simple	0.005L	2-4
Framed structure, continuous	0.002L	1-2
Framed structure with diagonals	0.0015L	1-2
Reinforced concrete structure	0.002-0.004L	1-3
Brick walls, one-story	0.001-0.002L	1-2
Brick walls, high	0.0005-0.001L	1
Cracking of panel walls	0.003L	1-2
Cracking of plaster	0.001L	1
Machine operation, noncritical	0.003L	1-2
Crane rails	0.003L	
Machines, critical	0.0002L	

^aL is the distance between adjacent columns; B is the width of base. (Sumber: Cheng Liu and Jack B. Evett - Soils and Foundation)

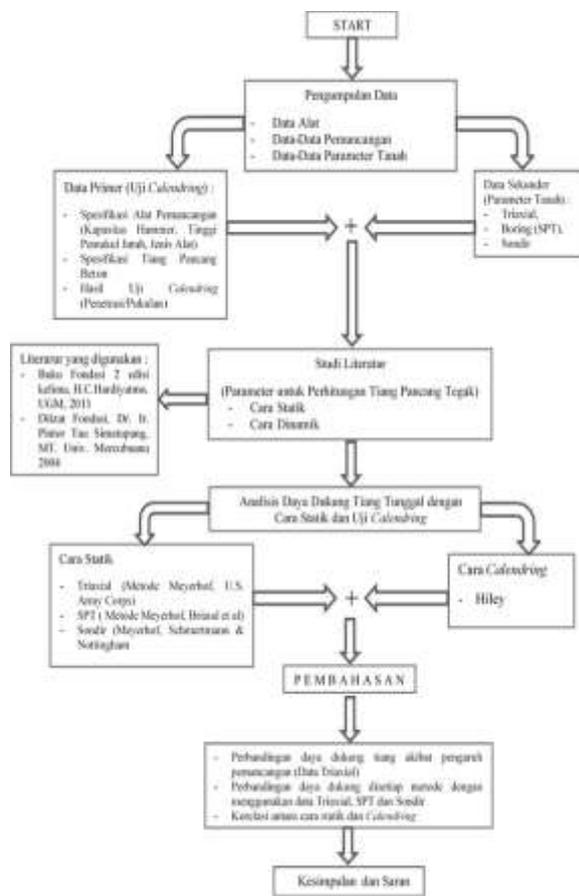
METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian, penulis akan menyajikan tahapan dalam menyelesaikan skripsi dari awal hingga penyelesaian akhir penelitian. Adapun lingkup penelitian akan dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut :

- a) Tahapan Persiapan
- b) Tahapan Pengumpulan Data Sekunder / Spasial
- c) Tahapan Suvey/Uji lapangan (Calendring)
- d) Tahapan Analisis Data

Bagan Alir / flow chart



Gambar 12 Bagan Alir Penelitian

Pelaksanaan

Metode penelitian ini dibuat berdasarkan item penelitian yang akan dikerjakan sesuai kebutuhan skripsi.

Langkah-langkah dalam proses pemancangan sbb:

- Pekerjaan persiapan
Pekerjaan persiapan ini meliputi kesiapan alat dan pemasangan hammer tiang.

- Pekerjaan Pemancangan
Pemancangan dimulai dengan menyiapkan tali berbahan baja untuk mengikat tiang, kemudian tiang diangkat dengan tali dan dimasukkan kedalam kepala hammer. Apabila tiang sudah tidak mengalami penurunan yang signifikan pemukulan tiang dapat dihentikan.
- Pekerjaan Akhir
Untuk menghindari kepala tiang agar tidak pecah, perlu dilakukan penghentian. Jumlah pukulan penghentian pemukulan yang disarankan oleh Bowles (1996):

Tabel 5 Penghentian pemukulan

Bahan Tiang	Pemukulan dihentikan bila penetrasi tiang mencapai :
Kayu	4-5 Pukulan/25mm
Beton Bertulang	6-8 Pukulan/25mm
Baja	12-15 Pukulan/25mm

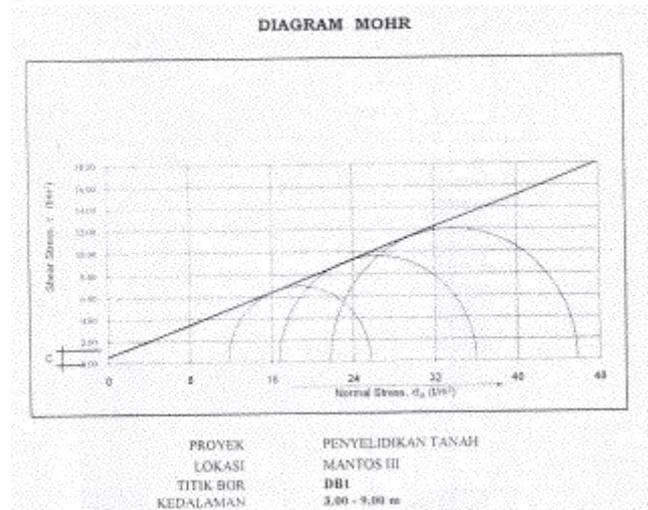
Sumber: Hardiyatmo (2011)

Pencatatan kedalaman penetrasi tiang dapat dilakukan bersamaan dengan pemukulan tiang.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Soil Investigation

Triaxial



Gambar 13 Triaxial titik DB1

Sumber : Data sekunder, penyelidikan tanah (Triaxial) Lokasi Mantos III titik DB1

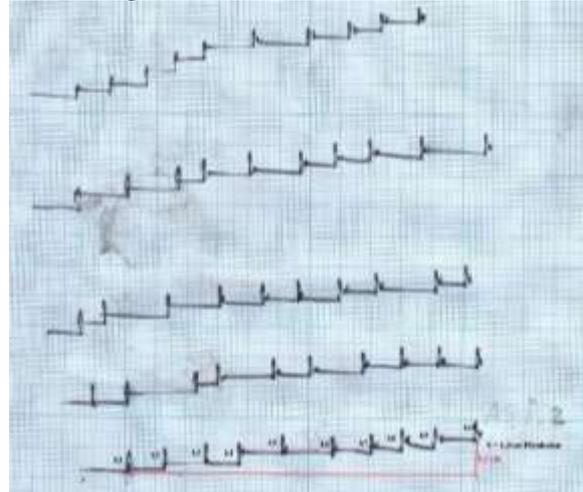
$C = 0,550 \text{ t/m}^2$
 $\phi = 20,09^0$
 $\gamma = 1,957 \text{ t/m}^3$

Boring (SPT)

DEPTH BORING					SPT - S VALUE				
DEPTH (M)	PROF. FILE	DESCRIPTION	COLOR	DENSITY	NO. OF BLOW	DEPTH (M)	NO. OF BLOW	DEPTH (M)	NO. OF BLOW
0.00					15	0.00	15	0.00	15
0.20					15	0.20	15	0.20	15
0.40					15	0.40	15	0.40	15
0.60					15	0.60	15	0.60	15
0.80					15	0.80	15	0.80	15
1.00					15	1.00	15	1.00	15
1.20					15	1.20	15	1.20	15
1.40					15	1.40	15	1.40	15
1.60					15	1.60	15	1.60	15
1.80					15	1.80	15	1.80	15
2.00					15	2.00	15	2.00	15
2.20					15	2.20	15	2.20	15
2.40					15	2.40	15	2.40	15
2.60					15	2.60	15	2.60	15
2.80					15	2.80	15	2.80	15
3.00					15	3.00	15	3.00	15
3.20					15	3.20	15	3.20	15
3.40					15	3.40	15	3.40	15
3.60					15	3.60	15	3.60	15
3.80					15	3.80	15	3.80	15
4.00					15	4.00	15	4.00	15
4.20					15	4.20	15	4.20	15
4.40					15	4.40	15	4.40	15
4.60					15	4.60	15	4.60	15
4.80					15	4.80	15	4.80	15
5.00					15	5.00	15	5.00	15
5.20					15	5.20	15	5.20	15
5.40					15	5.40	15	5.40	15
5.60					15	5.60	15	5.60	15
5.80					15	5.80	15	5.80	15
6.00					15	6.00	15	6.00	15
6.20					15	6.20	15	6.20	15
6.40					15	6.40	15	6.40	15
6.60					15	6.60	15	6.60	15
6.80					15	6.80	15	6.80	15
7.00					15	7.00	15	7.00	15
7.20					15	7.20	15	7.20	15
7.40					15	7.40	15	7.40	15
7.60					15	7.60	15	7.60	15
7.80					15	7.80	15	7.80	15
8.00					15	8.00	15	8.00	15
8.20					15	8.20	15	8.20	15
8.40					15	8.40	15	8.40	15
8.60					15	8.60	15	8.60	15
8.80					15	8.80	15	8.80	15
9.00					15	9.00	15	9.00	15
9.20					15	9.20	15	9.20	15
9.40					15	9.40	15	9.40	15
9.60					15	9.60	15	9.60	15
9.80					15	9.80	15	9.80	15
10.00					15	10.00	15	10.00	15
10.20					15	10.20	15	10.20	15
10.40					15	10.40	15	10.40	15
10.60					15	10.60	15	10.60	15
10.80					15	10.80	15	10.80	15
11.00					15	11.00	15	11.00	15
11.20					15	11.20	15	11.20	15
11.40					15	11.40	15	11.40	15
11.60					15	11.60	15	11.60	15
11.80					15	11.80	15	11.80	15
12.00					15	12.00	15	12.00	15
12.20					15	12.20	15	12.20	15
12.40					15	12.40	15	12.40	15
12.60					15	12.60	15	12.60	15
12.80					15	12.80	15	12.80	15
13.00					15	13.00	15	13.00	15

Gambar 14 Boring dan SPT titik DB1

Calendring



Gambar 16 Data Calendring

Sumber : Data sekunder, penyelidikan tanah (Boring) Lokasi Mantos III titik DB1

Sondir (DCPT)

SONDIR TEST REPORT						
PROJECT : PEMBANGUNAN GEDUNG MTS III			POINT : S13			
LOCATION : JLN. PIERRE TENDIAN			DATE : Mei 2012			
Depth (m)	Conus Friction (kg/cm ²)	Number of Friction (Hz)	Placard Friction (HP-2010) (kg/cm ²)	(HP-2010) (kg/cm ²)	Number of Placard Friction (HP) (kg/cm ²)	Partial Friction (HS-HP10) (kg/cm ²)
0.00	0	0	0	0	0	0.00
0.20	9	19	10	20	20	1.00
0.40	9	19	10	20	40	1.00
0.60	9	19	10	20	60	1.00
0.80	9	19	10	20	80	1.00
1.00	9	19	10	20	100	1.00
1.20	9	19	10	20	120	1.00
1.40	9	19	10	20	140	1.00
1.60	9	19	10	20	160	1.00
1.80	9	19	10	20	180	1.00
2.00	9	19	10	20	200	1.00
2.20	9	19	10	20	220	1.00
2.40	9	19	10	20	240	1.00
2.60	9	19	10	20	260	1.00
2.80	9	19	10	20	280	1.00
3.00	19	29	10	20	300	1.00
3.20	19	29	10	20	320	1.00
3.40	19	29	10	20	340	1.00
3.60	19	29	10	20	360	1.00
3.80	19	29	10	20	380	1.00
4.00	19	29	10	20	400	1.00
4.20	19	29	10	20	420	1.00
4.40	19	29	10	20	440	1.00
4.60	19	29	10	20	460	1.00
4.80	19	29	10	20	480	1.00
5.00	19	29	10	20	500	1.00
5.20	19	29	10	20	520	1.00
5.40	19	29	10	20	540	1.00
5.60	19	29	10	20	560	1.00
5.80	19	29	10	20	580	1.00
6.00	19	29	10	20	600	1.00
6.20	19	29	10	20	620	1.00
6.40	19	29	10	20	640	1.00
6.60	19	29	10	20	660	1.00
6.80	19	29	10	20	680	1.00
7.00	19	29	10	20	700	1.00
7.20	33	43	10	20	720	1.00
7.40	33	43	10	20	740	1.00
7.60	33	43	10	20	760	1.00
7.80	33	43	10	20	780	1.00
8.00	33	43	10	20	800	1.00
8.20	33	43	10	20	820	1.00
8.40	33	43	10	20	840	1.00
8.60	33	43	10	20	860	1.00
8.80	33	43	10	20	880	1.00
9.00	44	54	10	20	900	1.00
9.20	44	54	10	20	920	1.00
9.40	44	54	10	20	940	1.00
9.60	44	54	10	20	960	1.00
9.80	44	54	10	20	980	1.00
10.00	44	54	10	20	1000	1.00
10.20	44	54	10	20	1020	1.00
10.40	44	54	10	20	1040	1.00
10.60	44	54	10	20	1060	1.00
10.80	44	54	10	20	1080	1.00
11.00	44	54	10	20	1100	1.00
11.20	44	54	10	20	1120	1.00
11.40	44	54	10	20	1140	1.00
11.60	44	54	10	20	1160	1.00
11.80	44	54	10	20	1180	1.00
12.00	44	54	10	20	1200	1.00
12.20	44	54	10	20	1220	1.00
12.40	44	54	10	20	1240	1.00
12.60	44	54	10	20	1260	1.00
12.80	90	105	15	30	1290	1.50
13.00	> 250					

Gambar 15 Sondir titik S-13

Sumber : Data sekunder, penyelidikan tanah (Sondir) Lokasi Mantos III titik S-13

Hasil dari penetrasi tiang dan kedalaman tertanam :

- Final (s) Penetrasi per pukulan
 $s = 1,3 \text{ cm} / 10 \text{ pukulan}$
 $= 0,13 \text{ cm} / \text{pukulan}$
- Kedalaman Pemancangan (L)
 $L = 8,25 \text{ m}$
 $= 825 \text{ cm}$

Hasil Perhitungan

Metode Statik

Tabel 6 Daya dukung tiang pada kedalaman 8,25m Metode Statik

No	Metode	Triaxial		SPT	Sondir
		$\square = 20,09^0$	Pengaruh Pemancangan		
$Q_u = Q_p + Q_s \text{ (ton)}$					
1	Meyerhof	38,757 5	74,1698	69,878 1	96,211 0
2	U.S.Arm y Corps	59,265 9	105,8989		
3	Briaud et al (1985)			124,98 99	
4	Schertma & Nottingha m				90,132 0

Perhitungan pada setiap kedalaman berdasarkan perubahan hambatan konus (DCPT) dan penetrasi tiang (SPT)

SPT
Metode Meyerhof

Tabel 7 Daya dukung tiang, Metode Meyerhof berdasarkan data SPT

Kedalaman (m)	SPT	Qb=Ab.f b (ton)	Qs=As.fs (ton)	Qu=Qb+Qs (ton)
1	4	32.0436	15.3831	47.4267
3	5	40.0544	19.2289	59.2834
5	6	48.0653	23.0747	71.1400
7	6	48.0653	23.0747	71.1400
9	6	48.0653	23.0747	71.1400
11	8	64.0871	30.7663	94.8534
13	17	136.1851	65.3784	201.5635
15	48	384.5227	184.5977	569.1204
17	51	408.5553	196.1351	604.6904
19	52	416.5662	199.9809	616.5471

Briaud et al (1985)

Tabel 8 Daya dukung tiang, Metode Briaud et al (1985) berdasarkan data SPT

Kedalaman (m)	SPT	Qb=Ab.fb (ton)	Qs=As.fs (ton)	Qu=Qb+Qs (ton)
1	4	64.9873	64.3873	129.3747
3	5	70.4233	68.6917	139.1150
5	6	75.2006	72.4214	147.6220
7	6	75.2006	72.4214	147.6220
9	6	75.2006	72.4214	147.6220
11	8	83.4064	78.7226	162.1290
13	17	109.4079	97.9565	207.3644
15	48	158.9768	132.3619	291.3387
17	51	162.4846	134.7096	297.1942
19	52	163.6244	135.4703	299.0947

DCPT

Meyerhof

Tabel 9 Daya dukung tiang, Metode Meyerhof berdasarkan data sondir

Kedalaman (m)	Hambatan konus qc	Tahanan ujung Qb=Ab.f b ton	Tahanan Samping Qs=ΣAs.qf ton	Daya Dukung (S13) Qu=Qb+Qs ton
0.2 - 2.8	90	17.6786	1.9800	19.6586
3.0 - 7.0	190	37.3214	8.2500	45.5714
7.2 - 8.8	330	64.8214	12.9171	77.7386
9.0 - 12.6	390	76.6071	24.5614	101.1686
12.6 - 12.8	450	88.3929	25.2686	113.6614

Schertmann dan Nottingham

Tabel 10 Daya dukung tiang, Metode Schertmann dan Nottingham berdasarkan data sondir

Kedalaman (m)	Hambatan konus qc	Tahanan ujung Qb=Ab.fb ton	Tahanan Samping Qs=ΣAs.fs ton	Daya Dukung Ultimate(S13) Qu=Qb+Qs ton
0.2 - 2.8	90	17.6786	4.7520	22.4306
3.0 - 7.0	190	37.3214	19.8000	57.1214
7.2 - 8.8	330	64.8214	31.0011	95.8226
9.0 - 12.6	390	76.6071	58.9474	135.5546
12.6 - 12.8	450	88.3929	60.6446	149.0374

Metode Calendring

Rumus Hiley pada kedalaman 8,25m, daya dukung tiang sebesar 272,8306 ton

Penurunan Tiang

Tabel 11 Penurunan tiang pada kedalaman 8,25m

No	Metode	Cara	Q (ton)	s (cm)	s (mm)
1	Meyerhof	□□= 20,09 (Triaxial)	38.7575	0.1562	1.5620
2	U.S. Army Corps	□□= 20,09 (Triaxial)	59.2659	0.2389	2.3886
3	Meyerhof	pengaruh pemancangan	74.1698	0.2989	2.9893
4	U.S. Army Corps	pengaruh pemancangan	105.8989	0.4268	4.2680
5	Meyerhof	SPT	69.8781	0.2816	2.8163
6	Briaud et al (1985)	SPT	124.9899	0.5037	5.0375
7	Meyerhof	DCPT	96.2110	0.3878	3.8776
8	Schertmann dan Nottingham	DCPT	90.1320	0.3633	3.6326
9	Hiley	Calendring	272.8306	1.0996	10.9959

PEMBAHASAN

Perbandingan Nilai Daya Dukung Metode Statik

Berdasarkan Data Triaxial

Tabel 12 Selisih nilai daya dukung berdasarkan data triaxial

No	Hasil	Metode		
		Meyerhof (ton)	U.S. Army Corps (ton)	Selisih (ton)
1.	Tahanan ujung	5,1275	15,3742	10,2467
2.	Tahanan Samping	33,6300	43,8917	10,2617
3.	Daya Dukung Ultitmit (total)	38,7575	59,2659	20,5084

Dari tabel diatas, selisih nilai daya dukung pada tahanan ujung dan samping sebesar 10 ton hal ini menunjukkan nilai dari kedua metode saling berdekatan.

Akibat Pengaruh Pemancangan

Tabel 13 Perubahan daya dukung akibat pengaruh pemancangan

No	Akibat Pengaruh Pemancangan	Metode		
		Meyerhof (ton)	U.S. Army Corps (ton)	Selisih (ton)
1.	Tahanan ujung	34,7511	36,8992	2,1481
2.	Tahanan Samping	39,4187	68,9997	29,581
3.	Ultimate (total)	74,1698	105,8989	31,7291

Dapat dilihat pengaruh perubahan sudut geser dalam akibat pemancangan dari setiap metode mengalami kenaikan. Semakin besar nilai sudut geser dalam semakin besar nilai daya dukung tiang.

Berdasarkan Data SPT

Tabel 14 Selisih nilai daya dukung berdasarkan data SPT

No	Hasil	Metode		
		Meyerhof (ton)	Briaud et al (ton)	Selisih (ton)
1.	Tahanan ujung	48,0653	75,2006	30,1353
2.	Tahanan Samping	21,8128	49,7893	27,9765
3.	Daya Dukung Ultitmit (total)	69,8781	124,9899	55,1118

Berdasarkan tabel 14 terlihat daya dukung tertinggi ada pada metode Briaud et al sedangkan daya dukung terendah ada pada metode Meyerhof.

Pada penggunaan data Triaxial nilai daya dukung tertinggi ada pada tahanan samping sedangkan untuk data SPT daya dukung tertinggi ada pada tahanan ujung

Berdasarkan Data DCPT

Tabel 15 Selisih nilai daya dukung berdasarkan data DCPT

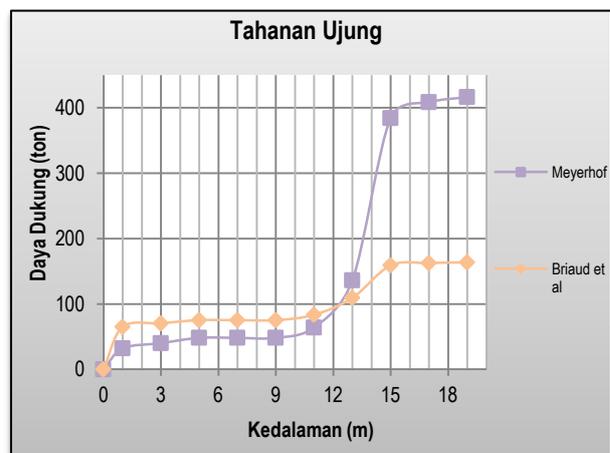
No	Hasil (ton)	Metode		
		Meyerhof	Schmertmaan & Nottingham	Selisih (ton)
1.	Tahanan ujung	84,7199	62,5534	22,1665
2.	Tahanan Samping	11,4911	27,5786	16,0875
3.	Daya Dukung Ultitmit (total)	96,2110	90,1320	6,079

Total perbedaan daya dukung ultimate sebesar 6 ton, hal ini membuktikan kedua metode ini nilai daya dukungnya berdekatan.

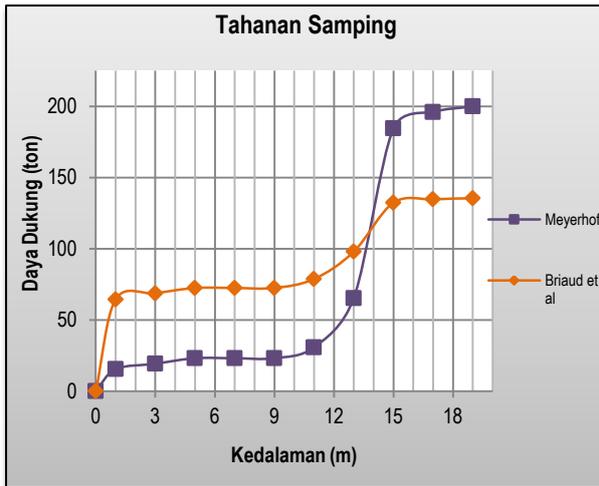
Dari keseluruhan nilai daya dukung, dapat diketahui daya dukung tertinggi terdapat pada metode briaud et al (SPT) sebesar 124,9899 ton sedangkan daya dukung terendah ada pada metode Meyerhof (triaxial) yaitu sebesar 38,7575 ton.

Perbandingan Nilai Daya Dukung pada Setiap Kedalaman

Data SPT

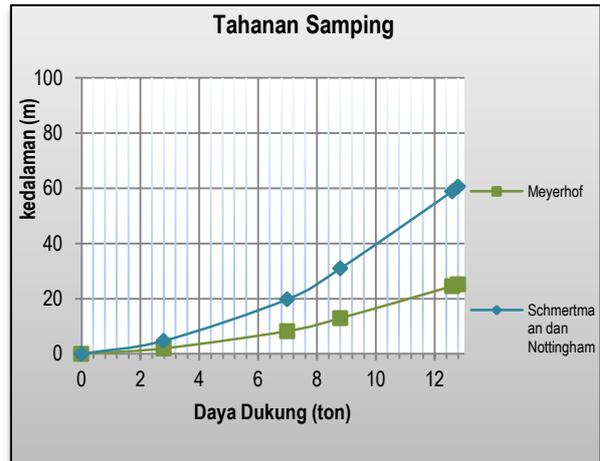


Gambar 17 Grafik Perbandingan tahanan ujung tiang pada setiap kedalaman metode Meyerhof dan Briaud et al berdasarkan data SPT

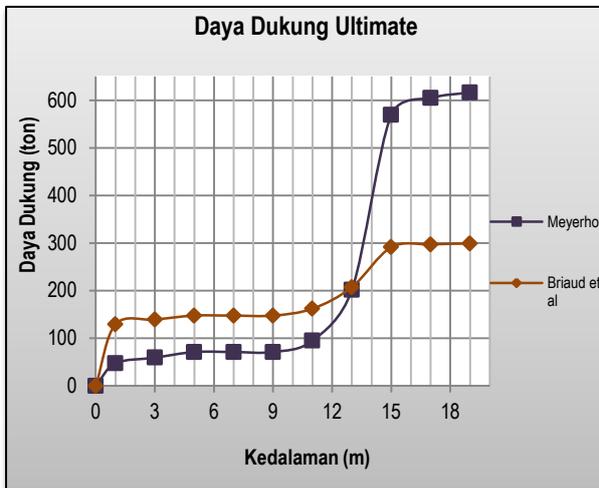


Gambar 18 Grafik Perbandingan tahanan samping tiang pada setiap kedalaman metode Meyerhof dan Briaud et al berdasarkan data SPT

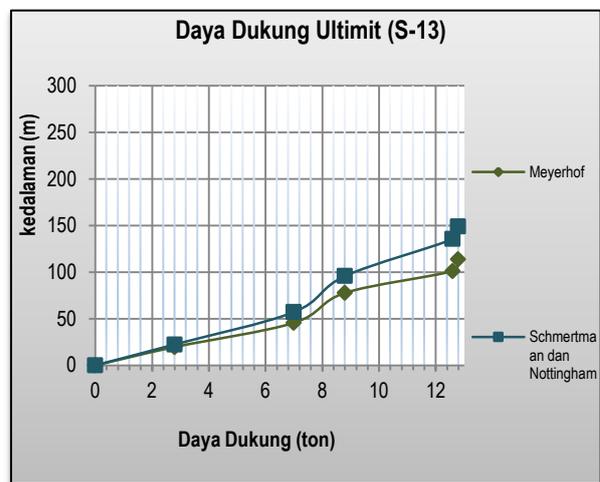
Data Sondir (CPT)



Gambar 20 Grafik Perbandingan tahanan samping tiang pada setiap kedalaman metode Meyerhof dan Schmertman & Nottingham berdasarkan data sondir



Gambar 19 Grafik Perbandingan daya dukung ultimate tiang metode Meyerhof dan Briaud et al berdasarkan data SPT



Gambar 21 Grafik Perbandingan daya dukung tiang pada setiap kedalaman metode Meyerhof dan Schmertman & Nottingham berdasarkan data sondir

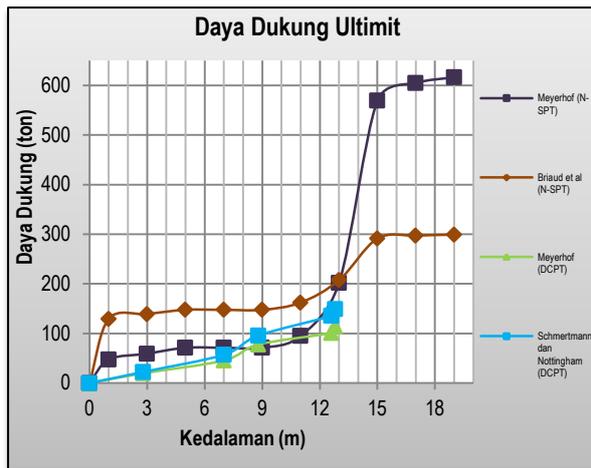
Adapun penjelasan dari ketiga tabel diatas sebagai berikut

- Grafik 17 untuk tahanan ujung tiang, dapat dilihat pertemuan antara kedua metode tersebut pada kedalaman 12,4 meter.
- Grafik 18 pertemuan dari kedua metode tersebut terletak pada kedalaman 13,8 meter.
- Grafik 19 pertemuan antara kedua metode tersebut terletak pada kedalaman 13 meter

Apabila tiang dihitung berdasarkan kedalaman penetrasi, maka asumsi tiang dapat digunakan pada kedalaman 13 meter sesuai dengan besar atau persinggungan nilai daya dukung ultimate tiang. Nilai ini dapat digunakan sebagai asumsi awal untuk kedalaman tiang, bila tiang dianggap menerima beban ≤ 200 ton.

Gambar 21 daya dukung tertinggi ada pada metode Schmertmann dan Nottingham. Besar nilai daya dukung metode Meyerhof sebesar 113.6614 ton sedangkan metode Schmertmann dan Nottingham sebesar 149.0374 ton. Pada grafik 21 kenaikan daya dukung seragam, nilai ini dikarenakan tahanan ujung tiang memiliki nilai yang sama antara kedua metode.

Nilai tahanan ujung yang sama, diakibatkan dari pengaruh faktor pengali khususnya nilai α dan β pada metode sama dengan 1. Hal ini yang mengakibatkan kedua metode nilai tahanan ujungnya sama.



Gambar 22 Grafik Perbandingan daya dukung ultimate tiang perkedalaman cara SPT dan DCPT

Perbandingan daya dukung ultimate perkedalaman antara cara Standard penetration test dan Dutch cone penetrometer test dapat dilihat pada grafik 22. Kedalaman SPT kisaran 0-19 meter sedangkan kedalaman sondir 0-12,8 meter. Gambar 22 menunjukkan persilangan antara beberapa metode, pertemuan terjadi pada kedalaman 7,6 m, 8,2 m, 11 m, 12 m, dan 13 m. Adapun penjelasan lebih mendetail sbb :

- Pada kedalaman 7,6 m dan 12 m terdapat kesamaan serta persilangan grafik nilai daya dukung antara Meyerhof (SPT) dan Schmertmann & Nottingham,
- Kedalaman 8,2 m dan 11 m terdapat persilangan antara metode Meyerhof (SPT) dan Meyerhof (DCPT),
- Kedalaman 13 m terjadi persilangan antara metode Meyerhof (SPT) dan Briaud et al (SPT)

Faktor Perbedaan Nilai Daya Dukung antara cara Statik dan Calendring

Perbedaan nilai antara metode statik diakibatkan beberapa faktor antara lain sbb :

- Kelemahan proses calendring adalah tiang terhenti bisa diakibatkan hantaman tiang terhadap benda tumpul seperti batu, dsb. Pengujian ini dapat menghindari kepala tiang agar tidak pecah
- Calendring hanya diperuntukkan untuk proses kontrol pemancangan dilapangan,
- Daya dukung dengan rumus Hiley dianjurkan menggunakan faktor keamanan sebesar 4,

Pengujian calendring tidak bisa dikorelasikan dengan metode statik dikarenakan terdapat perbedaan hasil daya dukung antara metode-metode tersebut. Kelemahan data tersebut

diakibatkan data kalendring hanya terdapat disisi parkir manado town square III. Adapun indikasi lain sbb:

- Jarak dapat memengaruhi parameter tanah, sehingga perlu dilakukan uji pada titik yang sama untuk memperoleh kesamaan daya dukung,
- Tanah timbunan belum mengalami kesatuan organik. Hal ini dapat menimbulkan perbedaan nilai parameter tanah,

Perlu penelitian lanjutan apakah tanah pada lokasi penelitian mengalami perkuatan tanah atau tidak.

Besar penurunan Tiang

Bila struktur ditinjau berdasarkan faktor penurunannya, maka struktur dapat dikategorikan sebagai :

- Framed structure, continuous (kondisi desain struktur menerus)
- Framed Structure with diagonals (Bentuk struktur diagonal)
- Reinforced concrete structure (Struktur beton bertulang)
- Brick walls, one story (Dinding bata, satu tingkat/rendah)
- Brick walls, high story (Dinding bata,tingkat)
- Cracking of panels walls (Retak panel dinding)
- Cracking of plaster (retak plester)
- Machine operation, Noncritical

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, ada beberapa hal yang disimpulkan berdasarkan tujuan penelitian. Adapun kesimpulan yang diperoleh dapat dijabarkan sbb:

1. Akibat pemancangan dapat mempengaruhi nilai daya dukung tiang. Pada metode Meyerhof daya dukung mengalami kenaikan dari 38,76 ton menjadi 74,17 ton sedangkan metode U.S. Army Corps daya dukung berubah, semula 59,27 ton menjadi 105,90 ton,
2. Penurunan nilai daya dukung tiang terjadi pada sondir titik S1 sampai S9 kedalaman 8,0-8,8 m. Hal ini diakibatkan penurunan hambatan konus pada kedalaman tersebut, sedangkan untuk titik sondir S10 sampai S14 nilai daya dukung mengalami kenaikan yang linear disetiap kedalaman,

3. Daya dukung tertinggi dengan menggunakan data SPT terdapat pada metode Briaud et al (1985) yaitu sebesar 124,99 ton sedangkan metode Meyerhof sebesar 69,90 ton,
4. Penggunaan data sondir dalam mencari nilai daya dukung disetiap metode hasilnya berbeda-beda, pada metode Meyerhof nilai daya dukungnya sebesar 96,21 ton sedangkan Schmertmann & Nottingham sebesar 90,13 ton. Selisih kedua metode tersebut ≤ 6 ton di kedalaman 8,25 m,
5. Daya dukung tertinggi terdapat pada uji calendring dengan metode hiley sebesar 272,83 ton (dengan kapasitas hammer 3,5 ton, tinggi pemukul jatuh 1,4 m dan besar penetrasi 1,3 cm/ 10 pukulan),
6. Besar penurunan tertinggi terdapat pada metode hiley yaitu 1,01 cm = 0,40 inch dengan daya dukung sebesar 272,83 ton,
7. Struktur dapat dikategorikan sebagai Reinforced concrete structure, Brick walls high story, Machine operation dengan batas penurunan maksimum antara 1-3 inch.

Saran

Teknologi yang berkembang cukup pesat terutama dalam bidang teknik sipil, dalam mencari parameter tanah sudah tersedia alat digital. Hal ini dapat membuat cara kerja dalam penyelidikan tanah lebih praktis.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B.M. 1984., Principles Of Foundation Engineering. Pws Publishers, Boston.
- Hardiyatmo, H.C., 2010a. Mekanika Tanah I. Edisi Kelima. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Hardiyatmo, H.C., 2010b. Mekanika Tanah II. Edisi Kelima. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Hardiyatmo, H.C., 2011. Fondasi II. Edisi Kelima. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Simatupang, P.T., 2004. Modul Rekayasa Pondasi II. Kesatu. Jakarta: Universitas Mercubuana.