

Analisa Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Tiang Pancang pada Rencana Pembangunan Komplek Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi

¹Danipra Setiyo, ²Suhendra, ³M. Nuklirullah

¹Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari, Jambi

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari, Jambi

e-mail: suhendra_domas@yahoo.com

Abstrak. Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis dari pondasi dalam yang umum digunakan, yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam didalam tanah. Daya dukung pondasi tiang pancang dipengaruhi oleh daya dukung ujung tiang dan daya dukung selimut tiang. Studi analisa daya dukung tanah untuk pondasi tiang pancang dilaksanakan pada proyek pembangunan komplek pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi di kawasan kota baru terpadu Citra Raya City, Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi. Tujuan dari studi ini adalah menghitung daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dan penurunannya. Metode-metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Aoki dan De Alencar dan metode Langsung berdasarkan data hasil uji sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)*, metode Meyerhoff berdasarkan data hasil *Standar Penetration Test (SPT)* dan metode Alpha (α), metode Lambda (λ) dan metode Beta (β) berdasarkan data hasil uji laboratorium. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dari masing-masing metode dibandingkan. Hasil analisis perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang pada enam titik sondir yang ditinjau di kedalaman 10 meter menunjukkan bahwa daya dukung tiang tunggal yang terendah pada titik S 06 berdasarkan metode Aoki dan De Alencar adalah $Q_u = 88,84$ ton dengan $Q_a = 35,54$ ton dan penurunannya 33,08 mm, berdasarkan metode Langsung daya dukung tiang tunggal yang terendah pada titik S 05 yaitu $Q_u = 365,34$ ton dengan $Q_a = 84,87$ ton dan penurunannya 44,26 mm, berdasarkan metode Meyerhoff dengan data SPT yang terendah pada titik BH 02 yaitu $Q_u = 62,70$ ton dengan $Q_a = 38,96$ ton dan penurunannya 19,11 mm, berdasarkan metode Alpha (α) dengan data hasil uji laboratorium nilai yang terendah pada titik BH 01 yaitu $Q_u = 83,38$ ton dengan $Q_a = 27,79$ ton dan penurunannya 38,42 mm, berdasarkan metode Lambda (λ) nilai daya dukung yang terendah pada titik BH 01 yaitu $Q_u = 71,10$ ton dengan $Q_a = 23,70$ ton dan penurunannya 38,42 mm dan berdasarkan metode Beta (β) daya dukung yang terendah pada titik BH 01 yaitu $Q_u = 29,33$ ton dengan $Q_a = 9,78$ ton dan penurunannya 38,42 mm.

Kata kunci : Daya dukung tanah; Pondasi tiang pancang; Penurunan tiang tunggal.

PENDAHULUAN

Memasuki era globalisasi, dunia pendidikan di Indonesia terus berkembang. Sekolah Islam Al Azhar 57 Jambi yang berada dibawah naungan Yayasan Pesantren Islam Al Azhar Jakarta bekerjasama dengan Yayasan Muslim Jambi merupakan cabang yang ke 57 dari 185 sekolah Al Azhar yang tersebar di seluruh kota pada 18 Provinsi di Indonesia. Dengan tujuan untuk mewujudkan syiar pendidikan Islam yang bermutu di tanah air.

Salah satu aspek penting dalam perencanaan gedung Sekolah Islam Al Azhar 57 Jambi adalah kekuatan struktur dan jenis pondasi. Perhitungan kekuatan struktur pondasi salah satunya ditentukan oleh daya dukung tanah. Guna mengetahui kondisi daya dukung tanah telah dilakukan penyelidikan tanah menggunakan alat sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* sebanyak 6 titik oleh Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari pada April 2018. Pada Oktober 2018 juga dilakukan pekerjaan *Deep Boring* sebanyak 4 titik serta pengujian *SPT (Standard Penetration Test)* sekaligus pengambilan sample tanah tak terganggu dan uji laboratorium terhadap sample tanah yang dikerjakan PT. Bahana Tehnik Raya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil perhitungan kapasitas daya dukung pondasi dari data sondir, hasil uji SPT dan hasil uji laboratorium menggunakan beberapa metode serta menghitung penurunan tiang tunggal dengan variasi kedalaman. Sehingga diperoleh daya dukung pondasi tiang pancang yang paling aman.

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya (Sardjono H. S., 1988).

Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang pancang adalah untuk memindahkan atau mentransfer beban-beban dari konstruksi di atasnya (super struktur) ke lapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam. Dalam pelaksanaan pemancangan pada umumnya dipancangan tegak lurus dalam tanah, tetapi ada juga dipancangan miring (*battle pile*) untuk dapat menahan gaya-gaya horizontal yang bekerja. Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang tergantung dari alat yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya (J. E. Bowles, 1992).

Untuk mendistribusikan beban-beban dari konstruksi di atasnya dapat dilakukan dengan menggunakan gesekan antara tiang dan tanah (tiang pancang apung) maupun dengan tahanan ujung dari tiang tersebut. sehingga distribusi beban pada tiang pancang merupakan kombinasi dari tahanan samping (selimut tiang) dan tahanan ujung.

Daya dukung tanah (Q) atau *bearing capacity* adalah kemampuan tanah memikul tekanan, atau tekanan maksimum yang diijinkan yang bekerja pada tanah di atas pondasi (A. Pamungkas dan E. Harianti, 2013).

Kapasitas dukung ultimit (*ultimite bearing capacity*) (q_u) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan (H. C. Hardiyatmo, 2011). Penentuan daya dukung pondasi tiang pancang dengan cara statis dilakukan dengan menggunakan beberapa formula berdasarkan hasil sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)*, hasil uji penetrasi lapangan dengan *Standart Penetration Test (SPT)*, dan hasil uji laboratorium berupa parameter kuat geser tanah.

Menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang

1. Menggunakan data Sondir

Dari data pengujian sondir (*CPT*) dapat dipergunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang pancang dan diklasifikasikan atas beberapa formula diantaranya:

a. Metode Aoki dan De Alencar (1975)

Daya dukung ujung persatuan luas (q_b):

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \dots\dots\dots(1)$$

Kapasitas dukung ujung tiang (Q_b):

$$Q_b = q_b \times A_p \dots\dots\dots(2)$$

Tahanan kulit persatuan luas (F):

$$F = q_c(side) \frac{\alpha_s}{F_s} \dots\dots\dots(3)$$

Kapasitas dukung kulit (Q_s):

$$Q_s = F \times A_s \dots\dots\dots(4)$$

Kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u):

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots(5)$$

Kapasitas ijin pondasi tiang (Q_a):

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

$q_{ca}(base)$ = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang

F_b = Faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tiang

A_p = Luas penampang tiang

$q_{ca}(side)$ = Perlawanan konus rata-rata pada masing-masing lapisan sepanjang tiang

F_s = Faktor empirik tahanan kulit tiang yang tergantung pada tipe tiang

Faktor F_b dan F_s diberikan pada Tabel 1. dan nilai-nilai faktor empirik α_s diberikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Faktor empirik F_b dan F_s

Tipe tiang pancang	F_b	F_s
Tiang bor	3,50	7,00
Baja	1,75	3,50
Beton pratekan	1,75	3,50

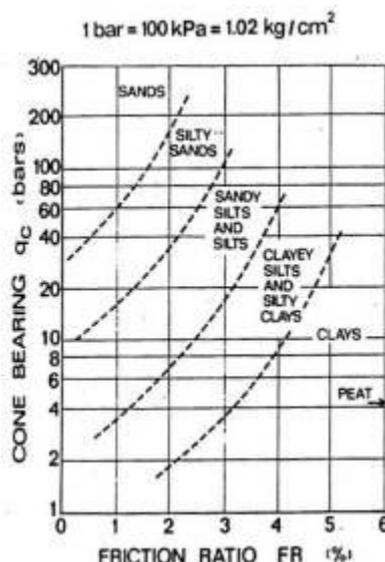
Sumber: Titi & Farsakh, 1999

Tabel 2. Nilai faktor empirik untuk tipe tanah

Tipe tanah	α_s (%)	Tipe tanah	α_s (%)	Tipe tanah	α_s (%)
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

Sumber: Titi & Farsakh, 1999

Pada umumnya nilai α_s untuk pasir = 1,4 persen, nilai α_s untuk lanau = 3,0 persen dan nilai α_s untuk lempung = 1,4 persen. Perbandingan (rasio) antara tahanan gesek dan tahanan konus, *Friction Ratio* (F_R) dapat digunakan untuk memprediksi jenis atau tipe tanah. seperti terlihat pada Gambar 1. [Robertson and Campanella (1983)].



Gambar 1. Jenis tanah berdasarkan pengujian CPT

Sumber: Robertson and Campanella, 1983

b. Metode Langsung

Kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal (Q_u):

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times p \dots\dots\dots (7)$$

$$\rightarrow Q_b = q_c \times A_p$$

$$\rightarrow Q_s = JHL \times p$$

Kapasitas ijin pondasi tiang (Q_a):

$$Q_a = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times p}{5} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

q_c = Perlawanan penetrasi konus pada kedalaman yang ditinjau

Dapat digunakan faktor koreksi Meyerhoff:

$q_c 1$ = Rata-rata q_c 8D diatas ujung tiang

$q_c 2$ = Rata-rata q_c 4D diatas ujung tiang

A_p = Luas penampang tiang

JHL = Jumlah hambatan lekat

p = Keliling tiang

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang

5 = Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang

2. Menggunakan data SPT

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang per lapisan menggunakan data uji SPT dengan Metode Meyerhoff:

Daya dukung ujung tiang pada tanah kohesif plastis (Q_p):

$$Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A_p \dots\dots\dots (9)$$

$$c_u = N-SPT \cdot 2/3 \cdot 10 \dots\dots\dots (10)$$

Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif plastis (Q_s):

$$Q_s = \alpha \cdot c_u \cdot p \cdot L_i \dots\dots\dots (11)$$

Kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u):

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (12)$$

Kapasitas ijin pondasi tiang (Q_a):

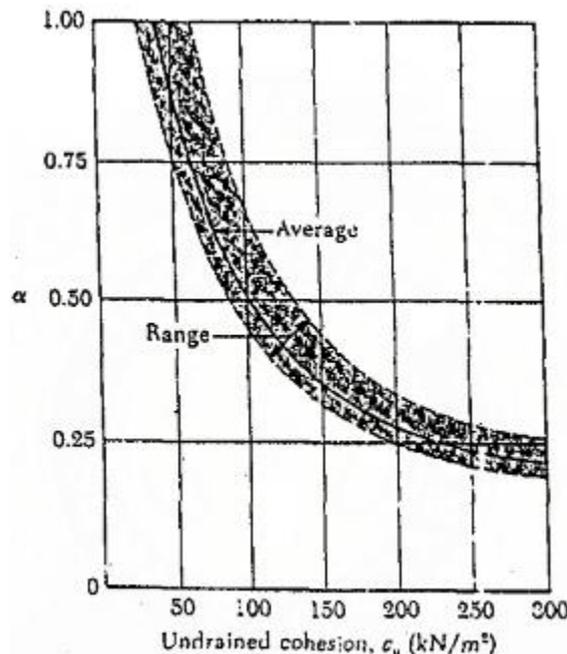
$$Q_a = \frac{Q_p}{3} + \frac{Q_s}{1,5} \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

c_u = Kohesi *Undrained*

A_p = Luas penampang tiang

α = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang, yang diperoleh dari grafik korelasi α dan c_u (didapat dari Gambar 2.)



Gambar 2. Hubungan antara faktor Adhesi (α) dan kohesi *Undrained* (c_u)

Sumber: Meyerhoff, 1976

p = Keliling tiang

L_i = Panjang lapisan tanah

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang

1,5 = Faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang

3. Menggunakan data Uji Laboratorium

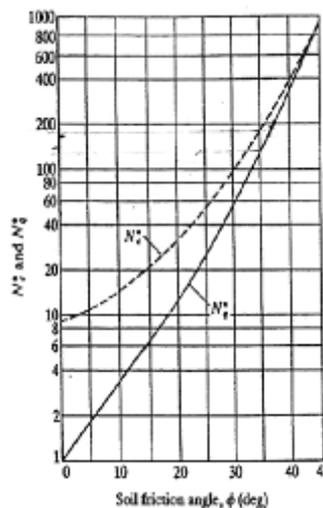
Berdasarkan hasil pemeriksaan tanah melalui beberapa percobaan akan didapatkan nilai berat isi tanah (γ), nilai kohesif tanah (c) serta nilai sudut geser tanah (ϕ). Kapasitas titik akhir dari sebuah tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan data uji laboratorium maupun data uji penetrasi. Jika data uji laboratorium (atau ekivalennya yang diambil dari pengujian penetrasi) digunakan, maka kapasitas maksimum tahanan ujung dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{pu} = A_p \cdot (C \cdot N_c + \eta \cdot \bar{q} \cdot N_q) \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

- P_{pu} = Kapasitas ultimit tahanan ujung tiang
- A_p = Luas penampang tiang pancang
- C = Kohesi tanah
- N_c = Faktor kapasitas daya dukung, tergantung pada sudut geser tanah (ϕ)
- N_q = Faktor kapasitas daya dukung, tergantung pada harga $L/B > 1$ dan bergantung pada sudut geser tanah (ϕ)
- \bar{q} = Tegangan vertikal efektif pada titik tiang pancang, $\bar{q} = \gamma \cdot Z$
- Z = Kedalaman yang ditinjau
- η = 1 untuk semua kecuali faktor-faktor Vesic (1975) dimana $\eta = \frac{1+2K_0}{3}$
- K_0 = Koefisien tanah dalam keadaan diam, $K_0 = (1-\sin \phi') \sqrt{OCR}$

Faktor-faktor kapasitas daya dukung (N_c dan N_q) dapat ditentukan berdasarkan grafik daya dukung tanah sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik daya dukung tanah Meyerhoff
 Sumber: Meyerhoff, 1976

Daya dukung gesekan (selimut tiang) atau tahanan kulit tiang dapat dihitung dengan beberapa formula diantaranya:

a. Metode α

Metode α diusulkan oleh Tomlinson (1971) dan pada dasarnya tahanan kulit (f_s) dihitung sebagai berikut:

$$f_s = \alpha c + \bar{q} K \tan \delta \dots\dots\dots(15)$$

Dimana:

- α = Koefisien dari Tabel 3.
- c = Kohesi rata-rata (atau s_u) untuk lapisan tanah yang diperlukan
- K = Koefisien tekanan tanah lateral pada tiang
- δ = Sudut gesekan efektif antara tanah dan bahan tiang pancang.

Tabel 3. Nilai-nilai Faktor Adhesi untuk Tiang Pancang yang dipancang ke dalam Tanah Kohesif Kaku (Stiff Cohesive Soil) dan Tanah Kohesif sangat Kaku untuk Perencanaan [Menurut Tomlinson (1971)]

Kasus	Kondisi tanah	Perbandingan Penetrasi	Faktor Adhesi, α
1	Pasir atau kerikil berpasir yang terletak di atas tanah kohesif mulai dari yang kekuatan sampai dengan yang sangat kaku	< 20 > 20	1,25
2	Lempung lembek atas lumpur yang terletak di atas tanah kohesif mulai dari yang keras sampai dengan yang sangat keras	$8 < PR \leq 20$ > 20	0,40
3	Tanah-tanah kohesif dari yang keras sampai dengan yang sangat keras tanpa lapisan di atasnya	$8 < PR \leq 20$ > 20	0,40

Sumber: J. E. Bowles, 1992

b. Metode λ

Vijay vergiya dan Focht (1972) memberikan suatu metode untuk mendapatkan tahanan kulit (f_s) dari suatu tiang pancang di dalam lempung, sebagai berikut:

$$f_s = \lambda (\bar{q} + 2s_u) \dots\dots\dots(16)$$

Dimana:

λ = Koefisien lekatan terhadap kedalaman, dapat diperoleh dari Gambar 4.

s_u = Kuat geser undrained dari tanah

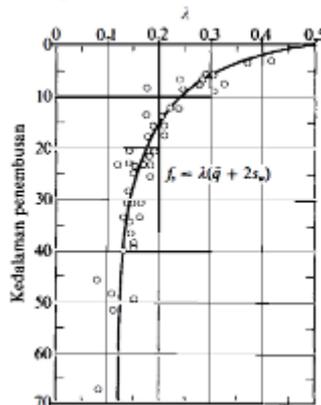
c. Metode β

Metode ini diusulkan oleh Burland (1973) dan tahanan kulit (f_s) dihitung sebagai berikut:

$$f_s = K \bar{q} \tan \delta \dots\dots\dots(17)$$

Dimana:

\bar{q} , δ = Harga-harga yang ditentukan dalam persamaan sebelumnya



Gambar 4. Grafik hubungan harga λ dengan kedalaman

Sumber: J. E. Bowles, 1992

Kapasitas dukung ultimit tiang (Q_{ult}) diperoleh dari daya dukung tahanan ujung (P_{pu}) dijumlahkan dengan daya dukung gesekan (selimut tiang) atau tahanan kulit tiang (P_u) yang dijelaskan dari persamaan berikut:

$$Q_{ult} = P_{pu} + P_u \dots\dots\dots(18)$$

$$P_u = \sum P_{si} \dots\dots\dots(19)$$

$$P_{si} = (\pi D \cdot Z) \cdot f_s \dots\dots\dots(20)$$

Dimana:

π = Konstanta: 3,14

D = Diameter tiang pancang

Z = Kedalaman yang ditinjau

Kapasitas ijin pondasi tiang (Q_{ijin}):

$$Q_{ijin} = \frac{Q_{ult}}{3} \dots\dots\dots(21)$$

Dimana:

3 = Faktor keamanan untuk daya dukung tiang

Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

Metode yang digunakan untuk perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal yaitu metode Poulos dan Davis (1980).

1. Untuk tiang apung (*floating pile*)

$$S = \frac{Ql}{E_s d} \dots\dots\dots(22)$$

$$I = I_o R_k R_h R_\mu \dots\dots\dots(23)$$

Dimana:

S = Penurunan tiang

Q = Beban yang bekerja

I_o = Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (*incompressible*) dalam massa semi tak terhingga (Gambar 5.)

R_k = Faktor koreksi kemudah-mampatan (kompresibilitas) tiang untuk $\mu = 0,5$ (Gambar 6.)

R_h = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras (Gambar 7.)

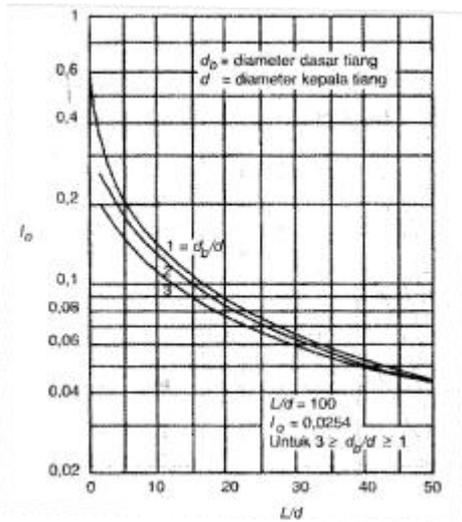
R_μ = Faktor koreksi angka Poisson μ (Gambar 8.)

h = Kedalaman total lapisan tanah dari ujung tiang ke muka tanah

E_s = Modulus elastisitas tanah disekitar tiang

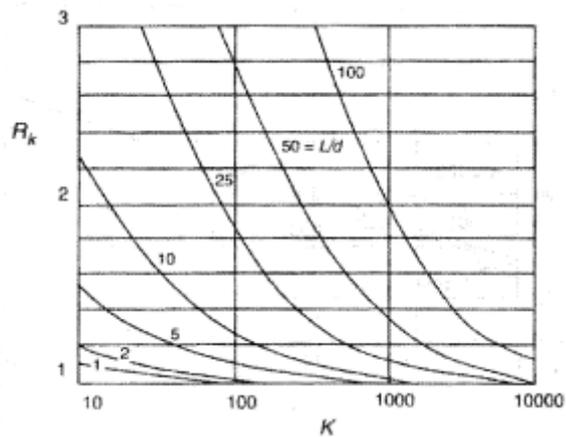
d = Diameter Tiang

Terlihat pada Gambar 5. bahwa penurunan tiang berkurang jika panjang tiang bertambah.



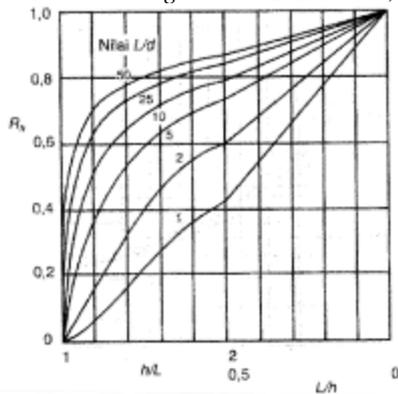
Gambar 5. Faktor penurunan I_o

Sumber: A. Pamungkas dan E. Harianti, 2013



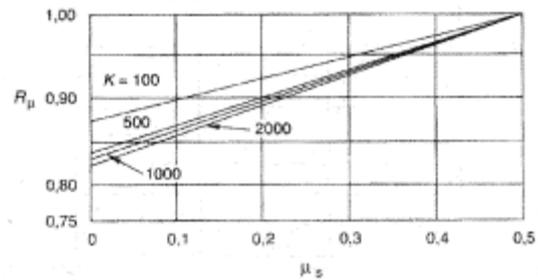
Gambar 6. Koreksi kompresi, R_k

Sumber: A. Pamungkas dan E. Harianti, 2013



Gambar 7. Koreksi kedalaman, R_h

Sumber: A. Pamungkas dan E. Harianti, 2013



Gambar 8. Koreksi angka Poisson, R_μ

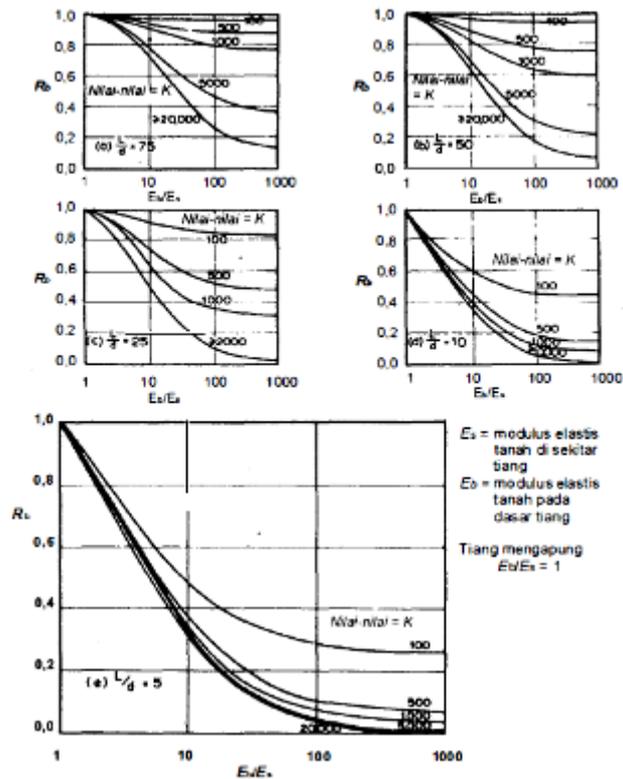
Sumber: A. Pamungkas dan E. Harianti, 2013

2. Untuk tiang dukung ujung

$$S = \frac{Ql}{E_s d} \dots\dots\dots (24)$$

$$I = I_o R_k R_b R_\mu \dots\dots\dots (25)$$

Nilai-nilai koefisien dapat diambil dari Gambar 5. sampai 9. dengan R_b = faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung (Gambar 9.).



Gambar 9. Koreksi kekakuan lapisan pendukung, R_b
 Sumber: H. C. Hardiyatmo, 2008

Pengaruh kekerasan tanah pendukung di dasar tiang adalah mengurangi penurunan. Pengaruh ini menjadi lebih jelas bila tiang relatif pendek (tiang kaku) terletak pada lapisan pendukung yang keras. Pada Gambar 6., 8. dan 9., K adalah suatu ukuran kompresibilitas relatif dari tiang dan tanah yang dinyatakan oleh persamaan:

$$K = \frac{E_p R_A}{E_s} = \text{Faktor kekakuan tiang} \dots\dots\dots(26)$$

$$R_A = \frac{A_p}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \text{Rasio area tiang} \dots\dots\dots(27)$$

E_p dan E_s beturut-turut adalah modulus elastis bahan tiang dan tanah, A_p adalah luas penampang tiang. Jika tiang makin kompresibel, maka K semakin kecil.

Perkiraan angka Poisson (μ) dapat dilihat pada Tabel 2.7, Terzaghi menyarankan nilai $\mu = 0,3$ untuk tanah pasir, dan $\mu = 0,4$ sampai $0,43$ untuk tanah lempung. Umumnya banyak digunakan $\mu = 0,3$ sampai $0,35$ untuk tanah pasir dan $\mu = 0,4$ sampai $0,5$ untuk tanah lempung.

Tabel 4. Perkiraan angka Poisson (μ)

Macam tanah	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 padat	0,2 – 0,4
Pasir kasar	0,15
Pasir halus	0,25
Batu (tergantung dari tipenya)	0,1 – 0,4
Loess	0,1 – 0,3

Sumber: H. C. Hardiyatmo, 1996

Untuk menentukan nilai modulus elastisitas tanah (E_s), Bowles (1977), memberikan persamaan yang dihasilkan dari pengumpulan data pengujian kerucut statis (sondir), sebagai berikut:

$$E_s = 3q_c \quad (\text{untuk pasir}) \dots \dots \dots (28a)$$

$$E_s = 2 \text{ sampai } 8q_c \quad (\text{untuk lempung}) \dots \dots (28b)$$

dengan q_c dalam kg/cm^2

3. Penurunan yang diizinkan

Syarat perbandingan penurunan yang aman disajikan pada persamaan (29) (Parinduri dan Iskandar, 2014).

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10\%.D \dots \dots \dots (29)$$

Dimana:

D = Diameter tiang

METODE PENELITIAN

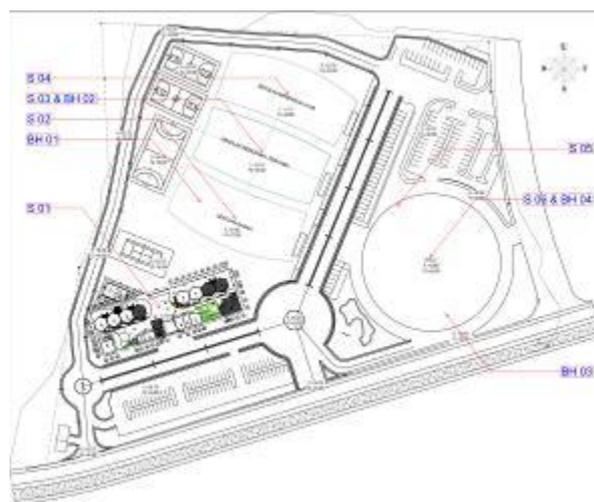
Data Umum

Rencana Pembangunan Komplek Pendidikan Islam Al Azhar 57 Jambi berada di kawasan kota baru terpadu Citra Raya City, Desa Mendalo Darat, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi Provinsi Jambi.

Data Teknis

Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder, yaitu data tanah dan spesifikasi tiang pancang yang diperoleh dari pihak PT. A&Art Partner selaku kontraktor. Adapun detail data tanah yang diperoleh sebagai berikut:

1. Data hasil uji sondir atau *Cone Penetration Test (CPT)* yang dikerjakan oleh Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
2. Data hasil uji penetrasi standar (*SPT*) dan hasil uji laboratorium yang dikerjakan oleh PT. Bahana Tehnik Raya.



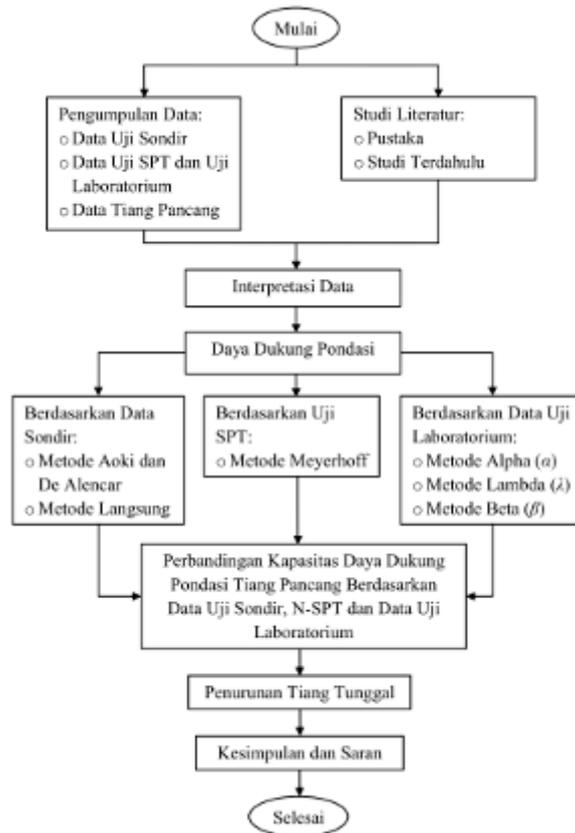
Gambar 10. Layout Pengambilan Sample

Sumber: PT. A&Art Partner, 2019

Sedangkan detail spesifikasi tiang pancang yang diperoleh sebagai berikut:

1. Material tiang pancang : Tiang beton pracetak (*precast pile*)
2. Penampang tiang : Segi empat 450 x 450 mm
3. Mutu *Pc Strand/Pc Wire* : *ASTM Grade 270, JIS G 3536*
4. Mutu Beton : K-350
5. Mutu Baja : BJTD-40/U-39

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. berikut ini.



Gambar 11. Diagram alir pelaksanaan penelitian
 Sumber: PT. A&Art Partner, 2019

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data hasil sondir

Berikut disajikan rekapitulasi data hasil uji sondir dalam Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Sondir

No. Titik	Q_c (kg/cm ²)	JHL (kg/cm)	Kedalaman (m)	Muka Air Tanah (m)
S 01	150	1642	-10,8	--
S 02	150	2808	-12,6	--
S 03	150	2168	-12,8	--
S 04	150	1946	-12,2	--
S 05	150	2478	-12,2	--
S 06	150	3204	-13,6	--

Sumber: Laboratorium F.T. Universitas Batanghari, 2018

Daya dukung pondasi tiang pancang dihitung menggunakan Metode Aoki dan De Alencar dan Metode Langsung.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi dengan Metode Aoki dan De Alencar

Titik		Kedalaman (m)					
		5	6	7	8	9	10
S 01	Q_u	59,91	69,71	92,11	155,98	161,43	227,57
	Q_a	23,97	27,88	36,84	62,39	64,57	91,03
S 02	Q_u	51,30	73,03	90,64	110,55	125,10	175,20
	Q_a	20,52	29,21	36,26	44,22	50,04	70,08
S 03	Q_u	86,96	101,94	123,47	151,65	169,96	182,49
	Q_a	34,78	40,77	49,39	60,66	67,98	73,00
S 04	Q_u	80,36	92,31	104,76	123,04	146,31	174,21
	Q_a	32,14	36,93	41,90	49,22	58,53	69,69

S 05	Q_u	7,82	13,15	30,75	71,78	88,79	97,44
	Q_a	3,13	5,26	12,30	28,71	35,52	38,98
S 06	Q_u	15,69	29,56	61,29	65,44	88,89	88,84
	Q_a	6,27	11,82	24,51	26,18	35,56	35,54

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Langsung (Ton)

Titik			Kedalaman (m)					
			5	6	7	8	9	10
S 01	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)	Q_u	181,12	220,26	269,54	326,73	393,29	457,71
		Q_a	44,82	55,23	68,05	82,46	100,81	118,44
S 02	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)	Q_u	301,84	336,06	384,55	422,86	460,54	540,04
		Q_a	69,41	77,70	89,83	99,14	109,06	126,93
S 03	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)	Q_u	292,64	345,17	401,31	438,86	474,64	507,70
		Q_a	70,91	84,19	98,78	108,56	118,23	126,85
S 04	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)	Q_u	236,62	275,66	309,53	343,21	380,86	432,49
		Q_a	58,81	68,61	77,11	85,51	95,18	109,17
S 05	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)	Q_u	152,25	187,86	241,48	288,07	322,09	365,34
		Q_a	32,17	40,30	53,28	64,97	73,91	84,87
S 06	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)	Q_u	188,42	227,24	270,23	322,28	377,01	442,48
		Q_a	40,73	49,49	59,36	71,23	83,00	97,86

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data hasil SPT

Pada titik BH 01, BH 02, BH 03 dan BH 04.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Meyerhoff

Depth (m)	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)							
	BH 01		BH 02		BH 03		BH 04	
	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
2,0	21,69	12,03	14,46	8,02	14,46	8,02	24,30	13,36
4,0	32,48	19,63	31,29	18,43	20,45	12,42	33,87	20,55
6,0	48,09	29,63	34,85	22,02	38,49	23,23	55,58	33,41
8,0	62,49	39,23	42,05	26,82	63,64	37,56	77,08	46,52
10,0	81,05	50,79	62,70	38,96	74,90	46,70	92,17	57,39

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data hasil Uji Laboratorium

Perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan data hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah tak terganggu UDS1, UDS2 dan UDS3 pada tiap-tiap titik BH 01, BH 02, BH 03 dan BH 04.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Alpha (α)

Depth (m)	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)							
	BH 01		BH 02		BH 03		BH 04	
	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a
5,0	42,96	14,32	52,50	17,50	56,24	18,75	49,84	16,61
6,0	51,92	17,31	62,44	20,81	67,22	22,41	59,56	19,85
7,0	61,18	20,39	63,05	21,02	78,54	26,18	66,60	22,20
8,0	70,75	23,58	72,44	24,15	90,22	30,07	77,99	26,00
9,0	80,62	26,87	82,14	27,38	102,25	34,08	88,14	29,38
10,0	83,38	27,79	92,15	30,72	114,54	38,18	98,40	32,80

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Lambda (λ)

Depth (m)	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)							
	BH 01		BH 02		BH 03		BH 04	
	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a
5,0	38,53	12,84	49,44	16,48	48,21	16,07	46,05	15,35
6,0	46,30	15,43	57,87	19,29	57,07	19,02	54,05	18,02
7,0	54,73	18,24	57,71	19,24	66,61	22,20	57,22	19,07
8,0	62,36	20,79	65,28	21,76	75,25	25,08	63,82	21,27
9,0	70,54	23,51	73,37	24,46	84,44	28,15	69,29	23,10
10,0	71,10	23,70	81,98	27,33	94,04	31,35	74,96	24,99

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

Tabel 11. Rekap Hasil Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Beta (β)

Depth (m)	Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang (ton)							
	BH 01		BH 02		BH 03		BH 04	
	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a	Q_u	Q_a
5,0	18,93	6,31	31,30	10,43	30,10	10,03	25,82	8,61
6,0	21,89	7,30	35,94	11,98	34,01	11,34	29,54	9,85
7,0	25,15	8,38	31,08	10,36	38,27	12,76	27,92	9,31
8,0	28,71	9,57	35,00	11,67	42,89	14,30	30,66	10,22
9,0	32,58	10,86	39,22	13,07	47,85	15,95	32,15	10,72
10,0	29,33	9,78	43,75	14,58	53,07	17,69	33,76	11,25

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

Hasil perhitungan kapasitas daya dukung di atas adalah nilai ultimit. Daya dukung ijin pondasi tiang pancang yang dianggap rendah dari beberapa metode tersebut dibandingkan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Terkecil (Terendah) Perhitungan Daya Dukung Ijin Tiang Pancang (Ton)

Kedalaman (m)	METODE					
	Uji Sondir (CPT)		Uji SPT	Uji Laboratorium		
	Aoki dan De Alencar	Langsung	Meyerhoff	Alpha (α)	Lambda (λ)	Beta (β)
	S 06	S 05	BH 02	BH 01	BH 01	BH 01
5,0	6,27	32,17		14,32	12,84	6,31
6,0	11,82	40,30	22,02	17,31	15,43	7,30
7,0	24,51	53,28		20,39	18,24	8,38
8,0	26,18	64,97	26,82	23,58	20,79	9,57
9,0	35,56	73,91		26,87	23,51	10,86
10,0	35,54	84,87	38,96	27,79	23,70	9,78

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

Perhitungan penurunan tiang tunggal (single pile) dan penurunan yang diizinkan

Perhitungan penurunan tiang tunggal pada tiap-tiap titik S 01, S 02, S 03, S 04, S 05, S 06, BH 01, BH 02, BH 03 dan BH 04 dengan beberapa variasi kedalaman. Adapun metode yang digunakan yaitu metode Poulos dan Davis (1980).

Material tiang pancang yaitu tiang beton pracetak (*precast pile*) Segi empat 450 x 450 mm dengan mutu beton K-350.

Dari persamaan (29), Penurunan yang diizinkan (S_{izin}):

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

$$S_{izin} = 10\% \cdot 45$$

$$S_{izin} = 4,5 \text{ cm} = 45 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan variasi kedalaman ditampilkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan penurunan total tiang tunggal

Titik	Depth (m)	S_{total} (mm)
S 01	10,8	26,56
S 02	12,6	27,74
S 03	12,8	22,17
S 04	12,2	25,37
S 05	12,2	44,26
S 06	13,6	33,08
BH 01	30,0	23,83
BH 02	45,0	19,11
BH 03	30,0	26,77
BH 04	30,0	20,78
BH 01	16,0	38,42
BH 02	18,0	28,54
BH 03	16,0	44,73
BH 04	18,0	31,42

Sumber: Analisis Data, diolah 2019

SIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data uji sondir di titik S 01, S 02, S 03, S 04, S 05 dan S 06 menggunakan Metode Aoki dan De Alencar memiliki nilai daya dukung pondasi yang kecil sedangkan Metode Langsung memiliki nilai daya dukung pondasi yang besar.
2. Dari hasil perhitungan berdasarkan data uji SPT di titik BH 01, BH 02, BH 03 dan BH 04 menggunakan Metode Meyerhoff nilai daya dukung pondasinya lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan berdasarkan data sondir.
3. Dari hasil perhitungan berdasarkan data hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah tak terganggu UDS1, UDS2 dan UDS3 pada tiap-tiap titik BH 01, BH 02, BH 03 dan BH 04, dengan menggunakan Metode Alpha (α) memiliki nilai daya dukung pondasi yang besar dibandingkan dengan Metode Lambda (λ) dan Metode Beta (β), sedangkan menggunakan Metode Lambda (λ) memiliki nilai daya dukung pondasi yang kecil dibandingkan Metode Alpha (α) namun lebih besar jika dibandingkan dengan Metode Beta (β).
4. Berdasarkan hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan variasi kedalaman, untuk penurunan total tiang tunggal yang terjadi di tiap titik yang ditinjau seperti pada tabel 15. nilainya lebih kecil dari penurunan izin 45 mm, maka penurunan total tiang tunggal memenuhi syarat perbandingan penurunan yang aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1992, *Analisis dan Desain Pondasi, Edisi keempat Jilid 1 dan 2*, Erlangga, Jakarta.
- Das, M. B., 2011, *Principles of Foundation Engineering, SI, Seventh Edition*, Global Engineering, USA.
- Hardiyatmo, H. C., 1996, *Teknik Fondasi 1 dan 2, Edisi keempat*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2011, *Analisis dan Perancangan Fondasi I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pamungkas, A. dan Harianty, E., 2013, *Desain Pondasi Tahan Gempa*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Parinduri, I. P. dan Iskandar, R., 2014, *Analisis daya dukung pondasi dan penurunan tiang pancang pada proyek pengembangan gedung pendidikan dan prasarana serta sarana pendukung Politeknik Negeri Medan*, Jurnal Teknik Sipil, Medan.
- Sardjono, H. S., 1988, *Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1 dan 2*, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Standar Nasional Indonesia, 2008, *SNI 2827:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan Alat Sondir*, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2008, *SNI 4153:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Titi, H. H. and Farsakh, M. Y. A., 1999, *Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test Data*, Louisiana Transportation Research Center, LA.