



Studi Analisis Daya Dukung Tanah Untuk Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir Pada Pembangunan Menara Mesjid Baitul Makmur

Muhammad Ridha^{1*}, Muhammad Zardi¹, Amalia¹, Ichsan Syahputra¹, Ghazali Adami¹

¹Prodi Teknik Sipil Universitas Abulyatama, Lampoh Keude-Aceh Besar 23372

Email: ridha_sipil@abulyatama.ac.id

Diterima November 2022 ; Disetujui Desember 2022; Dipublikasi Januari 2023

Abstract: *Baitul Makmur Mosque, which is located in Lampoeh Keude Village, Kuta Baro District, Aceh Besar, is the main mosque in the district. In 2021 it is planned to build a mosque minaret located on the left side of the mosque with the coordinates of 5°31'53.94"N; 95°23'16.31"E. For the purposes of this development, Sondir/Cone Penetration Test (CPT) data was collected. The data used are cone penetration (qc), Total Adhesive Resistance (JLH), Fraction Ratio (FR). Then the results of the data that have been taken are processed to further classify the soil and soil type. Furthermore, for qc and JLH data, it is used to determine the bearing capacity of the soil for single and group piles with a diameter of 400mm, a length of 7m and an assumption of 400 tons of axial force. From the results of data processing the soil is classified as solid clay and at a depth of 4-7m. Based on the carrying capacity of the soil for a pile group with 9 piles, it is equal to $Q_k = 433$ Tons. Greater than the planned axial load of 400 tons. So it can be concluded that the land in the location where the mosque minaret will be built can withstand a design load of up to 400 tons.*

Abstrak: Mesjid Baitul Makmur yang terletak di Kampung lampoeh keude kecamatan kuta baro aceh besar, merupakan masjid utama di kecamatan tersebut. Pada tahun 2021 direncanakan pembangunan menara masjid terletak di sisi kiri masjid dengan lokasi titik koordinat 5°31'53.94"N ; 95°23'16.31"E. untuk keperluan pembangunan tersebut dilakukan pengambilan data Sondir/Cone Penetration Test (CPT). Data yang digunakan yaitu penetrasi konus (qc), Jumlah Hambatan Pelekat (JLH), *Fraction Ratio* (FR). Kemudian hasil data yang telah diambil diolah untuk selanjutnya diklasifikasikan tanah dan jenis tanahnya. Selanjutnya untuk data qc dan JLH, digunakan untuk menentukan daya dukung tanah untuk tiang tunggal dan kelompok dengan diameter 400mm, panjang 7m dan asumsi gaya aksial yang terjadi 400 Ton. Dari hasil pengolahan data tanah diklasifikasikan lempung padat dan pada kedalaman 4 – 7m. Berdasarkan Daya dukung tanah untuk kelompok tiang dengan 9 buah tiang adalah sebesar $Q_k = 433$ Ton. Lebih besar dari beban aksial yang direncanakan yaitu sebesar 400 Ton. Maka dapat disimpulkan bahwa tanah dilokasi yang akan dibangun menara masjid dapat menahan beban rencana hingga 400 Ton.

Kata kunci : penetrasi konus (qc), Jumlah Hambatan Pelekat (JLH), *Fraction Ratio* (FR)

Mesjid Baitul Makmur yang terletak di Kampung lampoeh keude kecamatan kuta baro aceh besar, merupakan masjid utama di kecamatan tersebut. Pada tahun 2021 mesjid ini dilakukan renovasi besar, salah satunya dengan pembangunan menara masjid yang terletak di sisi kiri masjid dengan lokasi titik koordinat 5°31'53.94"N ; 95°23'16.31"E. menara masjid ini nantinya akan dipakai untuk memperjauh terdengarnya suara azan dan pengumuman-pengumuman yang dirasa perlu.

Klasifikasi sistem tanah memberikan suatu pandangan/gambaran yang mudah dipahami untuk mendeskripsikan secara singkat sifat umum tanah yang bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Klasifikasi sistem tanah sebagian besar umumnya telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Selain dari pengujian tanah secara langsung ada pula klasifikasi berdasarkan alat CPT dalam menentukan Daya dukung tanah.

Sondir atau Cone Penetrometer Test (CPT) adalah pengujian uji dengan melakukan penetrasi konus ke dalam tanah yang memiliki tujuan untuk mengetahui daya dukung tanah disetiap kedalaman tertentu berdasarkan parameter perlawanan tanah terhadap ujung konus dan hambatan akibat lekatan tanah dengan selubung konus.

KAJIAN PUSTAKA

Apabila akan dibangun suatu bangunan bawah/ pondasi, maka

penyelidikan tanah merupakan syarat yang harus dilakukan, karena dengan ini akan didapat informasi mengenai karakteristik daya dukung tanah tersebut.

Salah satu survey lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak lapisan tanah keras adalah Cone Penetration Test (CPT) atau sering disebut dengan nama sondir. Pada tanah yang berlempung tes ini sangat baik dilakukan. Hasil yang didapatkan dari tes ini adalah Penetrasi Konus.

Perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas disebut juga dengan perlawanan penetrasi konus. Untuk perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan panjang dinamakan juga dengan hambatan lekat. Dengan pembacaan manometer pada alat uji sondir ini maka dapat diketahui kedua nilai tersebut yaitu : Penetrasi Konus dan hambatan lekat. pembacaan manometer.

Selain itu, alat sondir untuk selanjutnya disebut Cone Penetration Test (CPT) ini juga dapat mengetahui lapisan tanah keras yang nantinya akan digunakan sebagai data daya dukung tanah dan karakteristik dari jenis tanah, sehingga memudahkan nantinya dalam perencanaan bangunan yang akan dilakukan.

Cone Penetration Test (CPT)

CPT standart memiliki penampang ujung dengan luas 10 cm², dan potongan melintang konus dengan sudut puncak 60 derajat tanpa selimut. Perkembangan, selanjutnya Begemann menambahkan selimut

dibelakang konus dengan luas selimut adalah 150 cm^2 . Penambahan selimut ini berfungsi untuk melindungi masuknya partikel tanah ke dalam ruang antara konus dan batang penekan. Suatu selubung untuk mengukur gesekan selimut kemudian dikembangkan oleh Prof. Begemann di Indonesia pada tahun 1953.

Pelaksanaan Test CPT ini berpedoman pada prosedur ASTM.D.3441, dimana nilai perlawanan conus (q_c) dan nilai hambatan pelekat lokal atau side friction (f_s) diamati dan dicatat pada setiap interval kedalaman 20cm dengan penetrasi kecepatan saat dilakukan pembacaan nilai q_c dan f_s , diusahakan konstan yaitu kurang lebih 2cm/detik.

Dengan tekanan total atau $q_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ maka kemampuan maksimum alat dianggap sudah tercapai, yakni nilai total tekanan atau hingga mencapai kedalaman maksimum dibawah permukaan tanah setempat. Grafik hubungan antara kedalaman dengan q_c , f_s , total friction dan friction ratio merupakan hasil test sondir yang nantinya akan disajikan berupa diagram.

Manfaat Cone Penetration Test (CPT)

Manfaat yang didapat dengan melakukan tes ini diantaranya adalah :

1. Dapat menentukan profil tanah dan mengidentifikasinya;
2. Pelengkap informasi bagi pekerjaan pengeboran tanah;
3. Digunakan untuk mengevaluasi karakteristik atau parameter tanah;
4. Dapat digunakan untuk menentukan daya dukung pondasi;

5. Informasi mengenai penurunan pondasi dapat diketahui;
6. Hasil pemadatan tanah yang telah dilakukan dapat dievaluasi;
7. Dapat mengevaluasi potensial pencairan tanah pasir (liquefaction).

Kekurangan Cone Penetration Test (CPT)

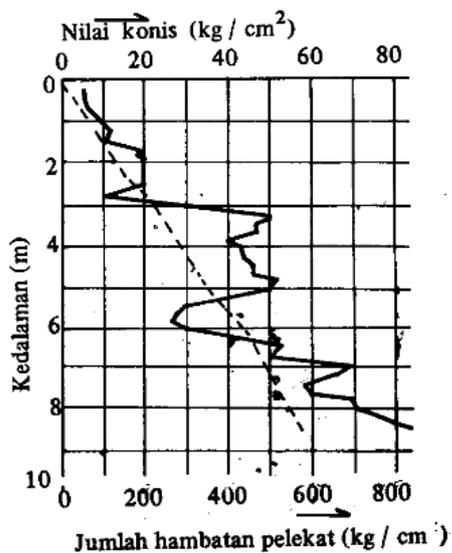
Selain banyak manfaat yang didapatkan dari pelaksanaan uji ini, terdapat juga beberapa kekurangan dari pengujian ini diantaranya adalah :

1. Pelaksanaan uji CPT yang dilakukan dilapangan tidak akan didapat contoh sampel tanah, dikarenakan uji ini tidak memiliki tabung/core untuk mengambil sampel tanah.
2. Kedalaman dari penetrasi alat terbatas yaitu hanya sampai 250 kg/cm^2 untuk sondir ringan dan 500 Kg/cm^2 untuk sondir berat.
3. Tidak dapat menembus kerikil atau lapisan pasir yang padat, sehingga apabila didapat kondisi seperti ini, maka alat CPT tersebut harus diangkat/dimobilisasi ketempat pengambilan sampel uji.

Hasil Uji Cone Penetration Test (CPT)

Cara pelaporan pengujian CPT dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung kepentingan data tersebut digunakan untuk apa. Umumnya hasil dari CPT ini digambarkan dengan variasi tahanan ujung yang disimbolkan dengan (q_s) dan gesekan selimut yang disimbolkan dengan (f_s).

Jika digunakan untuk mendapatkan daya dukung dari pondasi tiang, maka dapat diambil nilai tahanan ujung dan jumlah total tahanan pelekat (JHT) yaitu jumlah nilai kumulatif dari gesekan sepanjang kedalaman dari uji CPT yang dilakukan. Dengan menggambarkan tahanan ujung, gesekan selimut dan rasio gesekannya (R_f) terhadap kedalaman merupakan cara lain yang digunakan untuk melaporkan uji CPT ini. Cara ini berfungsi jika kita ingin menggunakan data sondir untuk keperluan identifikasi dari profil tanah terhadap kedalaman.



Gambar 1. Grafik JHT

Klasifikasi Tanah Berdasarkan Hasil CPT

Data CPT yang diperoleh di lapangan dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas daya dukung yang diperbolehkan untuk perencanaan pondasi tiang pancang. Selain itu data CPT juga dapat digunakan untuk mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan nilai q_c dan f_s yang didapat.

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai q_c dan f_s

Hasil Sondir		Klasifikasi
Nilai Konus (q_c) kg/cm^2	Perlawanan Geser (f_s) kg/cm^2	
6	0.15 – 0.40	Humus, Lempung sangat lunak
6 - 10	0.20	Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas
	0.20 – 0.60	Lempung lembek, lempung kelanauan lembek
10-30	0.10	Kerikil lepas
	0.10 – 0.40	Pasir Lepas
	0.40 – 0.80	Lempung atau lempung kelanauan
	0.80 – 2.00	Lempung agak kenyal
30-60	1.50	Pasir kelanauan, pasir agak padat
	1.50 – 3.00	Lempung atau lempung kelanauan kenyal
60-150	1.00	Kerikil kepasiran lepas
	1.00 – 3.00	Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan kerikil kenyal
	3.00	Lempung kerikil kenyal
150-	1.00 – 2.00	Pasir padat, pasir kerikil padat, pasir kasar padat.

Jenis Tanah Berdasarkan Friction Ratio

Rasio perbandingan dari nilai tahanan selimut dengan nilai penetrasi konus atau lebih dikenal dengan friction ratio (R_f) dapat digunakan untuk membedakan jenis tanah.

Tabel 2. Hubungan Nilai *Friction Ratio* dengan Jenis Tanah

<i>Friction Ratio (FR)</i>	Jenis Tanah
0.2 – 0.6	Gravel, coarse sand
0.6 – 1.2	Sand
1.2 – 4.0	Silt/loam
3.0 – 5.0	Clay
5.0 – 7.0	Heavy clay (incl. "pot clay")
5.0 – 10.0	Peat

Daya Dukung Untuk Tiang Tunggal

Kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan bekerja pada suatu pondasi disebut juga dengan daya dukung tanah. Untuk mencari daya dukung tanah banyak rumusan yang dapat dipergunakan salah satu rumusan yang digunakan adalah persamaan Meyerhof.

Meyerhof mengemukakan salah satu persamaan yang digunakan untuk menghitung daya dukung izin untuk daya dukung tiang terhadap kekuatan tanah berdasarkan data sondir untuk beban tetap/statis yaitu :

$$Q_{all} = \frac{q_c \times A_b}{3} + \frac{JLH \times K}{5}$$

Dengan :

A_b = Luas Penampang Tiang

q_c = Nilai konus, sebaiknya diambil nilai rata-rata dari nilai konus pada kedalaman $6D-10D$ di atas ujung bawah tiang dan $2D-4D$ dibawah ujung bawah tiang. Dengan D adalah diameter tiang.

JLH = Jumlah Hambatan Lekat dari data CPT.

$3\&5$ = Nilai faktor keamanan untuk beban statis.

K = Keliling Tiang

Persamaan di atas terbagi atas komponen yaitu komponen pertama daya dukung ujung/end bearing pile (Q_p) yaitu tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang, dan tahanan gesek tiang atau friction pile (Q_s) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah di sekitarnya (Isleem et al., 2022; Rahmawati & Zainuddin, 2016).

Daya Dukung Untuk Kelompok Tiang

Pada keadaan sebenarnya dilapangan akan sangat jarang ditemukan tiang pancang yang berdiri sendiri (Single Pile) umumnya tiang pancang digunakan secara berkelompok. Di atas kelompok tiang nantinya akan diletakkan poer/pile cap yang berguna untuk mengkakukan/mempersatukan kelompok tiang.

Syarat rencana kelompok tiang yang biasanya digunakan adalah $2,5D \leq S \leq 3D$, dengan D adalah diameter tiang dan S jarak spasi antar tiang dalam kelompok tiang yang diukur dari satu as-tiang ketiang lainnya.

Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan daya dukung tiang perlu dilakukan koreksi dari perhitungan untuk tiang tunggal, sebab daya dukung daya dukung kelompok tiang bukanlah daya dukung tiang tunggal dikalikan jumlah tiang dalam kelompok tiang. Hal ini dikarenakan adanya tumpang tindih dari garis-garis tegangan dari tiang-tiang yang berdekatan (group action). Pengurangan daya dukung akibat garis tegangan ini dinyatakan dalam suatu angka yaitu efisiensi group tiang (E_g).

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

Dimana :

m = Jumlah baris tiang

n = Jumlah tiang dalam satu baris

\emptyset = arc.tg (d/s). dalam derajat

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

d = Diameter tiang (m)

METODE PENELITIAN

Untuk memudahkan langkah yang akan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan data atau informasi serta melakukan investigasi pada data yang telah didapatkan tersebut. Maka peneliti melakukan beberapa langkah agar nantinya data yang diperoleh dan selanjutnya diolah dan dianalisis dapat memberikan gambaran hasil seperti yang telah direncanakan.

1. Pengambilan data CPT

Pengambilan data CPT ini dilakukan dengan menggunakan alat CPT ringan 2,5 ton, yang dilakukan oleh 4 orang. Berhubung pembangunan menara mesjid ini bangunannya hanya berdiameter sekitar 4m, maka data yang diambil hanya satu titik yang berada di dalam bangunan yang akan dikerjakan. Lokasi tempat pengambilan data CPT ini memiliki titik koordinat $5^{\circ}31'53.94''N$; $95^{\circ}23'16.31''E$.

2. Analisis Data CPT

Setelah data CPT diperoleh dari lokasi tempat pembangunan menara mesjid, data kemudian diolah dengan bantuan aplikasi MS excel, data yang diperoleh disini berupa data tahanan konus (q_c), Jumlah Hambatan Pelekat (JLH) dan friction ratio. Data kemudian di gambarkan dalam bentuk grafik memanjang ke bawah dengan sisi kiri grafik menginformasikan kedalaman dan sisi atas informasi tentang tahanan konus (q_c), Jumlah Hambatan Pelekat (JLH) dan friction ratio.

3. Setelah didapatkan data mengenai informasi tahanan konus (q_c), Jumlah Hambatan Pelekat (JLH) dan friction ratio, kemudian data tersebut dilihat gambarannya pada tabel Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai q_c dan tabel jenis tanah berdasarkan nilai friction ratio.

4. Berdasarkan nilai konus dan nilai Jumlah Hambatan Pelekat (JLH), kemudian dicari nilai rata-ratanya pada kedalaman 6D di

atas ujung pondasi bawah tiang dan 4D dibawah ujung pondasi bawah tiang. Dengan diameter rencana pondasi tiang adalah 400mm dan panjang tiang 7m.

5. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung daya dukung tanah tiang tunggal dengan menggunakan persamaan Meyerhof untuk beban statis.

6. Dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan jumlah kelompok tiang yang diperlukan dengan asumsi bahwa kelompok tiang dapat menahan gaya aksial sebesar 400 Ton, dengan rumusan yang digunakan $N_p = V/Q_{all}$

7. Menentukan jarak antar tiang dengan asumsi jarak sebesar 3D

8. Menghitung efisiensi kelompok tiang (e_g)

9. Menghitung daya dukung kelompok tiang (Q_k)

10. Membandingkan daya dukung kelompok tiang dengan gaya aksial, jika $Q_k < V$, maka dilakukan evaluasi kembali, jika $Q_k > V$ maka perhitungan selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi dan Identifikasi Jenis Tanah

Setelah dilakukan pengambilan data dilapangan, maka data diolah dengan adengan MS excel dan didapatkan hasil seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

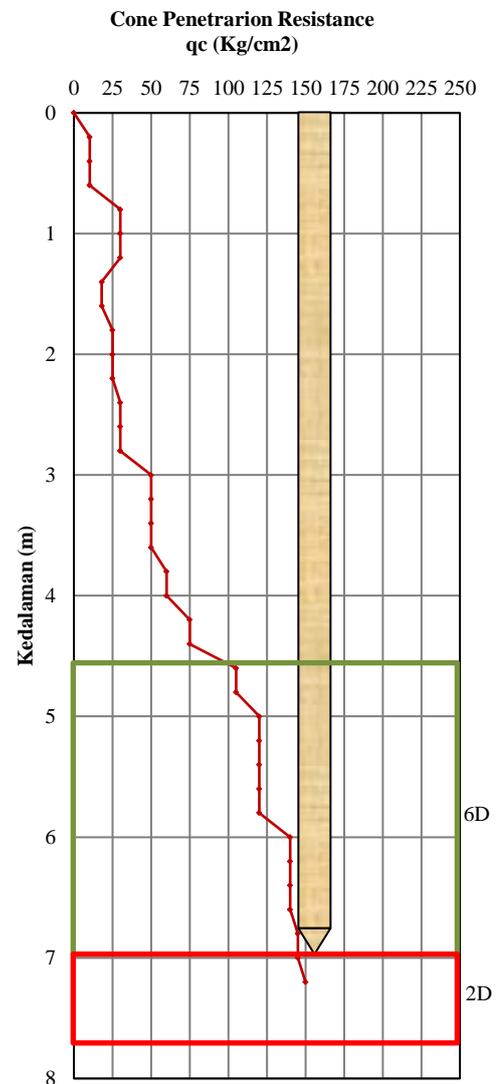
Tabel 3. Data Nilai q_c , JLH dan Fr

Kedalaman (m)	q_c (Kg/cm ²)	JLH (Kg/cm)	FR (%)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	10.20	10.00	4.90
0.40	10.20	20.00	4.90
0.60	10.20	30.00	4.90
0.80	30.00	70.00	6.67

1.00	30.00	110.00	6.67
1.20	30.00	150.00	6.67
1.40	18.00	164.00	3.89
1.60	18.00	178.00	3.89
1.80	25.00	188.00	2.00
2.00	25.00	198.00	2.00
2.20	25.00	208.00	2.00
2.40	30.00	222.00	2.33
2.60	30.00	236.00	2.33
2.80	30.00	250.00	2.33
3.00	50.00	266.00	1.60
3.20	50.00	282.00	1.60
3.40	50.00	302.00	2.00
3.60	50.00	322.00	2.00
3.80	60.00	332.00	0.83
4.00	60.00	342.00	0.83
4.20	75.00	352.00	0.67
4.40	75.00	362.00	0.67
4.60	105.00	382.00	0.95
4.80	105.00	402.00	0.95
5.00	120.00	412.00	0.42
5.20	120.00	422.00	0.42
5.40	120.00	432.00	0.42
5.60	120.00	442.00	0.42
5.80	120.00	462.00	0.83
6.00	140.00	466.00	0.14
6.20	140.00	470.00	0.14
6.40	140.00	474.00	0.14
6.60	140.00	478.00	0.14
6.80	145.00	482.00	0.14
7.00	145.00	486.00	0.14
7.20	150.00	496.00	0.33

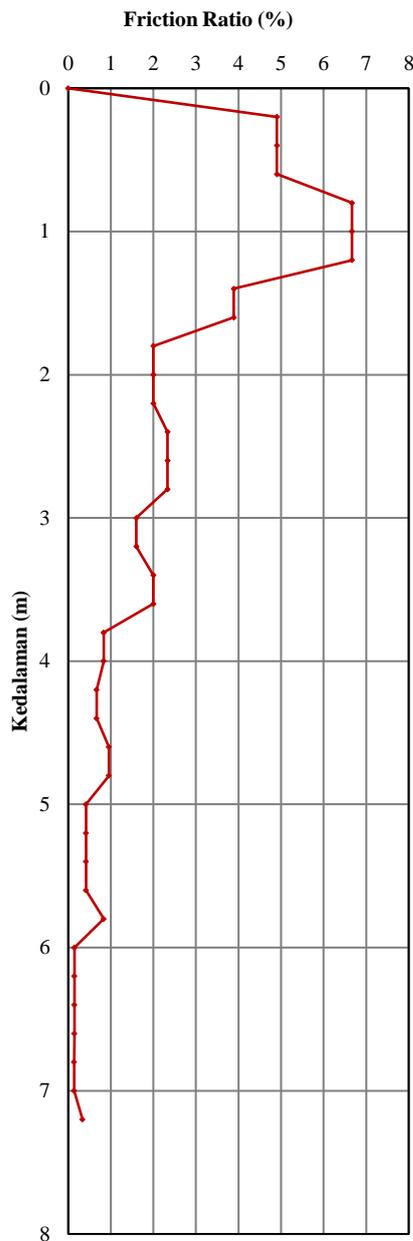
Dari Tabel 3 didapatkan bahwa, pada kedalaman 7,2 meter tahanan konus sudah memberikan perlawanan dengan nilai 150 Kg/cm², atau pada kedalaman tersebut tanah tersebut sudah masuk dalam kategori keras dan dapat digunakan untuk meletakkan pondasi tiang pancang.

Di bawah ini ditampilkan grafik nilai qc terhadap kedalaman :



Gambar 2. Nilai qc terhadap kedalaman

Berdasarkan grafik nilai qc dan kedalaman di atas, dapat diklasifikasikan tanah tersebut dengan melihat pada gambar.2 yang telah di uraikan pada bab kajian kepustakaan bahwa tanah ini pada kedalaman 7 meter diklasifikasikan sebagai tanah pasir kelanauan atau lempung padat, sedangkan pada kedalaman 2,8 meter tanah diklasifikasikan sebagai lempung kelanauan.



Gambar 3. Nilai Fr terhadap kedalaman

Gambar 3 di atas memberikan gambaran atau informasi berdasarkan nilai friction ratio bahwa pada kedalaman 1 meter tanah berjenis gambut, pada kedalaman 3 meter tanah berjenis lempung dan pada kedalaman 6-7 meter tanah pada lokasi pembangunan menara mesjid ini berjenis pasir kasar.

Daya Dukung Tanah

Dari hasil perhitungan daya dukung ujung tanah untuk tiang tunggal dengan menggunakan rumus :

$$Q_p = \frac{q_c \times A_b}{3}$$

di dapatkan nilai Q_p sebagai berikut :

q_c = Nilai tahanan konus yang diambil rata-rata pada kedalaman 6D dan 2D dari grafik.1 didapatkan nilai sebesar 132 Kg/cm²

A_b = Luas ujung tiang dengan diameter rencana 400mm/40cm didapat luasan 1257,143 cm²

$$Q_p = (132 \times 1257,143) / 3 = 55,31 \text{ Ton}$$

Dari hasil perhitungan daya dukung gesek/friction pile tanah untuk tiang tunggal dengan menggunakan rumus :

$$Q_s = \frac{JLH \times K}{5}$$

JHL = Nilai Jumlah Tahanan lekat yang diambil rata-rata pada kedalaman 6D dan 2D didapatkan nilai sebesar 457 Kg/cm

K = Keliling tiang dengan diameter 400mm/40cm didapat 125,71 cm

$$Q_s = (457 \times 125,71) / 5 = 11,5 \text{ Ton}$$

Dari hasil kedua hasil yang telah didapatkan pada perhitungan di atas maka didapatkan nilai daya dukung izin (Q_{all}) untuk tiang tunggal dengan diameter 400mm adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_p + Q_s \\ &= 55,31 \text{ Ton} + 11,5 \text{ Ton} \\ &= 66,81 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan daya dukung izin (Q_{all}) untuk tiang tunggal dengan diameter 400mm tersebut, kemudian dihitung

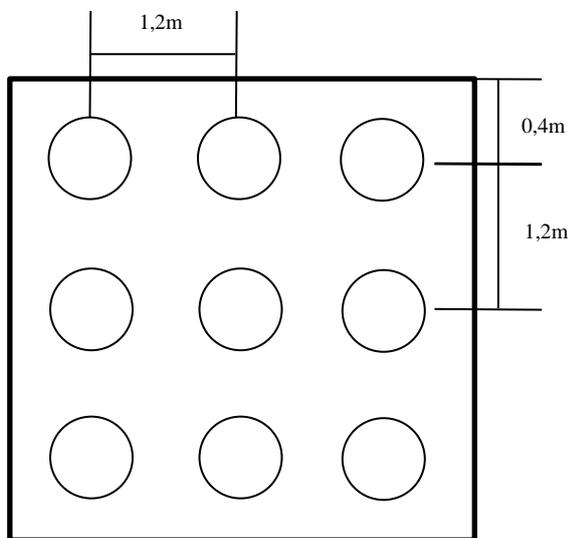
kebutuhan jumlah tiang dengan rumus :

$$Np = \frac{V}{Q_{all}}$$

$$Np = 400\text{Ton}/66,81\text{Ton}$$

= 5,98 dipakai 9 buah tiang (menara berbentuk simetri)

Penghitungan selanjutnya dihitung jarak tiang yang diambil sebesar $S = 3D = 3 \times 0,4\text{m} = 1,2\text{m}$. Untuk gambaran letak kelompok pondasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Susunan Kelompok Pondasi

selanjutnya dihitung efisiensi kelompok tiang dengan rumusan :

$$Eg = 1 - \frac{\emptyset}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right]$$

$$Eg = 1 - \frac{18,43}{90} \left[\frac{(3-1)3 + (3-1)3}{3 \times 3} \right]$$

$$Eg = 0,72$$

Penghitungan selanjutnya dicari daya dukung kelompok tiang $Q_k = 0,72 \times 9 \times 66,81 = 433\text{ Ton}$.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pada kedalaman 0 - 2m, tanah berdasarkan data tahanan ujung konus yang didapat tanah diklasifikasikan sebagai lempung kelanauan, pada kedalaman 2 - 4m sebagai lempung kelanauan dan lempung padat dan pada kedalaman 4-7 m tanah diklasifikasikan sebagai pasir kelanauan atau pasir padat.
2. Berdasarkan data Friction Ratio (FR) pada kedalaman 0 - 2 m tanah berjenis lempung, 2-4 m tanah berjenis lempung lanau dan kedalaman 4 - 7m berjenis pasir kasar.
3. Daya dukung ujung tanah untuk pondasi untuk tiang tunggal sebesar $Q_p = 55,31\text{ Ton}$ daya dukung gesek/friction pile $Q_s = 11,5\text{ Ton}$. Daya dukung izin untuk tiang tunggal adalah sebesar $Q_{all} = 66,81\text{ Ton}$.
4. Daya dukung tanah untuk kelompok tiang dengan 9 buah tiang adalah sebesar $Q_k = 433\text{ Ton}$. Lebih besar dari beban aksial yang direncanakan yaitu sebesar 400 Ton. Maka dapat disimpulkan bahwa tanah dilokasi yang akan dibangun menara masjid dapat menahan beban rencana hingga 400 Ton.

Saran

Dari penelitian ini memungkinkan terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki/ditambahkan sehingga dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya maupun pihak yang terkait. Saran yang perlu dipertimbangkan diantaranya :

1. Untuk penelitian selanjutnya sebagai perbandingan dapat menggunakan data N-SPT.

2. Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode Schertmann and Nottingham berdasarkan data sondir.
3. Untuk perencanaan pada penelitian selanjutnya dapat digunakan variasi dari bentuk tiang pancang baik bentuk bujur sangkar maupun persegi.
4. Dapat digunakan selain tiang pancang yaitu bore pile untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M.(1995). *Principles Of Foudation Engineering*. Jakarta, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. (1995). *Mekanika Tanah I*. Jakarta:Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M.(1995). *Mekanika Tanah II*. Jakarta: Erlangga. Jakarta.
- Hary Christady, (2017). *Mekanika Tanah 1*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press..
- Hardiyanto, Hary Christady. (2018). *Mekanika Tanah 2*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Irma Ridhayani. (2021). Studi Analisis Daya Dukung Tanah BerdasarkanData Sondir Di Kampus Padhang-Padhang Universitas Sulawesi Barat. *Journal of Civil Engineering*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat.
- Isleem, H. F., Jagadesh, P., Qaidi, S., Althoey, F., Rahmawati, C., Najm, H. M., & Sabri, M. M. S. (2022). Finete element and theortical investigations on concrete PVC-CFRP confined cooncrete columns under axial compression. *Frontiers in Materials*, 9, 695.
- Nova Juliana. (2019). Hubungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Hasil Sondir, Spt Dan Laboratorium Pada Rencana Pembangunan Gedung Multi Lantai Di Lokasi Balige. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*. Politeknik Negeri Medan.
- Rahmawati, C., & Zainuddin, Z. (2016). Analysing The Route Of PCI Girder-Type Prestressed Concrete Tendons. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5, 1553–1559.