



Evaluasi Desain Struktur Pondasi Pada Pembangunan Gedung Masjid Proyek Medan Islamic Center

Rina Firlia Sari^{1*}, Simon Dertha², Oloan Sitohang³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Santo Thomas, Indonesia

*Email: rinatobing15@gmail.com

Abstract: The foundation planning of a building structure must consider several things, including the condition of the project area, soil type, and the type of foundation to be used. The foundation is a substructure system used to channel the load of the upper structure to the soil and hard rock layers. This study aims to evaluate the bearing capacity and settlement of the foundation of the Medan Islamic Center Mosque Building. This study is a qualitative study, collecting soil data by conducting soil investigations at the project site to determine the level of soil density, soil layer structure, soil classification and soil parameters. Then by means of documentation of data collection from several sources related to foundation data which are then analyzed by modeling close to the actual conditions using PLAXIS V.8.6 software. The results of this study indicate that the depth of the foundation ranges from 20.50 to 46 m and long-term settlement is up to 12 cm, so that supervision of the upper structure is needed. To reduce settlement, the use of friction piles is proposed.

Keywords: Foundation, Soil Investigation, Bearing Capacity, Settlement, PLAXIS

1. PENDAHULUAN

Pondasi merupakan bagian dari sistem rekayasa berfungsi untuk meneruskan beban sendiri dan struktur di atasnya ke lapisan tanah serta batuan dibawahnya. Pada dasarnya pondasi terbagi menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam (Bowles dkk., 1996). Sebelum mendesain pondasi pada tahap awal penting untuk melakukan penyelidikan tanah.

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) bertujuan untuk menentukan kondisi alamiah dan lapisan-lapisan tanah pada lokasi yang akan digunakan, menentukan kedalaman tanah keras dan muka air tanah (Sipayung, 2019). Penyelidikan tanah dilakukan dengan uji lapangan dan uji laboratorium. Uji lapangan ialah pengujian yang dilakukan dilokasi yang akan digunakan seperti uji Penetrasi Standar (*Standard Penetration Test*) dan uji Sondir (*Cone Penetration Test*) sedangkan uji tanah di laboratorium dilakukan setelah sampel tanah diambil dari pekerjaan *core drill* dilanjutkan pengujian dilaboratorium untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dengan uji kadar air, uji berat jenis tanah, uji analisis saringan dan untuk mengetahui sifat mekanis tanah dilakukan uji *direct share*, uji *direct share Consolidated Drained* (CD), hasil uji laboratorium akan dikorelasikan dengan pengujian lapangan (Das, 2011). Jumlah pengujian laboratorium harus mengikuti persyaratan berikut yaitu jumlah benda uji harus ditetapkan berdasarkan homogenitas tanah, kualitas dan jumlah pengalaman pada tanah tersebut, benda uji tambahan harus disediakan untuk mengakomodir tanah bermasalah atau benda uji yang rusak dan

jumlah minimum uji laboraorium dapat dikurangi bila optimisasi dan menggunakan parameter tanah yang konservatif atau informasi setempat yang cukup (SNI 8460:2017)

Dari proses penyelidikan tanah maka didapatkan karakteristik tanah eksisting yang akan digunakan untuk menghitung daya dukung tanah. Daya dukung (*bearing capacity*) merupakan kemampuan tanah untuk memikul beban yang diteruskan oleh pondasi, apabila kekuatan tanah dilampaui maka akan terjadi penurunan (*settlement*) berlebih atau keruntuhan dari tanah tersebut (Khakim dkk., 2024).

Penurunan tanah (*settlement*) terjadi karena beban yang ada diatas tanah. Penurunan disebabkan oleh deformasi partikel tanah, keluarnya air dari rongga pori dan terjadi relokasi partikel tanah. Penurunan di bagi menjadi dua yaitu penurunan segera (*elastic settlement*) dan penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) (Lutfiani dkk., 2017).

PLAXIS V.8.6 merupakan salah satu perangkat lunak yang menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisis perilaku tanah dan pondasi secara numerik, PLAXIS mampu memodelkan kondisi tanah dan pondasi mendekati kondisi sebenarnya (Mina dkk., 2013). Analisis pada PLAXIS membutuhkan nilai parameter tanah eksisting dan parameter pondasi yang akan digunakan sebagai input dari proses analisis data (Hutapea, dkk., 2021).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi daya dukung dan penurunan pondasi *elastic settlement* dan *consolidation settlement* pada Bangunan Gedung Masjid dengan menggunakan software PLAXIS V.8.6.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini peneliti menggunakan jenis penelitian kualitatif, dengan melakukan pengambilan data pada Lokasi proyek dan mengumpulkan data dari beberapa sumber yang selanjutnya akan digunakan untuk dianalisis. Penelitian ini dilakukan di daerah Kelurahan Tangkahan, Kecamatan Medan Labuhan, Kota Medan selama durasi waktu kurang lebih 8 bulan mulai dari bulan Januari – Agustus 2024.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Dalam melakukan evaluasi analisis daya dukung dan penurunan (*settlement*) pondasi pada bangunan Masjid diperlukan beberapa data diantaranya:

- a. Pengumpulan data penyelidikan tanah (*soil investigation*) baik data lapangan maupun data laboratorium (*deep boring with SPT* sebanyak 7 titik).
- b. Dokumentasi dengan mengumpulkan data gambar pondasi bangunan Masjid seperti kedalaman pondasi dalam, tebal *pile cap*, mutu beton, mutu baja yang digunakan.

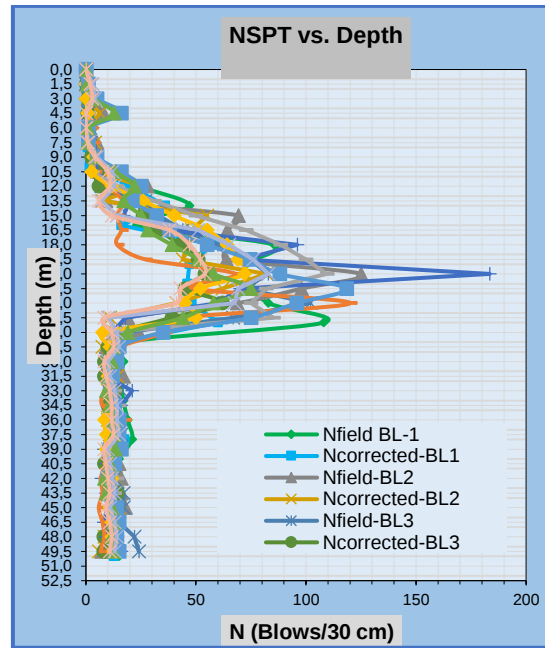
Dengan data-data diatas maka analisis dapat dilakukan dengan pemodelan pada Software PLAXIS V.8.6. untuk menghitung beban dan penurunan pada struktur pondasi. PLAXIS sangat umum digunakan untuk masalah geoteknik, program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisa (Surbakti, 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian terhadap pondasi pada suatu struktur bangunan harus ada gambaran yang jelas terhadap kondisi tanah dan beban struktur atas, karena jenis tanah menentukan jenis pondasi yang akan digunakan (Terzaghi dkk., 1996). Untuk mengetahui jenis dan kondisi tanah maka dilakukan uji penetrasi standar atau SPT dilokasi proyek dengan cara pengeboran untuk mengetahui sampel tanah yang representatif (Ayu dkk., 2022). Pengujian SPT merupakan pengujian pengeboran yang bertujuan untuk mengetahui besar perlawanan dinamik serta sifat rekayasa geoteknik dari tanah. Pengujian SPT banyak digunakan karena dapat menembus lapisan terdalam sehingga data klasifikasi tanah yang didapatkan lebih lengkap (Ramadhan dkk., 2022).

3.1. Kondisi Geoteknik Lapisan Tanah dan Sistem Pelapisan Tanah

Dari hasil *deep boring* tanah pada lokasi konstruksi sebanyak 7 titik (BL-1, BL-2, BL-3, BL-4, BL-5, BL-6 dan BL-7) ditemukan kondisi pelapisan tanah relatif sama seperti terlihat pada Gambar 2.

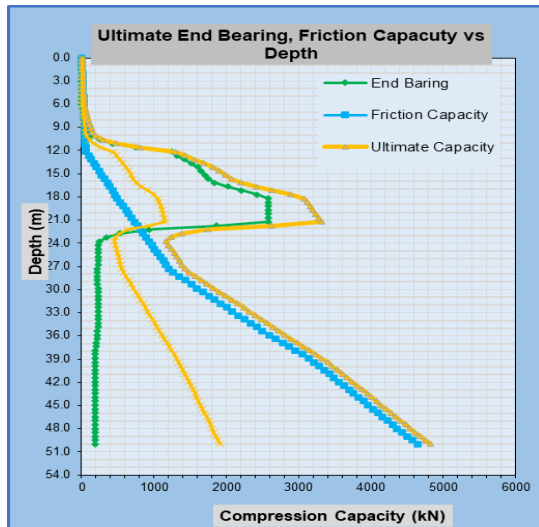


Gambar 2. NSPT vs Kedalaman berdasarkan bore hole

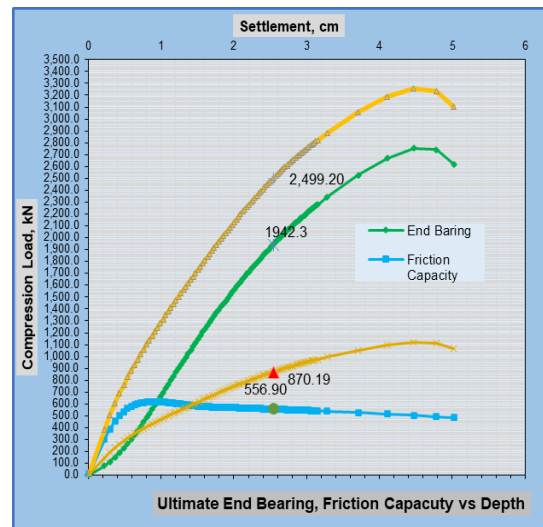
3.2. Pelapisan Tanah Berdasarkan Bor-log

Tabel 1. Pelapisan tanah berdasarkan BL-1

Depth (m)	Description	Relative Density/Consistency*
0.00 - 3.50	Fine grained Sandy Clay	Very Soft
		NSPT _{cor.} = 1
3.50 - 6.50	Clay	Very Soft to Soft
		NSPT _{cor.} = 0-2
6.50 - 9.00	Fine grained Sandy Silt Clay	Very Soft
		NSPT _{cor.} = 1
9.00 - 12.00	Clay	Soft
		NSPT _{cor.} = 2
12.00 - 20.00	Tuff Sand	Medium Dense to Very Dense
		NSPT _{cor.} = 16-58
20.00 - 24.00	Fine to Medium grained Sand	Very Dense
		NSPT _{cor.} = 47-46
24.00 - 27.50	Fine to Medium grained Sand	Very Dense
		NSPT _{cor.} = 48-60
27.50 - 31.20	Clay	Stiff
		NSPT _{cor.} = 15-14
31.20 - 40.00	Clay	Stiff
		NSPT _{cor.} = 14-18
40.00 - 50.45	Clay	Stiff
		NSPT _{cor.} = 11-13
*Cohesive Soil, (N ₆₀); Granular Soil and Silty Fine Sands NSP>15, (N ₁₍₆₀₎)		



Gambar 3. Daya Dukung Aksial Tekan Tiang Pancang SP 600mm Berdasarkan



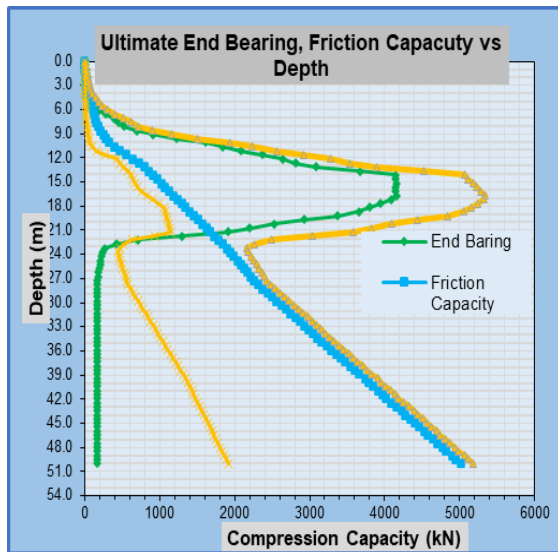
Gambar 4. Daya Dukung Aksial Tekan vs Penurunan Tiang Pancang SP 600mm Kedalaman 20.5m Berdasarkan BL1

Kedalaman tanah keras $\pm 19.50\text{m}$ di bawah permukaan tanah eksisting titik bor yaitu *Fine Sand with Tuff* $\text{NSPT} > 50$. $0.0\text{m} - 1.0\text{m}$ merupakan *Very Soft Fine grained Sandy Clay*, kedalaman $4.50\text{m} - 9.0\text{m}$ merupakan *Very Soft Clay* juga dan pada kedalaman $25\text{m} - 50\text{m}$ merupakan *Stiff Clay*. Besarnya daya dukung adalah tiang tunggal *spun pile* diam 600 mm ; $t = 100\text{mm}$.

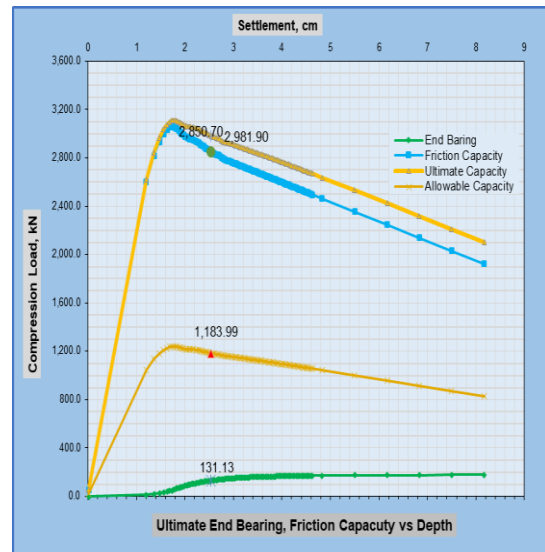
Tabel 2. Pelapisan Tanah Berdasarkan BL-2

Depth [m]	Description	Relative Density/Consistency*
0.00 - 4.00	Silt slightly Sand	Very Soft $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 0-1$
4.00 - 5.00	Sand Silt	Medium Soft $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 6$
5.00 - 8.00	Clay Silt	Very Soft to Soft $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 1-4$
8.00 - 10.00	Sand Silt	Soft $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 3$
10.00 - 14.00	Silt Sand	Medium Dense $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 25-8$
14.00 - 23.00	Tuff Sand	Very Dense $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 44-82$
23.00 - 27.50	Fine grained Sand	Dense to Medium Dense $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 41-11$
27.50 - 29.00	Clay Silt	Stiff $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 8$
29.00 - 48.50	Clay	Stiff $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 14-8$
48.50 - 50.00	Clay slightly Sand	Medium Soft $\text{NSPT}_{\text{cor.}} = 6$

*Cohesive Soil, (N_{60}); Granular Soil and Silty Fine Sands $\text{NSP} > 15$, ($N_{1(60)}$)



Gambar 5. Daya Dukung Aksial Tekan Tiang Pancang SP 600mm Berdasarkan BL2

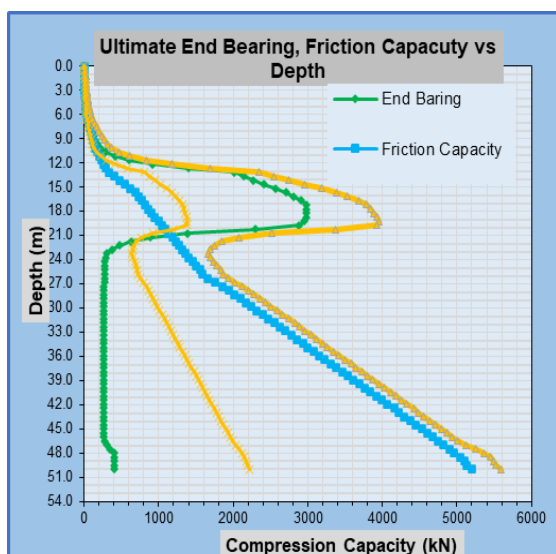


Gambar 6. Daya Dukung Aksial Tekan vs Penurunan Tiang Pancang SP 600mm Kedalaman 33m Berdasarkan BL2

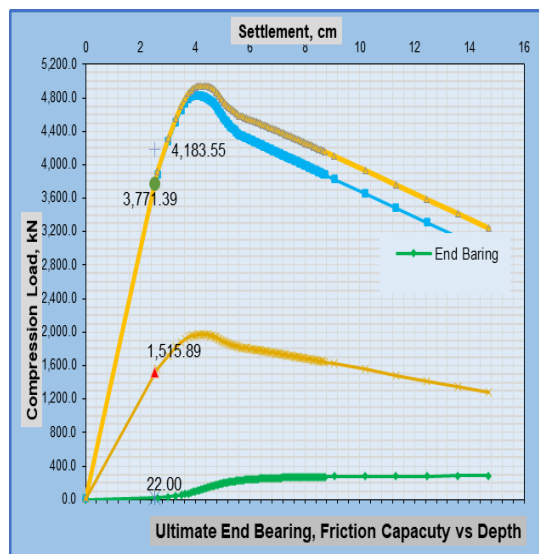
Kedalaman tanah keras $\pm 15.0\text{m}$ di bawah permukaan tanah eksisting titik bor yaitu *Tuff Sand* $\text{NSPT} > 50$. $0.0\text{m} - 4.0\text{m}$ merupakan *Very Soft Silt slightly Sand*, kedalaman $5.0\text{m} - 8.0\text{m}$ merupakan *Very Soft to Soft Clay Silt* juga dan pada kedalaman $127.5\text{m} - 50\text{m}$ merupakan *Stiff to Medium Soft Clay*. Besarnya daya dukung adalah tiang tunggal *spun pile* diam. 600 mm ; $t = 100\text{ mm}$.

Tabel 3. Pelapisan Tanah Berdasarkan BL-3

Depth (m)	Description	Relative Density/Consistency*
0.00 - 3.00	Clay Silt	Very Soft
		NSPT _{cor.} = 0
3.00 - 6.00	Sandy Clay	Very Soft
		NSPT _{cor.} = 1
6.00 - 10.00	Clay Silt	Soft
		NSPT _{cor.} = 2-3
10.00 - 13.00	Sand Silt	Medium Soft
		NSPT _{cor.} = 5-6
13.00 - 15.50	Silt Sand	Medium Dense to Dense
		NSPT _{cor.} = 22-26
15.50 - 20.00	Fine grained Tuff Sand	Dense to Very Dense
		NSPT _{cor.} = 33-51
20.00 - 25.00	Tuff Sand	Very Dense to Dense
		NSPT _{cor.} = 62-39
25.00 - 27.50	Sandy Clay	Stiff
		NSPT _{cor.} = 15
27.50 - 48.00	Silt Clay	Stiff
		NSPT _{cor.} = 8-15
48.00 - 50.00	Silt Sand	Loose
		NSPT _{cor.} = 8
*Cohesive Soil, (N ₆₀): Granular Soil and Silty Fine Sands NSP>15, (N ₁₍₆₀₎)		



Gambar 7. Daya Dukung Aksial Tekan Tiang Pancang SP 600mm Berdasarkan BL3



Gambar 8. Daya Dukung Aksial Tekan vs Penurunan Tiang Pancang SP 600mm Kedalaman 46m Berdasarkan BL3

Kedalaman tanah keras $\pm 18.00\text{m}$ di bawah permukaan tanah eksisting titik bor yaitu *Fine grained Tuff Sand* NSPT > 50 . $0.0\text{m} - 10.0\text{m}$ merupakan *Very Soft to Soft Clay Silt* dan pada kedalaman $25\text{m} - 48\text{m}$ merupakan *Stiff Clay*. Besarnya daya dukung adalah tiang tunggal *spun pile* diam. 600 mm ; $t = 100\text{ mm}$

Data Struktur dianalisis untuk mengetahui reaksi perletakan yang digunakan untuk menghitung penurunan yang akan terjadi pada bangunan (Azizi, dkk., 2020). Dalam penelitian ini berikut data reaksi perletakan struktur yang terjadi pada Gedung Masjid.

Tabel 4. Reaksi Perletakan Struktur Gedung Masjid

Joint	(UNFACTORED LOAD)								
	Output Case	Case Type	Step Type	F1 N	F2 N	F3 N	M1 N-mm	M2 N-mm	M3 N-mm
3	Envelope	Combination	Max	72450.89	54482.51	2454344.61	252876288.4	265321764.5	1039331.73
3	Envelope	Combination	Min	-60580.4	-50200.04	1339010.4	-246496677	-300682464	-998041.85
4	Envelope	Combination	Max	81726.02	66791.48	2349686.77	194516693.5	335329567	1473895.46
5	Envelope	Combination	Max	106146.19	94512.5	2729079.73	216944229.9	319102524	1277164.8
6	Envelope	Combination	Max	72719.08	69024.7	2650216.12	182360714.4	308645399.1	1198440.94
7	Envelope	Combination	Max	62727.04	70675.77	2657115.6	242252327.4	267851061.1	1016236.76
8	Envelope	Combination	Max	76174.06	85123.05	2791090.89	247996015.7	308554909	1180818.73
9	Envelope	Combination	Max	65601.01	115419.9	2914580.84	162640272.3	286569409.3	1343303.01
10	Envelope	Combination	Max	52726.44	85533.87	2778091	275950013.2	258687383.6	1160506.78
12	Envelope	Combination	Max	42763.83	83569.9	3213119.6	229133056.6	211026886.5	1405243.36
13	Envelope	Combination	Max	26051.99	98073.34	3395644.32	277323760.6	227510575.6	1096133.72
15	Envelope	Combination	Max	49780.99	71726.1	2707710.96	330893312	270140806.6	964924.04
16	Envelope	Combination	Max	34357.26	82404.96	2803327.39	318607882	255731188.6	932604.99
17	Envelope	Combination	Max	-2886.3	77934.12	3100844.44	333849996	103479525.5	854170.52
18	Envelope	Combination	Max	27912.12	73595.81	3081795.38	339865093	241014464.9	807342.34
19	Envelope	Combination	Max	47228.24	73248.09	2899589.08	321594735	266720388	1224530.06

Joint	(UNFACTORED LOAD)								
	Output Case	Case Type	Step Type	F1	F2	F3	M1	M2	M3
				N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
20	Envelope	Combination	Max	30443.18	58466.68	2974735.76	359101261	180207598	850662.52
23	Envelope	Combination	Max	65086.32	49278	2106217.74	292681894.1	296087711	811080.99
26	Envelope	Combination	Max	62479.69	24336.22	1998859.2	218743194.4	277826457.2	1590557.67
27	Envelope	Combination	Max	50887.48	42532.52	3160589.52	252561453.6	243686278.4	1399264.91
28	Envelope	Combination	Max	74124.56	30374.13	2746822.82	317629377	316078384.9	983099.75
29	Envelope	Combination	Max	99856.96	27257.75	2777633.52	287622305.2	308012950.4	1198154.58
30	Envelope	Combination	Max	84257.98	36031.33	2317683.58	292908239.5	344166001	1145868.94
31	Envelope	Combination	Max	32625.52	36728.52	2624192.02	289881320.8	172790767.3	1147855.96
32	Envelope	Combination	Max	102650.9	109223.88	2633154.3	399318588	359197515	1047064.46
34	Envelope	Combination	Max	112665.49	100453.04	2584666.07	348322423	377788970	1105450.62
35	Envelope	Combination	Max	107787.42	110783.73	2434446.47	332630944	363005899	1024240.71
36	Envelope	Combination	Max	94628.7	101643.45	2447375.05	301699941.9	331186483	904839.52
37	Envelope	Combination	Max	98360.75	105984.19	2766010.6	298435757.2	346823325	865907.99
38	Envelope	Combination	Max	90191.79	106062.46	3144096.64	277087153.2	351500287	1002551.35
40	Envelope	Combination	Max	97002.9	110348.38	2520703.78	258421795.1	359725331	1175570.83
42	Envelope	Combination	Max	74014.96	103395.47	2857282.24	242416833.9	292466542.6	1227665.9
43	Envelope	Combination	Max	56635.31	96365.27	2561683.99	239866214.9	264457314.4	1205231.92

Sumber Data: Analisis Data

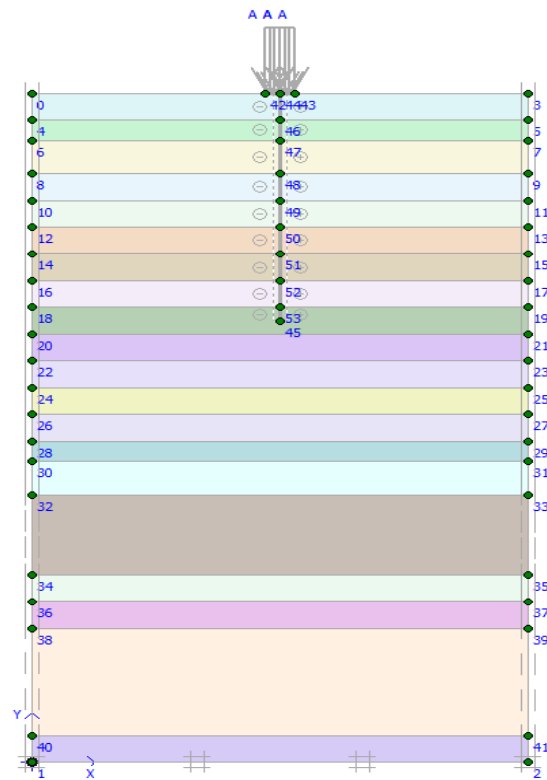
3.3. Pemodelan Lapisan Tanah Dan Analisis Penurunan Pondasi

Analisis penurunan pondasi dengan melakukan pemodelan lapisan tanah dan dipengaruhi oleh beban yang bekerja, jumlah tiang dan ukuran tiang dapat menghasilkan penurunan yang berbeda pada setiap pondasi (Sari dkk., 2022). Berikut Perhitungan penurunan pondasi untuk Gedung Masjid.

Pile Cap_1 (depth pile = 17 m)

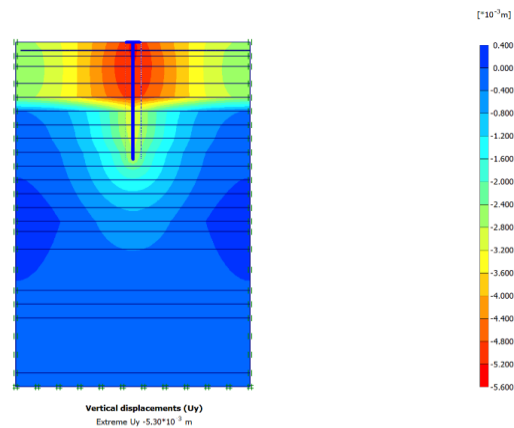
Tabel 5. Pile dan Pile Cap Properties

Input Parameter	Unit	Cap	Pile
Normal stiffness, EA	kN/m	31,503,325.54	2,958,034.33
Flexural rigidity, EI	kNm ² /m	3,780,399.06	96,123.65
Poisson's ration, μ		0.2	0.2
Weight,w	kN/m/m	28.8	2.18

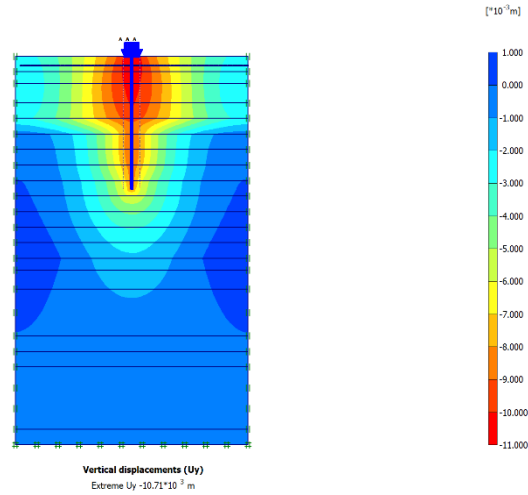


Gambar 9. Pemodelan lapisan tanah dan PC1_17 m

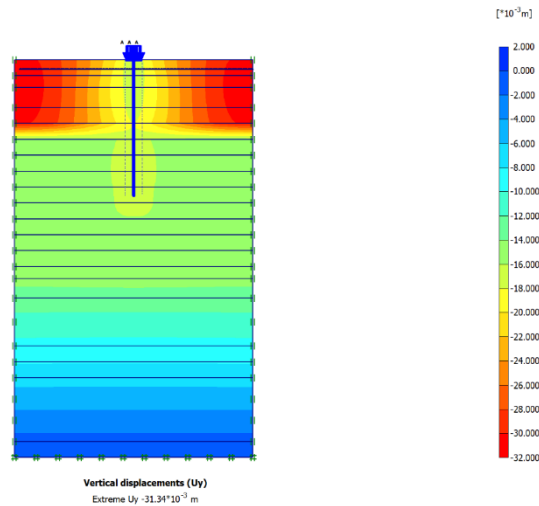
Hasil analisis besarnya penurunan jangka pendek (*immediatly/elastic settlement*) dan jangka panjang (*long-term/consolidation settlement*) seperti Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 10. Penurunan saat Instalasi Pile Cap 0.53 cm



Gambar 11. Penurunan Segera 1.071 cm



Gambar 12. Penurunan Konsolidasi 1.628 cm

Tabel 6. Data Penurunan *Pile*

Jenis Pile	Penurunan (cm)		
	Penurunan Segera (Se)	Penurunan Konsolidasi (Sc)	Penurunan Total
Pile Cap 1	1.071	1.628	2.699
Pile Cap 2	2.485	3.806	6.291
Pile Cap 2	1.664	3.681	5.345
Pile Cap 3	1.777	4.298	6.075
Pile Cap 4	1.728	5.516	7.244
Pile Cap 5	1.726	5.057	6.783
Reaksi No 71	2.131	6.946	9.077

Jenis Pile	Penurunan (cm)		
	Penurunan Segera (Se)	Penurunan Konsolidasi (Sc)	Penurunan Total
Reaksi No 72	2.002	6.646	8.648
Reaksi No 73 PC 3	2.058	6.782	8.84
Reaksi No 74 PC 3	2.245	7.247	9.492
Reaksi No 75 PC 3	1.996	6.644	8.64
Reaksi No 76 PC 3	1.998	6.664	8.662
Reaksi No 154 PC 3	2.42	7.602	10.022
Reaksi No 23 PC 4	2.265	7.402	9.667
Reaksi No 44 PC 4	2.365	7.632	9.997
Reaksi No 29 PC 5	2.623	9.555	12.178
Perletakan No 153 PC 7	1.586	7.642	9.228
Perletakan No 155 PC 7	1.478	7.33	8.808
Pile Cap 1	0.0867	0.454	0.5407
Pile Cap 2	2.63	5.556	8.186
Pile Cap 3	2.748	9.15	11.898
Pile Cap 4	2.534	8.391	10.925
Perletakan No 222 PC1	1.726	5.057	6.783
Perletakan No 78 PC2	1.726	5.057	6.783
Perletakan No 79 PC3	3.104	8.094	11.198
Perletakan No 80 PC2	1.726	5.057	6.783
Perletakan No 81 PC2	3.067	8.025	11.092
Perletakan No 157 PC2	3.067	8.025	11.092
Perletakan No 217 PC2	2.152	6.097	8.249
Perletakan No 218 PC2	2.8	7.472	10.272
Perletakan No 219 PC2	2.011	5.744	7.755

3.4. Perhitungan Tulangan Pile Cap

a. Pile Cap 1_BL5

Column Diameter = 1000 mm
 Concrete f'_c = 31.2MPa
 Steel yield strength, f_y = 420 MPa
 P = 455.92 kN
 Moments M_x = 65.39 kN.m
 M_y = 88.79 kN.m
 Pile Diameter = 600 mm

Pile Comp. Capacity = 1053.102 kN
 Pile Cap thickness = 1000mm
 $\sigma_{\max}$ = 216.59 kN/m²
 $\sigma_{\min}$ = 81.72 kN/m²
 Lc = 1.9 m
 Bc = 1.9 m
 ex = 0.14 m No tension exists at pile cap
 ey = 0.19 m No tension exists at pile cap
 L/6 = 0.32 m

ACI 318-19, ϕV_c 13.2.6.2 = 313.52 kN

Vu = 97.47 kN Ok
 h = 1000mm
 d = 900 mm

Flexure,

Mu = 21.93 kN.m
 As = 2000mm²
 ρ = 0.000072
 $\rho_{\min}$ = 0.0018
 D25 = 490 mm²
 200 mm
 l1 = 0.45 m
 l2 = 0.45 m
 ρ_w = 0.00200

b. PC2_BL6

Column Diameter = 1000 mm
 Concrete f'_c = 31.2 MPa
 Steel yield strength, f_y = 420 MPa
 P = 1278.88 kN
 Moments Mx = 237.73 kN.m
 My = 227.249 kN.m
 Pile Diameter = 600 mm
 Pile Comp. Capacity = 1053.102 kN
 Pile Cap thickness = 1000mm
 $\sigma_{\max}$ = 278.24 kN/m²
 $\sigma_{\min}$ = 155.95 kN/m²
 Lc = 3.6 m
 Bc = 1.8 m
 ex = 0.19 m No tension exists at pile cap
 ey = 0.18 m No tension exists at pile cap
 L/6 = 0.60 m

ACI 318-19, ϕV_c 13.2.6.2 = 313.52 kN

Vu = 250.16 kN Ok

$h = 1000\text{mm}$
 $d = 900 \text{ mm}$
 Flexure,
 $M_u = 235.11 \text{ kN.m}$
 $A_s = 2000\text{mm}^2$
 $\rho = 0.000767$
 $\rho_{\min} = 0.0018$
 $D25 = 490 \text{ mm}^2$
 200 mm
 $l_1 = 1.3 \text{ m}$
 $l_2 = 0.4 \text{ m}$
 $\rho_w = 0.00200$

c. PC3_BL6

Column Diameter $= 1000 \text{ mm}$
 Concrete $f'_c = 31.2 \text{ MPa}$
 Steel yield strength, $f_y = 420 \text{ MPa}$
 $P = 1774.97 \text{ kN}$
 Moments $M_x = 475.90 \text{ kN.m}$
 $M_y = 230 \text{ kN.m}$
 Pile Diameter $= 600 \text{ mm}$
 Pile Comp. Capacity $= 1053.102 \text{ kN}$
 Pile Cap thickness $= 1200\text{mm}$
 $\sigma_{\max} = 423.71 \text{ kN/m}^2$
 $\sigma_{\min} = 178.90 \text{ kN/m}^2$
 $L_c = 3.6 \text{ m}$
 $B_c = 1.8 \text{ m}$
 $e_x = 0.27 \text{ m}$ No tension exists at pile cap
 $e_y = 0.13 \text{ m}$ No tension exists at pile cap
 $L/6 = 0.60 \text{ m}$
 ACI 318-19, $\phi V_c 13.2.6.2 = 311.61 \text{ kN}$
 $V_u = 296.21 \text{ kN}$ Ok
 $h = 1200\text{mm}$
 $d = 1100\text{mm}$

Flexure
 $M_u = 358.03 \text{ kN.m}$
 $A_s = 1963.636364 \text{ mm}^2$
 $\rho = 0.000781$
 $\rho_{\min} = 0.0018$
 $D25 = 490 \text{ mm}^2$
 200 mm
 $l_1 = 1.3 \text{ m}$
 $l_2 = 0.4 \text{ m}$
 $\rho_w = 0.00196$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil kedalaman pondasi yang digunakan yaitu 20,50 m sampai dengan 46 m dengan diameter tiang spun pile 600 mm untuk memikul beban yang bekerja dan penurunan pondasi terjadi di area *stress zone* pada *pile group* sampai dilapisan lempung kaku (*consolidation settlement*) sebesar 12 cm yang harus dikontrol terhadap struktur atas dalam waktu yang lama. Dan dari analisis perhitungan pile cap didapatkan untuk mutu beton F_c 31,2 MPa dan mutu besi F_y 420 MPa.

REFERENSI

- Ayu, S., Sophian, R. I., & Haryanto, I. (2022). Daya Dukung Pondasi Dalam pada Tanah Lapukan Formasi Citalang Berdasarkan N-SPT. *Geoscience Journal*, 6(2), 780-785.
- Azizi, A., Salim, M. A., & Ramadhon, G. (2020). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Proyek Gedung DPRD Kabupaten Pemalang. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(2), 78-80.
- Bowles, J. E., & Guo, Y. (1996). *Foundation Analysis and Design* (Vol. 5, p. 127). New York: McGraw-hill.
- Das, B. M. (Ed.). (2011). *Geotechnical Engineering Handbook*. J. Ross publishing.
- Hutapea, D. S., & Iskandar, R. (2021). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Bor dengan Plaxis 3D terhadap Hasil Loading Test. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(6), 1007-1026.
- Indonesia, S. N. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik. *SNI*, 8460, 2017.
- Khakim, M. A., & Furqon, A. (2024). *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dan Bored Pile dengan Metode Mayerhoff, Metode Aoki & De Alencar, Metode Resse And Wright, dan Program PLAXIS V. 8.6 (Studi Kasus Gedung Kantor Yayasan Badan Wakaf Sultan Agung)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Luthfiani, F., Nurhuda, I., & Atmanto, I. D. (2017). Analisis Penurunan Bangunan Pondasi Tiang Pancang dan Rakit pada Proyek Pembangunan Apartemen Surabaya Central Business District. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 6(2), 166-179.
- Mina, E., Kusuma, R. I., & Setiawan, D. (2013). Kajian Analisis Pondasi Tiang Pancang untuk Mesin Mixing Drum Menggunakan Program Plaxis (Area Sinter Plant Krakatau Posco). *Fondasi Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 159-168.
- Ramadhan, M. N. D., Solin, D. P., & Astawa, M. D. (2022). Analisis Pengaruh Variasi Bentuk dan Variasi Dimensi terhadap Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Gedung Kuliah Bersama dan Laboratorium Feb Upn "Veteran" Jawa Timur. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 11(2), 245-252.

- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley & Sons.
- Sardjono, S. (1988). *Pondasi Tiang Pancang*. Jakarta.
- Sari, A. P., & Aini, A. M. (2022). *Analisa Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Meyerhof, Aoki & De Alencar dan Program Plaxis 8.6 (Studi Kasus Gedung Parkir Rs Roemani Semarang)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).
- Sipayung, A. N. (2019). *Analisa Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Menggunakan Metode Analitis dan Plaxis V 8.6 pada Abutment 2 IC Sei Pamulutan Sta 07+ 126 (Studi Kasus pada Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Palembang-Indralaya)* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Surbakti, R. (2021). Analisis Penurunan Tanah dengan Plaxis 2D dan 3D Pada Proyek Reklamasi Belawan. *Syntax Literate; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 6(7), 3511-3520.