

KAJIAN TEKNIS USULAN STRUKTUR PONDASI PADA GEDUNG MASJID ISLAMIC CENTRE MEDAN

Rina Firlia Sari¹, Simon Dertha², Oloan Sitohang³, Andar Sitohang⁴

^{1, 2, 3} Universitas Katolik Santo Thomas, ⁴Akademi Teknik Deli Serdang

Email: rinatobing15@gmail.com

ABSTRAK

Pondasi merupakan struktur bawah yang digunakan untuk menyalurkan beban struktur atas ke lapisan tanah keras yang memiliki daya dukung yang mampu memikul beban. Dalam kajian struktur pondasi pada struktur bangunan gedung ada beberapa hal yang perlu dilakukan di antaranya melakukan penyelidikan tanah untuk mengetahui jenis tanah dan kedalaman tanah keras. Kondisi tanah merupakan salah satu faktor penentu tipe pondasi yang akan digunakan dan kedalaman pondasi pada bangunan tersebut. Selain itu perlu diketahui beban struktur atas yang akan dipikul oleh pondasi maka dalam penelitian ini analisis dilakukan dengan mengetahui jenis tanah dan struktur atas bangunan masjid, pada analisis diuraikan dari pengumpulan data di antaranya penyelidikan tanah hingga menganalisis struktur pondasi dengan menggunakan bantuan program PLAXIS. Kajian terhadap pondasi gedung masjid menunjukkan jumlah dari pondasi yang digunakan dengan kedalaman pondasi 20.50 m sampai dengan 46 m untuk dapat memikul beban yang akan bekerja, dan dari kajian yang dilakukan struktur pondasi akan mengalami penurunan konsolidasi sekitar 1-12 cm yang harus dikontrol terhadap struktur atas dan untuk mengurangi penurunan dapat menggunakan *friction pile*.

Kata Kunci: struktur pondasi, penyelidikan tanah, konsolidasi, *settlement*, PLAXIS

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu konstruksi, hal yang paling penting salah satunya adalah pondasi dikarenakan berfungsi untuk meneruskan beban struktur di atasnya ke lapisan tanah di bawahnya. Ditinjau dari segi pelaksanaan, ada beberapa keadaan dimana kondisi lingkungan tidak memungkinkan adanya pekerjaan yang baik dan sesuai dengan kondisi yang diasumsikan dalam perencanaan meskipun jenis pondasi yang sesuai telah dipilih dengan perencanaan yang memadai, serta struktur pondasi yang telah dipilih itu dilengkapi dengan pertimbangan mengenai kondisi tanah pondasi dan Batasan-batasan struktur.

Sistem pondasi merupakan elemen struktur yang berfungsi untuk mentransfer beban *upper structure* ke lapisan tanah yang cukup baik untuk memikul beban tanpa mengalami keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Kegagalan konstruksi sering terjadi akibat beban yang bekerja pada pondasi lebih besar dari kemampuan pondasi untuk memikul beban, dan juga sering terjadi karena beban yang bekerja telah menimbulkan penurunan yang berlebih. Oleh karena itu, dalam perencanaan sistem pondasi harus dapat diestimasi dengan baik daya dukung pondasi dan juga penurunan pondasi. Penurunan pondasi mencakup penurunan jangka pendek (*short term settlement*) dan penurunan jangka panjang (*long term settlement*).

Pada penelitian ini Gedung Masjid merupakan salah satu jenis bangunan konstruksi yang sangat penting di dalam Pembangunan Medan Islamic Centre. Oleh karena itu baik

upper structure maupun *sub structure* harus direncanakan dengan baik sehingga memenuhi semua syarat-syarat perencanaan yang aman, ekonomis, dan juga tahan dalam jangka panjang. Kegagalan struktur Tower dapat mengakibatkan kerugian baik material, nyawa, dan juga fungsi.

2. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan analisis evaluasi pondasi pada suatu struktur bangunan diperlukan beberapa tahapan-tahapan untuk mendapatkan data yang diinginkan di antaranya:

- 1) Pengumpulan data awal yang diperlukan di antaranya hasil penyelidikan tanah di lokasi menara, gambar pondasi menara seperti kedalaman pondasi dalam, tebal *pile cap*, mutu beton, mutu baja yang digunakan.
- 2) Melakukan penyelidikan tanah berupa titik bor sebanyak 7 titik di area menara
- 3) Berdasarkan hasil penyelidikan tanah di atas maka dilakukan evaluasi mengenai sistem pelapisan tanah dan parameter tanah.
- 4) Dari hasil analisis penyelidikan tanah dilakukan evaluasi terhadap rencana pondasi yang ada untuk memeriksa daya dukung dan penurunan yang terjadi.

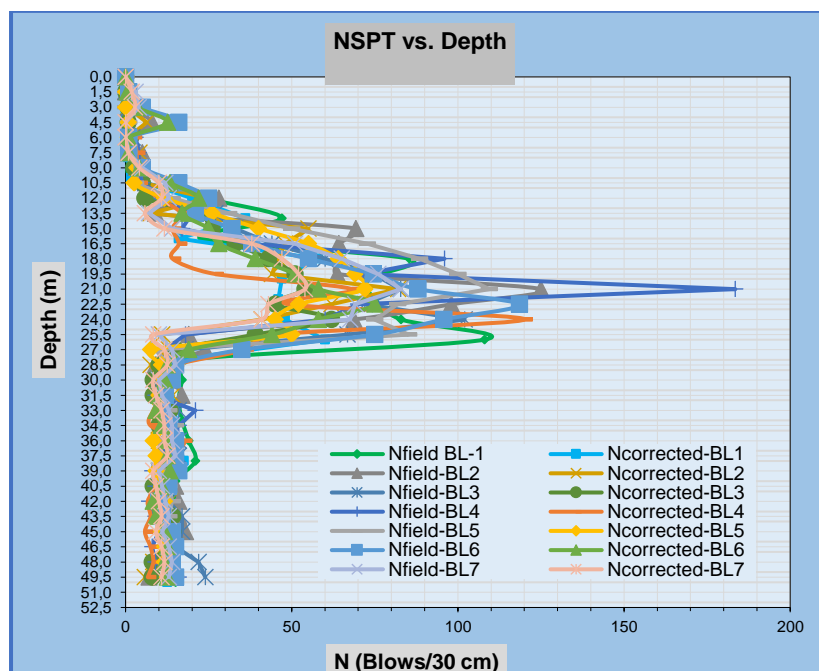
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

3.1 Kondisi Geoteknik Lapisan Tanah

A. 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 1 berikut.



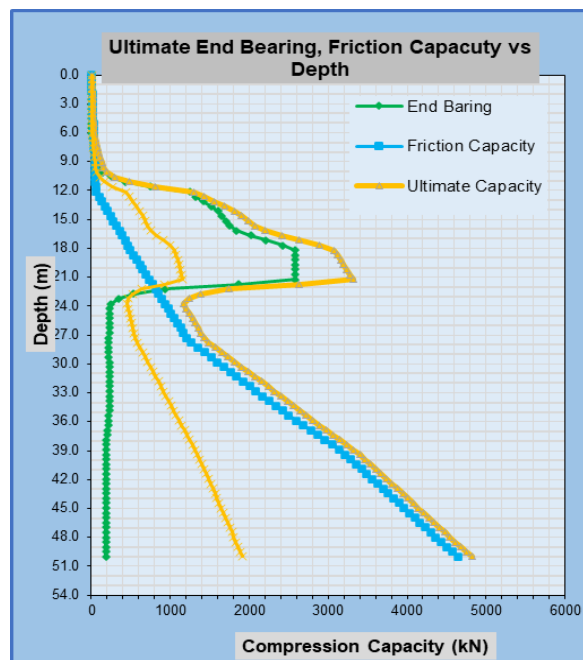
Gambar 1. NSPT vs Kedalaman berdasarkan bore hole

B. Pelapisan Tanah Berdasarkan Bor-log

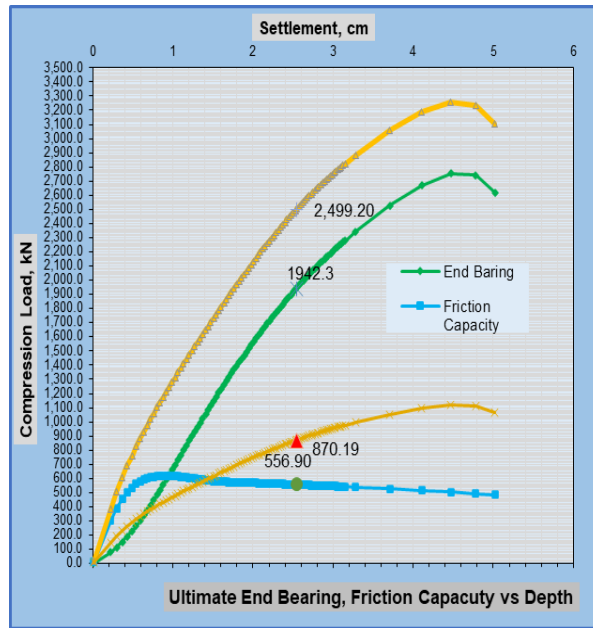
Tabel 1. Pelapisan tanah berdasarkan BL-1

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.} = 14-8
40.00 - 50.45	Clay	Stiff NSPT _{cor.} = 11-13

*Cohesive Soil, (N₆₀); Granular Soil and Silty Fine Sands NSP>15, (N₁₍₆₀₎)



Gambar 2. Daya Dukung Aksial Tekan Tiang Pancang SP 600 mm Berdasarkan BL1



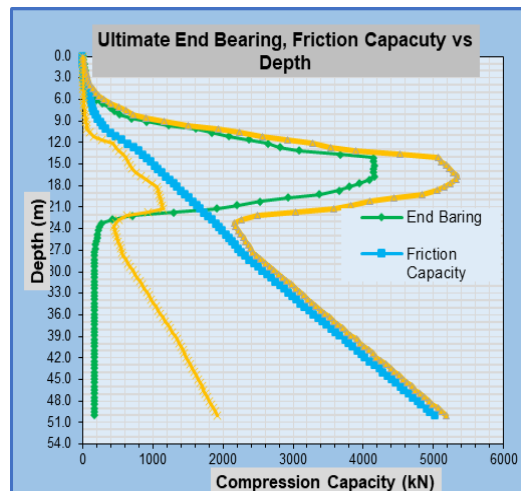
Gambar 3. Daya Dukung Aksial Tekan vs Penurunan Tiang Pancang SP 600 mm Kedalaman 20.5 m Berdasarkan BL1

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

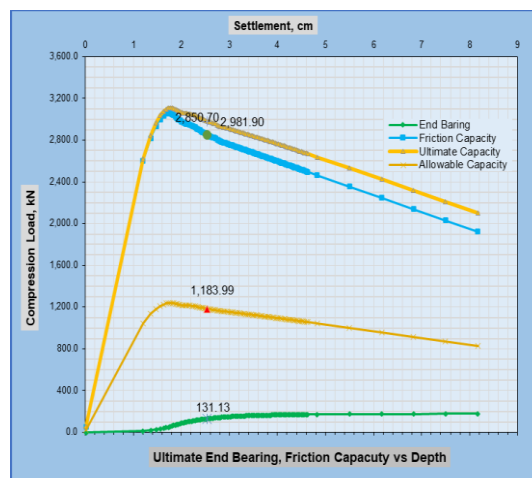
Tabel 2. Pelapisan tanah berdasarkan BL-2

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

*Cohesive Soil, (N₆₀); Granular Soil and Silty Fine Sands NSP>15, (N₁₍₆₀₎)



Gambar 4. Daya Dukung Aksial Tekan Tiang Pancang SP 600 mm Berdasarkan BL2



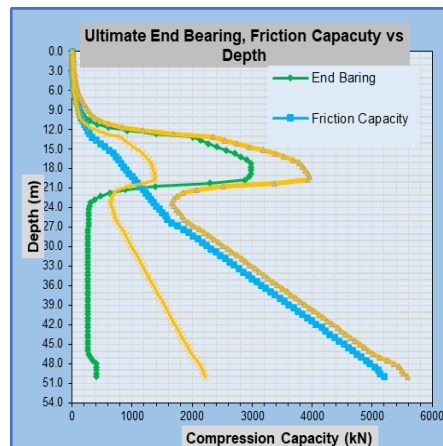
Gambar 5. Daya Dukung Aksial Tekan vs Penurunan Tiang Pancang SP 600 mm Kedalaman 33 m Berdasarkan BL2

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

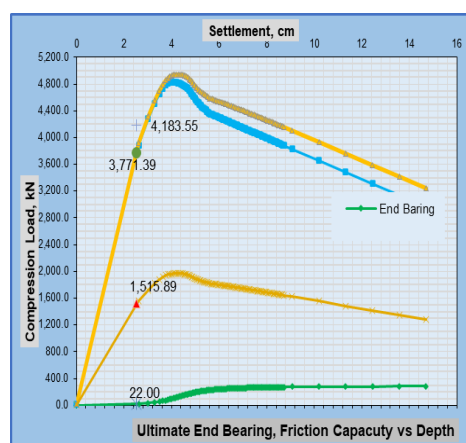
Tabel 3. Pelapisan tanah berdasarkan BL-3

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, (N₆₀); Granular Soil and Silty Fine Sands NSP>15, (N₁₍₆₀₎)



Gambar 6. Daya Dukung Aksial Tekan Tiang Pancang SP 600 mm Berdasarkan BL3



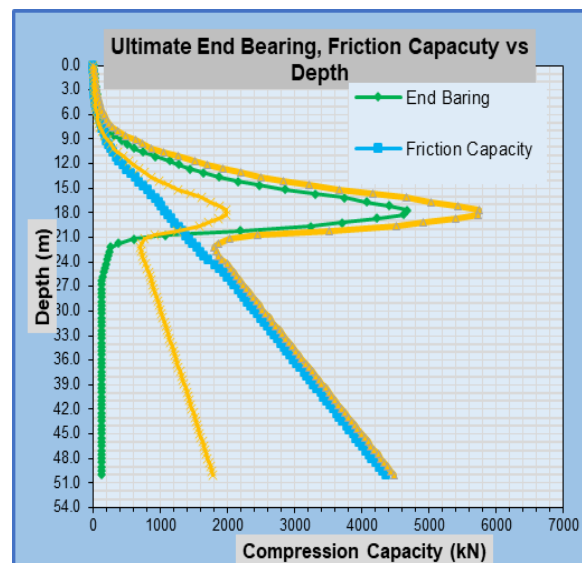
Gambar 7. Daya Dukung Aksial Tekan vs Penurunan Tiang Pancang SP 600 mm Kedalaman 46 m Berdasarkan BL3

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

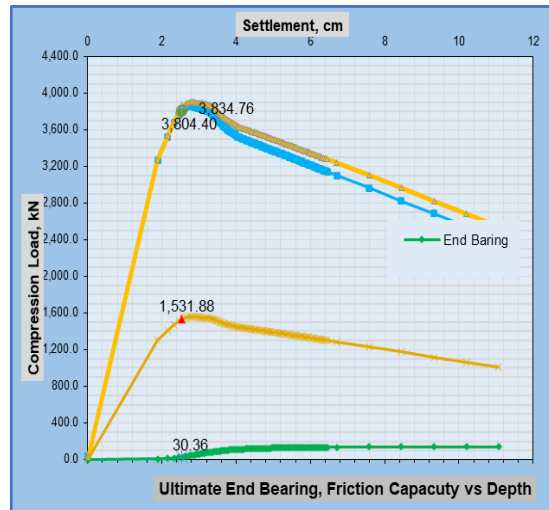
Tabel 4. Pelapisan tanah berdasarkan BL-4

Depth [m]	Description	Relative Density/Consistency*
0.00 - 1.20	Fill Material	
1.20 - 3.50	Clay Silt	Very Soft NSPT _{cor.} = 1-0
3.50 - 5.00	Silty Fine grained Sand	Very Loose NSPT _{cor.} = 1
5.00 - 9.00	Silty Clay slightly Sand	Soft NSPT _{cor.} = 2-3
9.00 - 11.50	Sand Silt	Soft NSPT _{cor.} = 3-4
11.50 - 16.00	Silt Sand	Medium Dense NSPT _{cor.} = 10-16
16.00 - 23.50	Fine grained Tuff Sand	Medium Dense to Very Dense NSPT _{cor.} = 27-120
23.50 - 26.00	Silt Sand slightly Clay	Dense to Medium Dense NSPT _{cor.} = 36-15
26.00 - 28.00	Silt Clay	Stiff NSPT _{cor.} = 10
28.00 - 38.00	Clay Slightly Silt	Stiff NSPT _{cor.} = 8-13
38.00 - 50.00	Silt Clay slightly Wood Fossil	Medium Soft to Stiff NSPT _{cor.} = 7-13

*Cohesive Soil, (N₆₀); Granular Soil and Silty Fine Sands NSP>15, (N₁₍₆₀₎)



Gambar 8. Daya Dukung Aksial Tekan Tiang Pancang SP 600 mm Berdasarkan BL4



Gambar 9. Daya Dukung Aksial Tekan vs Penurunan Tiang Pancang SP 600 mm Kedalaman 44 m Berdasarkan BL4

Kedalaman tanah keras ±18.0 m di bawah permukaan tanah eksisting titik bor yakni *Fine grained Tuff Sand* NSPT > 50, yakni: 0.0 m – 11.50 m merupakan *Very Soft to Soft Sandy Silt Clay* dan pada kedalaman 26 m-50 m merupakan *Stiff Clay*. Besarnya daya dukung tiang tunggal spun pile diam, yakni 600 mm dan t =100 mm.

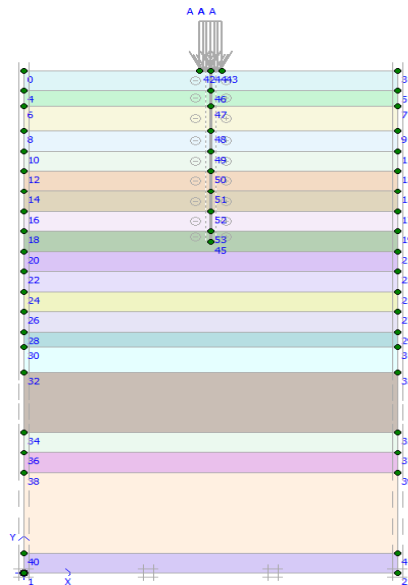
Tabel 6. Reaksi Perletakan Struktur Gedung Masjid

TABLE: Joint Reactions				(UNFACTORED LOAD)						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3	
Text	Text	Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm	
3	ENVELOPE	Combination	Max	72450.89	54482.51	2454344.6	252876288	265321765	1039331.73	
4	ENVELOPE	Combination	Max	81726.02	66791.48	2349686.8	194516694	335329567	1473895.46	
5	ENVELOPE	Combination	Max	106146.2	94512.5	2729079.7	216944230	319102524	1277164.8	
6	ENVELOPE	Combination	Max	72719.08	69024.7	2650216.1	182360714	308645399	1198440.94	
7	ENVELOPE	Combination	Max	62727.04	70675.77	2657115.6	242252327	267851061	1016236.76	
8	ENVELOPE	Combination	Max	76174.06	85123.05	2791090.9	247996016	308554909	1180818.73	
9	ENVELOPE	Combination	Max	65601.01	115419.9	2914580.8	162640272	286569409	1343303.01	
10	ENVELOPE	Combination	Max	52726.44	85533.87	2778091	275950013	258687384	1160506.78	
12	ENVELOPE	Combination	Max	42763.83	83569.9	3213119.6	229133057	211026887	1405243.36	
13	ENVELOPE	Combination	Max	26051.99	98073.34	3395644.3	277323761	227510576	1096133.72	
15	ENVELOPE	Combination	Max	49780.99	71726.1	2707711	330893312	270140807	964924.04	
16	ENVELOPE	Combination	Max	34357.26	82404.96	2803327.4	318607882	255731189	932604.99	
17	ENVELOPE	Combination	Max	-2886.3	77934.12	3100844.4	333849996	103479526	854170.52	
18	ENVELOPE	Combination	Max	27912.12	73595.81	3081795.4	339865093	241014465	807342.34	
19	ENVELOPE	Combination	Max	47228.24	73248.09	2899589.1	321594735	266720388	1224530.06	
20	ENVELOPE	Combination	Max	30443.18	58466.68	2974735.8	359101261	180207598	850662.52	
23	ENVELOPE	Combination	Max	65086.32	49278	2106217.7	292681894	296087711	811080.99	
26	ENVELOPE	Combination	Max	62479.69	24336.22	1998859.2	218743194	277826457	1590557.67	
27	ENVELOPE	Combination	Max	50887.48	42532.52	3160589.5	252561454	243686278	1399264.91	
28	ENVELOPE	Combination	Max	74124.56	30374.13	2746822.8	317629377	316078385	983099.75	
29	ENVELOPE	Combination	Max	99856.96	27257.75	2777633.5	287622305	308012950	1198154.58	
30	ENVELOPE	Combination	Max	84257.98	36031.33	2317683.6	292908240	344166001	1145868.94	
31	ENVELOPE	Combination	Max	32625.52	36728.52	2624192	289881321	172790767	1147855.96	
32	ENVELOPE	Combination	Max	102650.9	109223.9	2633154.3	399318588	359197515	1047064.46	
34	ENVELOPE	Combination	Max	112665.5	100453	2584666.1	348322423	377788970	1105450.62	
35	ENVELOPE	Combination	Max	107787.4	110783.7	2434446.5	332630944	363005899	1024240.71	
36	ENVELOPE	Combination	Max	94628.7	101643.5	2447375.1	301699942	331186483	904839.52	
37	ENVELOPE	Combination	Max	98360.75	105984.2	2766010.6	298435757	346823225	865907.99	
38	ENVELOPE	Combination	Max	90191.79	106062.5	3144096.6	277087153	351500287	1002551.35	
40	ENVELOPE	Combination	Max	97002.9	110348.4	2520703.8	258421795	359725331	1175570.83	
42	ENVELOPE	Combination	Max	74014.96	103395.5	2857282.2	242416834	292466543	1227665.9	
43	ENVELOPE	Combination	Max	56635.31	96365.27	2561684	239866215	264457314	1205231.92	
44	ENVELOPE	Combination	Max	44077.81	86051.24	2258147.1	230976355	231353910	1222398.67	
45	ENVELOPE	Combination	Max	38600.3	97727.84	2079477.5	263729500	224081877	1523299.55	
46	ENVELOPE	Combination	Max	32579.79	89740.62	2198725.7	274963206	226631261	1172424.11	
47	ENVELOPE	Combination	Max	69798.64	31507.66	2843254.2	120578427	231532297	6630656.52	
50	ENVELOPE	Combination	Max	26035.56	60191.13	2002715.6	339291305	206501800	1079200.23	
51	ENVELOPE	Combination	Max	35958.93	57996.59	2074991.9	335624727	213597919	1420127.81	
52	ENVELOPE	Combination	Max	42442.73	45959.89	2246775.8	304541136	222986493	1556982.95	
53	ENVELOPE	Combination	Max	53844.8	46236.37	2570287.3	336368250	252929825	1367373.77	
54	ENVELOPE	Combination	Max	71549.54	43915.72	2834682.2	357950498	281096978	1298495.98	
55	ENVELOPE	Combination	Max	59559.13	39521.57	2841719.9	327572198	314738373	1609898.39	
56	ENVELOPE	Combination	Max	95515.45	50364.32	2435776.7	376553038	350166646	1518639.78	
57	ENVELOPE	Combination	Max	115213.9	52986.25	2655874.4	384609456	348026665	1212007.28	
59	ENVELOPE	Combination	Max	96983.99	65082.63	2806119.1	369412882	338332136	1276628.19	
60	ENVELOPE	Combination	Max	87981.61	66334.9	2458507	343545904	312010028	1426950.66	
61	ENVELOPE	Combination	Max	106209.8	80352.83	2433079	385457890	357176508	969637.59	
62	ENVELOPE	Combination	Max	111491.1	89597.81	2469745	385108715	372707749	928462.51	
63	ENVELOPE	Combination	Max	99047.43	90539.72	2628561.6	389769730	358376058	1132227.45	
64	ENVELOPE	Combination	Max	2221.43	136259.6	752094.34	453773053	219799001	1117021.19	
65	ENVELOPE	Combination	Max	-9280.12	126504.3	767166.7	471327811	204707139	970860.84	
66	ENVELOPE	Combination	Max	10932.82	112019.1	767353.69	483428581	231461312	1189995.85	
67	ENVELOPE	Combination	Max	23712.16	97386.99	752352.6	465002712	249992277	1012544.71	
68	ENVELOPE	Combination	Max	39196.66	80253.31	750474.01	443341648	267815258	1081258.26	
69	ENVELOPE	Combination	Max	61887.77	71823.31	755485.43	467770700	310003235	969700.79	
70	ENVELOPE	Combination	Max	80253.22	63296.95	771626.38	481996171	342523546	784806.64	

**C. Pemodelan Lapisan Tanah Dan Analisis Penurunan Pondasi
Pile Cap_1 (depth pile =17 m)**

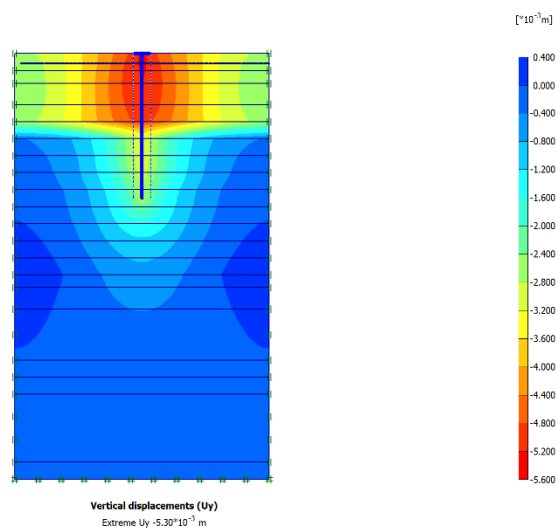
Pile dan Pile Cap Properties:

Input Parameter	Unit	Cap	Pile
Normal stiffness, EA	kN/m	31,503,325.54	2958034.328
Flexural rigidity, EI	kNm ² /m	3,780,399.06	96123.65275
Poisson's ration, μ		0.2	0.2
Weight,w	kN/m/m	28.8	2.18

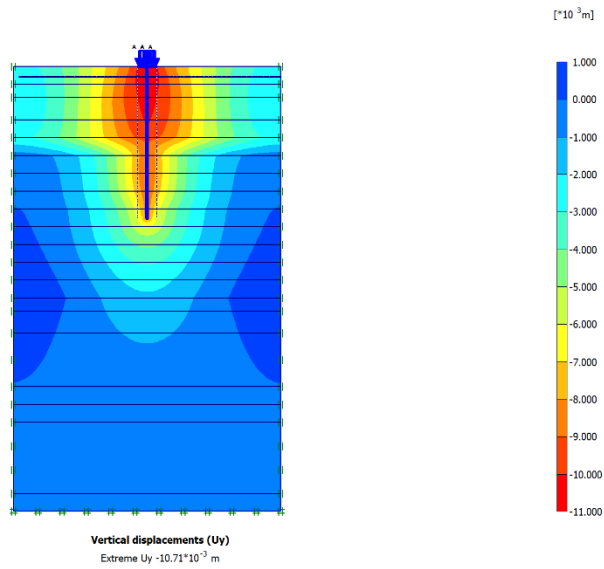


Gambar 10. Pemodelan lapisan tanah dan PC1_17 m

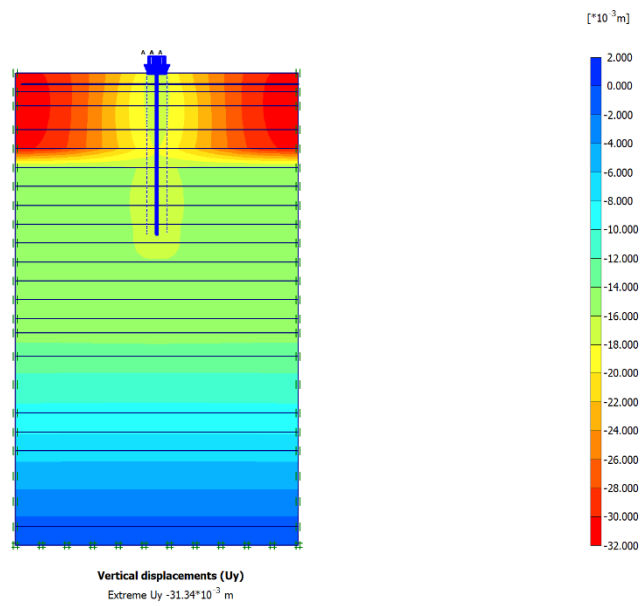
Hasil analisis besarnya penurunan jangka pendek (*immidiately/elastic settlement*) dan jangka panjang (*long-term/consolidation settlement*) seperti Gambar 11 dan Gambar 12 di bawah ini.



Gambar 11. Penurunan saat Instalasi Pile Cap 0.53 cm



Gambar 12. Penurunan Segera 1.071 cm



Gambar 13. Penurunan Konsolidasi 1.628 cm

Tabel 9. 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
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

Tabel 10. Data Penurunan Pile (Lanjutan)

Jenis Pile	Penurunan (cm)		
	Penurunan Segera (Se)	Penurunan Konsolidasi (Sc)	Penurunan Total
Perletakan No 218 PC2	2.8	7.472	10.272
Perletakan No 219 PC2	2.011	5.744	7.755
Perletakan No 220 PC2	3.059	8.016	11.075
Perletakan No 221 PC2	2.434	6.696	9.13
Perletakan No 4 PC3	4.803	10.944	15.747
Perletakan No 45 PC3	5.902	12.522	18.424
Perletakan No 46 PC3	5.902	12.522	18.424
Perletakan No 50 PC3	5.654	12.485	18.139
Perletakan No 51 PC3	5.779	12.703	18.482
Perletakan No 52 PC3	5.779	12.703	18.482
Perletakan No 211 PC4	3.702	9.063	12.765
Perletakan No 212 PC4	3.178	8.069	11.247
Perletakan No 213 PC4	2.864	7.449	10.313
Perletakan No 215 PC3	4.416	10.283	14.699
Perletakan No 216 PC3	4.49	10.417	14.907
Perletakan No 3 PC4	4.282	10.132	14.414
Perletakan No 5 PC4	4.739	11	15.739
Perletakan No 30 PC4	3.965	9.583	13.548
Perletakan No 31 PC4	4.407	10.4	14.807
Perletakan No 47 PC4	4.958	11.385	16.343
Perletakan No 152 PC4	4.498	11.385	15.883
Perletakan No 167 PC4	4.954	11.396	16.35
Perletakan No.174 PC4	4.447	10.45	14.897
Perletakan No.175 PC4	4.573	10.706	15.279
Perletakan No.176 PC4	4.568	10.678	15.246

D. Perhitungan Tulangan**1. Pile Cap 1_BLS**

Column Diameter = 1000 mm

Concrete f_c = 31.2 MPaSteel 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	= 1000 mm	
σ_{max}	= 216.59 kN/m ²	
σ_{min}	= 81.72 kN/m ²	
Lc	= 1.9 m	
Bc	= 1.9 m	
ex	= 0.14 m	<i>No tension exists at pile cap</i>
ey	= 0.19 m	<i>No tension exists at pile cap</i>
L/6	= 0.32 m	
ACI 318-19, ϕV_c 13.2.6.2	= 313.52 kN	
Vu	= 97.47 kN	Ok
h	= 1000 mm	
d	= 900 mm	
Flexure,		
Mu	= 21.93 kN.m	
As	= 2000 mm ²	
ρ	= 0.000072	
ρ_{min}	= 0.0018	
D25	= 490 mm ²	
	200 mm	
l1	= 0.45 m	
l2	= 0.45 m	
ρ_w	= 0.00200	

2. PC2_BL6

Column Diameter	= 1000 mm	
Concrete f'c	= 31.2 MPa	
Steel yield strength, fy	= 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	= 1000 mm	
σ_{max}	= 278.24 kN/m ²	
σ_{min}	= 155.95 kN/m ²	
Lc	= 3.6 m	
Bc	= 1.8 m	
ex	= 0.19 m	<i>No tension exists at pile cap</i>
ey	= 0.18 m	<i>No tension exists at pile cap</i>
L/6	= 0.60 m	
ACI 318-19, ϕV_c 13.2.6.2	= 313.52 kN	
Vu	= 250.16 kN	Ok
h	= 1000 mm	
d	= 900 mm	
Flexure,		
Mu	= 235.11 kN.m	

As	= 2000 mm ²
ρ	= 0.000767
ρ_{min}	= 0.0018
D25	= 490 mm ² 200 mm
l1	= 1.3 m
l2	= 0.4 m
ρ_w	= 0.00200

3. PC3_BL6

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

Flexure

M_u	= 358.03 kN.m
As	= 1963.636364 mm ²
ρ	= 0.000781
ρ_{min}	= 0.0018
D25	= 490 mm ² 200 mm
l1	= 1.3 m
l2	= 0.4 m
ρ_w	= 0.00196

4. KESIMPULAN

- 1) Dari hasil evaluasi ulang yang dilakukan untuk pondasi dalam juga menunjukkan hasil bahwa jumlah pondasi dalam, kedalaman pondasi dalam sekitar 20.50 m hingga 46 m untuk memikul beban yang bekerja masih mengalami penurunan konsolidasi.

- 2) Terjadinya penurunan konsolidasi sekitar 1-12 cm, ini terjadi karena *stress zone pile group* lapisan sampai ke lapisan lempung kaku (*long-term settlement*) dalam waktu yang sangat lama.
- 3) Untuk mengurangi penurunan dapat menggunakan *friction pile*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Braja M.Das, Principles of Foundation Engineering Ninth Edition. Cengage.2017
- [2] Braja M.Das, Khaled Sobhan, Principles of Geotechnical Engineering Ninth Edition. Cengage.2018
- [3] K. Basah Suryolelono, Teknik Pondasi, Jogjakarta.1994
- [4] Sosrodarsono, Dr.Ir. Suyono dan Kazuto Nakazawa. Mekanika Tanah dan Pondasi. Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.
- [5] S, Ir. Sardjono H,Pondasi Tiang Pancang. Jakarta. 1988
- [6] Terzaghi, Karl. Soil Mechanics in Engineering Practice. United States of America. 1996