

KAJIAN PENYELIDIKAN TANAH DI LOKASI COFFE SHOP PADA PROYEK PEMBANGUNAN PENATAAN KAMPUNG ULOS HUTARAJA KABUPATEN SAMOSIR (SUMATERA UTARA)

Diana Suita

Lecturer S2, Universitas Harapan Medan (UnHar Medan)
Jl. H.M. Joni 7 C Medan, INDONESIA
dns1301@gmail.com

Abstrak

Permukaan air tanah di lapangan berdasarkan hasil hand boring ditemukan pada kedalaman 0,30 m di bawah permukaan tanah, hal ini perlu untuk pelaksanaan penggalian pondasi Sistem pelapisan tanah di lokasi terdiri dari pasir, lempung berpasir dan lempung. Dengan menganggap untuk tanah keras nilai perlawanan penetrasi konus lebih besar atau sama dengan 150 kg/cm², maka untuk sondir 51 kedalaman tanah keras ditemukan pada kedalaman 11,60 m. Untuk lokasi proyek di Hutarja memungkinkan untuk menggunakan pondasi dangkal di atas kedalaman 1,00 m di bawah permukaan tanah untuk beban dibawah 25 ton. Apabila beban relatif besar dapat menggunakan pondasi tiang pancang mini pile di atas kedalaman 11,5 m.

Kata-Kata Kunci : Sondir, Hand Boring, Daya Dukung Pondasi

I. Pendahuluan

Letak astronomis Kabupaten Samosir merupakan salah satu kabupaten dalam Provinsi Sumatera Utara yang secara geografis terletak pada posisi 2021°38'–2049°48' Lintang Utara dan 98024°00'–99001°48' Bujur Timur dengan ketinggian antara 904-2.157 meter di atas permukaan laut. Kabupaten Samosir sebelah utara berbatasan dengan Luas wilayah Kabupaten Samosir +2.069,05 km² terdiri dari luas daratan +1.444,25 km² (69,80 persen) yaitu seluruh Pulau Samosir yang dikelilingi Danau Toba dan sebahagian wilayah daratan Pulau Sumatera dan luas wilayah danau +624,80 km² (30,20 persen). Kabupaten Samosir berada di dataran tinggi pegunungan bukit barisan dengan ketinggian 904-2.157 m.dpl.

Kabupaten Samosir merupakan daerah pulau yaitu seluruh Pulau Samosir yang dikelilingi oleh Danau Toba ditambah sebagian wilayah daratan Pulau Sumatera. Luas wilayahnya mencapai 2.069,05 km², terdiri dari luas daratan 1.444,25 km² dengan topografi dan kontur tanah yang beraneka macam, yaitu datar, landai, miring dan terjal, dan luas danau 624,80 km²

Sifat Permukaan dan Kemiringan Kabupaten Samosir terletak pada wilayah dataran tinggi, dengan ketinggian antara 700 – 1.700 m di atas permukaan Laut, dengan komposisi; 700 m s/d 1.000 m dpl = ± 10 % 1.000 m s/d 1.500 m dpl = ± 25 % > 1.500 m dpl = ± 65 % Dengan Komposisi kemiringan sebagai berikut : 0 – 20 (datar) = ± 10 % 2 – 150 (landai) = ± 20 % 15 – 400 (miring) = ± 55 % > 400 (terjal) = ± 15 %. Jenis Tanah Topografi dan kontur tanah di Kabupaten Samosir pada umumnya berbukit dan bergelombang.

Kampung Tenun Ulos Huta Raja yang terletak di Kabupaten Samosir dapat ditata dengan lebih baik serta dilengkapi dengan berbagai infrastruktur dasar,

seperti air bersih sanitasi, coffe shop, Information Centre, Ampitheater, Rumah Bolon, Rumah Anting, Rumah Extension, Kios Lingkar Tuk Tuk, Mall dan lansekap yang menarik. Diharapkan dapat meningkatkan jumlah wisatawan yang berkunjung. Pembangunan coffe shop direncanakan satu tingkat ditepi Danau Toba. Akan tetapi sebelum pembangunan konstruksi coffe shop, dilakukan penyelidikan tanah. Dengan penyelidikan tanah tersebut dapat dilakukan perencanaan pondasi yang digunakan pada pembangunan coffe shop. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui daya dukung pondasi. untuk pembangunan pondasi coffe shop.



Gambar 1. Layout titik sondir & hand bore penataan Kampung ulos huta raja, kabupaten samosir

II. Tinjauan Pustaka

Penyelidikan geoteknik adalah salah satu kegiatan dalam bidang geoteknik yang dilakukan untuk memperoleh sifat dan karakteristik tanah untuk kepentingan rekayasa (*engineering*). Ada dua jenis penyelidikan geoteknik yang dilakukan yaitu (1) penyelidikan lapangan (*in situ test*) dan (2) penyelidikan laboratorium (*laboratory test*). Penyelidikan lapangan umumnya

terdiri machine boring, SPT {Standard Penetration Test), CPT (Cone Penetration Test), DCP (Dynamic Cone Penetration), Pressuremeter Test (PMT), Dilatometer Test (DMT), Field Permeability Test, dll. Sedangkan penyelidikan laboratorium terdiri dari index properties (water content, spesifik gravity, atterberg limit, sieve analysis, unit weight), engineering properties (direct shear test, consolidation test, triaxial test, permeability test, compaction test, CBR test).

Pemilihan jenis pengujian yang dilakukan sangat tergantung kepada jenis konstruksi yang akan dikerjakan pada lokasi. Jenis penyelidikan akan berbeda untuk bangunan tinggi, galian dalam (deep excavation), timbunan (fill), terowongan (tunnelling), jalan raya (highway), bendungan, dermaga dll.

Penyelidikan geoteknik yang dilakukan adalah penyelidikan lapangan (*in situ test*) yang terdiri dari *hand Boring* dan *Cone Penetration Test (CPT)*.

2.1 Tujuan Penyelidikan Geoteknik

Tujuan penyelidikan geoteknik yang dilakukan, adalah:

- Mengetahui stratigrafi atau sistem pelapisan tanah di lokasi. Stratigrafi tanah dapat diperoleh berdasarkan hasil *hand boring* di lapangan hingga kedalaman 4.0 m.
- Mengetahui kedalaman muka air tanah (ground water level) di lokasi. Hal ini dapat diperoleh dari hasil machine boring.
- Mengambil sampel tanah (*undisturbed sample*) dari lokasi untuk diuji di laboratorium. Hal ini dapat diperoleh melalui *hand boring*.
- Mengetahui kekuatan tanah pada setiap kedalaman tertentu. Hal ini dapat diperoleh dari hasil *Cone Penetration Test (CPT)*.

Dari hasil penyelidikan tanah tersebut di atas dapat dilakukan:

- Menentukan daya dukung pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*) berdasarkan parameter kuat geser tanah atau *in situ test*.
- Mengevaluasi besarnya penurunan tanah akibat beban kerja baik penurunan segera (*immediately settlement*), penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) dan penurunan setempat (*differential settlement*) berdasarkan parameter konsolidasi atau *in situ test*
- Menentukan parameter kuat geser tanah di lapangan berdasarkan korelasi empirik terhadap *Cone Penetration Test (CPT)*.

2.3 Daya Dukung Pondasi

Ada dua jenis pondasi yang biasa digunakan sebagai pondasi bangunan, yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi dangkal terdiri dari pondasi setempat (*spread footing*) dan pondasi menerus (*continuous footing*). Pondasi dalam terdiri dari pondasi tiang kayu, pondasi tiang

beton, pondasi tiang komposit, berdasarkan jenis materialnya. Berdasarkan metode instalasinya pondasi tiang bor (*drilled shaft pile*), pondasi tiang pancang (*driven pile*). Berdasarkan proses pembuatan tiangnya, pondasi tiang pracetak (*precast pile*), pondasi tiang cetak di tempat (*cast in place pile*).

Ada dua hal yang harus diperhatikan dalam mendesain sistem pondasi yaitu (i) daya dukung pondasi harus lebih besar dari beban yang bekerja pada pondasi (ii) besarnya penurunan pondasi harus lebih kecil dari penurunan yang diijinkan.

2.3.1 Daya Dukung Pondasi Dangkal

Daya dukung Terzaghi (1943). Asumsi yang digunakan pada formula daya dukung Terzaghi adalah :

- Kedalaman pondasi lebih kecil dibandingkan lebar pondasi ($D/8 \leq 1$, di mana D = kedalaman pondasi, B = lebar pondasi)
- Tidak terjadi keruntuhan akibat geser
- Tanah di bawah dasar pondasi adalah homogen
- Terjadi keruntuhan umum
- Tidak terjadi konsolidasi
- Pondasi sangat kaku

Formula daya dukung pondasi dangkal dari Terzaghi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daya Dukung Terzaghi	
TIPE PONDASI DANGKAL	FORMULA
Pondasi Menerus	$q_u = cN_c + \gamma D N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma$
Pondasi Bujursangkar	$q_u = 1.3 c N_c + \gamma D N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$
Pondasi Lingkaran	$q_u = 1.3 c N_c + \gamma D N_q + 0.3 \gamma B N_\gamma$

2.3.2 Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Berdasarkan Hasil Sondir

a). Berdasarkan Formula L. Herminier

Berdasarkan hasil sondir dapat dihitung daya dukung menggunakan formula L. Herminier, sebagai berikut:

$$Q_u = \frac{CR}{15}$$

$$Q_i = \frac{Q_u}{FK}$$

Di mana:

- Q_u = daya dukung ultimate tanah (ton/m²)
 Q_i = daya dukung ijin tanah (ton/m²)
 CR = perlawanan ujung konus (*cone resistant*)
 15 = factor reduksi
 FK = factor keamanan (diambil 2)

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Lapangan (In Situ Test)

Jenis pengujian yang dilakukan adalah penyelidikan lapangan (*in situ test*), yang terdiri dari hand boring sebanyak 1 (satu) titik dan *Ducth Cone Penetration Test* (DCPT) sebanyak 1 (satu) titik berdasarkan ASTM D-3441-86.4.1.

3.2 Hand Boring

Dari hasil boring HB_01 muka air tanah ditemukan pada kedalaman 0.30 m di bawah permukaan tanah. Sedangkan sistem pelapisan tanah yang dideskripsikan secara visual di lapangan di peroleh seperti Tabel 2.

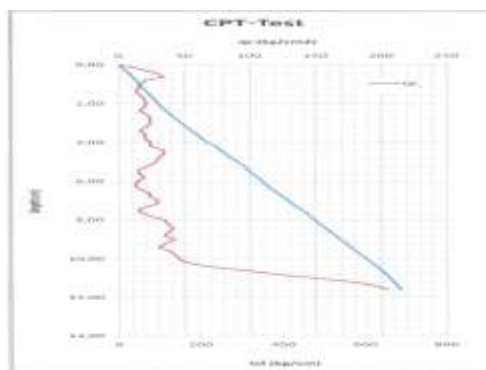
Tabel 2 .Sistem pelapisan tanah berdasarkan deskripsi visual BH_01

Kedalaman (m)	Deskripsi	
	Jenis tanah	Relative Density/ Consistency
0.00–0.15	Pasir	Sedang
0.15–1.40	Lempung berpasir	Sedang
1.40–4.00	Lempung	Sedang– padat

3.3 Cone Penetration Test (CPT)

Jenis pengujian yang dilakukan adalah penyelidikan lapangan (*in situ test*), yakni *Cone Penetration Test* (CPT) sebanyak 1 (satu) titik. Pengujian CPT dilakukan berdasarkan Standard ASTM D-3441- 86.

Hasil CPT untuk sebanyak 1 (satu) titik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perlawanan penetrasi ujung terhadap kedalaman untuk Sondir S1

Gambar 1 menunjukkan nilai perlawanan konus terhadap kedalaman untuk Sondir 51. Dengan menganggap untuk tanah keras nilai perlawanan penetrasi konus lebih besar atau sama dengan 150 kg/cm², maka untuk sondir 51 kedalaman tanah keras ditemukan pada kedalaman 11.60 m.

Dari hasil CPT juga dapat diperoleh gambaran jenis tanah, parameter-parameter tanah yang diperlukan dalam mendesain. Semua ini diperoleh berdasarkan hasil korelasi empiris yang telah banyak dikembangkan selama ini. Misalnya untuk klasifikasi tanah menggunakan Schertmann (1969), Korelasi dengan kepadatan relatif berdasarkan Jamiolkowski et al. (1985), Korelasi dengan sudut geser tanah berdasarkan Robertson dan Campanella (1983), korelasi dengan OCR berdasarkan Schertmann (1977), Korelasi dengan modulus geser dinamik berdasarkan Robertson dan Campanella (1983), korelasi terhadap modulus young berdasarkan Schertmann (1977), korelasi terhadap koefisien modulus tertahan berdasarkan Sanglerat (1979), daya dukung pondasi dangkal berdasarkan Meyerhof (1963), 5kempton (1951), daya dukung pondasi dalam berdasarkan Schertmann dan Nottingham (1975).

Dengan menggunakan korelasi empiris maka jenis tanah berdasarkan hasil CPT dapat ditentukan seperti berikut ini,

Tabel 3. Klasifikasi tanah berdasarkan 5-0

Depth (m)	qc (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	Rf	Prediction (%)
0.20	14.00	0.50	3.57	Sandy and silty clays
0.40	27.00	0.60	2.22	Clayey-sands and silts
0.60	35.00	0.50	1.43	Moderate sands
0.80	21.00	0.50	2.38	Clayey-sands and silts
1.00	15.00	0.40	2.67	Clayey-sands and silts
1.20	15.00	0.40	2.67	Clayey-sands and silts
1.40	13.00	0.50	3.85	Sandy and silty clays
1.60	17.00	0.50	2.94	Clayey-sands and silts
1.80	19.00	0.50	2.63	Clayey-sands and silts
2.00	21.00	0.40	1.90	Moderate sands
2.20	18.00	0.50	2.78	Clayey-sands and silts
2.40	16.00	0.50	3.12	Sandy and silty clays
2.60	22.00	0.60	2.73	Clayey-sands and silts
2.80	24.00	0.60	2.50	Clayey-sands and silts
3.00	24.00	0.60	2.50	Clayey-sands and silts
3.20	21.00	0.60	2.86	Clayey-sands and silts
3.40	16.00	0.70	4.38	Inorganic clay stiff
3.60	20.00	0.60	3.00	Clayey-sands and silts
3.80	20.00	0.60	3.00	Clayey-sands and silts
4.00	24.00	0.60	2.50	Clayey-sands and silts
4.20	24.00	1.10	4.58	Inorganic clay very stiff
4.40	34.00	0.60	1.76	Moderate sands
4.60	34.00	0.60	1.76	Moderate sands
4.80	30.00	0.70	2.33	Clayey-sands and silts
5.00	28.00	0.70	2.50	Clayey-sands and silts
5.20	22.00	0.80	3.64	Sandy and silty clays
5.40	15.00	0.50	3.33	Sandy and silty clays
5.60	15.00	0.50	3.33	Sandy and silty clays
5.80	19.00	0.70	3.68	Sandy and silty clays
6.00	14.00	0.60	4.29	Inorganic clay stiff
6.20	12.00	0.50	4.17	Inorganic clay medium
6.40	15.00	0.60	4.00	Sandy and silty clays
6.60	23.00	0.70	3.04	Clayey-sands and silts
6.80	23.00	0.70	3.04	Clayey-sands and silts
7.00	30.00	0.70	2.33	Clayey-sands and silts
7.20	28.00	0.60	2.14	Clayey-sands and silts
7.40	16.00	0.70	4.38	Inorganic clay stiff
7.60	16.00	0.70	4.38	Inorganic clay stiff
7.80	24.00	0.60	2.50	Clayey-sands and silts
8.00	35.00	0.60	1.71	Moderate sands
8.20	37.00	0.60	1.62	Moderate sands
8.40	41.00	0.60	1.46	Moderate sands
8.60	39.00	0.70	1.79	Moderate sands
8.80	35.00	0.60	1.71	Moderate sands

9.00	3.00	0.60	1.40	Moderate sands
9.20	36.00	0.70	1.94	Moderate sands
9.40	30.00	0.60	2.00	Moderate sands
9.60	39.00	0.60	1.54	Moderate sands
9.80	43.00	0.70	1.63	Moderate sands
10.00	46.00	0.60	1.30	Moderate sands
10.20	51.00	0.70	1.37	Moderate sands
10.40	68.00	0.60	0.88	Moderate sands
10.60	94.00	0.60	0.64	Moderate sands
10.80	121.00	0.50	0.41	Very shell sands, lime
11.00	150.00	0.50	0.33	Very shell sands, lime
11.20	178.00	0.40	0.22	Very shell sands, lime
11.40	195.00	0.50	0.26	Very shell sands, lime
11.60	205.00	0.50	0.24	Very shell sands, lime

3.4 Pengujian Laboratorium

Pengujian laboratorium yang dilakukan pada penyelidikan geoteknik terdiri dari moisture content, specific gravity, atterberg limit, unit weight, grain size analysis, consolidation, direct shear.

Adapun hasil pengujian laboratorium tersebut adalah seperti Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Laboratorium untuk boring BH_O1

Bored Hole no.	HB-01	
Sample depth (m)	1,00–1,50	2,00– 2,50
Condition of sample	UDS	UDS
Natural water content W (%)	48.27	48.28
Wet density gwet (gr/cc)	1.44	1.51
Dry density gd (gr/cc)	0.97	1.02
Specific gravity Gs	2.62	2.57
Natural void ratio e	1.69	1.52
Degree of saturation Sr(%)	74.52	81.18
Porositas (%)	62.87	60.36
ATTERBERG LIMIT TEST		
Liquid Limit LL(%)	41.80	53.54
Plastic Limit PL (%)	28.22	29.54
Plastic Index PI(%)	13.58	24.00
SIEVE ANALYSIS TEST		
No. 4 Passing percent (%)	100.00	100.00
No. 10 Passing percent (%)	99.10	99.52
No. 40 Passing percent (%)	81.04	86.80
No. 200 Passing percent (%)	46.48	56.86
CONSOLIDATION TEST		
Coeffisien indeks Cc	0.253	0.224
Coeffisien of concolidation Cv cm ² /det)	0.055	0.052
K. Concilidation (cm/det)	0.0033	0.0031
DIRECT SHEAR TEST		
Internal Skin Friction (f)	19.30	22.11
Cohesivness (c) (kg/cm ²	0.1077	0.1196

3.5 Daya dukung pondasi dangkal berdasarkan hasil sondir berdasarkan Meyerhof

Daya dukung pondasi dangkal berdasarkan hasil sondir berdasarkan Meyerhof 1956 dapat dilihat pada Tabel 5, 6 & 7.

Tabel 5. Bearing Capacity of Shallow Foundation According CPT
Value (S_{Ol}) Foundation Depth= 1.0 m

No	qc	Dimension		K	K (used)	Allowable Bearing Capacity, qa	Allowable Bearing Capacity, qa	Allowable Bearing Capacity, qa
		B (m)	Dt(m)			(kips/ft ²) (kg/cm ² J	(ton/m ²) (t/m ²)	(ton/m ²) (t)
1	15	1.00	1.00	1.33	1.33	1.02	10.22	10.22
2	15	1.20	1.00	1.28	1.28	0.91	9.09	13.09
3	15	1.40	1.00	1.24	1.24	0.83	8.31	16.29
4	15	1.60	1.00	1.21	1.21	0.78	7.76	19.86
5	15	1.80	1.00	1.18	1.18	0.73	7.30	23.65
6	15	2.00	1.00	1.17	1.17	0.70	7.03	28.13

Tabel 6. Bearing Capacity of Shallow Foundation According CPT
Value (S_{Ol}) Foundation Depth = 1.5 m

I No	Qc	Dimension		K	K (used)	Allowabl e Bearing Capacity, qa	Allowabl e Bearing Capacity, qa	Allowable Bearing Capacity, qa
		B (m)	Dt(m)			(kips/ft ²) (kg/cm ² J	(ton/m ²) (t/m ²)	(ton/m ²) (t)
1	13	1.00	1.50	1.50	1.33	0.89	8.85	8.85
2	13	1.20	1.50	1.41	1.33	0.82	8.19	11.79
3	13	1.40	1.50	1.35	1.33	0.77	7.73	15.14
4	13	1.60	1.50	1.31	1.31	0.73	7.28	18.63
5	13	1.80	1.50	1.28	1.28	0.69	6.86	22.24
6	13	2.00	1.50	1.25	1.25	0.65	6.51	26.05

Tabel 7. Bearing Capacity of Shallow Foundation According CPT Value (5_01) Foundation Depth= 2.0 m

Value (S-01) Foundation Depth= 2.0 m						Allowable Bearing Capacity, Qa	Allowable Bearing Capacity, qa (ton/m²)	Allowable Bearing Capacity, qa (ton/m²)
No	qc	Dimension		K	K (used)	I (kips/ft2)	(kg/cm²>	(t/m²
		B (m)	Dt(m)					
							(t)	
1	18	1.00	2.00	1.66	1.33	1.23	12.26	12.26
2	18	1.20	2.00	1.55	1.33	1.13	11.34	16.32
3	18	1.40	2.00	1.47	1.33	1.07	10.70	20.97
4	18	1.60	2.00	1.41	1.33	1.02	10.23	26.19
5	18	1.80	2.00	1.37	1.33	0.99	9.87	31.99
6	18	2.00	2.00	1.33	1.33	0.96	9.59	38.38

Daya dukung pondasi dangkal berdasarkan hasil laboratorium dapat dilihat pada Tabel 8.
Tebal 9. Daya Dukung Pondasi Dangka Berdasarkan Hasil Laboratorium

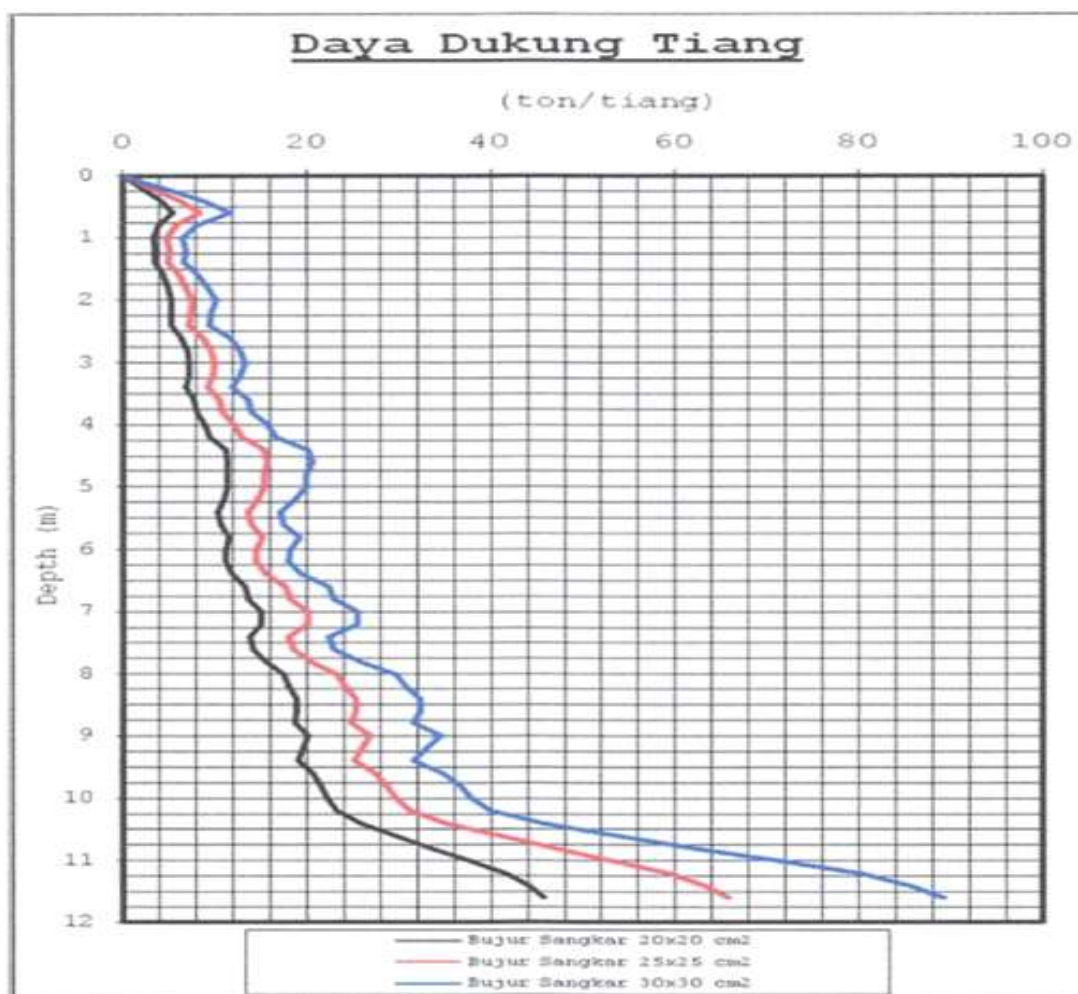
Tabel 8. Daya dukung pondasi dangkal berdasarkan hasil laboratorium Squares foundation

Bore Hole	d (m)	c (t/m ²)	\$	'Y	Ne	Nq	Ny	B (m)	FK	qa (t/m ²)
HB_Ol	1.000	0.1077	19.300	0.970	16.664	6.692	3.956	1.000	2.000	5.665
HB_Ol	2.000	0.1196	22.110	1.020	20.823	9.654	6.541	1.000	2.000	13.820

Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Mini Pile Berdasarkan Hasil Sondir dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Mini Pile berdasarkan hasil sondir 51

Depth (m)	CR(qc) kg/cm ²	TSF kg/cm	Bujur Sangkar 20x20cm			Bujur Sangkar 25 x 25 cm			Bujur Sangkar 30x30cm		
			Op	Os	Ot	Op	Os	Clt	Op	Os	Ot
			(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
0.0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.2	14	10	5.6	0.8	2.1	8.8	1.0	3.3	12.6	1.2	4.6
0.4	27	22	10.8	1.8	4.2	16.9	2.2	6.4	24.3	2.6	9.0
0.6	35	32	14.0	2.6	5.5	21.9	3.2	8.4	31.5	3.8	11.8
0.8	21	42	8.4	3.4	3.9	13.1	4.2	5.8	18.9	5.0	8.0
1.0	15	so	6.0	4.0	3.3	9.4	5.0	4.8	13.5	6.0	6.5
1.2	15	58	6.0	4.6	3.5	9.4	5.8	5.1	13.5	7.0	6.8
1.4	13	68	5.2	5.4	3.5	8.1	6.8	5.0	11.7	8.2	6.6
1.6	17	78	6.8	6.2	4.3	10.6	7.8	6.1	15.3	9.4	8.2



Gambar 3. Daya Dukung Tiang Pancang Mini Pile Berdasarkan Hasil sondir 51

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penyelidikan geoteknik di lapangan dapat disampaikan beberapa hal yaitu:

1. Muka air tanah di lapangan berdasarkan hasil hand boring ditemukan pada kedalaman 0,30 m dibawah permukaan tanah, hal ini perlu untuk pelaksanaan penggalian pondasi
2. Sistem pelapisan tanah di lokasi terdiri dari pasir, lempung berpasir dan lempung.
3. Dengan menganggap untuk tanah keras nilai perlawanan penetrasi konus lebih besar atau sama dengan 150 kg/cm^2 , maka untuk sondir 51 kedalaman tanah keras ditemukan pada kedalaman 11,60 m .
4. Untuk lokasi proyek memungkinkan untuk menggunakan pondasi dangkal di atas kedalaman 1,00 m di bawah permukaan tanah untuk beban di bawah 25 ton.

5. Apabila beban relatif besar dapat menggunakan pondasi tiang pancang mini pile diatas kedalaman 11,5 m.

Daftar Pustaka

- [1]. Das, B.M, 2002, *Principles of Geotechnical Engineering*, Book Cole Engineering Division, California
- [2]. Standar Nasional Indonesia 8640, 2017, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, BSN.
- [3]. Annual Book of ASTM Standard 1989 Volume 04.08
- [4]. Bowles, J.E., *Engineering Properties of Soil and Their Measurements*, Mc Graw Hill Book Company. CPT Versi 2.0-95, Universitas Katolik Parahyangan.
- [5]. Das, B.M., *Principle of Geotechnical Engineering*, PWS Publishing Company, Boston
- [6]. Das, B.M., *Principle of Foundation Engineering*, Thomson, Books

- [7]. Hunt, R.E., *Geotechnical Engineering Techniques and Practice*, Mc Graw Hill Book Company.
- [8]. Guy Sanglerat, Gilbert Olivari, Bernard Cambou, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*
- [9]. Suyono Sosrodarsono, 1980, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*.
- [10]. SNI 2827. 2008,. Indonesia : Penerbit Badan Standart Nasional.
- [11]. Sihotang, Sulastri. 2009, *Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Gedung Kanwil DJP dan KPP Sumbagut 1 Jalan Suka Mulia Medan (Tugas Akhir)*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan
- [12]. Wesley, L.D. 1977, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- [13]. LH, Shiley, ,1994, *Geoteknik dan Mekanika Tanah (penyelidikan Lapangan & Laboratorium*, Bandung: Nova.