

KAJIAN DUA KELOMPOK DATA TANAH DARI HASIL UJI BOR DALAM PADA PROYEK JALAN TOL JKC

Stephen Edmon Wiyana¹, Josephine Aristiti Setyarini² dan Aniek Prihatiningsih³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: stephen.edmon@yahoo.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: josephine.setyarini@gmail.com

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: aniekp@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan proyek konstruksi selalu diawali dengan *soil investigation*. Studi skripsi ini didasari pada pertanyaan berupa berapa lamakah hasil *soil investigation* itu bisa *valid* untuk digunakan sebagai dasar perhitungan konstruksi? Pada proyek Jalan Tol Jakarta Kunciran Cengkareng didapati dua data bor dalam dengan selisih 8 tahun. Klasifikasi jenis tanah pada proyek Jalan Tol Jakarta Kunciran Cengkareng *mainroad*, melalui kajian nilai $N - SPT$ dari hasil bor dalam pada kedua data yang terdapat pada proyek tersebut. Nilai $N - SPT$ pada kedua data dikaji berdasarkan faktor waktu selama 8 tahun, komposisi tanah berdasarkan data kedua bor dalam akan diperoleh kajian berupa, perubahan nilai $N - SPT$ yang terjadi akan ditinjau berdasarkan lokasi *mainroad*, perubahan kedalaman tanah keras berdasarkan kedua data bor dalam pada lokasi *mainroad* juga akan diperoleh. Korelasi nilai C_u dan ϕ berdasarkan data laboratorium pada lokasi *ramp* akan diperoleh berdasarkan hasil contoh tanah yang diperoleh dari proyek serta *stratigrafi* dari lapisan tanah berdasarkan kedua hasil bor dalam. Metode matematika sederhana akan diaplikasikan untuk memperoleh perbandingan komposisi dan perubahan nilai $N - SPT$, nilai korelasi akan diperoleh berdasarkan plot nilai kepada grafik Sowers dan Peck, kekuatan daya dukung akan diperoleh melalui perhitungan Meyerhoff 1976 dan program *Allpile*. Hasil yang diperoleh adalah data bor dalam lama sudah tidak *valid* setelah periode 8 tahun.

Kata kunci: *boring*, *standard penetration test*, stratigrafi, daya dukung, korelasi parameter tanah

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Studi ini akan membahas situasi tanah yang terdapat pada Proyek Jalan Tol Jakarta - Kunciran - Cengkareng, yang dilaksanakan pengujian data penyelidikan tanah pada tahun 2009 untuk perencanaan desain, namun baru mulai direalisasikan pada tahun 2017 dengan melakukan uji bor dalam kembali pada bidang lahan yang akan dibangun.

Masalah yang terjadi pada proyek ini salah satunya adalah keterlambatan dimulainya pembangunan struktur setelah diperolehnya data tanah dari lapangan pada tahun 2009, sehingga diperlukan data tanah kembali pada tahun 2017, oleh karena itu dengan ketersediaan data tanah pada proyek Jalan Tol Jakarta - Kunciran - Cengkareng pada 8 tahun yang lalu, studi ini diharapkan mampu menunjukkan perubahan daya dukung tanah yang terjadi dalam periode tersebut signifikan untuk diadakannya uji ulang daya dukung tanah atau tidak, tergantung pada kondisi tanah yang ditinjau, dan efeknya terhadap desain tiang pancang yang akan digunakan pada proyek yang bersangkutan.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji bagaimana hasil penyelidikan tanah berupa bor dalam yang dilakukan pada tahun 2009, kemudian pada saat konstruksi jalan tol dilaksanakan dilakukan kembali penyelidikan tanah, sehingga analisis yang akan ditinjau yaitu daya dukung tanah dan kedalaman tiang pancang maupun *borepile* sesuai dengan desain yang ada dengan lokasi STA 26 + 221 – STA 38 + 937. Data $N-SPT$ yang didapat dari lokasi STA 1 + 850 – STA 4 + 350 (*ramp* 1, *ramp* 4) akan dikorelasikan untuk dua jenis parameter tanah yaitu kuat geser tanah (C_u) dan sudut geser dalam (ϕ). Jenis tanah yang terdiri dari lempung, lanau, dan pasir juga dapat dikaji untuk menentukan perlapisan tanah menurut pengklasifikasian yang berlaku, sehingga hasil akhir berupa stratigrafi tanah didapat untuk verifikasi kedalaman tiang yang didesain untuk memenuhi besarnya beban struktur yang akan dipikul oleh tiang tersebut.

Batasan masalah

Lokasi yang dicakup untuk kajian sebatas STA 26 + 221 – STA 38 + 937 (*mainroad*) dan STA 1 + 850 – STA 4 + 350 (*ramp 1, ramp 4*). Data penyelidikan tanah yang ditinjau hanya nilai N – SPT. Korelasi antara nilai N – SPT dengan parameter tanah C_u dan ϕ . Perhitungan kekuatan daya dukung menggunakan metode Meyerhoff 1976 dan program *Allpile*. Beban yang ditinjau hanya beban aksial. Data penyelidikan terdiri dari 84 titik *boring* dimana *boring* lama (2009) terdiri dari 32 titik dan *boring* baru (2017) terdiri dari 52 titik, dan terdapat 21 titik hasil uji sampel laboratorium.

2. DASAR TEORI

Kajian akan dilakukan pada uji boring dan hasil nilai N – SPT yang diperoleh, berdasarkan kedua hasil *soil investigation* yang diperoleh sehingga hasil – hasil dari rumusan masalah dapat diperoleh.

Boring

Sebanyak 32 titik bor telah dilaksanakan dengan kedalaman antara 20 sampai 40 m dan 52 titik bor telah dilaksanakan dengan kedalaman 30 sampai 50 m pada lokasi – lokasi yang direncanakan. Pemboran mesin sudah dapat dihentikan setelah diperoleh konfirmasi bahwa ketebalan lapisan pendukung yang reliable secara menerus mencapai 5 meter atau lebih dari sutau lapisan dengan nilai N (Standard Penetration Test) 50 atau lebih.

Uji penetrasi standar (SPT)

Standard penetration test merupakan suatu percobaan yang dilakukan secara langsung di lapangan untuk memperoleh daya dukung tanah dengan cara memasukan tabung sampel (*split spoon*) atau juga dapat dikatakan bahwa SPT adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukan alat yang dinamakan split spoon yang terdiri dari sepatu pemotong besi dibagian bawah, sebuah tabung baja (dapat terbelah dua secara memanjang ditengah tabung), serta sebuah penyambung di puncaknya ke dalam tanah yang merupakan silinder baja terbuka yang membelah secara longitudinal menjadi dua bagian yang disatukan.

Meyerhoff 1976

Pada metode perhitungan Meyerhoff 1976 dapat dilakukan dengan menggunakan nilai N dari hasil uji SPT dengan mempertimbangkan jenis tanah dimana fondasi tiang akan dipancang apakah pada jenis tanah kohesi atau non-kohesi.

- Tanah Non – Kohesif

- Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = 40 \times N\text{-SPT} \times \frac{L_b}{D} \times A_p \dots \dots \dots (2.1)$$

- Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = 2 \times N\text{-SPT} \times p \times L_i \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana, Q_p = daya dukung ujung tiang, Q_s = daya dukung selimut tiang, N = Jumlah pukulan (N – SPT), L_i = panjang lapisan tanah, p = keliling tiang, A_p = luas penampang tiang

- Tanah Kohesif

- Daya dukung ujung tiang

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots \dots \dots (2.3)$$

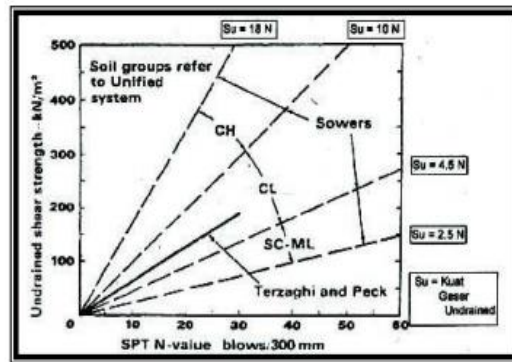
- Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L_i \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana, Q_p = daya dukung ujung tiang, Q_s = daya dukung selimut tiang, L_i = panjang lapisan tanah, p = keliling tiang, α = koefisien adhesi antara tanah dan tiang, C_u = kohesi *undrained*, A_p = luas penampang tiang

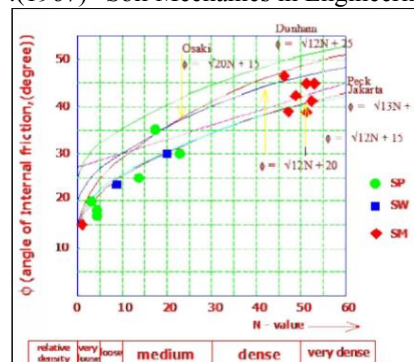
Korelasi nilai N – SPT

Korelasi nilai N – SPT terhadap C_u dan ϕ dapat diaplikasikan dengan menggunakan grafik Sowers dan Peck dibawah ini



Gambar 1. Korelasi nilai N SPT vs Su (Terzaghi & Peck, 1967; Sowers, 1979)

Sumber Terzaghi, K and Peck, R.B. (1967) "Soil Mechanics in Engineering Practice". John Wiley, New York

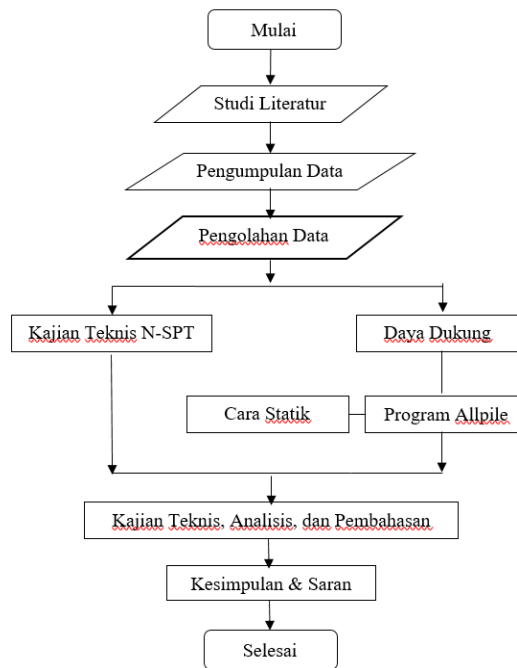


Gambar 2. Grafik N – SPT vs ϕ (Ohsaki, 1959)

Hatanaka, M dan Uchida, A, (1996), "Empirical Correlation Between Penetration Resistance and Internal Friction Angle of Sandy Soils", Soils and Foundations Vol 36, No4, 1-9 Dec, 1996.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dimulai dengan studi literatur terhadap topik – topik relevan dalam studi skripsi ini, dan kemudian dilanjutkan dengan pengambilan dan pengolahan data terhadap studi kasus yang akan dipelajari, selanjutnya data akan diolah dan dikaji berdasarkan rumusan masalah.



Gambar 3. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi

4. KAJIAN TEKNIS

Kajian akan dibatasi terhadap lokasi *mainroad* dengan STA 26 + 221 – STA 38 + 937 yang akan dibagi lagi menjadi pembagian 5 area, sesuai dengan perbedaan jenis lokasi yang terdapat pada *mainroad* tersebut. Lokasi nya antara lain terdiri dari Husein 3, Garuda, Daan Mogot, Benda Utara, Kunciran.

Klasifikasi Terzaghi

Data boring yang dimiliki akan diberi keterangan berdasarkan dengan klasifikasi Terzaghi, dimana pembagian warnanya dapat dilihat sebagai berikut:

CLAY			SAND		
N - SPT	Consistency	CODE	N- SPT	CONSISTENCY	CODE
0 - 4	Very Soft, Soft	1.1	N < 4	Very Loose	2.1
4 - 8	Medium	1.2	4 - 10	Loose	2.2
8 - 15	Stiff	1.3	10 - 30	Medium Dense	2.3
15 - 30	Very Stiff	1.4	30 - 50	Dense	2.4
> 30	Hard	1.5	> 50	Very Dense	2.5

SILT		
N - SPT	CONSISTENCY	CODE
0 - 4	Very Soft, Soft	1.1
4 - 8	Medium	1.2
8 - 15	Stiff	1.3
15 - 30	Very Stiff	1.4
> 30	Hard	1.5

Gambar 4. Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Terzaghi

Hasil dari klasifikasi jenis tanah terhadap boring lama dan boring baru dapat dilihat sebagai berikut:

[illegible]

Gambar 5. Data *Boring* Lama

[illegible]

Gambar 6. Data *Boring* Baru

Kajian teknis nilai N – SPT terhadap *boring* lama dan *boring* baru

Nilai N – SPT tiap *boring* akan dikaji sehingga komposisi tanah pada tiap *boring* dapat diperoleh untuk mengetahui perubahan komposisi tanah berdasarkan persentase. Contoh terhadap pembagian komposisi jenis tanah *clay* pada *boring* lama dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Tabel Persentase Nilai N – SPT Jenis Tanah *Clay Boring* Lama

Nilai N - SPT	Code	Jumlah N - SPT	Jumlah N – SPT Keseluruhan	Persentase
0 – 4 (Clay)	1.1	4	130	3.1%
4 – 8 (Clay)	1.2	11	130	8.5%
8 - 15 (Clay)	1.3	17	130	13.1%
15 - 30 (Clay)	1.4	51	130	39.2%
> 30 (Clay)	1.5	47	130	36.2%

Kajian teknis terhadap perubahan nilai N – SPT

Nilai N – SPT yang dikaji merupakan nilai N – SPT antara titik *boring* lama dan *boring* baru pada lokasi yang sama, dengan selisih jarak STA terpendek, contoh dari kajian dapat dilihat pada gambar berikut:

AREA 1: LOKASI HUSEIN 3									
Depth (M)	SPT BL-20 (STA 29+325)			SPT BH-26 (STA 29+357)			SPT BH-25 (STA 29+975)		
	Type			Type			Type		
0	0	M		0	M		0	M	
2	4	C	8	C	5	C			
4	5	C	10	C	12	S			
6	5	C	9	S	10	S			
8	7	C	10	S	12	S			
10	13	C	10	S	17	S			
12	11	C	23	S	26	C			
14	12	C	29	S	50	C			
16	19	C	27	S	20	C			
18	16	M	10	S	20	C			
20	16	C	10	S	50	C			
22	12	C	25	C	21	C			
24	14	C	22	C	27	C			
26	26	C	28	C	23	C			
28	19	C	29	C	21	C			
30	22	C	26	C	23	C			
32	18	C	30	C	25	C			
34	16	C	32	C	27	C			
36	16	C	29	C	50	C			
38	29	S	29	C	50	C			
40	13	C	50	C	20	S			
42	19	C							
44	16	C							
46	22	C							
48	24	C							
50	27	C							

Gambar 7. Data Boring Area 1 STA 29 + 325 – STA 29 + 975

Perbandingan nilai N – SPT diaplikasikan terhadap BH26 dan BL20, hasil perubahan nilai N – SPT dapat dilihat sebagai berikut:

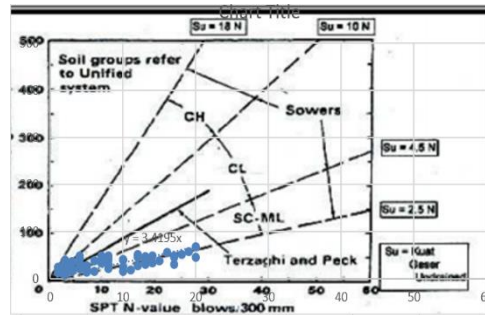
Berikut adalah hasil kajian perubahan nilai N – SPT pada area 1:

1. Kedalaman 2 meter: Peningkatan nilai N - SPT 100%
2. Kedalaman 4 meter: Tidak dapat diklasifikasi
3. Kedalaman 6 meter: Tidak dapat diklasifikasi
4. Kedalaman 8 meter: Tidak dapat diklasifikasi
5. Kedalaman 10 meter: Tidak dapat diklasifikasi
6. Kedalaman 12 meter: Tidak dapat diklasifikasi
7. Kedalaman 14 meter: Tidak dapat diklasifikasi
8. Kedalaman 16 meter: Tidak dapat diklasifikasi
9. Kedalaman 18 meter: Tidak dapat diklasifikasi
10. Kedalaman 20 meter: Tidak dapat diklasifikasi
11. Kedalaman 22 meter: Peningkatan nilai N – SPT 108%
12. Kedalaman 24 meter: Peningkatan nilai N – SPT 57%
13. Kedalaman 26 meter: Peningkatan nilai N – SPT 8%
14. Kedalaman 28 meter: Peningkatan nilai N – SPT 52%
15. Kedalaman 30 meter: Peningkatan nilai N – SPT 4%
16. Kedalaman 32 meter: Peningkatan nilai N – SPT 67%
17. Kedalaman 34 meter: Peningkatan nilai N – SPT 81%
18. Kedalaman 36m: Peningkatan nilai N – SPT 81%
19. Kedalaman 38m: Tidak dapat diklasifikasi
20. Kedalaman 40m: Tidak dapat diklasifikasi

Perubahan nilai N – SPT terhadap nilai N – SPT yang dapat diklasifikasi sebesar 62% berasal dari perbandingan 9 data, dimana 11 data lainnya tidak dapat diklasifikasi karena terjadi perubahan jenis tanah.

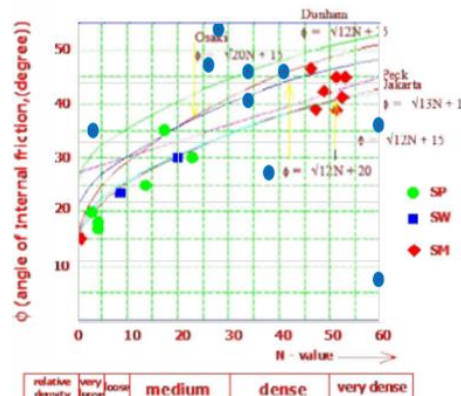
Korelasi Nilai N – SPT

Korelasi nilai N – SPT terhadap C_u dan ϕ dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 9. Grafik Sowers Hubungan N – SPT dan C_u

Berdasarkan grafik sowers diatas diperoleh nilai N – SPT korelasi terhadap C_u sebesar $3.5N \text{ kN/m}^2$.



Berdasarkan grafik diatas diperoleh nilai N – SPT korelasi terhadap ϕ sebesar $\sqrt{12 \times N} + 20 \text{ degree}$.

Perhitungan Daya Dukung

Perhitungan daya dukung akan menggunakan contoh kasus area 2 sebagai kajian, dengan metode pemilihan pasangan *boring* lama dan baru sama dengan cara perbandingan nilai N – SPT pada sub bab sebelumnya. hasil perhitungan Meyerhoff 1976 dan *Allpile* dengan tipe tiang pancang dengan ukuran diameter 60 cm, dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Daya Dukung BL26

Depth (m)	Lapisan Tanah	N	N Koreksi	C_u	α	Skin Friction (kN)		End Bearing (kN)	Qull (kN)	Qull (ton)	Qull Allpile (ton)
						Lokal	Kumulatif				
0	Clay	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Clay	20	13	78.75	0.73	216.6	216.6	200.3	416.9	41.7	33.8
4	Sand	52	34			257.2	473.8	1285.8	1759.6	176.0	175.25
6	Sand	60	39			296.7	770.5	1483.7	2254.2	225.4	224.4
8	Sand	60	39			296.7	1067.2	1483.7	2550.9	255.1	232.8
10	Silt	34	25	151.7	0.37	190.6	1257.8	385.9	1643.7	164.4	144.9
12	Silt	47	35	209.7	0.34	263.4	1521.2	533.4	2054.7	205.5	267.1
14	Silt	60	50	299.3	0.27	375.9	1897.1	761.1	2658.2	265.8	278.5
16	Sand	60	50			375.9	2273.0	1879.3	4152.2	415.2	485.3
18	Sand	41	34			256.8	2529.8	1284.2	3814.0	381.4	481.4
20	Clay	29	24	144.6		181.7	2711.5	367.9	3079.3	307.9	376.5
22	Clay	26	23	136.5	0.41	210.9	2922.3	347.2	3269.5	327.0	336.8
24	Clay	27	24	141.75	0.4	213.6	3136.0	360.5	3496.5	349.7	378.67
26	Clay	23	20	120.75	0.43	195.6	3331.6	307.1	3638.7	363.9	378.7
28	Clay	28	25	147	0.39	216.0	3547.6	373.9	3921.5	392.2	419.7
30	Sand	51	45			336.3	3883.9	1681.5	5565.4	556.5	559.6
32	Sand	29	25			191.2	4075.2	956.1	5031.3	503.1	503.8
34	Clay	27	24	141.75	0.39	208.3	4283.5	360.5	4644.0	464.4	469.7
36	Clay	26	23	136.5	0.41	210.9	4494.3	347.2	4841.5	484.2	495.8
38	Clay	29	25	152.25	0.36	206.5	4700.9	387.2	5088.1	508.8	576.2
40	Clay	27	24	141.75	0.39	208.3	4909.2	360.5	5269.7	527.0	545.7

Tabel 3. Daya Dukung BH21

Depth (m)	Lapisan Tanah	N	N Koreksi	Cu	α	Skin Friction (kN)		End Bearing (kN)	Q _{ult} (kN)	Q _{ult} (ton)	Q _{ult} Allpile (ton)
						Lokal	Kumulatif				
0	Clay	0	0	0	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	Clay	4	3	15.8	1	59.3	59.3	40.1	99.4	9.9	23.29
4	Clay	20	13	78.8	0.7	207.7	267.1	200.3	467.3	46.7	87.67
6	Sand	16	11			79.1	346.2	395.6	741.8	74.2	126.09
8	Clay	14	9	55.1	0.85	176.6	522.7	140.2	662.9	66.3	83.7
10	Clay	27	20	120.5	0.575	261.0	783.8	306.4	1090.2	109.0	121.3
12	Clay	22	16	98.2	0.475	175.7	959.5	249.7	1209.2	120.9	196.87
14	Clay	28	23	139.7	0.4	210.5	1170.0	355.2	1525.2	152.5	193.3
16	Sand	50	42			313.2	1483.2	1566.1	3049.3	304.9	283.3
18	Sand	50	42			313.2	1796.4	1566.1	3362.5	336.2	328.7
20	Clay	50	42	249.4	0.3	281.9	2078.3	634.3	2712.6	271.3	373.9
22	Clay	50	44	262.5	0.43	425.3	2503.6	667.6	3171.3	317.1	431.8

Kajian desain kedalaman tiang terhadap data boring lama dan boring baru diatas membuktikan bahwa terjadi penurunan tanah keras pada area 2 garuda sedalam 2 meter yaitu dari desain kedalaman berdasarkan *boring* lama 16 meter dan desain kedalaman berdasarkan *boring* baru 18 meter

5. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian data diatas diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan kajian jenis tanah pada *boring* lama dan *boring* baru, terjadi perubahan komposisi jenis tanah terhadap kedua hasil *boring*, dimana *boring* lama diperoleh jenis tanah dominan nya adalah jenis tanah *Sand*, dan *boring* baru jenis tanah dominan nya adalah *Clay*.
2. Tabel perubahan nilai N – SPT dan jenis tanah dalam persentase setiap pembagian area dapat dilihat sebagai berikut:

Area	% Perubahan N – SPT pada Jenis Tanah yang sama	Kedalaman Perubahan Jenis Tanah (m)
Area 1	62%	4, 6, 8, 1, 12, 14, 16, 18, 20,38,40
Area 2	53%	12, 14, 18, 20
Area 3	23%	8, 12, 18, 20
Area 4	43%	2, 4, 10, 12, 14, 16, 18, 20
Area 5	36%	2, 8, 10, 16, 18, 20

3. Nilai korelasi parameter tanah Cu terhadap N – SPT sebesar 2.5N berdasarkan grafik Terzaghi Peck dan 3.5N berdasarkan garis persamaan excel.
4. Nilai korelasi parameter tanah ϕ terhadap N – SPT sebesar $\sqrt{12 \times N} + 20$ berdasarkan grafik Peck terhadap 21 data lab yang ada.

5. Tabel perubahan desain kedalaman tiang berdasarkan data N – SPT *boring* lama dan baru dapat dilihat sebagai berikut:

Area	Kedalaman Desain Lama (m)	Kedalaman Desain Baru (m)	Penurunan Kedalaman (m)
Area 1	16 meter	40 meter	24 meter
Area 2	16 meter	18 meter	2 meter
Area 3	16 meter	24 meter	8 meter
Area 4	12 meter	22 meter	10 meter
Area 5	12 meter	26 meter	14 meter

6. Kajian yang dilakukan terhadap nilai N – SPT dan konsistensinya akan mempermudah penentuan lapisan tanah yang disebut stratigrafi.
7. Data *boring* lama dapat digunakan untuk mengisi stasioning kosong pada boring baru sebagai sarana pembantu penggambaran stratigrafi.
8. Penurunan tanah keras terjadi pada STA 30 + 000 – 31 + 000 dimana kedalaman tanah keras pada *boring* lama terdapat di 14 meter – 18 meter dan pada *boring* baru menjadi kedalaman 18 meter – 22 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1988. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1*. Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga. (Diterjemahkan oleh: Pantur Silaban, Ph. D).
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga. (Diterjemahkan Oleh: Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar).
- Das, Braja M. 1999. *Principles of Geotechnical Engineering Fourth Edition*. Canada: Thomson Canada Limited.
- Das, Braja M. 2007. *Principles of Foundation Engineering Sixth Edition*. Canada: Thomson Canada Limited.
- Das, Braja M. 2010 *Principles of Foundation Engineering*. Edisi ke-8. Stanford: Cengage Learning.
- Das, Braja M. 2011. *Geotechnical Engineering Handbook*. USA: J. Ross Publishing, Inc.
- Das, Braja M. Khaled Sobhan, 2010. *Principles of Geotechnical Engineering*. Edisi ke-8. Stanford: Cengage Learning.
- Desiana Vidayanti, Pintor T Simatupang, Sido Silalahi. 2013. *Korelasi Nilai N-Spt Dengan Parameter Kuat Geser Tanah Untuk Wilayah Jakarta Dan Sekitarnya*. Program Studi Teknik Sipil, FTPD, Universitas Mercu Buana.
- Joseph E. Bowles. 1993. *Analisa dan Desain Pondasi*. Jilid 1, Edisi ke – 2. Jakarta: Erlangga.
- Karl Terzaghi. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Edisi ke 2. Jakarta: Erlangga.
- PT Cipta Strada. 2009. *Laporan Survei Lapangan Geoteknik*. Jilid - 1
- Ralph B. Peck. 1987 *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Edisi ke 2. Jakarta: Erlangga.
- Sandjaja, Gregorius. 2015. *Diktat Pondasi Tiang II*. Jakarta: Universitas Tarumanagara.
- Teng. Wayne C. 1977. *Foundaton Design*. New Delhi: Prentice Hall of India
- Terzaghi, Karl dan Ralph B. Peck. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 1. Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Terzaghi, Karl dan Ralph B. Peck. 1991. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid -2. Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga.