PENGARUH KONSISTENSI TANAH TERHADAP DURASI PELAKSANAAN PONDASI TIANG BOR

Rilo Yansaputra¹, Jane Sekarsari²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: rilo.325150210@stu.untar.ac.id

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

ABSTRAK

Perancangan konstruksi pondasi memerlukan penyelidikan geoteknik untuk menentukan stratifikasi dan karakteristik teknis tanah. Studi sebelumnya menunjukkan adanya keterbatasan informasi pada penyelidikan geoteknik yang disebabkan oleh ketidakaturan lapisan tanah dan sifat tanah yang dapat berbeda drastis dalam jarak hanya beberapa meter saja (heterogen). Keterbatasan informasi data menimbulkan ketidakpastian. Dari segi perancangan dan pelaksanaan pondasi sudah memiliki ketidakpastian yang merupakan sebuah kendala, mengakibatkan durasi pelaksanaannya menjadi terlambat dari durasi yang telah direncanakan. Hasil tinjauan pustaka menjelaskan bahwa memanfaatkan informasi data kuantitatif di lapangan dan laboratorium seperti uji sondir atau *standard penetration test* (SPT) dapat diperkirakan distribusi tingkat kesulitan pengeboran. Studi ini bertujuan menganalisis dan mengetahui pengaruh konsistensi tanah yang diwakilkan oleh parameter tanah terhadap durasi pelaksanaan pondasi tiang bor, dengan menggunakan data hasil SPT yang disajikan pada bor log dan durasi pengeboran tiap tiang bor pada proyek gedung bertingkat. Data diolah melalui tahapan elaborasi data bor log untuk mengetahui klasifikasi jenis tanah dan perhitungan durasi berdasarkan rasio N_{Spt} (jumlah pukulan pada uji SPT). Data dianalisis sesuai klasifikasi jenis tanah dengan variabel independen (N_{Spt} dan tebal lapisan) dan variabel dependen (durasi pengeboran). Data dianalisis dengan metode regresi linear berganda. Hasil studi adalah persamaan regresi linear berganda yang bisa menjadi prediktor durasi pengeboran pada pelaksanaan pondasi tiang bor.

Kata kunci: pondasi tiang bor, konsistensi tanah, prediktor durasi

1. PENDAHULUAN

Perancangan konstruksi pondasi memerlukan penyelidikan geoteknik untuk menentukan stratifikasi tanah dan karakteristik teknis tanah. Penyelidikan geoteknik dilakukan dengan cara sampling tanah yang dijadikan sebagai acuan saat mendesain pondasi seperti penentuan dimensi dan kedalam dari pondasi.

Berdasarkan Anondho dan Sandjaja (2008) menyatakan bahwa keterbatasan informasi pada penyelidikan geoteknik disebabkan oleh ketidakaturan lapisan tanah dan sifat tanah yang dapat berbeda drastis dalam jarak hanya beberapa meter saja (heterogen). Keterbatasan informasi data menimbulkan ketidakpastian. Dilihat dari segi perancangan dan pelaksanaan pondasi sudah memiliki ketidakpastian yang merupakan sebuah kendala, sehingga mengakibatkan durasi pelaksanaannya menjadi terlambat dari durasi yang telah direncanakan.

Berdasarkan studi yang dilakukan Roskarina (2008) menunjukkan adanya pengaruh konsistensi tanah yang diwakilkan oleh beberapa parameter tanah terhadap durasi pelaksanaan pondasi tiang pancang.

Oleh karena itu, tujuan yang ingin dicapai studi ini adalah menganalisis dan mengetahui pengaruh konsistensi tanah terhadap durasi pelaksanaan pondasi tiang bor, sehingga diperoleh bentuk persamaan garis regresi linear berganda yang dapat memprediksi durasi pengeboran pada pelaksanaan pondasi tiang bor.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Nilai N_{Spt} atau jumlah *blow* yang diperlukan pada 15 cm penetrasi kedua dan ketiga. Hasil pengujian SPT ini disajikan dalam bentuk grafik pada *Boring Log* bersama dengan deskripsi lapisan tanah. Pada studi ini tanah akan digolongkan menjadi beberapa nama utama yaitu tanah dengan sifat fisik nonkohesif (tanah *gravel* dan *sand*) dan tanah dengan sifat fisik kohesif (tanah *silt* dan *clay*).

Konsistensi Tanah Berbutir Kasar (Tanah Nonkohesif)

Pengujian SPT telah digunakan dalam korelasi dengan berat isi, kepadatan relatif tanah pasir, modulus elastisitas tanah, sudut geser dalam tanah, dan kohesi tak terdrainase berdasarkan hubungan empiris. Berikut adalah tabel korelasi empiris yang sering digunakan untuk interpretasi hasil uji SPT dengan konsistensi tanah berbutir kasar:

Tabel 1. Konsistensi tanah berbutir kasar yang diukur dari kepadatan relatif (sumber: Rahardjo, 2005)

Kepadatan Relatif	N_{Spt}
Sangat Lepas (<i>Very Loose</i>)	0-4
Lepas-Lepas (<i>Loose</i>)	4-10
Sedang (<i>Medium Dense</i>)	10-30
Rapat (<i>Dense</i>)	30-50
Sangat Rapat (<i>Very Dense</i>)	>50

Konsistensi Tanah Berbutir Halus (Tanah Kohesif)

Konsistensi tanah untuk tanah berbutir halus dinyatakan dengan kekuatan desak bebas (*unconfined compressive strength*) atau q_u yaitu tegangan yang mematahkan contoh tanah sampai 20%. Nilai q_u ini ditentukan dengan aparat pemadat pada tanah tak terganggu (*undisturbed soil sample*). Berikut adalah uraian nilai desak yang berkaitan dengan konsistensi pada tanah berbutir halus:

Tabel 2. Konsistensi tanah berbutir halus secara kualitatif dan kuantitatif (sumber: Das, 2011)

Konsistensi	Identifikasi Lapangan	q_u (kg/cm^2)	N_{Spt}
Sangat Lunak (<i>Very Soft</i>)	Mudah ditekan beberapa inci dengan kepalan tangan, desakan	< 0.25	< 2
Lunak (<i>Soft</i>)	Mudah ditekan beberapa inci dengan ibu jari	0.25-0.5	2-4
Sedang (<i>Medium Stiff</i>)	Dapat ditekan beberapa inci dengan ibu jari agak mudah	0.5-1.0	4-8
Kaku (<i>Stiff</i>)	Mudah diiris dengan ibu jari	1.0-2.0	8-15
Sangat Kaku (<i>Very Stiff</i>)	Mudah diiris dengan ibu jari tetapi memerlukan banyak kekuatan untuk menekan	2.0-4.0	15-30
Keras (<i>Hard</i>)	Sukar diiris dengan ibu jari	>4.0	>30

Konsistensi Tanah Berbutir Kasar (Tanah Nonkohesif)

Semakin besar nilai konsistensi suatu lapisan tanah maka akan semakin sulit lapisan tanah tersebut untuk dibor. Menurut Seeley (1995) secara umum sulit untuk membuat tingkat kesulitan pengeboran secara pasti, tetapi dengan menggabungkan informasi data kuantitatif di lapangan dan laboratorium (uji sondir atau SPT), dapat diperkirakan distribusi tingkat kesulitan tersebut

Menurut Yassin (2019) durasi pengeboran tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat kesulitan pengeboran yang diwakilkan oleh besaran N_{Spt} atau tahanan ujung konus (q_c) pada uji sondir. Ketebalan suatu lapisan tanah dengan konsistensi tertentu juga dapat memengaruhi durasi pengeboran. Contohnya ada dua lapisan tanah yang memiliki nilai N_{Spt} yang sama, namun lapisan tanah yang pertama memiliki tebal lapisan yang lebih besar dari tebal lapisan kedua, maka lapisan pertama lah yang memiliki durasi lebih lama.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data untuk topik analisis pengaruh konsistensi tanah terhadap durasi pelaksanaan pondasi tiang bor. Jika data yang dibutuhkan sudah terkumpul maka data-data tersebut diolah sesuai dengan jenis tanah dan konsistensinya. Data-data yang sudah diolah tersebut lalu dianalisis dengan menggunakan analisis regresi linear berganda.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan tujuan memperoleh data penyelidikan geoteknik dan laporan pelaksanaan pekerjaan pondasi tiang bor di beberapa proyek gedung bertingkat. Variabel yang dibutuhkan dari data tersebut adalah data bor log dari setiap proyek untuk mengetahui konsistensi tanah berdasarkan banyak *blow* dari standard penetration test (N_{Spt}) dan kedalaman suatu jenis tanah, volume pekerjaan yang diperoleh dari kedalaman ujung tiang dikali luasan dimensi penampang tiang bor, dan data proyek mengenai durasi pengeboran tiap tiang bor.

Diagram Alir Penelitian

Studi ini ingin melakukan analisis pengaruh konsistensi tanah terhadap durasi pengeboran pada pelaksanaan pondasi tiang bor yang dapat dilihat seperti pada diagram alir berikut ini:

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Elaborasi Data Bor Log

Informasi banyak *blow* pada *standard penetration test* (N_{Spt}) dan jenis tanah yang tersedia di data bor log dapat kita kelompokkan untuk mengetahui konsistensi suatu lapisan tanah, lihat tabel 1. dan 2.

Setelah jenis tanah dan konsistensinya diketahui selanjutnya dilakukan dengan penggambaran potongan penyelidikan tanah yang dilakukan. Penggambaran dilakukan sampai mencapai kedalaman ujung tiang bor. Untuk proyek yang memiliki penyelidikan tanah lebih dari satu dan ada denah pondasi maupun denah penyelidikan tanah, maka jenis tanah suatu tiang ditentukan dari parameter yang paling dekat dengan tiang tersebut. Gambaran potongan hasil elaborasi data bor log dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2. Elaborasi Data Bor Log

Perhitungan Durasi Pengeboran

Pada studi yang dilakukan oleh Anondho dan Sandjaja (2008) perhitungan rasio nilai tahanan ujung konus pada uji sondir (q_c) dan ketebalan tanah dijadikan dasar dalam menghitung durasi setiap lapisan tanah di suatu proyek untuk setiap titik tiang bor. Karena pada studi ini data yang digunakan adalah pondasi tiang bor dengan elevasi ujung tiang lebih dari 20 meter maka rasio q_c tidak bisa memperkirakan distribusi tingkat kesulitan pengeboran dengan alasan pengujian sondir umumnya dilaksanakan hingga kedalaman maksimum 20 m atau hingga diperoleh nilai tahanan ujung $q_c = 250 \text{ kg/cm}^2$. Maka pada studi ini perhitungan rasio N_{Spt} dan ketebalan tanah dijadikan dasar dalam menghitung durasi setiap lapisan tanah di suatu proyek untuk setiap titik tiang bor.

Hasil perhitungan berupa distribusi durasi per m^2 , yaitu membagi durasi pengeboran tiap tiang dalam menit dengan luas penampang tiang bor.

$$D = \frac{D_i}{0.25 \times \pi \times \phi^2} \quad (1)$$

Durasi pengeboran tiap rasio N_{Spt} pada bor log adalah mengkalikan rasio N_{Spt} pada tiap lapisan tersebut dengan durasi pengeboran tiap tiang.

$$D_x = \frac{N_i}{\sum N} \times D \quad (2)$$

Durasi pengeboran tiap meter pada bor log adalah mebagi durasi pengeboran D_x dengan ketebalan lapisan.

$$D_x^* = \frac{D_x}{h} \quad (3)$$

dengan D_i =Durasi pengeboran tiap tiang (menit), D =Durasi pengeboran tiap tiang bor per meter persegi (menit/m^2), ϕ =Diameter penampang tiang bor, N_i =Banyak *blow* pada *standard penetration test*, $\sum N$ =Jumlah total *blow* pada seluruh lapisan bor log sampai di ujung tiang bor, D_x =Durasi pengeboran tiap rasio N_{Spt} pada bor log (menit/m^2), h =Tebal tiap lapisan (meter), dan D_x^* =Durasi pengeboran tiap meter pada bor log ($\text{menit/m}^2/\text{m}$)

4. HASIL DAN ANALISIS

Data-data yang digunakan diperoleh dari PT Cokro Pondasi dan PT Tarumanegara Bumiya. Data yang digunakan berupa durasi pengeboran setiap titik tiang bor dan penyelidikan geoteknik dari beberapa proyek, yaitu:

1. Proyek Rumah Susun Paspampres Tanah Abang, Jakarta. Di proyek ini terdapat 5 bor log, dan durasi dari setiap titik pengeboran tiang bor.
2. Proyek Kantor Terpadu Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Di proyek ini terdapat 1 bor log, dan durasi dari setiap titik pengeboran tiang bor.
3. Proyek Pasar Pulung Kencana, Lampung. Di proyek ini terdapat 1 bor log, dan durasi dari setiap titik pengeboran tiang bor.
4. Proyek Hotel All Season, Jakarta. Di proyek ini terdapat 1 bor log, dan durasi dari setiap titik pengeboran tiang bor.

Data tersebut akan diolah melalui tahapan elaborasi data bor log, perhitungan durasi pengeboran tiap rasio N_{Spt} pada bor log, dan menghitung durasi pengeboran berdasarkan elaborasi data bor log.

Elaborasi Data Bor Log

Dari data bor log yang telah di peroleh lalu dilakukan elaborasi data bor log yang menghasilkan jenis tanah dan konsistensinya berdasarkan nilai dari N_{Spt} . Elaborasi bor log dilakukan dengan cara mengelompokkan nilai N_{Spt} pada bor log sampai elevasi ujung tiang bor berdasarkan tabel 1. dan 2., sebagai contoh tabel 3. merupakan contoh elaborasi data bor log di Proyek 2:

- Lapisan tanah di elevasi -0 sampai dengan -8 meter tergolong tanah *clay* konsistensi *stiff* karena lapisan tersebut memiliki nilai N_{Spt} diantara 8 sampai dengan 15, sehingga tanah *clay* konsistensi *stiff* tersebut memiliki nilai N_{Spt} rata-rata (N_{Spt}^*) sebesar $11.5 \approx 12$ dengan tebal lapisan 8 meter. (Lihat tabel 3.)

Tabel 3. Contoh hasil elaborasi data bor log proyek 2

Elevasi (m)	N _{Spt}	Jenis Tanah	Elaborasi Bor Log		
			N _{Spt} *	Konsistensi	Tebal Lapisan (m)
-2	12	Clay	12	stiff	8
-4	9				
-6	12				
-8	13				
-10	18		16	very stiff	8
-12	15				
-14	15				
-16	16				
-18	11		11	stiff	2
-20	22		23	very stiff	4
-22	23				
-24	33	Sand	33	hard	2
-26	38		38	dense	2
-28	22		22	medium dense	2

Dari hasil elaborasi data bor log seluruh proyek, maka jenis tanah dan konsistensinya yang akan dianalisis sesuai tabel 4,

Tabel 4. Klasifikasi jenis tanah yang akan dianalisis

Sifat Fisik	Tanah Kohesif		Tanah Nonkohesif
Jenis Tanah	Clay	Silt	Sand
Konsistensi	• Medium stiff	• Very stiff	• Dense to very dense
	• Stiff	• Hard	
	• Very stiff		
	• Hard		

Perhitungan Durasi Pengeboran tiap Rasio N_{Spt} pada Bor Log

Perhitungan durasi pengeboran tiap rasio N_{Spt} dalam suatu proyek untuk setiap titik tiang bor dengan menggunakan rumus yang telah dijelaskan di subbab **Perhitungan Durasi Pengeboran**. Tabel 5. merupakan contoh perhitungan durasi pengeboran untuk titik tiang bor BP101 dengan diameter 0.8 meter dan durasi pengeboran 150 menit pada Proyek 2.

Tabel 5. Contoh perhitungan durasi pengeboran tiap rasio N_{Spt} pada bor log proyek 2

Elevasi	N _{Spt} (Ni)	Total N _{Spt} (ΣN)	Rasio N _{Spt}	Dx (menit/m ²)	Dx* (menit/m ² /m)
-2	12	259	0.0463	13.826	6.913
-4	9		0.0347	10.37	5.185
-6	12		0.0463	13.826	6.913
-8	13		0.0502	14.978	7.489
-10	18		0.0695	20.739	10.37
-12	15		0.0579	17.283	8.641
-14	15		0.0579	17.283	8.641
-16	16		0.0618	18.435	9.217
-18	11		0.0425	12.674	6.337
-20	22		0.0849	25.348	12.674
-22	23		0.0888	26.5	13.25
-24	33		0.1274	38.022	19.011
-26	38		0.1467	43.783	21.891
-28	22		0.0849	25.348	12.674

Durasi pengeboran untuk tiap rasio N_{spt} pada bor log, yang memiliki ketebalan 2 meter. Berikut ini adalah contoh perhitungan durasi pengeboran tiap rasio N_{spt} pada bor log di elevasi -4 sampai dengan -6 meter :

$$Dx = \frac{N_i}{\sum N_i} \times \frac{D_i}{0.25 \times \pi \times \phi^2} \Rightarrow \frac{N_i}{\sum N_i} = \frac{12}{259} = 0.0463 \Rightarrow Dx = 0.0463 \times \frac{150}{0.25 \times \pi \times 0.8^2} = 13.826 \text{ menit/m}^2$$

Maka diperoleh durasi pengeboran selama 13.826 menit/m², dengan tebal sebesar 2 meter, untuk mendapatkan durasi pengeboran untuk tiap meter maka durasi pengeboran menjadi:

$$Dx^* = \frac{D}{h} = \frac{13.826}{2} = 6.913 \frac{\text{menit}}{\text{m}^2} / \text{m}$$

Menghitung Durasi Pengeboran Berdasarkan Elaborasi Data Bor Log

Selanjutnya akan dibahas cara menghitung durasi pengeboran sesuai lapisan tanah hasil elaborasi bor log, contoh data pada tabel 6. dengan keterangan data yang sama dengan contoh sebelumnya (proyek 2)

- Kita telah mengetahui hasil elaborasi data bor log proyek 2 yaitu kedalaman 0 sampai dengan 8 meter merupakan tanah *clay* konsistensi *stiff*, maka durasi pengeboran untuk lapisan tanah tersebut adalah :

$$DE = 6.913 + 6.913 + 5.185 + 5.185 + 6.913 + 6.913 + 7.489 + 7.489$$

$$DE = 53 \text{ menit/m}^2$$

Durasi pengeboran untuk tanah *clay* konsistensi *stiff* ($N_{spt}^* = 12$) selama 53.000 menit/m², dengan ketebalan 8 meter.

Tabel 6. Contoh hasil durasi pengeboran berdasarkan lapisan tanah hasil elaborasi data bor log proyek 2

				Mengikuti Elaborasi Bor Log			
Elevasi	N_i	Dx (menit/m ²)	Dx^* (menit/m ² /m)	N_i^*	Tebal Lapisan	Tanah & Konsistensinya	DE (menit/m ²)
-2	12	13.826	6.913	12	8	<i>Clay, Stiff</i>	53
-4	9	10.37	5.185				
-6	12	13.826	6.913				
-8	13	14.978	7.489				
-10	18	20.739	10.37				
-12	15	17.283	8.641	16	8	<i>Clay, Very Stiff</i>	73.74
-14	15	17.283	8.641				
-16	16	18.435	9.217				
-18	11	12.674	6.337	11	2	<i>Clay, Stiff</i>	12.674
-20	22	25.348	12.674	23	4	<i>Clay, Very Stiff</i>	51.848
-22	23	26.5	13.25				
-24	33	38.022	19.011	33	2	<i>Clay, Hard</i>	38.022
-26	38	43.783	21.891	38	2	<i>Sand, Dense</i>	43.783
-28	22	25.348	12.674	22	2	<i>Sand, Medium Dense</i>	25.348

Input Data untuk Analisis

Hasil olah data yang sudah melalui tahapan elaborasi data bor log, perhitungan durasi pengeboran tiap rasio N_{Spt} pada bor log, dan menghitung durasi pengeboran berdasarkan elaborasi data bor log akan menghasilkan durasi pengeboran, nilai N_{Spt} berdasarkan elaborasi data bor log (N_{Spt}^*), dan tebal lapisan untuk setiap klasifikasi jenis tanah. Data disusun sesuai klasifikasi jenis tanah (lihat gambar 3).

a. Tanah kohesif konsistensi medium stiff				b. Tanah kohesif konsistensi stiff			
Kode tiang bor	Durasi (menit) (Y)	N-Spt (X1)	h (m) (X2)	Kode tiang bor	Durasi (menit) (Y)	N-Spt (X1)	h (m) (X2)
Bpi	Di	Ni	hi	Bpi	Di	Ni	hi
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
BPn	Dn	Nn	hn	BPn	Dn	Nn	hn

c. Tanah kohesif konsistensi very stiff				d. Tanah kohesif konsistensi hard			
Kode tiang bor	Durasi (menit) (Y)	N-Spt (X1)	h (m) (X2)	Kode tiang bor	Durasi (menit) (Y)	N-Spt (X1)	h (m) (X2)
Bpi	Di	Ni	hi	Bpi	Di	Ni	hi
:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:
BPn	Dn	Nn	hn	BPn	Dn	Nn	hn

e. Tanah nonkohesif konsistensi dense to very dense			
Kode tiang bor	Durasi (menit) (Y)	N-Spt (X1)	h (m) (X2)
Bpi	Di	Ni	hi
:	:	:	:
:	:	:	:
BPn	Dn	Nn	hn

Gambar 3. Penyusunan Input untuk Dianalisis

Analisis dan Pembahasan

Hasil elaborasi seluruh data bor log di semua proyek, maka jenis tanah diklasifikasikan menjadi:

- Tanah kohesif konsistensi *medium stiff*
- Tanah kohesif konsistensi *stiff*
- Tanah kohesif konsistensi *very stiff*
- Tanah kohesif konsistensi *hard*
- Tanah nonkohesif konsistensi *dense to very dense*

Berdasarkan interpretasi tabel *Correlations* (Pearson Correlation) menyatakan variabel Tebal Lapisan lebih berpengaruh terhadap variabel Durasi Pengeboran dibandingkan variabel N_{Spt} , hal ini berlaku untuk semua klasifikasi jenis tanah yang dianalisis. (Lihat tabel 7.)

Tabel 7. Rangkuman tabel *Correlations* dan tabel ANOVA

Klasifikasi Tanah		Interpretasi Tabel <i>Correlations</i>	Interpretasi Tabel ANOVA	
Jenis Tanah	Konsistensi	Variabel Tebal Lapisan lebih berpengaruh terhadap variabel Durasi Pengeboran dibandingkan variabel N_{Spt}	F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak	F hitung memiliki tingkat signifikansi lebih kecil dari 0.05
Tanah Kohesif	<i>Medium Stiff</i>	✓	✓	✓
	<i>Stiff</i>	✓	✓	✓
	<i>Very Stiff</i>	✓	✓	✓
	<i>Hard</i>	✓	✓	✓
Tanah Nonkohesif	<i>Dense to Very Dense</i>	✓	✓	✓

Tabel 7., interpretasi tabel ANOVA di semua klasifikasi jenis tanah yang dianalisis menyatakan :

- F hitung > F tabel, maka H_0 ditolak
 H_0 ditolak, maka variabel independen secara signifikan dan positif berpengaruh terhadap variabel dependen.

- b. F hitung memiliki tingkat signifikansi lebih kecil dari 0.05. Maka model regresi dapat dipakai untuk memprediksi nilai Durasi Pengeboran, atau dapat dikatakan variabel N_{Spt} dan Tebal Lapisan secara bersama-sama berpengaruh terhadap Durasi Pengeboran.

Berdasarkan tabel *Coefficients*, uji t di semua klasifikasi jenis tanah yang dianalisis menyatakan nilai signifikansi variabel Tebal Lapisan < probabilitas 0.05, artinya ada pengaruh variabel Tebal Lapisan terhadap Durasi Pengeboran, Namun hanya tanah kohesif konsistensi *stiff* yang menyatakan nilai signifikansi variabel N_{Spt} > probabilitas 0.05, artinya tidak ada pengaruh variabel N_{Spt} terhadap Durasi Pengeboran. Maka persamaan regresi linear berganda dari tanah kohesif konsistensi *stiff* tidak bisa menjadi prediktor Durasi Pengeboran. (Lihat Tabel 8.)

Tabel 8. Rangkuman hasil uji t di semua klasifikasi jenis tanah yang dianalisis

Klasifikasi Tanah		Uji t	
Jenis Tanah	Konsistensi	Ada pengaruh variabel N_{Spt} terhadap Durasi Pengeboran	Ada pengaruh variabel Tebal Lapisan terhadap Durasi Pengeboran
Tanah Kohesif	<i>Medium Stiff</i>	✓	✓
	<i>Stiff</i>	X	✓
	<i>Very Stiff</i>	✓	✓
	<i>Hard</i>	✓	✓
Tanah Nonkohesif	<i>Dense to Very Dense</i>	✓	✓

Berdasarkan nilai koefisien determinansi (*R Square*), tanah kohesif konsistensi *medium stiff* dan tanah nonkohesif konsistensi *dense to very dense* memiliki tingkat hubungan atau kekuatan antara variabel dependen dan independen yang sedang, dengan alasan tersebut maka hanya persamaan garis regresi linear yang memiliki tingkat hubungan yang kuat saja untuk dipakai sebagai prediktor durasi pengeboran pada studi ini. (Lihat Tabel 9.)

Tabel 9. Rangkuman persamaan garis regresi, nilai *R Square*, dan tingkat hubungan di semua klasifikasi jenis tanah yang dianalisis

Tanah Kohesif			
Konsistensi	Persamaan Garis Regresi	R Square	Tingkat Hubungan
<i>Medium Stiff</i>	$D = -24.166 + 4.093 X_1 + 2.645 X_2$	0.457	Sedang
<i>Stiff</i>	$D = -1.749 + 0.011 X_1 + 6.018 X_2$	0.762	Kuat
<i>Very Stiff</i>	$D = -12.613 + 0.489 X_1 + 10.259 X_2$	0.767	Kuat
<i>Hard</i>	$D = -77.306 + 1.681 X_1 + 24.320 X_2$	0.794	Kuat
Tanah Nonkohesif			
Konsistensi	Persamaan Garis Regresi	R Square	Tingkat Hubungan
<i>Dense to Very Dense</i>	$D = -13.500 + 0.961 X_1 + 9.432 X_2$	0.542	Sedang

Karena di semua klasifikasi jenis tanah yang dianalisis menyatakan *Standard Error of the Estimate* lebih kecil dari standar deviasi Durasi Pengeboran, maka model regresi lebih baik dalam bertindak sebagai prediktor Durasi Pengeboran daripada rata-rata Durasi Pengeboran itu sendiri. (Lihat tabel 10.)

Tabel 10. Nilai *Standard Error of the Estimate* dan Standar Deviasi di semua klasifikasi jenis tanah yang dianalisis

Tanah Kohesif		
Konsistensi	<i>Standard Error of the Estimate</i> (menit/m ²)	Stadar Deviasi (menit/m ²)
<i>Medium Stiff</i>	6.8138	9.074
<i>Stiff</i>	7.216	14.612
<i>Very Stiff</i>	10.974	22.527
<i>Hard</i>	20.377	44.485
Tanah Nonkohesif		
Konsistensi	<i>Standard Error of the Estimate</i> (menit/m ²)	Stadar Deviasi (menit/m ²)
<i>Dense to Very Dense</i>	12.615	18.389

5. KESIMPULAN

Hasil studi menunjukkan beberapa hal berikut ini:

1. Hasil analisis elaborasi data bor log di semua proyek, untuk tanah kohesif terdiri dari jenis tanah *clay* dan *silt* dan tanah nonkohesif terdiri dari tanah *sand*, dapat diklasifikasikan menjadi:
 - a. Tanah kohesif konsistensi *medium stiff*
 - b. Tanah kohesif konsistensi *stiff*
 - c. Tanah kohesif konsistensi *very stiff*
 - d. Tanah kohesif konsistensi *hard*
 - e. Tanah nonkohesif konsistensi *dense to very dense*
2. Analisis regresi linear berganda menghasilkan persamaan garis regresi dengan variabel dependen yaitu durasi pengeboran (D) yang tergantung pada variabel independen yaitu N_{Spt} (X1) dan tebal lapisan (X2)
3. Hasil analisis untuk mencari prediksi durasi pengeboran dengan tingkat hubungan atau kekuatan yang kuat dan dengan uji t dan uji f yang memiliki nilai signifikansi < probabilitas 0.05, yaitu:
 - a. Jenis tanah kohesif konsistensi *hard* memiliki tingkat hubungan yang kuat dengan nilai *r square* sebesar 0.794, persamaan garis regresi untuk tanah tersebut:
$$D = -77.306 + 1.681 X1 + 24.320 X2$$
 - b. Jenis tanah kohesif konsistensi *very stiff* memiliki tingkat hubungan yang kuat dengan nilai *r square* sebesar 0.767, persamaan garis regresi untuk tanah tersebut:
$$D = -12.613 + 0.489 X1 + 10.259 X2$$

DAFTAR PUSTAKA

- America. Illinois Department of Transportation. (2016). "*Specific Task Training Program Drilled Shaft Foundation Construction Inspection S-32 Class Reference Guide*". Springfield: Bureau of Construction.
- Anondho, B. dan Gregorius Sandjaja. (2008). "*Analisis Risiko Durasi Pelaksanaan Bored Pile di Jakarta Tahap I: Penentuan Variabel Probabilistik Durasi Kegiatan Bored Pile*". Jakarta: Lembaga Penelitian Universitas Tarumanagara
- Cartlidge, Duncan. (2015). "*Construction Project Manager's Pocket Book*". Abingdon: Routledge
- Das, Braja M. (2010). "*Principles of Geotechnical Engineering (7th ed.)*". Stamford: Cengage Learning
- Das, Braja M. (2011). "*Principles of Foundation Engineering (7th ed.)*". Stamford: Cengage Learning
- Ghozali, Imam. (2016). "*Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 23 (Edisi 8)*". Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro
- Harinaldi. (2005). "*Prinsip-Prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*". Jakarta: Erlangga
- Husen, Abrar. (2011). "*Manajemen Proyek: Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek*". Yogyakarta: ANDI
- Rahardjo, Paulus. P. (2005). "*Manual Pondasi Tiang edisi 3*". Program Pasca Sarjana Teknik Sipil, Universitas Khatolik Parahyangan.
- Roskarina. (2008). "*Pengaruh Konsistensi / Kepadatan Tanah Terhadap Biaya dan Durasi Perancangan Tiang Pancang*". Jakarta :Fakultas Teknik Sipil Universitas Tarumanagara
- Seeley, Ivor H. (1995). "*Building Technology (5th ed.)*". London: Macmillan
- Sugiyono. (2007). "*Statistika untuk Penelitian*". Bandung: Alfabeta
- Sutanto, Rachman. (2005). "*Dasar-Dasar Ilmu Tanah: Konsep dan Kenyataan*". Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Walpole, Ronald E., Raymond H. Myers, Shaton L. Myers, & Keying Ye. (2012). "*Probability & Statistics for Engineers & Scientists 9th Edition*". Boston: Pearson Education, Inc.
- Yassin, Hendro. (2019). "*Durasi Pengeboran*". Hasil Komunikasi Dua Arah: 22 Maret 2019. Universitas Trisakti