

Penentuan *Soil Behavior Type* (SBT) dan Konsistensi Tanah Hasil Uji *Cone Penetrometer Test* (CPT) di Masjid At Tanwir ITERA Sebagai Langkah Awal Perencanaan Pondasi.

Syahidus Syuhada^{1,*}, Cahyo Agung Saputra¹, Rahmat Kurniawan¹, Arif Rahman Hakim Sitepu¹, Julita Hayati¹, M. Abi Berkah Nadi¹, Ayu Sinta Aprilia¹, Erlina Kurnianingtyas²

¹ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayah, Institut Teknologi Sumatera, Jl, Terusan Ryacudu, Desa Way Huwi, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan, 35363

² Program Studi Rekayasa Tata Kelola Air Terpadu, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayah, Institut Teknologi Sumatera, Jl, Terusan Ryacudu, Desa Way Huwi, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan, 35363

*E-mail koresponden : syahidus.syuhada@si.itera.ac.id

ABSTRAK

Cone Penetration Test (CPT), atau yang dikenal sebagai sondir, merupakan metode penyelidikan geoteknik yang sering digunakan untuk menentukan profil tanah dan kedalaman lapisan tanah keras. Robertson mengembangkan metode klasifikasi tanah yang berbasis pada data CPT, yang memungkinkan interpretasi stratigrafi tanah serta estimasi sifat-sifat mekanis tanah, seperti kekuatan geser dan konsolidasi. Selain efisien dari segi biaya, CPT juga memberikan keuntungan dalam hal kecepatan pelaksanaan di lapangan dibandingkan metode uji tanah lainnya. Penelitian ini menyajikan metode untuk mengklasifikasikan jenis perilaku tanah (*Soil Behavior Type*/SBT) berdasarkan data CPT menggunakan pendekatan dari Robertson. Hasil analisis ini tidak hanya membantu mengidentifikasi jenis tanah seperti lempung, lanau, pasir, dan kerikil, tetapi juga memberikan wawasan penting dalam desain fondasi, penentuan kapasitas dukung tanah, dan penanganan risiko geoteknik lainnya, seperti potensi likuifaksi dan stabilitas lereng. Pada penelitian ini dilakukan 4 titik pengujian untuk menentukan stratigrafi tanah yang ada di sekitar Masjid At Tanwir ITERA, Lampung Selatan. Dengan menggunakan SBT dari Robertson, didapatkan hasil kira – kira dari kedalaman 0 – 3 m dari permukaan tanah merupakan formasi tanah berbutir halus dan 3 - 6.8 m diisi oleh tanah berbutir kasar. Untuk konsistensi tanah yang didapatkan merupakan jenis tanah *Stiff* di permukaan dan *Medium Dense – Dense* untuk lapisan sampai kedalaman tanah keras.

Kata kunci: *Cone Penetration Test*, *Soil Behavior Type*, Konsistensi Tanah

1. PENDAHULUAN

Cone Penetration Test (CPT) merupakan pengujian tanah yang dilakukan dengan melakukan penetrasi kerucut yang bersudut 60° kedalam tanah dengan kecepatan konstan. Dari pengujian CPT bisa diperoleh informasi mengenai perlawanan penetrasi konus dan jumlah hambatan lekat dan rasio gesekan yang ditimbulkan di sepanjang titik pengujian di lapangan. Di Indonesia selain itu CPT juga bisa dimanfaakan sebagai alat yang menunjukkan berapa kedalaman tanah keras pada suatu wilayah yang ditunjukkan dengan pembacaan penetrasi konus (q_c) sebesar 250 kg/cm².

Pemahaman tentang jenis tanah dan karakteristik perilakunya sangat penting dalam rekayasa geoteknik untuk menentukan solusi

desain yang tepat dalam proyek infrastruktur. Salah satu metode yang sering digunakan dalam investigasi tanah adalah *Cone Penetration Test* (CPT), yang lebih dikenal sebagai sondir. CPT memberikan data secara in-situ tentang resistansi kerucut (qc), gesekan selongsong (fs), dan tekanan pori (u) yang membantu menentukan karakteristik tanah pada berbagai kedalaman. Karena mampu memberikan hasil yang cepat, akurat, dan berbiaya rendah, CPT telah menjadi alat yang andal dalam penyelidikan geoteknik di berbagai proyek infrastruktur, seperti pembangunan jalan, jembatan, dan gedung bertingkat tinggi .

Soil Behavior Type (SBT), yang dikembangkan oleh Robertson pada tahun 1990, merupakan pendekatan klasifikasi tanah

berbasis perilaku tanah yang diperoleh dari data CPT. Pendekatan ini berfokus pada mengidentifikasi perilaku mekanis tanah, seperti kekuatan geser, kepadatan, dan tingkat deformasi, daripada hanya mengandalkan klasifikasi tekstur. Ini penting dalam menentukan respon tanah terhadap beban struktural dan berbagai kondisi lingkungan. Klasifikasi SBT ini memungkinkan insinyur untuk membedakan tanah lempung, lanau, pasir, dan kerikil, yang sangat berpengaruh terhadap desain fondasi dan penentuan kapasitas dukung tanah .

Dengan menggunakan metode Robertson, hasil penelitian ini akan memberikan gambaran yang lebih jelas tentang distribusi stratigrafi tanah dan jenis perlakunya. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi validitas dan akurasi metode ini dalam mengidentifikasi tanah dengan karakteristik yang beragam, serta memberikan rekomendasi desain fondasi yang sesuai berdasarkan karakteristik SBT.

Penggunaan CPT dalam mengklasifikasikan tanah memberikan berbagai keuntungan, termasuk hasil yang cepat dan biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan metode pengujian tanah lainnya. Selain itu, pendekatan berbasis perilaku tanah menawarkan klasifikasi yang lebih komprehensif, yang penting dalam pengambilan keputusan desain infrastruktur, terutama pada proyek besar seperti pembangunan gedung bertingkat, jembatan, dan infrastruktur transportasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan basis data tanah yang lebih kuat di Indonesia serta mendukung inovasi dalam metode klasifikasi tanah

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Pengujian Tanah

Lokasi pengujian tanah berada pada wilayah Masjid At-Tanwir di Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan. Untuk pengujian sondir dilakukan sebanyak 4 titik dengan detail terdapat pada Gambar 1.di bawah ini.

2.2 Pengambilan Data

Data diambil menggunakan alat CPT jenis *Mechanical* CPT yang dioperasikan dengan menggunakan sistem hidraulik. Sebelum alat

CPT dioperasikan, maka harus dipasang terlebih dahulu alat angkur yang mencegah alat CPT terangkat Ketika melakukan penetrasi kedalam tanah. Pengambilan data di lapangan berupa data penetrasi konus dan hambatan total per 0.2 m.



Gambar 1. Lokasi Pengujian Sondir

2.3 Pengolahan Data

Data yang diambil untuk dijadikan sebagai penentuan SBT adalah penetrasi konus (q_c) dan hambatan lekat (%FR). Untuk nilai Pa merupakan besarnya tekanan atmosfer ≈ 100 kPa atau 1 kg/cm^2 . Kemudian data q_c/Pa dan % FR dimasukkan kedalam grafik SBT Robertson dan akan didapatkan titik temu antara nilai tersebut yang menunjukkan SBT dari lapisan yang didefinisikan tersebut. Kemudian untuk mendefinisikan konsistensi tanah dilihat dengan menggunakan table hubungan antara nilai q_c dengan konsistensi tanah. Hubungan antara konsistensi tanah dengan q_c ditentukan juga dari jenis tanah, sehingga harus diperhatikan jenis SBT pada saat penggunaan table konsistensi tanah.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Soil Behavior Type (SBT)

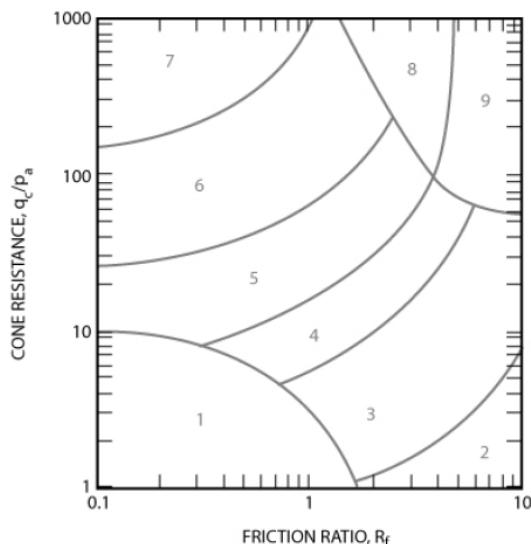
Pengujian dengan menggunakan CPT memiliki kekurangan, yaitu tidak bisa mendapatkan sampel tanah dan mendeskripsikan jenis tanah di lapangan secara visual. Robertson dkk., (1986) mengemukakan konsep SBT (Soil Behavior Type) untuk memprediksi jenis tanah hasil uji CPT dengan memanfaatkan perilaku tanah yang dilihat dari

nilai penetrasi konus dan rasio gesekan pada pengujian CPT.

Hasil uji SBT dapat memberikan Kesimpulan awal bahwa tanah yang dilalui oleh konus saat pengujian termasuk kepada jenis tanah berbutir kasar atau berbutir halus. Biasanya tahanan konus pada tanah pasir, yang lebih besar lebih dari pada lempung dan friction ratio pada pasir biasanya lebih rendah dibandingkan lempung.

3.2 Konsistensi Tanah

Konsistensi tanah akan dibedakan menjadi 2 jenis yaitu konsistensi untuk tanah berbutir kasar dan untuk tanah yang berbutir halus. Berikut pada Tabel 1 dan Tabel 2 untuk masing – masing konsistensi tanah berdasarkan kepada nilai tahanan konus.



Zone	Soil Behavior Type
1	Sensitive, fine grained
2	Organic soils - clay
3	Clay – silty clay to clay
4	Silt mixtures – clayey silt to silty clay
5	Sand mixtures – silty sand to sandy silt
6	Sands – clean sand to silty sand
7	Gravelly sand to dense sand
8	Very stiff sand to clayey sand*
9	Very stiff fine grained*

* Heavily overconsolidated or cemented

$P_a = \text{atmospheric pressure} = 100 \text{ kPa} = 1 \text{ tsf}$

Gambar 2. SBT Chart (Robertson dkk., 1986, Diupdate Oleh Robertson, 2010)

Tabel 1. Konsistensi Tanah Lempung Berdasarkan Nilai q_c

Konsistensi	Kohesi Undrained			q_c	
	(kPa)		(MPa)		
Very Soft	0	-	12	< 0.2	
Soft	12	-	25	0.2	- 0.4
Firm	25	-	50	0.4	- 0.9
Stiff	50	-	100	0.9	- 2
Very Stiff	100	-	200	2	- 4.2
Hard	≥ 200		> 4.2		

Tabel 2. Konsistensi Tanah Pasir Berdasarkan Nilai q_c

Konsistensi	Derajat Kepadatan (kPa)	q_c (MPa)	Estimasi Nilai Sudut Geser (°)	
			< 0.2	< 2
Very Loose				< 30
Loose	0.2	- 0.4	2	- 4
Medium Loose	0.4	- 0.6	4	- 12
Dense	0.6	- 0.8	12	- 20
Very Dense	≥ 200		> 20	> 45

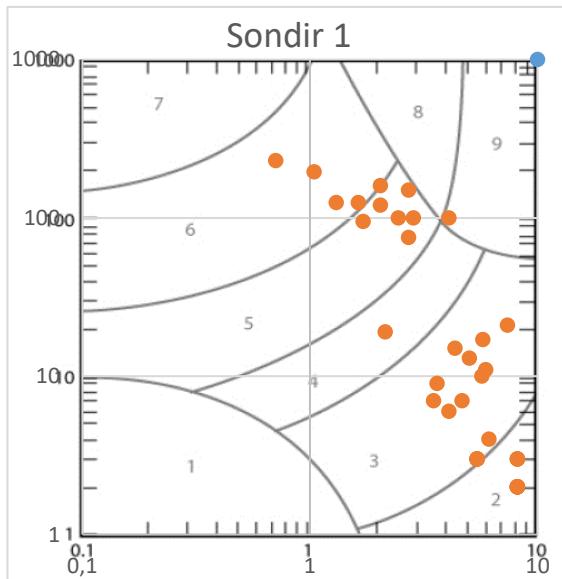
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan 4 titik pengujian CPT di sekitaran Masjid At Tanwir. Hasil yang didapatkan dalam pengujian kurang lebih kedalaman tanah keras ada di kedalaman 5 sampai 6.8 m dari permukaan tanah. Tanah keras ditandai dengan pembacaan penetrasi konus $> 200 \text{ kg/cm}^2$. Contoh Pembacaan di lapangan dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini :

PROJECT : Masjid At-Tanwir		LOCATION : ITCERA		DATE OF TESTED : 14/1/13	
Depth	qc	qt	Depth	qc	qt
0.20	10	30	10.20	20.20	
0.40	10	40	10.40	20.40	
0.60	15	35	10.60	20.60	
0.80	15	35	10.80	20.80	
1.00	17	38	11.00	21.00	
1.20	20	45	11.20	21.20	
1.40	20	45	11.40	21.40	
1.60	30	55	11.60	21.60	
1.80	15	24	11.80	21.80	
2.00	10	20	12.00	22.00	
2.20	10	28	12.20	22.40	
2.40	20	30	12.40	22.60	
2.60	35	45	12.60	22.80	
2.80	40	60	12.80	23.00	
3.00	60	75	13.00	23.20	
3.20	70	75	13.20	23.40	
3.40	75	80	13.40	23.60	
3.60	65	100	13.60	23.80	
3.80	55	100	13.80		
4.00	100	100	14.00	24.00	
4.20	155	155	14.20	24.20	
4.40	100	155	14.40	24.40	
4.60	100	155	14.60	24.60	
4.80	100	200	14.80	24.80	
5.00	205	220	15.00	25.00	
5.20	150	155	15.20	25.20	
5.40	200	210	15.40	25.40	
5.60	200	150	15.60	25.60	
5.80	200	150	15.80	25.80	

Gambar 3. Contoh Pengambilan Data Sondir

Dari hasil uji sondir, maka dilakukan pengolahan data sehingga didapatkan nilai rasio gesekan (FR) yang akan digunakan sebagai nilai input kedalam grafik SBT. Penggunaan grafik SBT menggunakan nilai q_c/Pa dan FR sebagai inputan. Kemudian akan didapatkan titik yang terbentuk dari hasil hubungan q_c/Pa dengan FR(%). Letak titik tersebut merupakan informasi mengenai jenis dari SBT tanah yang kita punyai. Berikut ini adalah contoh input q_c/Pa pada Gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Contoh Pengolahan Data SBT dari Pengujian Pengambilan Data Sondir

Dapat dilihat pada Gambar 3 sebaran jenis tanah ada pada area 2 sampai dengan 6 dengan jenis tanah 3 dan kombinasi 5 dan 6 yang mendominasi dari hasil SBT. Jenis tanah 3 adalah *Clay – Silty Clay to Clay* sementara 5 dan 6 merupakan jenis tanah berbutir kasar yaitu *Sand Mixture - Silty sand to Sandy Silt* dan *Sand – Clean Sand to Silty Sand*. Untuk jenis tanah *Clay – Silty Clay to Clay* teridentifikasi mendominasi di lapisan atas kemudian *Sand Mixture - Silty sand to Sandy Silt* dan *Sand – Clean Sand to Silty Sand* mengisi lapisan tanah sampai ke kedalaman tanah keras.

Selain SBT sudah selesai dikelompokkan, selanjutnya sesuaikan nilai q_c tanah yang didapatkan dengan nilai konsistensi yang ada pada Tabel 1 dan Tabel 2. Cara ini dilakukan untuk semua titik yang diperoleh pada

pengujian CPT, sehingga bisa kita lihat hasilnya pada Tabel 2 – Tabel 5 berikut ini :



Gambar 5. Pelaksanaan Sondir Titik 3

Tabel 3. SBT Titik Sondir 1

Depth (m)	q_c Average (kg/cm^2)	Soil Behavior Type	Consistency
0 - 3	13.85	Clays - Silty Clay to Clay	Stiff
3 - 4.2	85	Sand Mixture - Silty Sand to Sandy Silt	Med. Dense
4.2 - 5	103.75	Sands - Clean Sand to Silty Sand	Med. Dense
5 - 5.8	152.5	Sands - Clean Sand to Silty Sand	Hard

Tabel 4. SBT Titik Sondir 2

Depth (m)	q_c Average (kg/cm^2)	Soil Behavior Type	Consistency
0 - 2.6	18.5	Clays - Silty Clay to Clay	Stiff
2.6 - 4.8	75	Sand Mixture - Silty Sand to Sandy Silt	Med. Dense
4.8 - 5.8	125	Sand Mixture - Silty Sand to Sandy Silt	Dense
5.8 - 6.8	169	Sands - Clean Sand to Silty Sand	Dense

Tabel 5. SBT Titik Sondir 3

Depth (m)	q_c Average (kg/cm ²)	Soil Behavior Type	Consistency
0 - 1	13.4	Clays - Silty Clay to Clay Silt Mixtures -	Stiff
1 - 1.8	21.25	Clayey Silt to Silty Clay	Stiff
1.8 - 2.2	10	Clays - Silty Clay to Clay Silt Mixtures -	Stiff
2.2 - 3	38.75	Clayey Silt to Silty Clay	Stiff
3 - 3.8	81.25	Sands - Clean Sand to Silty Sand	Med. Dense
3.8 - 5.6	165.56	Sands - Clean Sand to Silty Sand	Dense

Tabel 6. SBT Titik Sondir 4

Depth (m)	q_c Average (kg/cm ²)	Soil Behavior Type	Consistency
0 - 2.2	16.5	Clays - Silty Clay to Clay	Stiff
2.2 - 3	135	Sand Mixture - Silty Sand to Sandy Silt	Med. Dense
3 - 5	185.83	Sands - Clean Sand to Silty Sand	Dense

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil interpretasi SBT pada 4 titik sondir di wilayah Masjid At Tanwir ITERA, dapat ditemui lapisan tanah kelempungan rata – rata pada kedalaman 0 – 3 m. Untuk konsistensi tanah pada kedalaman 0 – 3 m tersebut adalah kondisi konsistensi *Stiff* yang mana termasuk kedalam jenis tanah yang memiliki daya dukung yang relatif besar. Setelah itu terdapat lapisan kelanauan sampai dengan pasir pada lapisan tanah kerasnya. Konsistensi tanah pasir beragam, yaitu mulai dari *Medium Dense* sampai *Dense*. Lapisan tanah keras terdapat rata – rata pada kedalaman 5 – 6.8 m. Informasi seperti ini diharapkan memudahkan desain pondasi di kemudian hari pada Masjid At Tanwir di masa yang akan datang.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ameratunga, J., Sivakugan, N., & Das, B. M. (2016). *Correlation of Soils and Rocks Properties in Geotechnical Engineering*. New Delhi: Springer India.
- Look, B. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*. London: Taylor & Francis Group.
- Lunne, T., Robertson, P. K., & Powell, J. J. (1997). *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. London: Blackie Academic & Professional.
- Nasional, B. S. (2008). *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Robertson, P., & Cabal, K. (2022). *Guide to Cone Penetration Testing 7th Edition*. California: Gregg.
- Yuliet, R., Mera, M., & Hidayat, K. (2021). Soil Classification at Muaro Baru Beach of Padang City Using CPT Data. *ICDMM*, (pp. 1-6). Padang .