

## Analisis Stratifikasi dan Klasifikasi Tanah dengan Variasi Metode Grafik pada Uji CPT (*Cone Penetration Test*)

Hendra Saputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Jaya  
Email: [hendra.saputra@upj.ac.id](mailto:hendra.saputra@upj.ac.id)

### ABSTRAK

Investigasi tanah merupakan langkah krusial dalam perencanaan dan desain rekayasa geoteknik, bertujuan untuk menentukan stratifikasi dan karakteristik teknis tanah. Penelitian ini menganalisis klasifikasi tanah di Indonesia menggunakan uji *Cone Penetration Test* (CPT) dengan variasi interpretasi metode. Analisis menggunakan grafik hubungan perlawanan konus ( $q_c$ ), perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) dan angka banding geser ( $R_f$ ), serta menambahkan berdasarkan modifikasi penelitian terbaru. Penelitian dilakukan pada delapan titik berbeda hingga kedalaman 25 meter di Desa Cikidang, Jawa Barat. Hasil secara grafik menunjukkan dominasi pasir berkoheisi dengan konsistensi teguh hingga kaku pada kedalaman 5 – 15 meter, serta dominasi pasir pada kedalaman 15 – 25 meter ( $R_f=1,24-1,83$ ). Hasil pendekatan Lunne dan Coerts mengklasifikasi secara umum adalah lanau ( $R_f=1,2-4,0$ ) dan pasir ( $R_f=0,6-1,2$ ). Adanya perbedaan interpretasi ini, sehingga perlunya untuk membandingkan hasil dari uji lain. Terlebih alat uji pada metode - metode tidak menggunakan CPTs atau sondir manual yang umum di Indonesia. Temuan ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dalam klasifikasi tanah serta referensi penting dalam perencanaan dan desain pondasi di Indonesia.

**Kata Kunci:** *identifikasi awal, klasifikasi tanah, cone penetration test, sondir.*

### ABSTRACT

*Soil investigation is an important phase in geotechnical engineering design and planning, as it determines soil stratification and technical characteristics. This study investigates the classification of soils in Indonesia using the Cone Penetration Test (CPT) and several interpretation approaches. The investigation employed graphs of the association between conus resistance ( $q_c$ ), local shear resistance ( $f_s$ ), and shear banding number ( $R_f$ ), with changes based on recent research. The study was carried out at eight separate locations to a depth of 25 meters in Cikidang Village, West Java. Graphical results show the dominance of cohesive sand with firm to stiff consistency at a depth of 5 - 15 meters, as well as the dominance of sand 15 - 25 meters ( $R_f=1,24-1,83$ ). The results of the Lunne and Coerts approach classify generally silt ( $R_f=1,2-4,0$ ) and sand ( $R_f=0,6-1,2$ ). This variation in interpretation necessitates comparing the results of additional tests. Furthermore, the test equipment in these procedures does not include CPTs or manual sondirs, which are widespread in Indonesia. The findings are intended to improve understanding of soil classification and serve as a valuable reference for foundation design and planning in Indonesia.*

**Key words:** *preliminary identification, soil classification, cone penetration test, sondir.*

<b>Submitted:</b> 05 Agustus 2024	<b>Reviewed:</b> 25 November 2024	<b>Revised</b> 31 Januari 2025	<b>Published:</b> 07 Februari 2025
--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------

### PENDAHULUAN

Dalam pengujian geoteknik sesuai SNI 8460:2017, penyelidikan tanah harus dilakukan secara bertahap berdasarkan perkiraan atas waktu dan anggaran yang memungkinkan. Penyelidikan tanah merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan untuk menentukan stratifikasi dan karakteristik teknis tanah, sehingga perencanaan dan konstruksi desain rekayasa (*engineering*) dapat dilaksanakan dengan efisien (Manik & Ginting, 2024). Secara umum dalam penyelidikan tanah hal yang menjadi pertimbangan awal dalam mendesain pondasi adalah klasifikasi tanah. Hal ini digunakan sebagai cara dasar untuk membantu perencana dalam memahami dan memberikan pengarahan melalui hasil empiris yang tersedia

dari pengalaman terdahulu. Oleh karena itu, investigasi tanah perlu dilakukan pada tahap awal sebelum konstruksi dimulai (Nur et al., 2023). Investigasi tahap awal adalah memastikan karakteristik tanah secara baik, dengan melakukan uji *in-situ* secara komprehensif.

Salah satu metode uji *in-situ* yang paling efektif dan banyak digunakan adalah uji *Cone Penetration Test* (CPT) (Wadi et al., 2022). Pengujian ini dianggap ekonomis dan cepat, dengan interpretasi dan korelasi yang kuat serta hasil yang konsisten, jika dilakukan pada lokasi yang sama (Lunne et al., 2002). Hasil Informasi dan sifat geoteknik menggunakan CPT sangat baik untuk analisis kuat geser, pemampatan, dan distribusi lapisan tanah. Uji lapangan ini dapat

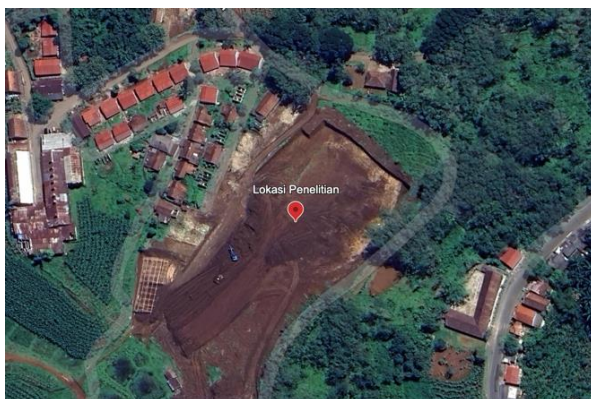
memberikan gambaran dasar untuk mengevaluasi dan menentukan distribusi lapisan – lapisan tanah. Mengacu pada SNI 8460:2017, CPT dapat memberikan interpretasi jenis tanah yang cukup baik pada tanah berbutir kasar dan halus. Banyak penelitian telah menemukan korelasi empiris antara klasifikasi jenis tanah terhadap parameter uji CPT, seperti perlawanan konus ( $q_c$ ) dengan perlawanan geser lokal ( $f_s$ ), yang memungkinkan analisis profil perlapisan tanah dalam bentuk grafis. Korelasi tersebut dikemukakan oleh berbagai peneliti, seperti: Begemann; Sanglerat; Schmertmann; Eslami & Fellenius; Searle, Douglas & Oslen; serta Robertson & Campanella dalam bentuk Grafik (Agung et al., 2015).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menganalisis metode klasifikasi tanah yang ada dengan memasukkan beberapa hal pembaruan yang relevan dari hasil interpretasi para peneliti lain terhadap grafik yang ada, khususnya untuk kondisi tanah di Indonesia. Penelitian ini akan memasukan modifikasi beberapa grafik, seperti: grafik modifikasi Douglas & Olsen (Hossain, 2018); grafik modifikasi Schmertmann (Tumay et al., 2008; Hossain, 2018) dan pendekatan  $\pm 15\%$  garis batas antara klasifikasi tanah pada grafik Schmertmann (Salgado et al., 2015) yang belum banyak dikembangkan dan dilakukan pada penelitian sejenis sebelumnya (Agung et al., 2015; Apriyono et al., 2018; Sirait & Sarah, 2021; Mahmudi, 2023; Nur et al., 2023). Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman baru bagi peneliti lain dan meningkatkan *reliabilitas* klasifikasi tanah berdasarkan data uji CPT di Indonesia.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Desa Cikidang, Sukabumi, Jawa Barat.



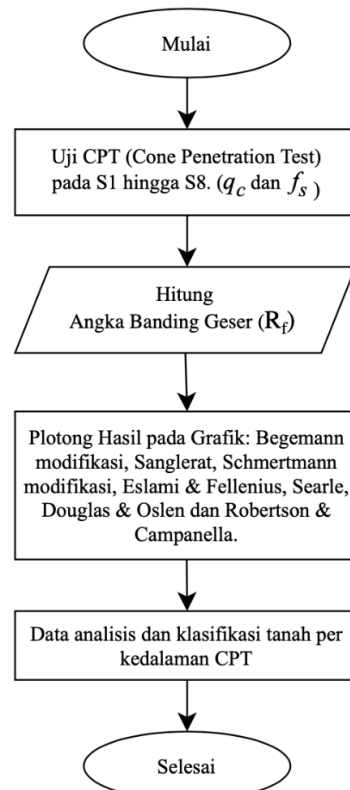
**Gambar 1.** Peta lokasi sampel penelitian (sumber: google earth, 2024)

Lokasi ini menjadi tempat untuk menganalisis klasifikasi tanah menggunakan bermacam-macam variasi metode pendekatan terhadap hubungan

antara nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) terhadap perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) maupun angka banding geser ( $R_f$ ) dalam bentuk grafik. Pengujian lapangan dilakukan pada pertengahan bulan februari 2024. Ke depannya lokasi ini untuk keperluan industrial.

### Pengumpulan dan persiapan data

Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2. Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif, dimana sampel merupakan hasil dari bacaan pengukuran oleh alat ukur berupa CPT atau yang lebih umum disebut Sondir.



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian

Beberapa langkah awal perlu dilakukan sebelum melakukan identifikasi jenis tanah, dimulai dengan melakukan tinjauan literatur – literatur yang digunakan dalam pembahasan penelitian ini. Selanjutnya melakukan pengujian pada lokasi dengan pengujian lapangan yang memenuhi persyaratan uji sesuai SNI 2827:2008 tentang cara uji penetrasi lapangan menggunakan CPT. Pengujian ini dilakukan pada delapan titik berbeda **Gambar 3.** Setiap titik CPT dilakukan uji hingga kedalaman 25 meter dengan kapasitas maksimum alat  $200 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil catatan dari uji CPT ini kemudian menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut. Data tersebut diolah lebih lanjut untuk mengevaluasi klasifikasi jenis tanah berdasarkan studi literatur yang dijabarkan dalam analisis data. Hal ini dilakukan agar hasil pengolahan data dapat digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini untuk mengevaluasi grafik-grafik yang ada.



**Gambar 3.** Lokasi persebaran uji CPT (sumber: google earth, 2024)

### Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil CPT adalah nilai perlawanan konus ( $q_c$ ), perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) dan angka banding geser ( $R_f$ ), nantinya akan dianalisis menggunakan klasifikasi awal berdasarkan pendekatan Lunne dan Coerts (Purnamawati Solin & Estikhamah, 2021). Selanjutnya, hasil tersebut digabungkan dan dibandingkan dengan Terzaghi & Peck (Mahmudi, 2023), yang menjelaskan konsistensi tanah lempung berdasarkan hasil uji CPT. Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan grafik klasifikasi tanah seperti Begemann modifikasi, Sanglerat, Schmetmann modifikasi, Marr, Searle, Douglas & Oslen, Robertson & Campanella, serta Eslami & Fellenius. Setiap grafik ini digunakan untuk mengklasifikasikan

tanah pada setiap lapisan di setiap titik CPT. Interpretasi hasil data dalam jurnal ini dilakukan dengan menggunakan program *Excel*, *Visual Studio Code* dengan pemrograman *Python*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Metode Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data CPT

Pengklasifikasian tanah awal CPT pada 8 titik lokasi berbeda dengan pendekatan Terzaghi & Peck (Mahmudi, 2023) dan Lunne dan Coerts (Purnamawati Solin & Estikhamah, 2021). Menghasilkan pengelompokan klasifikasi tanah berdasarkan jenis dan konsistensinya **Tabel 1**. Klasifikasi tanah dengan pendekatan Lunne & Coerts dan Terzaghi & Peck memberikan informasi bahwa 87,7% dari 1000 data pembacaan per 20 cm nilai perlawanan konus merupakan karakteristik dominan berupa lanau (silt/loam). Tanah lanau sendiri merupakan jenis tanah tidak kohesif, yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir, sehingga bersifat kurang plastis dibanding lempung. Hal lain yang perlu diperhatikan pada sifat tanah lanau adalah kecenderungan untuk cepat mencair ketika mengalami getaran dan penambahan volume ketika berubah bentuk akibat sifat kapilaritas yang tinggi (*quick behavior*). Serta angka permeabilitas lanau yang lebih tinggi dibandingkan lempung (Sir et al., 2024).

**Tabel 1.** Klasifikasi tanah dengan pendekatan Lunne & Coerts dan Terzaghi & Peck

		Konsistensi Tanah Lempung berdasarkan nilai $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )				
		*	F	St	VSt	H
Korelasi Perlawanan Geser Lokal ( $R_f$ ) dan Klasifikasi Tanah	G	4	–	–	–	–
	S	96	–	–	–	–
	SL	–	332	342	201	2
	C	–	2	2	–	–
	HC	–	–	1	2	–
	U	16	–	–	–	–

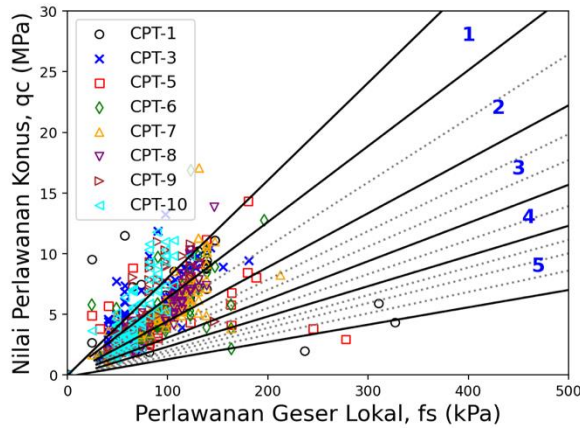
Keterangan: G=Kerikil (Gravel); S=Pasir (Sand); SL=Lanau (Silt/Loam); C=Lempung (Clay); HC=Lempung Berat (Havy Clay); U=Tidak Terkategori (Uncategorized); F=Teguh (Firm); St=Kaku (Stiff); VSt=Sangat Kaku (Very Stiff); H=Keras (Hard); \*=Tidak Memiliki Sifat Lempung.

(Sumber: Olah data pribadi, 2024).

### Metode Begemann

Bagemann menjadi peneliti awal dalam *profiling* tanah menggunakan pendekatan hasil CPT yang menunjukkan bahwa meskipun tanah berbutir kasar umumnya memiliki nilai  $q_c$  (skala linier) dan  $f_s$  (skala linier) lebih besar dibandingkan tanah

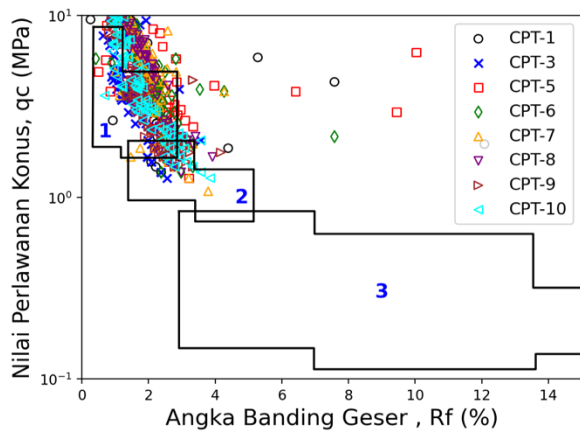
berbutir halus. Menurutnya, penggunaan satu parameter dalam pengujian tidaklah tepat, sehingga kombinasi antara nilai keduanya diperlukan. Dari **Gambar 4**, dapat dilihat persebaran karakteristik secara umum per lapisan berada di lapisan zona 1 (pasir kasar – pasir halus) dan lapisan zona 2 (pasir berlanau).



**Gambar 4.** Grafik klasifikasi tanah menurut Begemann (1 – coarse sand (with gravel)/ fine sand; 2 – silty sand; 3 – silt – clay – sand; 4 – loam/ clay – loam; 5 – clay).

**Metode Sanglerat**

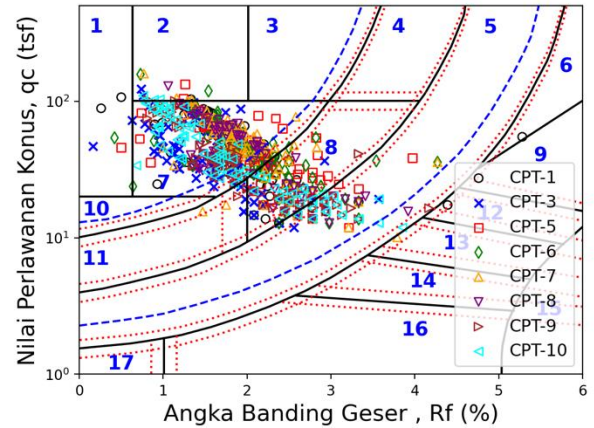
Sanglerat memetakan nilai  $q_c$  (skala logaritmik) terhadap  $R_f$  (skala linier). Grafik ini memiliki keunggulan, yaitu menunjukkan hubungan langsung antara nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) dan angka banding geser ( $R_f$ ) dalam zona hiperbolik. Pada **Gambar 5** dapat dilihat keseluruhan karakteristik umum perlapasan berada dilapisan zona 1 (pasir).



**Gambar 5.** Grafik klasifikasi tanah menurut sanglerat (1 – sand; 2 – silty; 3 – clay)

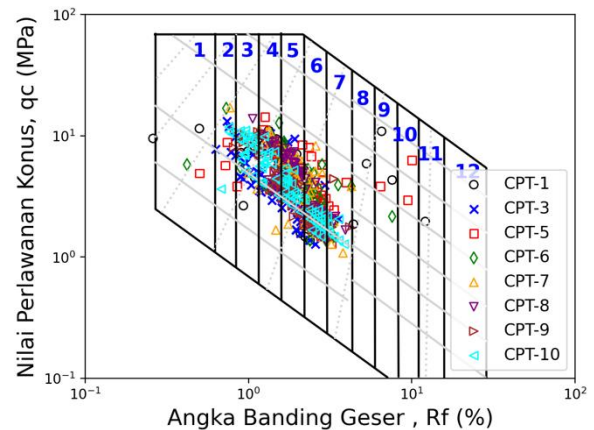
**Metode Schmertmann Modifikasi**

Schmertmann mengusulkan grafik klasifikasi tanah dengan menghubungkan nilai  $q_c$  (skala logaritmik) terhadap  $R_f$  (skala linier), yang kemudian dimodifikasi lebih jauh (Hossain, 2018; Salgado et al., 2015; Tumay et al., 2008) pada **Gambar 6**. Dari hasil dapat dilihat persebaran lapisan secara umum berada pada 3 zona, yaitu: 5 (lempung berpasir); 7 (pasir); dan 8 (pasir lanau berlempung).



**Gambar 6.** Grafik klasifikasi tanah menurut Schmertmann (1 – very shends, limerocks; 2 – dense or cemented sand; 3 – silty sand; 4 – clayed silty sand; 5 – sandy clays; 6 – silty clay; 7 – sand; 8 – clayey sand & silt; 9 – very stiff inorg clay; 10 – loose sand; 11 – clayey sand; 12 – stiff inorg clay; 13 – medium inorg clay; 14 – stiff inorg clay; 15 – organic clay; 16 – very soft inorg clay; 17 – sensitive clay)

**Metode Searle**

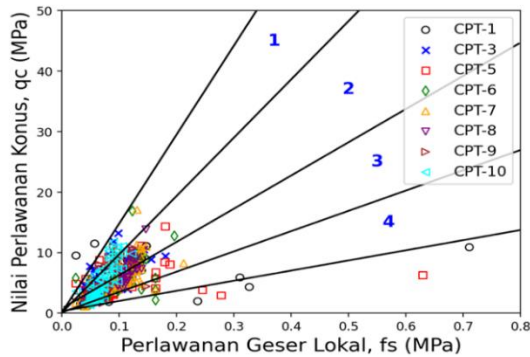


**Gambar 7.** Grafik klasifikasi tanah menurut Searle (1 – gravel; 2 – sandy gravel; 3 – gravelly sand; 4 – f.m.c. sand; 5 – silty sand; 6 – clayey silty sand; 7 – clayey sandy silt; 8 – clayey silt; 9 – silty clay; 10 – heavy clay; 11 – peaty clay; 12 – peat)

Searle menyajikan grafik pemprofilan CPT yang didasarkan pada data penetrometer kerucut mekanis **Gambar 7**. Grafik ini selain mengkategorikan jenis tanah, juga merinci area untuk kerapatan relatif ( $D_r$ ), kekuatan geser ( $C_u$ ), dan sudut geser ( $\phi'$ ), yang menunjukkan bahwa nilai-nilai ini merupakan fungsi dari resistansi hubungan nilai  $q_c$  (skala logaritmik) dan  $R_f$  (skala logaritmik). Hasil pembacaan grafik didapat persebaran mayoritas karakteristik lapisan secara umum berada pada zona: 3 (pasir berkerikil); 4 (pasir FMC); 5 (pasir berlempung) dan 6 (pasir lanau berlempung).

### Metode Marr

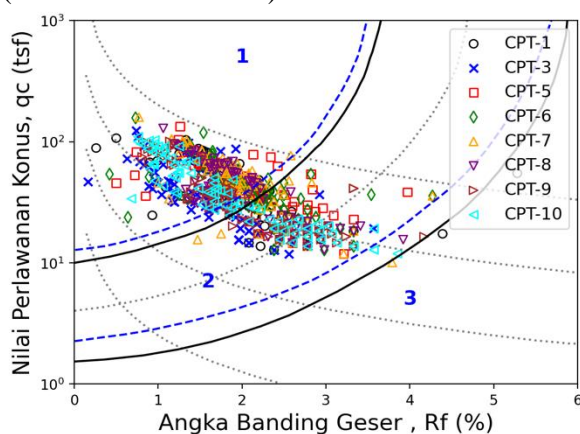
Dalam grafik Marr membagi karakteristik tanah kedalam enam zona yang dipisahkan oleh garis lurus. Garis tersebut terbentuk dari hubungan antara nilai  $q_c$  (skala linier) dan  $f_s$  (skala linier) **Gambar 8**. Hasil pembacaan grafik didapatkan persebaran lapisan berada pada 3 zona, yaitu: 2 (pasir) dan 3 (lanau atau lempung).



**Gambar 8.** Grafik klasifikasi tanah menurut Marr (1 – sand/gravel; 2 – sand; 3 – silt/clay; 4 – clay)

### Metode Douglas dan Olsen

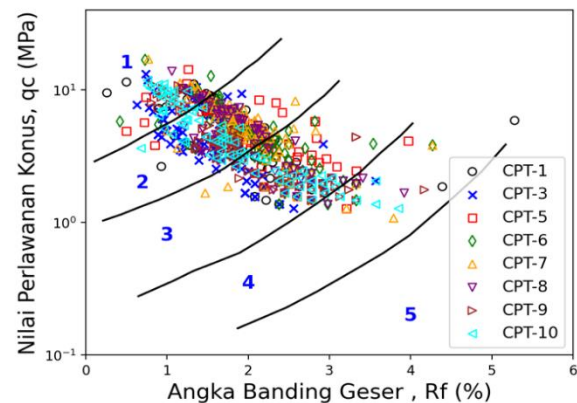
Pada grafik Douglas dan Olsen menunjukkan hubungan antara nilai nilai  $q_c$  (skala logaritmik) terhadap  $R_f$  (skala linier). Serta adanya tambahan garis selain pengklasifikasian tanah. Garis – garis ini menunjukkan tren dari indeks cair dan koefisien tekanan tanah, serta tanah sensitif dan jenis tanah pasir metastabil **Gambar 9**. Pembagian zona dalam grafik dibedakan menjadi tiga garis melengkung ke atas yang mewakili peningkatan kandungan tanah berbutir kasar dan empat garis ke bawah mewakili nilai perlawanan geser lokal, maka dilihat banyaknya sampel merujuk pada lapisan zona 2 (berbutir kasar non-koheusif/berbutir halus koheusif dan non-koheusif) dan 3 (berbutir halus koheusif).



**Gambar 9.** Grafik klasifikasi tanah menurut Douglas dan Olsen (1 – noncohesive coarse grained; 2 – noncohesive coarse and fine grained/ cohesive noncohesive fine grained; 3 – cohesive fine grained)

### Metode Robertson dan Campanella

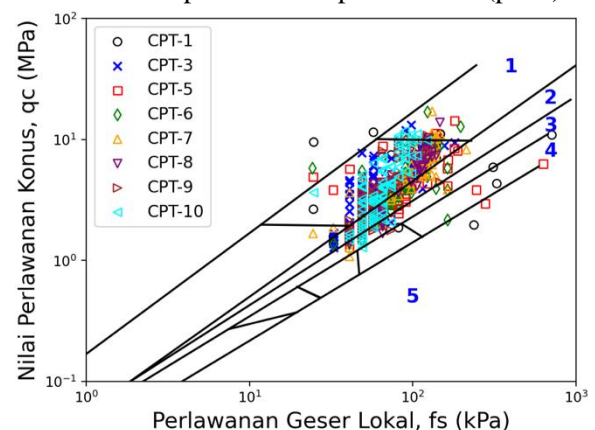
Robertson dan Campanella mengusulkan grafik klasifikasi tanah CPT yang telah disederhanakan. Grafik tersebut menunjukkan hubungan nilai nilai  $q_c$  (skala logaritmik) diplotkan terhadap  $R_f$  (skala linier) **Gambar 10**. Zona dibagi menjadi lima klasifikasi utama dalam metode ini. Hasil pembacaan grafik didapatkan persebaran mayoritas lapisan berada pada dua zona, yaitu: 2 (pasir kelanauan) dan 3 (lanau kepasiran/ lanau).



**Gambar 10.** Grafik klasifikasi tanah menurut Robertson dan Campanella (1 – sand; 2 – silty sands; 3 – sand silts/silts; 4 – clayey silts; 5 – clays)

### Metode Eslami dan Fellenius

Grafik klasifikasi Eslami dan Fellenius merupakan grafik klasifikasi Schmertmann yang dikonversi menjadi grafik Bagemann **Gambar 11**. Menghubungkan nilai  $q_c$  (skala logaritmik) terhadap  $f_s$  (skala logaritmik). Sehingga karakteristik lapisan berada pada zona 1 (pasir).



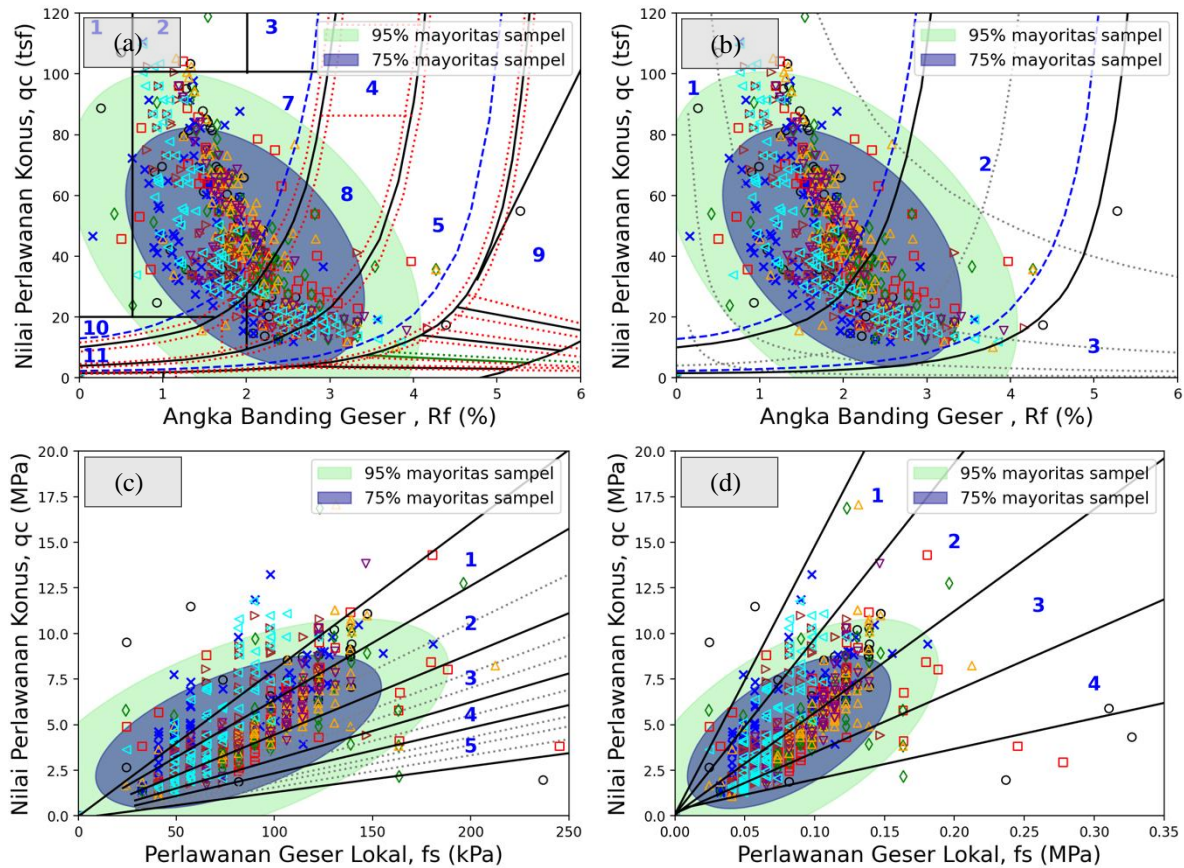
**Gambar 11.** Grafik klasifikasi tanah menurut Eslami dan Fellenius (1 – sand; 2 – silty-sand mixture; 3 – sandy and silty clays; 4 – insensitive non-fissured inorganic clay; 5 – organic clays & mixed soils)

Setiap grafik menunjukkan kesamaan tertentu, sehingga dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar. Kelompok pertama adalah grafik perbandingan antara nilai perlawanan konus ( $q_c$ ) terhadap perlawanan geser lokal ( $f_s$ ), seperti pada

metode: Begemann, Marr dan Eslami & Fellenius. Grafik kedua menggunakan nilai perbandingan antara perlawanan konus ( $q_c$ ) terhadap angka banding geser ( $R_f$ ), seperti pada metode: Sanglerat, Schmertmann, Searle, Douglas & Olsen, dan Robertson & Campanella.

Dari hasil 75% dan 95% **Gambar 12** persebaran data, langkah selanjutnya akan diambil dua grafik

untuk dianalisis lebih lanjut, yaitu: Schmertmann modifikasi mewakili hubungan  $q_c$  terhadap  $f_s$ , dan Marr mewakili hubungan  $q_c$  terhadap  $R_f$ . Dua grafik tersebut dijadikan dasar untuk mengklasifikasi tanah dengan rentan 5 meter kedalaman lapisan secara umum di lokasi penelitian. Dengan menggunakan kedua tersebut, sehingga dapat dilakukan analisis lebih mendalam untuk kedalaman lapisan tanah yang berbeda.

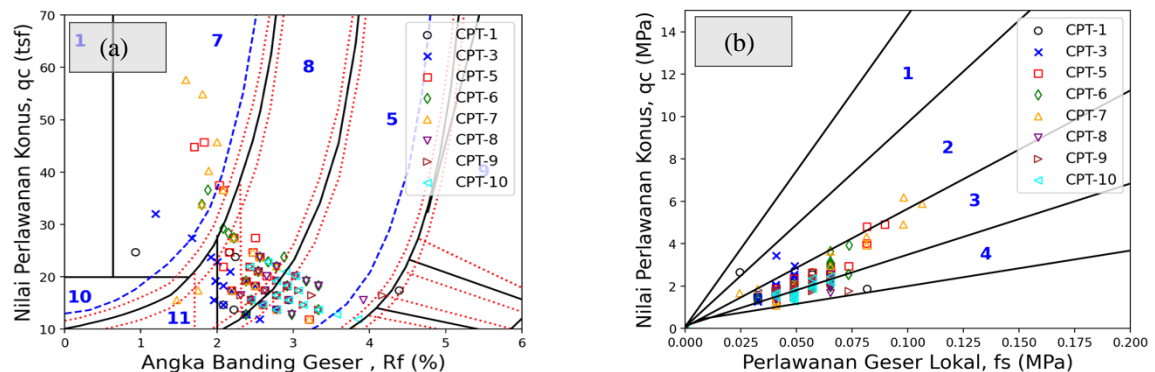


**Gambar 12.** Persebaran 75% dan 95% persebaran uji CPT (a) Schmertmann; (b) Douglas dan Olsen; (c) Begemann (d) Marr.

**Klasifikasi tanah pada kedalaman 0m – 5m**

Pada kedalaman ini hasil visual menunjukkan klasifikasi tanah yang identik. Schmertmann Modifikasi dominasi lapisan berada pada zona: 5 –

lempung berpasir; zona 8 – pasir lanau berlempung dan Marr pada zona 3 – lanau atau lempung **Gambar 13**. Dengan nilai rata-rata dari  $q_c$  adalah 21,70 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian nilai dari  $f_s$  adalah 2,58 kg/cm<sup>2</sup> **Tabel 2**.



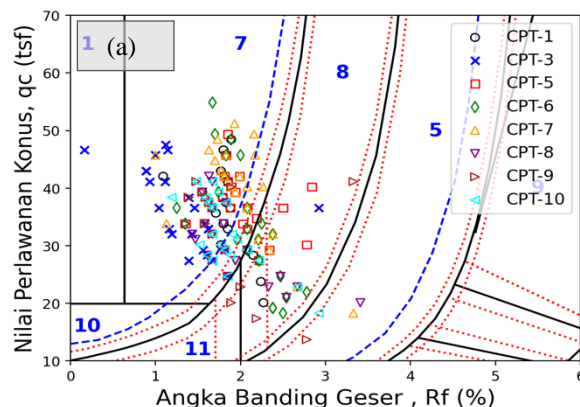
**Gambar 13.** Grafik klasifikasi tanah (a) Schmertmann modifikasi; (b) Marr di kedalaman 0m hingga 5m.

**Tabel 2.** Statistik deskriptif untuk CPT di kedalaman 0m hingga 5m

	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$R_f$ (%)	$f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )
count	200	200	200
mean	21,70	2,588	0,542
std	7,89504	0,48202	0,13959
min	11	0,930	0,249
25%	17	2,31	0,4168
50%	20	2,56	0,5
75%	24	2,88	0,6656
max	63	4,39	1,086
mode	20	2,78	0,4998
range	52	3,46	0,836

(sumber: Olah data pribadi, 2024)

Dari hasil statistik deskriptif pada **Tabel 2**, nilai  $q_c$  dapat dipahami bahwa ada indikasi lapisan tanah lunak ( $min. q_c$ ); dan adanya lapisan sangat padat – batuan dasar ( $max. q_c$ ). Pada ( $std. q_c$ ) dapat diindikasikan kondisi tanah yang heterogenitas, dengan konsistensi tanah dominan



**Gambar 14.** Grafik klasifikasi tanah (a) Schmertmann modifikasi; (b) Marr di kedalaman 5m hingga 10m

**Tabel 3.** Statistik Deskriptif untuk CPT di kedalaman 5m hingga 10m

	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$R_f$ (%)	$f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )
count	200	200	200
mean	38,07000	1,93700	0,712442
std	8,509829	0,940034	0,286293
min	15	0,16	0,0816
25%	32	1,63	0,5824
50%	40	1,83	0,6669
75%	44	2,08	0,8319
max	60	12,08	3,3352
mode	40	1,67	0,666
range	45	11,92	3,2536

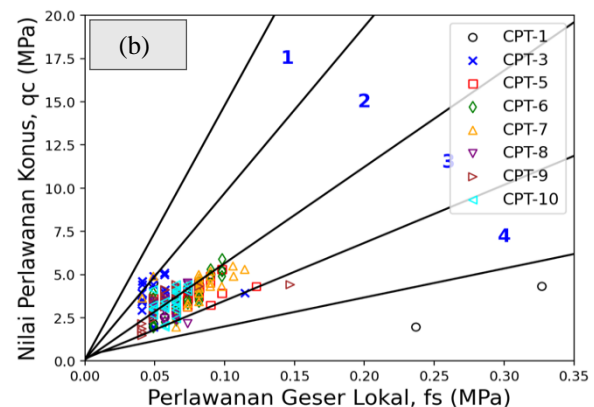
(sumber: Olah data pribadi, 2024)

Dari hasil statistik deskriptif pada **Tabel 3**, nilai  $q_c$  menunjukkan adanya indikasi lapisan lebih lunak pada beberapa lokasi lapisan ( $min. q_c$ ); dan adanya lapisan sangat padat – batuan dasar ( $max.$

( $mean=mode q_c$ ) berada pada area 20–21 Kg/cm<sup>2</sup> – Teguh (*Firm*). Untuk perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) menunjukkan resistensi geser relatif rendah ( $mean f_s$ ), dan mengindikasikan adanya lapisan resistensi geser rendah (non-koheusif) ( $max f_s$ ). Nilai ( $std f_s$ ) rendah dan ( $mean=mode f_s$ ) menunjukkan variasi resistensi tidak terlalu signifikan dengan distribusi relatif simetris. Pada variabel jenis tanah dari non-koheusif hingga koheusif ( $min-max R_f$ ), dan memiliki sifat dominan transisi antara non-koheusif dan koheusif ( $mean R_f$ ).

### Klasifikasi tanah pada kedalaman 5m – 10m

Pada kedalaman ini hasil visual menunjukkan klasifikasi tanah yang berbeda. Schmertmann Modifikasi berada pada zona 8 – pasir lanau berlempung menuju zona 7 – pasir berdasarkan modifikasi grafik (Hossain, 2018). Sedangkan Marr berada pada zona 3 – lanau atau lempung **Gambar 14**. Dengan nilai rata-rata dari  $q_c$  adalah 37,56 Kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian nilai dari  $f_s$  adalah 1,95 Kg/cm<sup>2</sup>, diperlihatkan pada **Tabel 3**.

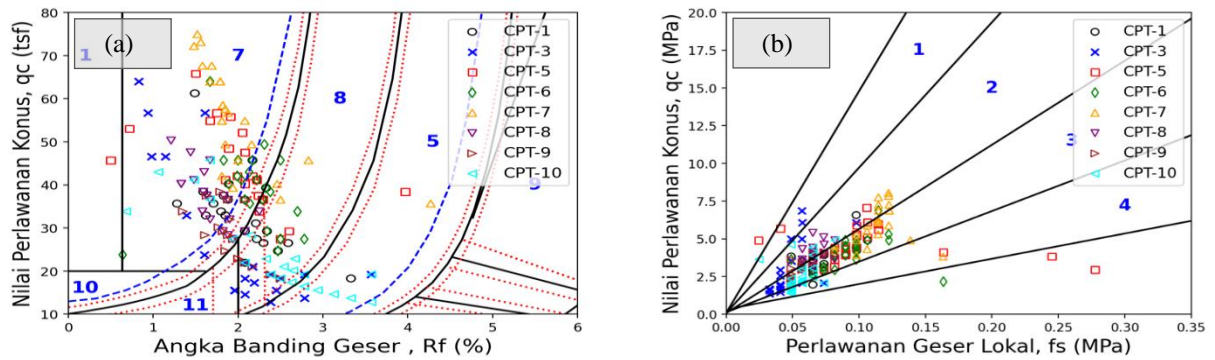


$q_c$ ). Heterogenitas tanah ditunjukkan pada lapisan ini ( $std. q_c$ ) dengan konsistensi tanah dominan ( $mean \approx mode q_c$ ) berada pada area 38–40 kg/cm<sup>2</sup> – Kaku (*Stiff*). Untuk perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) menunjukkan resistensi geser sedang ( $mean f_s$ ), dan mengindikasikan adanya lapisan resistensi geser tinggi (koheusif) ( $max f_s$ ). Dengan nilai ( $std f_s$ ) cukup signifikan dari variasi resistensi dan pada distribusi relatif simetris pada 0,666 Kg/cm<sup>2</sup> ( $mean=mode f_s$ ). Pada variabel jenis tanah dari non-koheusif hingga koheusif ( $min-max R_f$ ), dan menunjukkan adanya lapisan dengan sifat geser yang sangat berbeda ( $range R_f$ ).

### Klasifikasi tanah pada kedalaman 10m – 15m

Pada kedalaman ini hasil visual menunjukkan klasifikasi tanah yang berbeda. Schmertmann Modifikasi berada pada pada zona 8 – pasir lanau berlempung menuju zona 7 – pasir **Gambar 15**. Marr pada zona 3 – lanau atau lempung. Dengan

nilai rata-rata dari  $q_c$  adalah 38,91 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian nilai dari  $f_s$  adalah 2,1 kg/cm<sup>2</sup> **Tabel 4**.



**Gambar 15.** Grafik klasifikasi tanah (a) Schmertmann modifikasi; (b) Marr di kedalaman 10m hingga 15m

**Tabel 4.** Statistik deskriptif untuk CPT di kedalaman 10m hingga 15m

	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$R_r$ (%)	$f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )
count	200	200	200
mean	38,86	2,12755	0,7794
std	15,0607	0,89777	0,33457
min	14	0,5	0,1664
25%	27	1,79	0,58185
50%	39	2	0,6683
75%	46,25	2,33	0,998475
max	82	9,44	2,832
mode	40	2,08	0,4998
range	68	8,94	2,6656

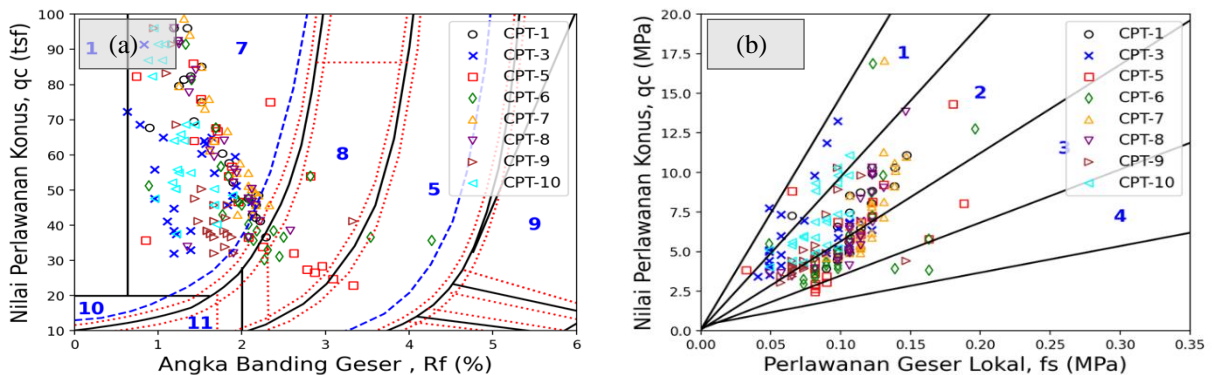
(sumber: Olah data pribadi, 2024)

Dari hasil statistik deskriptif pada **Tabel 4**, nilai  $q_c$  menunjukkan adanya indikasi lapisan kurang padat pada beberapa lokasi lapisan (*min. q<sub>c</sub>*); dan adanya lapisan sangat padat – batuan dasar (*max. q<sub>c</sub>*). Heterogenitas tanah ditunjukkan pada lapisan (*std. q<sub>c</sub>*) dengan konsistensi tanah yang dominan

(*mean ≈ mode q<sub>c</sub>*) berada pada area 39–40 kg/cm<sup>2</sup> – Kaku (*Stiff*). Untuk perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) menunjukkan resistensi geser sedang (*mean f<sub>s</sub>*), dan mengindikasikan adanya lapisan resistensi geser tinggi (kohesif) (*max f<sub>s</sub>*). Dengan nilai (*std f<sub>s</sub>*) cukup signifikan dari variasi resistensi dan pada distribusi paling umum berada pada 0,6683–0,4998 kg/cm<sup>2</sup> (*mean ≠ mode f<sub>s</sub>*). Pada variabel jenis tanah dari non-kohesif hingga kohesif tinggi (*min–max R<sub>f</sub>*), dan menunjukkan variasi jenis tanah yang cukup besar pada kedalaman ini (*std R<sub>f</sub>*).

**Klasifikasi tanah pada kedalaman 15m – 20m**

Pada kedalaman ini hasil visual menunjukkan klasifikasi tanah yang berbeda. Schmertmann modifikasi berada pada zona 7 – pasir. Seperti pada Marr bahwa lapisan menunjukkan data persebaran terbanyak pada zona 2 – pasir **Gambar 16**. Dengan nilai rata-rata dari adalah  $q_c$  64,27 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian nilai dari  $f_s$  adalah 1,75 kg/cm<sup>2</sup> **Tabel 5**.



**Gambar 16.** Grafik klasifikasi tanah (a) Schmertmann modifikasi; (b) Marr di kedalaman 15m hingga 20m

**Tabel 5.** Statistik deskriptif untuk CPT di kedalaman 15m hingga 20m

	$q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$R_r$ (%)	$f_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )
count	200	200	200
mean	65	1,7611	1,0687
std	26,49243	0,87732	0,64773
min	25	0,63	0,3315

25%	45	1,31	0,832
50%	57	1,67	1,0017
75%	76,75	2,08	1,169
max	174	10,03	7,2483
mode	50	1,67	1,085
range	149	9,4	6,9168

(sumber: Olah data pribadi, 2024)

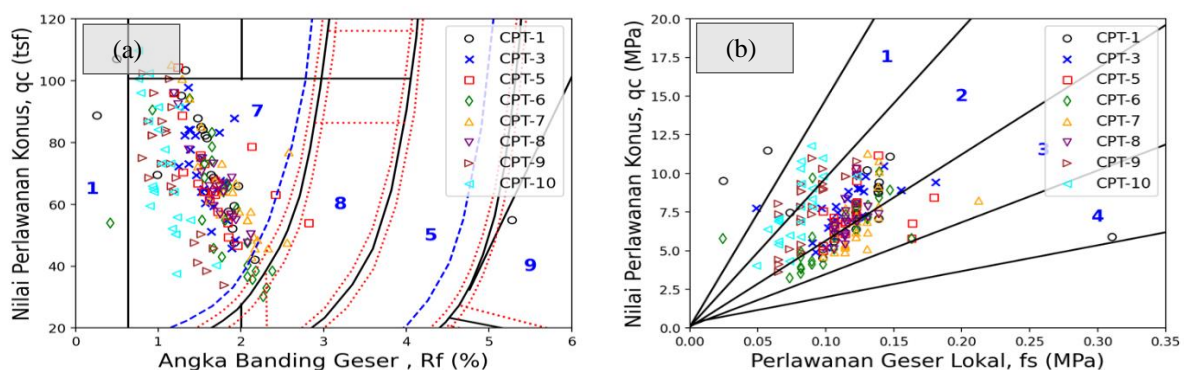


Dari hasil statistik deskriptif pada **Tabel 5**, nilai  $q_c$  menunjukkan adanya indikasi lapisan kurang padat pada beberapa pembacaan lapisan ( $min. q_c$ ); dan 50% data lapisan berupa batuan dasar ( $Q50$ ;  $max. q_c$ ). Heterogenitas tanah ditunjukkan pada lapisan ( $std. q_c$ ) dengan konsistensi tanah yang umum ( $mean \neq mode q_c$ ) berada pada area 57–50  $kg/cm^2$  – Kaku (*Stiff*). Untuk perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) menunjukkan resistensi geser sedang ( $mean f_s$ ), dan mengindikasikan adanya lapisan resistensi geser tinggi (kohesif) ( $max f_s$ ). Dengan nilai ( $std f_s$ ) cukup signifikan dari variasi resistensi dan pada distribusi relatif simetris di

sekitar nilai rata – rata berada pada ( $mean=mode f_s$ ). Pada variabel jenis tanah dari non-kohesif hingga sedikit kohesif ( $min-max R_f$ ), dan menunjukkan variasi jenis tanah yang cukup besar pada kedalaman ini ( $std R_f$ ).

**Klasifikasi tanah pada kedalaman 20m – 25m**

Pada kedalaman ini hasil visual menunjukkan klasifikasi tanah dengan lapisan kondisi yang sama. Schmertmann modifikasi berada pada zona zona 7 – pasir dan Marr berada pada zona 2 – pasir **Gambar 17**. Dengan nilai rata-rata dari  $q_c$  adalah 74,56  $kg/cm^2$ . Kemudian nilai dari  $f_s$  adalah 1,57  $kg/cm^2$  **Tabel 6**.



**Gambar 17.** Grafik klasifikasi tanah (a) Schmertmann modifikasi; (b) Marr di kedalaman 20m hingga 25m

**Tabel 6.** Statistik deskriptif untuk CPT di kedalaman 20m hingga 25m

	$q_c$ ( $kg/cm^2$ )	$R_f$ (%)	$f_s$ ( $kg/cm^2$ )
count	200	200	200
mean	74,56	1,5702	1,115501
std	19,15124	0,511418	0,306457
min	33	0,26	0,2478
25%	60	1,2375	0,9196
50%	72,5	1,58	1,16505
75%	90	1,8325	1,25285
max	120	5,28	3,168
mode	70	1,67	1,248
range	87	5,02	2,9202

(sumber: Olah data pribadi, 2024)

Dari hasil statistik deskriptif pada **Tabel 6**, nilai  $q_c$  menunjukkan tanah sudah pada konsistensi sangat padat ( $Q25-Q75 q_c$ ); dan adanya lapisan sangat lunak ( $min. q_c$ ). Dengan konsistensi tanah yang umum ( $mean \approx mode q_c$ ) berada pada area 72,5–70  $kg/cm^2$  – Sangat Kaku (*Very Stiff*). Untuk perlawanan geser lokal ( $f_s$ ) menunjukkan resistensi geser sedang – kaku ( $mean f_s$ ). Pada variabel jenis tanah dari non-kohesif hingga sedikit kohesif ( $min-max R_f$ ).

Dari keseluruhan data dirangkum pada **Tabel 7**. Tanah pada kedalaman 0–5 m didominasi tanah berkohesif. Pada kedalaman 5–15 m merupakan lapisan transisi dari kohesif ke non-kehesif dengan campuran pasir. Kedalaman >15 m tanah didominasi pasir.

**Tabel 7.** Hasil klasifikasi tanah pada lokasi penelitian pada setiap kedalaman 5 meter.

Kedalaman (m)	$q_c$ ( $kg/cm^2$ )	$R_f$ (%)	$f_s$ ( $kg/cm^2$ )	Schmertmann modifikasi	Marr
0–5	17 – 20	2,31 – 2,88	0,42 – 0,66	Lempung berpasir dan pasir lanau berlempung	Lanau/lempung
5–10	32 – 44	1,63 – 2,08	0,58 – 0,83	Pasir dan pasir lanau berlempung	Pasir atau Lanau/lempung
10–15	27 – 46	1,79 – 2,33	0,58 – 0,99	Pasir dan pasir lanau berlempung	Pasir atau Lanau/lempung
15–20	45 – 77	1,31 – 2,08	0,83 – 1,17	Pasir	Pasir
20–25	60 – 89	1,24 – 1,83	0,92 – 1,25	Pasir	Pasir

(sumber: Olah data pribadi, 2024)

## KESIMPULAN

Penelitian uji *Cone Penetration Test* (CPT) dan klasifikasi tanah menggunakan berbagai metode grafis menunjukkan bahwa lokasi penelitian didominasi oleh tanah transisi dari kohesif ke non-kohesif pada 5 hingga 15 meter, yaitu pasir berkohesif dengan konsistensi teguh hingga kaku. Pada kedalaman 15 hingga 25 meter, tanah beralih menjadi pasir. Hal ini cukup berbeda dari pengklasifikasian awal bahwa tanah didominasi oleh lanau sebanyak 87%. Rentang  $R_f$  yang diberikan oleh Lunne dan Coerts lebih kecil pada tanah pasir (0,6–1,2). Sedangkan pada kondisi lapisan 20 hingga 25 meter (Schmertmann modifikasi) yang dikategorikan pasir memiliki rentan  $R_f$  berada di 1,24–1,83 ( $Q_{25}$ – $Q_{75}$   $R_f$ ). Klasifikasi tanah dari uji CPT menjadi tantangan dalam rekayasa geoteknik, terutama karena interpretasi grafis yang beragam dan terlebih setiap metode tidak menggunakan alat uji CPTs atau sondir yang umum di Indonesia, sehingga sangat disarankan hasil interpretasi dibandingkan dengan hasil uji lainnya, dengan maksud untuk mendapatkan gambaran karakteristik yang lebih baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Tujuh Puluh Kendali atas bantuan yang diberikan dalam penelitian ini. Sehingga penelitian ini dapat terealisasi dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P. A. M., Pramusandi, S., Yuwono, & Damianto, B. (2015). Comparison of Interpretation Between CPT and Res-2d Methods for Geostratigraphic Profiling Determination of Kota Depok. *Semesta Teknika*, 15(1). <https://doi.org/10.18196/st.v15i1.438>
- Apriyono, A., Yanto, Santoso, P. B., & Sumiyanto. (2018). Soil classification based on cone penetration test (CPT) data in Western Central Java. *AIP Conference Proceedings*, 1941. <https://doi.org/10.1063/1.5028062>
- Hossain, I. (2018). Evaluation of Undrained Shear Strength and Soil Classification from Cone Penetration Test. *Thesis*. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. [https://repository.lsu.edu/gradschool\\_theses/4790/](https://repository.lsu.edu/gradschool_theses/4790/)
- Lunne, T., Powell, J. J. M., & Robertson, P. K. (2002). *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482295047>
- Mahmudi, A. (2023). Analisis Hasil Pengujian Sondir untuk Mengetahui Kapasitas Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang dan Bore Pile terhadap Variasi Dimensi di Lokasi Ubhara Surabaya. *Inter Tech*, 1(1), 43–51. <https://doi.org/10.54732/i.v1i1.1023>
- Manik, E. A., & Ginting, J. M. (2024). Field Soil Investigation Analysis Using Drilling Methods for Planning the Construction of IKN Access Roads. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 5(1), 1–15. <https://doi.org/10.37253/jcep.v5i1.9070>
- Nur, S., Sari, I., & Wahyuni, D. (2023). Analysis of Soil Characteristics by Layer Based on the Robertson Et Al and Schmertmann Method from CPT (Cone Penetration Test). *Sriwijaya Journal of Environment*, 8(2), 76–81. <https://doi.org/10.22135/sje.2023.8.2.76-81>
- Purnamawati S., D., & Estikhamah, F. (2021). Investigation of relationship between cone penetration test and unit weight in cohesive soil (Study case: Gunung Anyar District). *E3S Web of Conferences*, 328, 10007. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132810007>
- Salgado, R., Prezzi, M., & Ganju, E. (2015). *Assessment of Site Variability from Analysis of Cone Penetration Test Data*. West Lafayette, IN: Purdue University. <https://doi.org/10.5703/1288284315523>
- Sir, T. M. W., Sina, D. A. T., & Baeng, T. K. (2024). Studi Karakteristik Tanah Sedimen pada Proyek Pekerjaan Bendungan Temef. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 7(1), 56. <https://doi.org/10.31602/jk.v7i1.12687>
- Sirait, B., & Sarah, D. (2021). Bearing Capacity Prediction of Mine Hauling Road Using Cone Penetration Testing (CPT). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 789(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/789/1/012071>
- Taqwa, F. M. L., Mukhtadir, R., Hariati, F., Lutfi, M., & Apriliyandi, A. (2023). Studi Perbandingan Daya Dukung Aksial Tiang Pancang Tunggal Persegi Berdasarkan Hasil Uji Pembebanan Statik (SLT) dan Uji PDA pada Pembangunan Apartemen Loftville City Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 7(2), 129–138. <https://doi.org/10.32832/komposit.v7i2.9176>
- Tumay, M. T., Abu-Farsakh, M. Y., & Zhang, Z. (2008). From theory to implementation of a

CPT-based probabilistic and fuzzy soil classification. *Proceedings of From Research to Practice in Geotechnical Engineering Congress 2008 - From Research to Practice in Geotechnical Engineering*, 325, 259–276. [https://doi.org/10.1061/40962\(325\)5](https://doi.org/10.1061/40962(325)5)

Wadi, D., Wu, W., Fuad, A., Ahmed, H. E., & Abdalla, R. (2022). Correlation between SPT and CPT for Sandy Soils in Port Sudan City using the Linear Regression Model. *African Journal of Engineering & Technology*, 2(1). <https://doi.org/10.47959/AJET.2021.1.1.7>