

STUDI KOMPREHENSIF PARAMETER INDEKS TANAH (*SPECIFIC GRAVITY, ATTERBERG LIMIT*) TERHADAP PERILAKU MEKANIK (CBR DAN BERAT VOLUME)

Arif Rahman Hakim Sitepu^{1*}, Kirtinanda P², Anggarani Budi Ribowo³, Cahyo Agung Saputra⁴, Ayu Kamila Khanza⁵.

^{1,2,3,4,5} Program Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Jalan Terusan Ryacudu, Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan 35365

*E-mail: arif.sitepu@si.itera.ac.id

ABSTRAK

Karakteristik tanah memegang peran penting dalam penentuan daya dukung dan kestabilan suatu konstruksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji keterkaitan antara parameter indeks tanah, seperti *specific gravity* dan *atterberg limit*, terhadap sifat mekanik tanah yang diukur melalui nilai CBR (*California Bearing Ratio*) menggunakan uji DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) serta berat volume. Sampel diambil dari kawasan belum terbangun di lingkungan ITERA. Seluruh pengujian laboratorium dan lapangan mengacu pada standar ASTM. Hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan korelasi antara nilai DCP dan berat volume. Tanah dengan plastisitas lebih rendah cenderung memiliki nilai penetrasi DCP lebih tinggi namun berat volume yang lebih rendah.

Kata kunci: *Indeks Tanah, Atterberg Limit, DCP, CBR, Berat Volume*

1. PENDAHULUAN

Tanah terbentuk berlapis-lapis karena proses fisik, kimia, dan biologi yang meliputi transformasi bahan tanah. Di kalangan Insinyur Sipil, membagi materi penyusun kerak bumi atas dua jenis, yakni “tanah” dan “batuan”. Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Sedangkan batuan adalah agregat yang mineralnya satu sama lain diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat, dan tidak bisa dipisahkan dengan cara mekanis sederhana (Dr. Ir. Darwis, 2018).

Tanah merupakan salah satu unsur penting dalam setiap pekerjaan konstruksi, terutama sebagai material dasar yang akan menopang beban bangunan di atasnya. Karakteristik tanah sangat bervariasi tergantung pada asal usulnya, kandungan mineral, dan kondisi lingkungannya. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif tentang sifat fisik dan mekanis

tanah sangat penting dalam perencanaan dan pelaksanaan proyek teknik sipil.

Telah dilakukan pengambilan sampel tanah secara sistematis di kawasan Institut Teknologi Sumatera (ITERA) sesuai dengan prosedur standar geoteknik. Sampel tanah yang telah dikumpulkan akan menjalani serangkaian pengujian laboratorium dan lapangan, meliputi pengujian parameter indeks tanah seperti *specific gravity* dan *atterberg limit*, serta pengujian sifat mekanik seperti *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan berat volume.

Parameter indeks tanah, seperti *specific gravity* (berat jenis tanah) dan *atterberg limit* (batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas) memberikan informasi awal mengenai perilaku dasar tanah. Parameter-parameter ini tidak hanya mencerminkan jenis dan struktur partikel tanah, tetapi juga memengaruhi sifat mekanik tanah seperti daya dukung dan kepadatan. Di sisi lain, parameter mekanik seperti nilai *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) dan berat volume memberikan gambaran langsung

mengenai kekuatan tanah di lapangan atau bagaimana tanah merespons terhadap beban, tegangan, dan deformasi.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi komprehensif terhadap hubungan antara parameter indeks tanah dan perilaku mekanik tanah. Dengan menganalisis keterkaitan antara *specific gravity* dan atterberg limit terhadap hasil uji DCP dan berat volume.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel berada pada wilayah Kebun Raya di Institut Teknologi Sumatera (ITERA) yang terletak di Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pengambilan titik tanah disesuaikan dengan masterplan ITERA yang belum dibangun untuk dilaksanakan investigasi tanah sehingga menghasilkan index properties dari tanah yang diteliti dengan detail terdapat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

2.2. Specific Gravity

Pengujian *specific gravity* dilakukan untuk menentukan berat jenis relatif butiran tanah terhadap air. Prosedur mengacu pada ASTM D854, dengan menggunakan piknometer yang berisi air suling. Sampel tanah kering udara yang telah lolos saringan No. 4 dimasukkan ke dalam piknometer, lalu dilakukan proses pengeluaran udara melalui perebusan atau vakum. Setelah didinginkan, nilai *specific*

gravity dihitung berdasarkan rumus yang mengacu pada ASTM D854 dengan membandingkan massa tanah kering terhadap massa air lalu dikoreksi terhadap suhu pengujian dengan mengacu pada tabel massa jenis air berdasarkan suhu aktual saat pengujian agar hasil akhir *specific gravity* menggambarkan kondisi standar pada suhu 20°C. Berikut merupakan persamaan yang digunakan:

Tabel 1. Persamaan *specific Gravity*

Sumber	Persamaan	Eq.
ASTM D854	$G_s (T_1 ^\circ C) = \frac{M_s}{M_w}$	(1)
	$G_{20^\circ} = K \times G_s$	(2)

2.3. Atterberg Limit

Pengujian batas-batas atterberg dilakukan untuk menentukan konsistensi tanah terhadap kadar air, yang meliputi batas cair (Liquid Limit, LL), batas plastis (Plastic Limit, PL), dan indeks plastisitas (Plasticity Index, PI). Pengujian ini mengikuti ASTM D4318. Batas cair diuji menggunakan alat *casagrande* dengan metode satu titik maupun banyak titik tergantung jumlah ketukan yang diperoleh, nilai batas cair (LL) diperoleh melalui regresi linier terhadap titik dengan ketukan sebanyak 25. Batas plastis diperoleh dengan menggulung tanah yang dibasahi di atas pelat kaca hingga diameter 3,2 mm. Indeks plastisitas dihitung dari selisih LL dan PL. Parameter ini penting untuk menilai kecenderungan tanah mengalami perubahan bentuk plastis akibat variasi kadar air. Berikut merupakan persamaan yang digunakan:

Tabel 2. Persamaan *Atterberg Limit*

Sumber	Persamaan	Eq.
ASTM D4318	$LL_n = w \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$	(4)
	$PL = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100\%$	(5)
	$PI = LL - PL$	(6)

2.4. Dynamic Cone Penetrometer

Pengujian nilai CBR lapangan dilakukan menggunakan alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP), mengacu pada ASTM D6951/D6951M.

Penumbuk seberat 8 kg dijatuhkan dari ketinggian 575 mm secara vertikal ke batang konus yang tertanam di tanah. Penetrasi dicatat per tumbukan (DPI).

Tabel 3. Persamaan *Dinamic Cone Penetrometer*

Sumber	Persamaan	Eq.
ASTM	$DCP = \frac{\Delta_d}{N}$	(7)
D6951	Konus 60° = 2,8135 – 1,313 Log DCP × 100%	(8)

2.5. Berat Volume

Pengujian berat volume tanah dilakukan di laboratorium menggunakan metode cincin logam, mengacu pada ASTM D7263. Sampel tanah dimasukkan dengan hati-hati ke dalam cincin berukuran tetap, kemudian ditimbang. Volume cincin dihitung dari diameter dan tinggi, sehingga berat volume tanah diperoleh dari perbandingan antara massa tanah dan volume cincin. Berikut merupakan persamaan yang digunakan:

Tabel 4. Persamaan Berat Volume

Sumber	Persamaan	Eq.
ASTM	$V = \pi \times d^2 \times h$	(9)
D7283	$\gamma = \frac{M_t}{V}$	(10)

Seluruh hasil pengujian dianalisis secara statistik deskriptif dan korelasional untuk mengetahui hubungan antara indeks plastisitas terhadap nilai *specific gravity* terhadap CBR lapangan dan berat volume tanah. Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi karakteristik tanah lokal dalam mendukung perencanaan

3. TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memahami perilaku mekanis tanah fisik dasar yang memengaruhi respons tanah terhadap beban dan perubahan lingkungan. Salah satu parameter penting dalam kategori sifat fisik tanah adalah *specific gravity* yang menggambarkan karakteristik kepadatan partikel tanah padat, sebagai komponen penting dalam perhitungan berat jenis kering

maksimum, rasio pori, dan permeabilitas. *Specific gravity* adalah rasio berat butiran tanah terhadap volume tanah padat atau berat air dengan kandungan yang sama dengan kandungan tanah padat pada suhu tertentu (Berutu, Surjandari, & Djawanti, 2019).

Salah satu aspek penting dalam evaluasi perilaku mekanik tanah adalah konsistensinya terhadap perubahan kadar air, yang tercermin dari parameter-parameter batas atterberg seperti batas cair dan batas plastis. Semakin plastis kondisi tanah tersebut maka akan semakin besar daya lekatnya. Batas cair dan nilai indeks plastisitas tanah mempunyai pengaruh yang besar terhadap nilai kohesi (c) tanah serta sifat fisik dari tanah itu sendiri (Dewi, Hendri, & Sarie, 2022).

Untuk mendapatkan bilai CBR dari tanah dasar dapat digunakan alat *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP), yaitu alat yang digunakan untuk mengevaluasi nilai CBR. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah percobaan pengujian untuk mendapatkan daya dukung tanah untuk menentukan tebal lapisan perkerasan jalan. Selain itu CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama dinyatakan dengan persen. CBR lapangan dianalisa berdasarkan korelasi antara jumlah tumbukan dan penetrasi ujung konus diperoleh dengan alat DCP (Pratama, Purwanto, & BN., 2016).

Hubungan volume-berat agregat tanah, terjadi dalam tiga tahap yaitu butiran padat, air, dan udara yang dipisahkan. Contoh total tanah dinyatakan dalam persamaan $V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a$ dengan V = volume tanah total; V_s = Volume butiran padat; V_v = volume pori; V_w = volume air di dalam pori dan V_a = volume udara di dalam pori. Jika udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari tanah dapat dinyatakan dalam persamaan $W = W_s + W_w$ dengan berat total tanah adalah W , dan berat butiran padat, W_s serta berat air adalah W_w (Tri Mulyono, 2017).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang dilakukan terhadap ketiga sampel tanah tersebut menghasilkan parameter sebagai berikut.

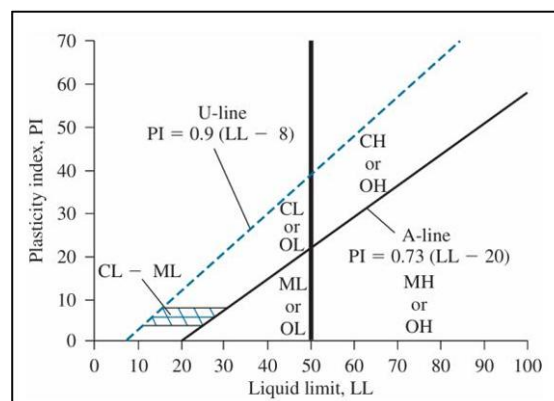
Tabel 5. Data Hasil Pengujian

Parameter	Sampel		
	A	B	C
Berat Volume (gr/cm^3)	1,454	1,764	1,656
Specific Gravity	2,677	2,346	2,319
LL (%)	18,574	25,62	19,86
PL (%)	13,596	21,79	15,086
PI (%)	4,978	3,95	4,774
DCP (cm/tumbukan)	4,05	0,55	1,1

Berdasarkan hasil pengujian, nilai berat volume dari ketiga sampel tanah menunjukkan variasi yang mencerminkan perbedaan tingkat kepadatan. Sampel A memiliki berat volume sebesar $1,454 \text{ g/cm}^3$, yang menunjukkan bahwa tanah tersebut tergolong tidak padat atau memiliki struktur yang cukup gembur. Sementara itu, sampel B dan C memiliki berat volume masing-masing sebesar $1,764 \text{ g/cm}^3$ dan $1,656 \text{ g/cm}^3$, yang mengindikasikan bahwa tanah pada lokasi tersebut tergolong cukup padat.

Selanjutnya, nilai *specific gravity* dari ketiga sampel tanah yang diambil dari titik A, B, dan C menunjukkan kisaran nilai yang relatif rendah. Sehingga mengindikasikan bahwa tanah di ketiga titik tersebut mengandung material organik dalam jumlah signifikan yang ditandai oleh keberadaan bahan organik yang tinggi serta berat jenis butiran yang lebih ringan dibandingkan tanah mineral biasa.

Sementara itu, nilai-nilai hasil pengujian atterberg limit dari masing-masing sampel tanah akan dianalisis berdasarkan plasticity chart yang merupakan alat bantu yang umum digunakan dalam klasifikasi tanah berdasarkan Sistem Klasifikasi Tanah Unified (USCS) untuk menentukan jenis dan karakteristik plastisitas tanah sebagaimana pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Plasticity Chart

Berdasarkan analisis interpretasi posisi titik data dalam plasticity chart pada gambar di atas, hasil pengujian atterberg limit pada tiap sampel tanah dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

- Sampel pada titik A dengan nilai LL 18,574% dan nilai PI 4,978% diklasifikasikan sebagai CL-ML.
- Sampel tanah pada titik B dengan nilai LL 25,62% dan PI 3,95%, maka tanah tersebut diklasifikasikan sebagai CL-ML.
- Sampel tanah pada titik C dengan nilai LL 19,86% dan PI 4,774% diklasifikasikan sebagai CL-ML.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, klasifikasi jenis tanah pada ketiga titik sampel menunjukkan bahwa seluruh sampel tergolong dalam kategori *silty clay* atau tanah campuran lanau dan lempung dengan plastisitas rendah.

Untuk nilai DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) diperoleh nilai 4,05 cm untuk sampel A, 0,55 cm untuk sampel B, dan 1,1 cm untuk sampel C.

5. KESIMPULAN

Pengujian ini memberikan validasi mengenai hubungan antara parameter indeks dengan performa mekanik tanah. Ditemukan korelasi terbalik antara kepadatan (berat volume) dan nilai penetrasi DCP (ASTM D6951), yang dapat dijelaskan secara mekanistik oleh karakteristik tanah berplastisitas rendah sesuai data atterberg (ASTM D4318), di mana kekuatan sangat

bergantung pada pemadatan. Semakin padat tanah (berat volumenya tinggi), maka nilai penetrasi DCP akan lebih kecil (jarak tembus per pukulan lebih pendek) yang menunjukkan tanah tersebut lebih kuat dan keras.

Selain itu, pengujian ini menegaskan kembali peran penting pengujian indeks, seperti Gs (ASTM D854) dan batas-batas Atterberg (ASTM D4318). Parameter-parameter tersebut yang digunakan untuk mengestimasi sifat tanah dan kekuatannya. Serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan teknis dalam mengontrol terkait proses pemadatan, baik dalam tahap perencanaan maupun pengendalian mutu di lapangan. Meskipun lingkungannya terbatas pada tanah berplastisitas rendah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Berutu, C. A., Surjandari, N. S., & Djarwanti, N. (2019). Korelasi Indeks Kompresi (Cc) dengan Parameter Specific Gravity (Gs) dan Indeks Plastisitas (IP). *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 218-225.
- Dewi, O. Y., Hendri, O., & Sarie, F. (2022). Hubungan Batas Cair dan Indeks Plastisitas Tanah Lempung Disubstitusi Pasir terhadap Nilai Kohesi Tanah Pada Uji Geser Langsung. *Jurnal Deformasi*, 183-192.
- Dr. Ir. Darwis, M. (2018). *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Pena Indis.
- Pratama, O. I., Purwanto, & BN., A. R. (2016). Geologi dan Model Konstruksi Jalan Hauling Berdasarkan Hasil Uji DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) Daerah Banjarsari dan Sekitarnya, Kecamatan Angsana, Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, 89-100.
- Tri Mulyono, M. (2017). Hubungan Antar Parameter Tanah (*Soil Parameter Relationship*). Yogyakarta: Perpustakaan Nasional RI.
- ASTM D4318-17. (2017). *Standart Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*.
- ASTM D854-14. (2014). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*.
- ASTM D6951. (2018). *Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Appalications*.
- ASTM D7263-21. (2021) *Standart Test Methods for Laboratory Determination of Density (Unit Weight) of Soil Specimens*.