

## ANALISIS KORELASI INDEKS PLASTISITAS TERHADAP PARAMETER KUAT GESER TANAH PADA TANAH LEMPUNG MANYAR GRESIK

**Yayu Sriwahyuni Hamzah**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya  
Jln. Brigjen Katamso II Waru Sidoarjo  
e-mail: [yayu.sriwahy@gmail.com](mailto:yayu.sriwahy@gmail.com)

**Judiono**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya  
Jln. Brigjen Katamso II Waru Sidoarjo  
e-mail: [juduliono@gmail.com](mailto:juduliono@gmail.com)

**Ahmad Nur Radit Mauludin**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sunan Giri Surabaya  
Jln. Brigjen Katamso II Waru Sidoarjo  
e-mail: [ahmadnurraditya@gmail.com](mailto:ahmadnurraditya@gmail.com)

**Cyril Omar Wahyono**

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Jln. Raya Menur No.127 Surabaya  
e-mail: [cyrilomar.why@gmail.com](mailto:cyrilomar.why@gmail.com)

**Abstract:** *Clay soil is a type of soil characterized by high plasticity and strong sensitivity to changes in water content, which can significantly affect construction stability. Shear strength parameters, namely cohesion ( $c$ ) and internal friction angle ( $\phi$ ), are essential factors in geotechnical analysis; however, their determination generally requires considerable time and cost. Therefore, an alternative approach is needed by utilizing the Plasticity Index (PI) as a predictive parameter for soil shear strength. This study aims to analyze the relationship between the plasticity index and the shear strength parameters of clay soil in Manyar District, Gresik Regency. The research employed a quantitative approach based on laboratory testing, including Atterberg limits tests to determine the plasticity index and direct shear tests to obtain cohesion and internal friction angle values. The analysis was conducted at several soil depths using descriptive and empirical regression approaches. The results indicate that the plasticity index ranges from 41.97% to 47.84%, with cohesion values between 0.25–0.39 kg/cm<sup>2</sup> and internal friction angles ranging from 7° to 15°. The analysis shows that an increase in the plasticity index tends to be followed by an increase in cohesion and a decrease in the internal friction angle. These conditions indicate that the soil at the study site is predominantly cohesive with a relatively high deformation potential. The findings of this study are expected to serve as a preliminary approach for estimating shear strength parameters in similar clay soil conditions.*

**Keywords:** *plasticity index, shear strength, cohesion, internal friction angle, clay soil*

**Abstrak:** Tanah lempung merupakan jenis tanah yang memiliki plastisitas tinggi dan sangat dipengaruhi oleh perubahan kadar air, sehingga dapat memengaruhi stabilitas konstruksi. Parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ), menjadi faktor penting dalam analisis geoteknik, namun pengujiannya memerlukan waktu dan biaya yang relatif besar. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif melalui pemanfaatan indeks plastisitas (PI) sebagai parameter prediktor kuat geser tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara indeks plastisitas dan parameter kuat geser tanah lempung di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif berbasis pengujian laboratorium, meliputi pengujian batas Atterberg untuk memperoleh nilai indeks plastisitas serta uji geser langsung (direct shear test) untuk menentukan nilai kohesi dan sudut geser dalam. Analisis dilakukan pada beberapa kedalaman tanah menggunakan pendekatan deskriptif dan regresi empiris. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas berada pada kisaran 41,97%–47,84%, dengan nilai kohesi antara 0,25–0,39 kg/cm<sup>2</sup> dan sudut geser dalam sebesar 7°–15°. Analisis menunjukkan

bahwa peningkatan indeks plastisitas cenderung diikuti oleh kenaikan kohesi dan penurunan sudut geser dalam. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa tanah pada lokasi penelitian didominasi oleh sifat kohesif dengan tingkat deformasi yang relatif tinggi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai pendekatan awal dalam estimasi parameter kuat geser tanah pada kondisi tanah lempung yang serupa.

**Kata kunci:** indeks plastisitas, kuat geser tanah, kohesi, sudut geser dalam, tanah lempung

## PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan jenis tanah berbutir halus yang memiliki ukuran partikel sangat kecil ( $<0,002$  mm) dan didominasi oleh mineral lempung seperti kaolinit, illit, dan montmorillonit. Tanah ini memiliki sifat khas berupa plastisitas tinggi, kohesi yang dominan, serta sensitivitas terhadap perubahan kadar air. Perubahan kadar air pada tanah lempung dapat menyebabkan perubahan volume yang signifikan, seperti fenomena mengembang (*swelling*) dan menyusut (*shrinkage*), yang berimplikasi langsung terhadap stabilitas struktur di atasnya (Ćorluka et al., 2024).

Selain itu, karakteristik mekanik tanah lempung sangat dipengaruhi oleh struktur mikro dan komposisi mineralnya. Tanah dengan kandungan mineral ekspansif seperti *montmorillonit* cenderung memiliki plastisitas dan potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang didominasi oleh kaolinit. Oleh karena itu, pemahaman terhadap sifat dasar tanah lempung menjadi penting dalam analisis geoteknik (Wu et al., 2025).

Indeks plastisitas merupakan salah satu parameter indeks tanah yang diperoleh dari pengujian batas Atterberg, yaitu selisih antara batas cair (*Liquid Limit/LL*) dan batas plastis (*Plastic Limit/PL*). Nilai PI digunakan untuk menunjukkan rentang kadar air di mana tanah berada dalam kondisi plastis.

Secara umum, nilai indeks plastisitas dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tanah serta memprediksi sifat tekniknya. Tanah dengan nilai PI tinggi cenderung memiliki kohesi yang besar, permeabilitas rendah, serta potensi deformasi yang tinggi. Sebaliknya, tanah dengan nilai PI rendah cenderung bersifat lebih granular dan memiliki stabilitas yang lebih baik (Azizi et al., 2024).

Lebih lanjut, indeks plastisitas juga sering digunakan sebagai parameter awal dalam estimasi sifat mekanik tanah, termasuk kuat geser, karena pengujiannya relatif sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan pengujian mekanik lanjutan (Anggraini & Haris, 2025).

Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah dalam menahan tegangan geser sebelum mengalami kegagalan. Parameter ini umumnya dinyatakan dalam dua komponen utama, yaitu kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ), yang mengikuti kriteria kegagalan Mohr-Coulomb.

Kohesi merupakan gaya tarik antar partikel tanah yang dominan pada tanah kohesif seperti lempung, sedangkan sudut geser dalam mencerminkan resistensi gesekan antar partikel tanah. Nilai kedua parameter ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kadar air, kepadatan, struktur tanah, serta riwayat pembebanan (Putri et al., 2024).

Pengujian kuat geser tanah umumnya dilakukan melalui uji geser langsung (*direct shear test*) atau uji triaxial. Namun, kedua metode tersebut memerlukan prosedur yang relatif kompleks dan biaya yang tidak sedikit, sehingga diperlukan pendekatan alternatif untuk estimasi parameter tersebut.

Berbagai penelitian telah mengkaji hubungan antara indeks plastisitas dengan parameter kuat geser tanah, khususnya pada tanah lempung. Secara teoritis, peningkatan indeks plastisitas menunjukkan meningkatnya kandungan fraksi lempung, yang berimplikasi pada meningkatnya kohesi dan menurunnya sudut geser dalam. Namun, hubungan ini tidak selalu linier dan dipengaruhi oleh kondisi tanah setempat.

Penelitian oleh Anggraini dan Haris (2025) menunjukkan adanya hubungan regresi yang signifikan antara indeks plastisitas dan kohesi

tanah. Sementara itu, Azizi et al. (2024) menyatakan bahwa perubahan nilai indeks plastisitas akibat stabilisasi tanah berbanding lurus dengan peningkatan kuat geser tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa indeks plastisitas dapat digunakan sebagai parameter prediktor dalam analisis kuat geser tanah.

Di sisi lain, penelitian oleh Dewi et al. (2022) menegaskan bahwa hubungan antara indeks plastisitas dan parameter kuat geser sangat dipengaruhi oleh kondisi lokal, sehingga model korelasi yang dihasilkan harus dikalibrasi berdasarkan data spesifik lokasi. Studi internasional juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis korelasi memerlukan validasi yang kuat untuk meningkatkan akurasi prediksi (Tuc, 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, masih terdapat *research gap* terkait pengembangan model korelasi empiris berbasis data lokal pada tanah lempung di kawasan pesisir, khususnya di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, yang memiliki karakteristik tanah plastis tinggi dan potensi permasalahan geoteknik cukup besar. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya menganalisis hubungan antara indeks plastisitas dan parameter kuat geser tanah, tetapi juga mengevaluasi perubahan parameter tersebut pada setiap kedalaman tanah berdasarkan hasil uji laboratorium. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan data lokal tanah lempung Manyar untuk menghasilkan model korelasi empiris yang lebih representatif dan aplikatif dalam mendukung analisis geoteknik pada kondisi tanah serupa.

Pendekatan empiris merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam geoteknik untuk memperkirakan parameter tanah berdasarkan hubungan statistik antar variabel. Metode ini umumnya menggunakan analisis regresi, baik linear maupun non-linear, untuk memperoleh model matematis yang menggambarkan hubungan antar parameter.

Penggunaan pendekatan empiris dalam mengkorelasikan indeks plastisitas dengan parameter kuat geser tanah memberikan keuntungan dari segi efisiensi waktu dan biaya, terutama pada tahap investigasi awal. Namun demikian, keakuratan model sangat bergantung

pada kualitas dan representativitas data yang digunakan (Wu et al., 2025).

Tanah merupakan elemen fundamental dalam setiap pekerjaan konstruksi sipil yang berfungsi sebagai media pendukung beban struktur. Karakteristik tanah yang heterogen, baik dari aspek fisik maupun mekanik, menuntut dilakukannya investigasi geoteknik yang komprehensif guna memastikan keamanan dan kinerja struktur yang direncanakan. Salah satu jenis tanah yang dominan dijumpai di wilayah pesisir dan kawasan industri adalah tanah lempung, yang dicirikan oleh tingkat plastisitas yang relatif tinggi serta sensitivitas yang signifikan terhadap perubahan kadar air. Sifat plastisitas tanah, yang direpresentasikan melalui indeks plastisitas (*Plasticity Index/PI*), merupakan parameter indeks yang krusial dalam sistem klasifikasi tanah serta dalam memprediksi perilaku deformasi dan konsistensi tanah (Ćorluca et al., 2024).

Dalam konteks analisis geoteknik, parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ), merupakan variabel utama yang menentukan kapasitas tanah dalam menahan tegangan geser. Parameter tersebut berperan penting dalam berbagai analisis rekayasa, seperti stabilitas lereng, daya dukung pondasi, serta desain struktur bawah tanah. Tanah lempung pada umumnya memiliki karakteristik kuat geser yang relatif rendah, sehingga rentan terhadap deformasi berlebih, penurunan tanah (*settlement*), serta potensi kegagalan struktur apabila tidak ditangani secara tepat (Putri et al., 2024). Oleh karena itu, penentuan parameter kuat geser secara akurat menjadi aspek esensial dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi.

Meskipun demikian, penentuan parameter kuat geser melalui pengujian laboratorium, seperti uji geser langsung (*direct shear test*) dan uji triaxial, memerlukan sumber daya yang relatif besar, baik dari segi waktu, biaya, maupun ketersediaan peralatan. Kondisi tersebut mendorong berkembangnya pendekatan alternatif melalui pemanfaatan parameter indeks tanah yang lebih sederhana dan ekonomis, seperti indeks plastisitas, untuk mengestimasi parameter kuat geser tanah. Sejumlah penelitian menunjukkan adanya hubungan korelasional antara indeks plastisitas dengan parameter kuat geser tanah, meskipun dengan tingkat variabilitas yang berbeda-beda.

Penelitian oleh Anggraini dan Haris (2025) menunjukkan bahwa peningkatan nilai indeks plastisitas cenderung berkorelasi dengan penurunan nilai kohesi tanah, dengan tingkat hubungan yang signifikan secara statistik.

Lebih lanjut, Azizi et al. (2024) mengemukakan bahwa perubahan indeks plastisitas akibat proses stabilisasi tanah memiliki pengaruh langsung terhadap peningkatan parameter kuat geser. Temuan tersebut diperkuat oleh Dewi et al. (2024) yang menyatakan bahwa reduksi nilai indeks plastisitas melalui penambahan bahan stabilisasi tertentu mampu meningkatkan kuat geser tanah secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa indeks plastisitas tidak hanya berfungsi sebagai parameter klasifikasi, tetapi juga memiliki potensi sebagai variabel prediktor dalam estimasi sifat mekanik tanah.

Namun demikian, hubungan antara indeks plastisitas dan parameter kuat geser tanah tidak bersifat universal dan sangat dipengaruhi oleh kondisi lokal, seperti komposisi mineral lempung, kadar air alami, struktur tanah, serta sejarah geologi pembentukannya. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa model korelasi yang dikembangkan pada suatu lokasi belum tentu dapat diaplikasikan secara langsung pada lokasi lain tanpa adanya kalibrasi (Dewi et al., 2022). Oleh karena itu, pengembangan model korelasi berbasis data lokal menjadi sangat penting untuk meningkatkan akurasi dan reliabilitas hasil analisis geoteknik.

Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, merupakan kawasan pesisir yang mengalami perkembangan pesat sebagai pusat industri dan permukiman. Secara geologis, wilayah ini didominasi oleh tanah lempung dengan tingkat plastisitas sedang hingga tinggi, yang berimplikasi pada potensi permasalahan geoteknik, seperti rendahnya daya dukung tanah dan tingginya potensi penurunan. Meskipun demikian, kajian empiris yang secara khusus mengkaji hubungan antara indeks plastisitas dan parameter kuat geser tanah di wilayah ini masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian yang lebih mendalam dan terarah.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis korelasi antara indeks plastisitas dengan parameter kuat geser

tanah pada tanah lempung di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan model korelasi empiris berbasis data lokal yang valid dan aplikatif, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan geoteknik yang lebih efisien, ekonomis, dan andal.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif eksperimental yang dipadukan dengan analisis statistik guna mengevaluasi keterkaitan antara indeks plastisitas dan parameter kuat geser pada tanah lempung.

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada wilayah Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, yang secara umum memiliki kondisi tanah lempung dengan tingkat plastisitas relatif sedang hingga tinggi. Sampel tanah dikumpulkan dari beberapa lokasi yang dianggap dapat merepresentasikan kondisi tanah di area penelitian.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh lapisan tanah lempung pada lokasi penelitian. Sampel penelitian berupa tanah lempung terganggu (*disturbed sample*) yang diambil pada beberapa kedalaman, yaitu 1,50–2,00 m; 5,50–6,00 m; 11,50–12,00 m; 17,50–18,00 m; 23,50–24,00 m; dan 29,50–30,00 m. Sampel dipilih karena mewakili variasi kondisi tanah terhadap kedalaman. Karakteristik tanah didominasi oleh lempung plastis tinggi dengan nilai indeks plastisitas berkisar antara 41,97%–47,84%.

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas seperangkat alat pengujian laboratorium mekanika tanah, meliputi:

1. Alat uji batas Atterberg untuk menentukan nilai *liquid limit* (LL) dan *plastic limit* (PL).
2. Alat uji geser langsung (*direct shear test apparatus*) untuk memperoleh parameter kuat geser berupa kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).
3. Timbangan digital, oven, dan peralatan pendukung lainnya sesuai standar pengujian geoteknik.

Pengujian batas Atterberg dilakukan untuk memperoleh nilai indeks plastisitas (PI) dengan persamaan:

$$PI = LL - PL$$

Sementara itu, parameter kuat geser tanah dianalisis berdasarkan kriteria Mohr-Coulomb:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Validitas data penelitian dijaga melalui penggunaan prosedur pengujian laboratorium yang sesuai standar (standar ASTM dan SNI pengujian tanah) serta kalibrasi alat sebelum pengujian dilakukan. Selain itu, pengambilan data dilakukan secara berulang pada setiap sampel untuk meminimalkan kesalahan pengukuran. Reliabilitas data diuji melalui konsistensi hasil pengujian antar sampel dan evaluasi kecenderungan hubungan antar variabel menggunakan analisis regresi linear. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) digunakan untuk menilai tingkat keterandalan hubungan antara indeks plastisitas dengan parameter kuat geser tanah.

Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah sampel terganggu (*disturbed sample*), karena penelitian difokuskan pada pengujian karakteristik indeks dan sifat mekanik tanah di laboratorium, bukan pada struktur alami tanah secara keseluruhan (Das & Sobhan, 2018).

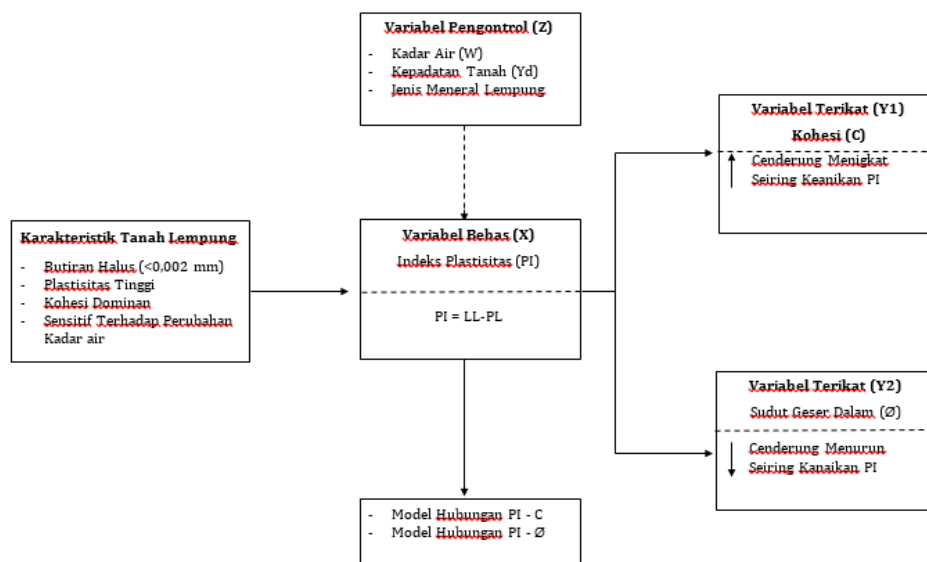
Sampel yang telah diperoleh selanjutnya diuji di laboratorium untuk mendapatkan parameter yang dibutuhkan. Tahap awal pengujian meliputi penentuan batas Atterberg, yaitu batas cair (*liquid limit/ LL*) dan batas plastis (*plastic limit/*

*PL*), yang digunakan untuk menghitung nilai *indeks plastisitas / PI*. Nilai ini menunjukkan kisaran kadar air dimana tanah berada dalam kondisi plastis (Holtz et al., 2011).

Untuk memperoleh parameter kuat geser, dilakukan pengujian geser langsung (*direct shear test*). Pengujian ini menghasilkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ), yang mencerminkan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser hingga mencapai kondisi runtuh (Budhu, 2015). Metode ini dipilih karena prosedurnya relatif praktis serta umum digunakan dalam analisis geoteknik dasar (Craig, 2004).

Dalam penelitian ini, indeks plastisitas ( $PI$ ) berperan sebagai variabel bebas, sedangkan kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) menjadi variabel terikat. Selain itu, beberapa faktor lain seperti kadar air alami, tingkat kepadatan, serta jenis mineral lempung dipertimbangkan sebagai variabel pengontrol yang dapat memengaruhi hubungan antar variabel utama (Lambe & Whitman, 1969).

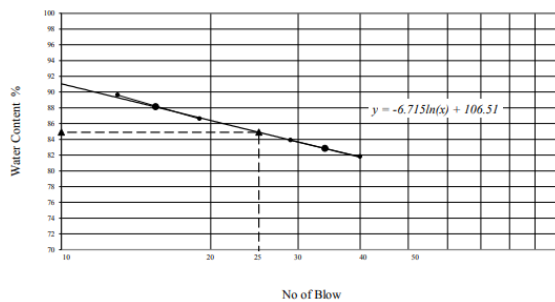
Melalui rangkaian proses tersebut, penelitian ini bertujuan menghasilkan model korelasi yang dapat digunakan sebagai pendekatan dalam memperkirakan parameter kuat geser tanah berdasarkan nilai indeks plastisitas, khususnya untuk tanah lempung di wilayah penelitian.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Penelitian

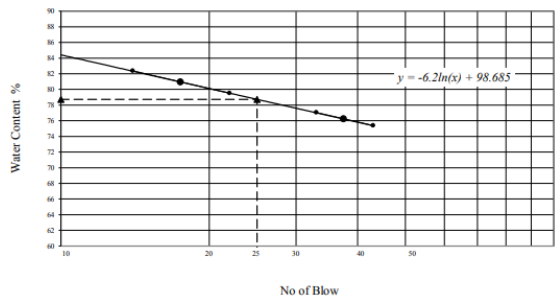
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil pengujian batas Atterberg terhadap sampel tanah dari Kecamatan Manyar, diperoleh nilai batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*) yang selanjutnya digunakan untuk menghitung *indeks plastisitas* (PI). Nilai PI yang diperoleh menunjukkan bahwa tanah yang diteliti termasuk dalam kategori tanah lempung dengan plastisitas sedang hingga tinggi. Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah yang diambil dari kedalaman 1,50 – 2,00 m; 5,50 – 6,00 m; 11,50 -12,00 m; 17,50 – 18,00 m; 23,50 – 24,00 m; 29,50 – 30,00 m, dengan hasil sesuai gambar berikut:



Gambar 1. Hasil Uji Atterberg pada Kedalaman 1,50 – 2,00 m

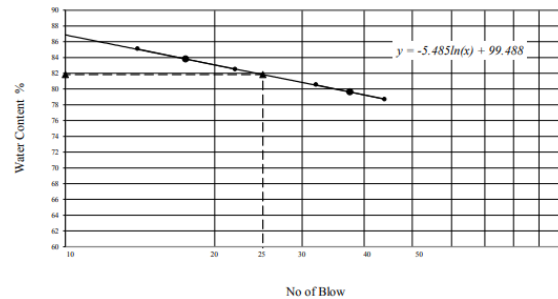
Dari hasil grafik di atas diperoleh LL = 84,90; PL = 37,06 dan PI = 47,84. Nilai LL yang besar menunjukkan kemampuan tanah dalam menyerap dan mempertahankan air cukup tinggi akibat dominasi partikel lempung aktif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa lapisan tanah pada kedalaman dangkal memiliki potensi deformasi dan perubahan volume yang besar ketika terjadi perubahan kadar air.



Gambar 2. Hasil Uji Atterberg Pada Kedalaman 5,50 – 6,00 m

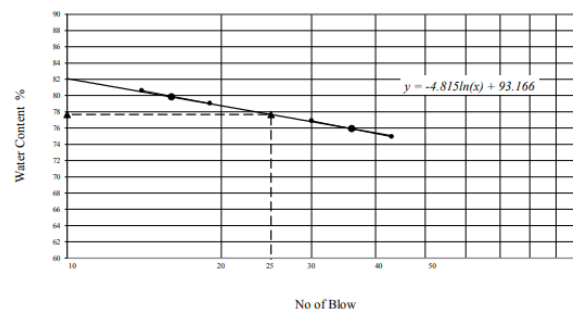
Dari hasil grafik di atas diperoleh LL = 78,73; PL = 33,22 dan PI = 45,51. Penurunan ini menunjukkan adanya sedikit pengurangan

tingkat plastisitas dibandingkan lapisan sebelumnya. Meskipun demikian, nilai tersebut masih tergolong tinggi sehingga tanah tetap didominasi oleh fraksi lempung kohesif. Penurunan plastisitas ini dapat dipengaruhi oleh perubahan komposisi mineral atau tingkat konsolidasi tanah yang lebih baik pada kedalaman tersebut.



Gambar 3. Hasil Uji Atterberg pada Kedalaman 11,50 – 12,00 m

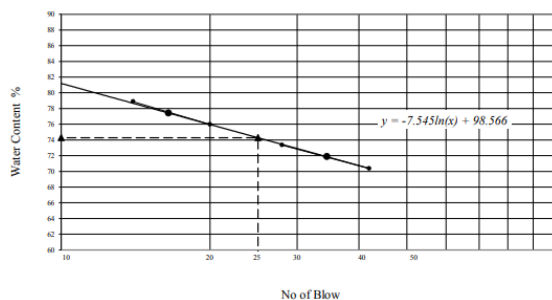
Dari hasil grafik di atas diperoleh LL = 81,83; PL = 35,63 dan PI = 46,21. Nilai ini memperlihatkan bahwa tanah masih memiliki karakteristik plastis tinggi dengan kemampuan menyimpan air yang besar. Stabilitas nilai LL pada kedalaman menengah mengindikasikan bahwa lapisan tanah relatif homogen dari sisi plastisitas. Kondisi ini juga menunjukkan dominasi mineral lempung yang masih cukup tinggi pada lapisan tersebut.



Gambar 4. Hasil Uji Atterberg pada Kedalaman 17,50 – 18,00 m

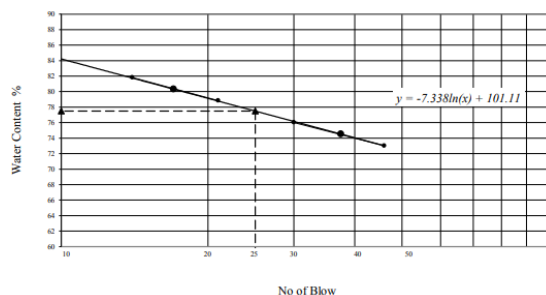
Dari hasil grafik di atas diperoleh LL = 77,67; PL = 32,07 dan PI = 45,60. Pada kedalaman ini nilai LL sedikit lebih rendah dibandingkan lapisan di atasnya. Meskipun mengalami penurunan, nilai tersebut tetap menunjukkan kategori tanah plastis tinggi. Penurunan ini dapat mengindikasikan meningkatnya tingkat kepadatan alami tanah akibat tekanan

overburden, sehingga kemampuan tanah untuk mengalami deformasi plastis mulai berkurang.



Gambar 5. Hasil Uji Atterberg pada Kedalaman 23,50 – 24,00 m

Dari hasil grafik di atas diperoleh  $LL = 74,28$ ;  $PL = 32,31$  dan  $PI = 41,97$ . Penurunan nilai  $LL$  ini menunjukkan bahwa lapisan tanah mulai mengalami perubahan karakteristik menuju kondisi yang lebih stabil dan kurang plastis. Kondisi tersebut mengindikasikan berkurangnya aktivitas mineral lempung ekspansif sehingga potensi pengembangan (*swelling*) tanah relatif lebih kecil dibandingkan lapisan atas.



Gambar 6. Hasil Uji Atterberg pada Kedalaman 29,50 – 30,00 m

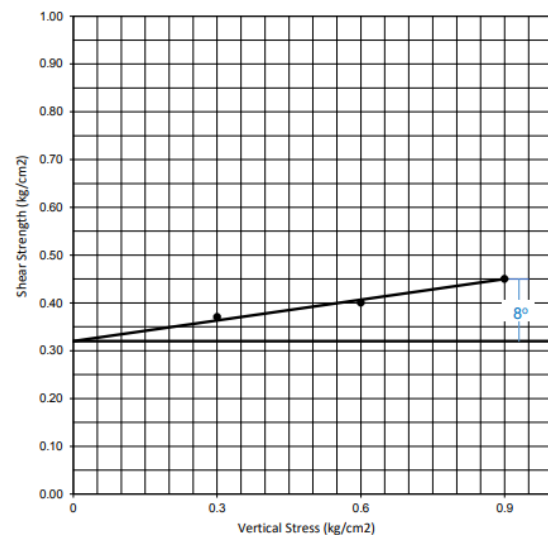
Dari hasil grafik di atas diperoleh  $LL = 77,49$ ;  $PL = 33,32$  dan  $PI = 44,17$ . Nilai ini menunjukkan adanya sedikit peningkatan plastisitas dibandingkan lapisan sebelumnya, namun masih berada pada kategori tanah lempung plastis tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik tanah pada kedalaman besar masih dipengaruhi oleh kandungan partikel lempung halus yang cukup dominan.

Pengujian geser langsung (*direct shear test*) digunakan untuk memperoleh parameter kuat geser tanah yang meliputi kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Berdasarkan hasil pengujian,

terlihat bahwa nilai kohesi mengalami peningkatan seiring bertambahnya indeks plastisitas, sedangkan sudut geser dalam menunjukkan kecenderungan menurun.

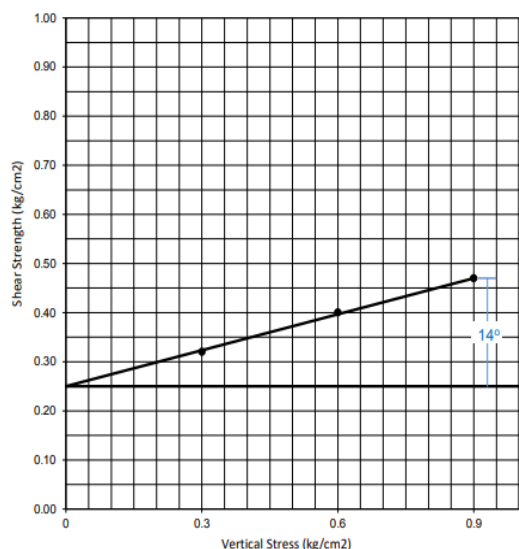
Kenaikan nilai kohesi ini berkaitan dengan meningkatnya gaya ikat antar partikel lempung yang dipengaruhi oleh tingginya kadar air serta aktivitas mineral lempung. Di sisi lain, penurunan sudut geser dalam terjadi akibat berkurangnya gaya gesek antar butiran tanah, yang disebabkan oleh adanya lapisan air yang melapisi permukaan partikel (Budhu, 2015; Craig, 2004).

Kondisi tersebut selaras dengan konsep dasar dalam mekanika tanah, di mana kuat geser tanah merupakan hasil kontribusi antara kohesi dan gesekan internal, sebagaimana dijelaskan dalam kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (Lambe & Whitman, 1969).



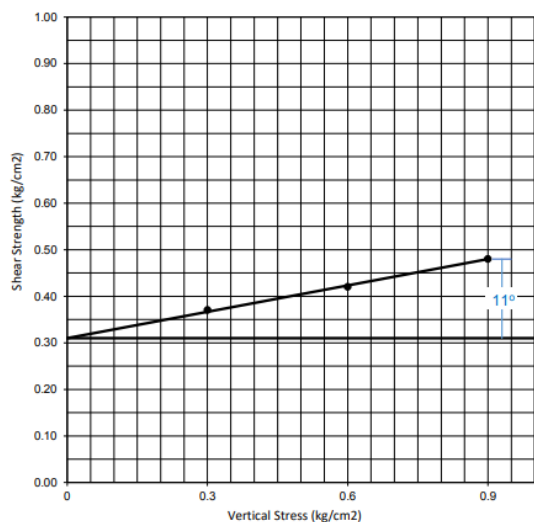
Gambar 7. Hasil Uji *Direct Shear* Pada Kedalaman 1,50 – 2,00 m

Grafik hasil uji geser langsung pada kedalaman 1,50–2,00 m menunjukkan hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser maksimum yang membentuk pola linier sesuai kriteria Mohr-Coulomb. Dari hasil pengujian diperoleh nilai kohesi ( $c$ ) sebesar  $0,32 \text{ kg/cm}^2$  dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) sebesar  $8^\circ$ . Nilai  $\phi$  yang rendah menunjukkan bahwa kuat geser tanah lebih dipengaruhi oleh gaya kohesi dibandingkan gaya gesek antar partikel. Kondisi ini mengindikasikan tanah lempung lunak dengan plastisitas tinggi dan potensi deformasi yang cukup besar pada lapisan dangkal.



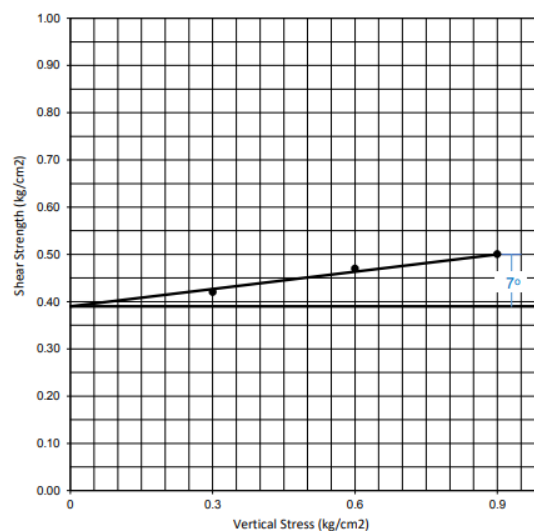
Gambar 8. Hasil Uji *Direct Shear* Pada Kedalaman 5,50–6,00 m

Pada kedalaman 5,50–6,00 m, grafik menunjukkan peningkatan nilai sudut geser dalam menjadi 14°, sedangkan nilai kohesi menurun menjadi 0,25 kg/cm<sup>2</sup>. Peningkatan  $\phi$  menunjukkan bahwa kontribusi gesekan antar partikel mulai meningkat dibandingkan lapisan sebelumnya. Penurunan kohesi mengindikasikan bahwa lapisan ini memiliki tingkat kepadatan atau struktur tanah yang berbeda sehingga ikatan antar partikel lempung menjadi lebih kecil. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanah pada kedalaman ini relatif lebih stabil dibandingkan lapisan dangkal.



Gambar 9. Hasil Uji *Direct Shear* Pada Kedalaman 11,50–12,00 m

Hasil pengujian pada kedalaman 11,50–12,00 m menghasilkan nilai kohesi sebesar 0,31 kg/cm<sup>2</sup> dengan sudut geser dalam sebesar 11°. Grafik memperlihatkan pola hubungan tegangan yang relatif konsisten, yang menunjukkan karakteristik tanah kohesif dengan kontribusi gesekan internal sedang. Nilai parameter ini menunjukkan bahwa tanah masih didominasi oleh fraksi lempung aktif dengan kemampuan menahan tegangan geser yang cukup baik melalui komponen kohesi.

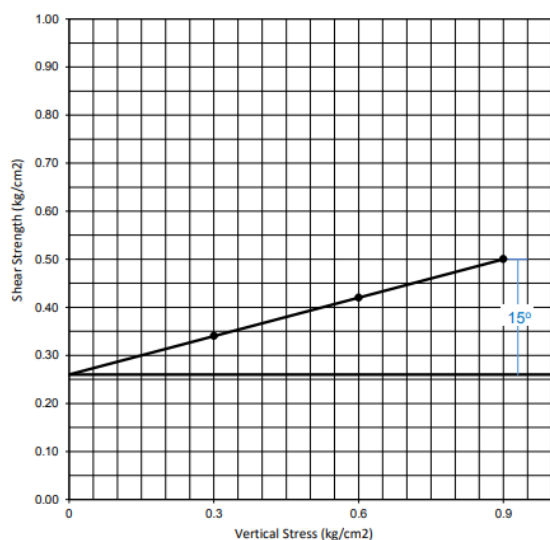


Gambar 10. Hasil Uji *Direct Shear* Pada Kedalaman 17,50–18,00 m

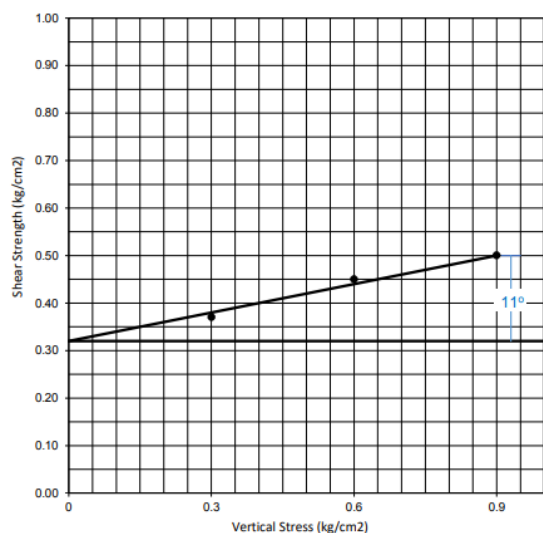
Pada kedalaman 17,50–18,00 m diperoleh nilai kohesi tertinggi, yaitu 0,39 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan sudut geser dalam menjadi nilai terendah sebesar 7°. Grafik menunjukkan bahwa peningkatan tegangan normal tidak diikuti peningkatan sudut geser yang signifikan. Hal ini menunjukkan dominasi gaya kohesi yang sangat besar akibat tingginya kandungan partikel lempung halus. Lapisan ini dapat dikategorikan sebagai tanah sangat kohesif dengan perilaku deformasi plastis yang tinggi.

Grafik pada kedalaman 23,50–24,00 m menunjukkan nilai kohesi sebesar 0,26 kg/cm<sup>2</sup> dan sudut geser dalam sebesar 15°, yang merupakan nilai  $\phi$  tertinggi dari seluruh pengujian. Peningkatan sudut geser dalam menunjukkan bahwa perlawanan terhadap tegangan geser lebih banyak dipengaruhi oleh gesekan antar partikel dibandingkan kohesi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa lapisan

tanah pada kedalaman tersebut memiliki struktur yang lebih padat dan relatif lebih stabil terhadap beban geser.



Gambar 11. Hasil Uji *Direct Shear* Pada Kedalaman 23,50–24,00 m



Gambar 12. Hasil Uji *Direct Shear* Pada Kedalaman 29,50 – 30,00 m

Pada kedalaman 29,50–30,00 m diperoleh nilai kohesi sebesar 0,32 kg/cm<sup>2</sup> dengan sudut geser dalam sebesar 11°. Grafik menunjukkan pola hubungan tegangan yang relatif seimbang antara komponen kohesi dan gesekan internal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah pada lapisan terdalam masih memiliki karakteristik lempung plastis, namun dengan kondisi mekanik yang lebih stabil dibandingkan lapisan dangkal.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium pada titik bor (BH), diperoleh variasi parameter indeks plastisitas dan kuat geser tanah pada beberapa kedalaman yang menunjukkan karakteristik tanah lempung plastis tinggi.

Pada kedalaman 1,50–2,00 m, nilai batas cair (LL) sebesar 84,90% dan batas plastis (PL) sebesar 37,06%, sehingga menghasilkan indeks plastisitas (PI) sebesar 47,84%. Nilai ini menunjukkan tingkat plastisitas yang sangat tinggi. Parameter kuat geser pada kedalaman ini menunjukkan kohesi sebesar 0,32 kg/cm<sup>2</sup> dengan sudut geser dalam sebesar 8°, yang mengindikasikan dominasi gaya kohesi dan rendahnya kontribusi gesekan antar partikel. Hasil ini sejalan dengan penelitian Anggraini dan Haris (2025) yang menyatakan bahwa peningkatan indeks plastisitas cenderung diikuti peningkatan kohesi tanah.

Pada kedalaman 5,50–6,00 m, nilai LL sebesar 78,73% dan PL sebesar 33,22%, sehingga PI yang diperoleh adalah 45,51%. Nilai kohesi pada lapisan ini menurun menjadi 0,25 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan sudut geser dalam meningkat menjadi 14°. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun plastisitas masih tinggi, terdapat peningkatan kontribusi gesekan internal dibandingkan lapisan di atasnya. Fenomena ini mendukung teori Budhu (2015) yang menyatakan bahwa peningkatan kepadatan tanah dapat meningkatkan resistensi gesekan internal.

Selanjutnya pada kedalaman 11,50–12,00 m, nilai LL sebesar 81,83% dan PL sebesar 35,63%, menghasilkan PI sebesar 46,21%. Parameter kuat geser menunjukkan kohesi sebesar 0,31 kg/cm<sup>2</sup> dan sudut geser dalam sebesar 11°. Nilai ini mencerminkan kondisi tanah yang kembali menunjukkan dominasi kohesi dengan kontribusi gesekan yang relatif kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa lapisan tanah pada kedalaman menengah masih memiliki karakteristik lempung aktif yang cukup tinggi. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Azizi et al. (2024) yang menyatakan bahwa tanah dengan plastisitas tinggi cenderung menunjukkan peningkatan komponen kohesi dibandingkan gesekan internal.

Pada kedalaman 17,50–18,00 m, diperoleh LL sebesar 77,67% dan PL sebesar 32,07%, sehingga PI sebesar 45,60%. Kohesi pada lapisan ini meningkat signifikan menjadi 0,39 kg/cm<sup>2</sup>, yang merupakan nilai tertinggi dari seluruh lapisan, sementara sudut geser dalam justru menurun menjadi 7°, yang merupakan nilai terendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah pada kedalaman ini sangat kohesif dan memiliki kemampuan geser yang lebih banyak ditentukan oleh gaya kohesi dibandingkan gesekan internal. Menurut Craig (2004), tanah kohesif dengan plastisitas tinggi umumnya memiliki sudut geser dalam rendah karena partikel halus lebih dipengaruhi oleh gaya tarik elektrostatik dibandingkan gaya gesek.

Pada kedalaman 23,50–24,00 m, nilai LL sebesar 74,28% dan PL sebesar 32,31%, sehingga PI menurun menjadi 41,97%, yang merupakan nilai terendah. Pada lapisan ini, kohesi tercatat sebesar 0,26 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan sudut geser dalam meningkat menjadi 15°, yang merupakan nilai tertinggi. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan peran gesekan antar partikel akibat menurunnya plastisitas tanah. Hasil ini mendukung penelitian Dewi et al. (2022) yang menyatakan bahwa hubungan antara PI dan parameter kuat geser sangat dipengaruhi oleh kondisi lokal serta struktur tanah pada setiap lapisan.

Terakhir, pada kedalaman 29,50–30,00 m, diperoleh LL sebesar 77,49% dan PL sebesar 33,32%, sehingga PI sebesar 44,17%. Nilai kohesi pada lapisan ini sebesar 0,32 kg/cm<sup>2</sup>, dengan sudut geser dalam sebesar 11°. Nilai ini menunjukkan kondisi tanah yang relatif seimbang antara kontribusi kohesi dan gesekan internal. Menurut Wu et al. (2025), variasi parameter kuat geser terhadap kedalaman dipengaruhi oleh perubahan struktur mikro tanah dan distribusi kadar air alami, sehingga korelasi empiris perlu mempertimbangkan kondisi spesifik lokasi penelitian.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas berada pada kisaran 41,97% hingga 47,84%, yang mengindikasikan dominasi tanah lempung plastis tinggi pada seluruh kedalaman. Nilai kohesi bervariasi antara 0,25 hingga 0,39 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan sudut geser dalam berkisar

antara 7° hingga 15°. Terdapat kecenderungan bahwa lapisan dengan nilai PI lebih tinggi memiliki kohesi yang lebih besar namun sudut geser dalam yang lebih kecil, sedangkan pada lapisan dengan PI lebih rendah, kohesi menurun dan sudut geser dalam meningkat.

Pola ini menunjukkan adanya hubungan kuantitatif yang konsisten antara indeks plastisitas dan parameter kuat geser tanah, di mana peningkatan plastisitas berkontribusi terhadap peningkatan kohesi, namun menurunkan nilai sudut geser dalam akibat berkurangnya interaksi gesekan antar partikel tanah.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah di Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik didominasi oleh lempung dengan plastisitas tinggi, ditandai oleh nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 41,97%–47,84%. Parameter kuat geser tanah menunjukkan nilai kohesi sebesar 0,25–0,39 kg/cm<sup>2</sup> dan sudut geser dalam sebesar 7°–15°. Analisis menunjukkan bahwa peningkatan nilai PI cenderung diikuti oleh kenaikan kohesi dan penurunan sudut geser dalam, sehingga perilaku tanah lebih didominasi oleh gaya kohesif dibandingkan gesekan internal.

Temuan ini menunjukkan bahwa indeks plastisitas dapat digunakan sebagai parameter awal dalam memperkirakan karakteristik kuat geser tanah lempung secara lebih cepat dan ekonomis. Dalam bidang konstruksi, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan awal pada perencanaan pondasi, analisis stabilitas tanah, dan identifikasi potensi penurunan tanah pada kawasan dengan karakteristik lempung plastis tinggi.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak, variasi lokasi yang lebih luas, serta metode pengujian tambahan seperti uji triaxial agar model korelasi yang diperoleh memiliki tingkat akurasi dan validitas yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

Azizi, A., et al. (2024). "Effect of plasticity index on shear strength characteristics of

- stabilized clay soils”. *Journal of Geotechnical Engineering*, 15(2), 120–130.
- Anggraini, D., & Haris, M. (2025). “Correlation between plasticity index and shear strength parameters of clay soil”. *Indonesian Journal of Civil Engineering*, 10(1), 45–55.
- Budhu, M. (2015). *Soil mechanics and foundations* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Ćorluka, S., et al. (2024). “Influence of clay mineralogy on swelling and shrinkage behavior of fine-grained soils”. *Engineering Geology*, 325, 107245.
- Craig, R. F. (2004). *Craig’s soil mechanics* (7th ed.). Spon Press.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *Principles of geotechnical engineering* (9th ed.). Cengage Learning.
- Dewi, R., et al. (2022). “Local calibration of empirical correlations between plasticity index and shear strength of clay soils”. *Journal of Civil Engineering Research*, 8(3), 200–210.
- Dewi, R., et al. (2024). “Effect of soil stabilization on plasticity index and shear strength characteristics”. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 18(4), 350–360.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., & Sheahan, T. C. (2011). *An introduction to geotechnical engineering* (2nd ed.). Pearson.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). *Soil mechanics*. John Wiley & Sons.
- Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). *Fundamentals of soil behavior* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2012). *Introduction to linear regression analysis* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Putri, N., et al. (2024). “Analysis of shear strength parameters of clay soil under varying moisture conditions”. *Geotechnical Engineering Journal*, 12(2), 89–98.
- Tuc, N. (2025). *Empirical modeling for predicting shear strength parameters of cohesive soils*. *Soils and Foundations*, 65(1), 101–110.
- Wu, H., et al. (2025). *Empirical and statistical approaches in predicting mechanical properties of clay soils*. *Computers and Geotechnics*, 170, 105000.