



Studi Klasifikasi Tanah Metode USCS dan Pengaruh Kedalaman terhadap Karakteristik Tanah pada Lereng *Lowwall Pit* North PT Karya Putra Borneo

Ahmad Akmal Muhyiddin^{1*}, Tommy Trides², Shalaho Dina Devi³ Revia Oktaviani⁴, Albertus Juvensius Pontus⁵

¹⁻⁵Teknik Pertambangan, Universitas Mulawarman, Indonesia

*Penulis Korespondensi: ahmadakml15@gmail.com

Abstract. This study aims to determine the soil classification of rock disintegration products based on the Unified Soil Classification System (USCS) and analyze its relation to sample depth variations on the lowwall slope of Pit North, PT Karya Putra Borneo, Kutai Kartanegara Regency, East Kalimantan. Soil samples were obtained through the Slake Durability test, simulating rock weathering from wetting and drying cycles, producing fine particles classified as weathered soil. These samples were analyzed for physical properties using Atterberg Limits tests and Grain Size Analysis. Observation point coordinates were X 508523.011 m, Y 9922791.186 m, at an elevation of 87.548 m. Drilling indicated soil material at 0–1.5 m depth; claystone with coal fragments at 2.97–4.44 m; siltstone with coal fragments at 4.44–10.55 m; and claystone at 12.05–29.36 m. USCS classification showed the materials were dominated by fine-grained soils: clay (CL) and silt (ML), with minor silty sand (SM). Correlation with borehole depth revealed no significant changes in soil classification, indicating that depth variations primarily affect soil physical properties rather than its classification type.

Keywords: *Characteristics; Depth; Soil Classification; USCS; Weathering.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan klasifikasi tanah hasil pelapukan batuan berdasarkan Unified Soil Classification System (USCS) dan menganalisis hubungannya dengan variasi kedalaman sampel pada lereng lowwall Pit North, PT Karya Putra Borneo, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Sampel tanah diperoleh melalui uji Slake Durability untuk mensimulasikan pelapukan batuan akibat siklus basah-kering, menghasilkan partikel halus yang diklasifikasikan sebagai material tanah lapuk. Sampel ini dianalisis sifat fisiknya menggunakan uji Atterberg Limits dan Analisis Ukuran Butir. Titik observasi berada pada koordinat X 508523,011 m dan Y 9922791,186 m, elevasi 87,548 m. Hasil pengeboran menunjukkan material tanah pada kedalaman 0–1,5 m; claystone dengan fragmen batubara pada 2,97–4,44 m; siltstone dengan fragmen batubara pada 4,44–10,55 m; dan claystone dominan pada 12,05–29,36 m. Berdasarkan klasifikasi USCS, material didominasi oleh tanah berbutir halus, yaitu clay (CL) dan silt (ML), dengan sebagian kecil berupa silty sand (SM). Korelasi dengan kedalaman pengeboran menunjukkan tidak ada perubahan signifikan dalam klasifikasi tanah, yang mengindikasikan bahwa variasi kedalaman lebih memengaruhi sifat fisik tanah daripada tipe klasifikasinya.

Kata kunci: Karakteristik; Kedalaman; Klasifikasi Tanah; Pelapukan; USCS.

1. LATAR BELAKANG

PIT North PT KPB, Kabupaten Kutai Kartanegara (koordinat 73GJ+W6R) termasuk dalam wilayah geologi yang dikontrol oleh Formasi Balikpapan, yang tersusun atas perselingan batupasir–batulanau serta satuan batupasir dominan. Litologi tersebut mencerminkan adanya variasi fraksi kasar (pasir) dan fraksi halus (lanau–liat) secara vertikal di bawah permukaan tanah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sifat mekanik dan tingkat konsistensi tanah, seperti batas cair (*Liquid Limit*, LL), batas plastis (*Plastic Limit*, PL), serta indeks plastisitas (*Plasticity Index*, PI), berpotensi mengalami perubahan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tanah hasil

disintegrasi batuan berdasarkan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*) serta mengkaji hubungannya dengan variasi kedalaman sampel pada lereng *lowwall*

2. KAJIAN TEORITIS

Pelapukan Batuan

Pelapukan merupakan proses hancurnya batuan menjadi fragmen yang lebih kecil akibat pengaruh proses fisik (mekanis) maupun kimia. Pelapukan mekanis terjadi karena perubahan suhu yang terus-menerus, seperti pemuaihan dan penyusutan batuan akibat pergantian panas dan dingin dari lingkungan (misalnya sinar matahari dan cuaca), yang dalam jangka panjang dapat menyebabkan batuan retak hingga hancur. Selain itu, air juga dapat masuk ke dalam pori-pori serta celah-celah halus pada batuan. Ketika suhu turun hingga di bawah titik beku, air tersebut membeku menjadi es dan mengalami pemuaihan volume. Tekanan yang dihasilkan dari proses pembekuan ini cukup besar sehingga mampu memecahkan batuan, bahkan yang berukuran besar. Faktor fisik lain yang turut berperan dalam proses penghancuran batuan antara lain aktivitas es gletser (*glacier*), angin, aliran air di sungai atau kali, serta gelombang laut yang terus-menerus mengikis permukaan batuan.

Sifat Fisik Batuan

Sifat fisik dan sifat mekanik merupakan parameter utama dalam menggambarkan karakteristik material tanah dan batuan. Sifat fisik tanah dan batuan merupakan karakteristik dasar yang menggambarkan kondisi alami material tanpa mempertimbangkan pengaruh pembebanan. Nilai-nilai sifat fisik ini dapat diperoleh melalui serangkaian pengujian laboratorium sesuai standar ISRM (1977).

Bobot Isi Asli (*Natural Density*, γ_n)

$$\gamma_n = \frac{W_n}{W_w - W_s} \dots\dots\dots(i)$$

Keterangan:

W_n = berat batuan pada kondisi alami (gram)

W_w = berat batuan jenuh air (gram)

W_s = berat batuan kering udara (gram)

W_o = berat batuan kering oven (gram)

Bobot Isi Kering (*Dry Density*, γ_d)

$$\gamma_d = \frac{W_n}{W_w - W_s} \dots\dots\dots(ii)$$

Bobot Isi Jenuh (*Saturated Density*, γ_s)

$$\gamma_s = \frac{W_w}{W_w - W_s} \dots\dots\dots(iii)$$

Apparent Specific Gravity (GSA)

$$G_{SA} = \frac{W_o}{W_w - W_s} \text{ (dibagi dengan berat isi air(iv)}$$

True Specific Gravity (GST)

$$G_{ST} = \frac{W_o}{W_o - W_s} \text{ (dibagi dengan berat isi air(v)}$$

Kadar Air Asli (*Natural Water Content*, ω_n)

$$\omega_n = \frac{W_n - W_o}{W_o} \times 100\% \text{(vi)}$$

Kadar Air Jenuh (*Saturated Water Content*, ω_s)

$$\omega_s = \frac{W_w - W_o}{W_o} \times 100\% \text{(vii)}$$

Derajat Kejenuhan (*Degree of Saturation*, S)

$$S = \frac{W_n - W_o}{W_w - W_o} \times 100\% \text{(viii)}$$

Porositas (n)

$$n = \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% \text{(ix)}$$

Void Ratio (e)

$$e = \frac{n/100}{1 - (n/100)} \text{(x)}$$

Berat Volume Basah

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \text{(xi)}$$

Berat Volume Kering

$$\gamma_d = \frac{W}{V} \text{(xii)}$$

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) tanah (G_s)

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \text{(xiii)}$$

Indeks Properti Tanah

Secara umum, tanah tersusun atas tiga komponen utama, yaitu partikel padat (butiran tanah), air, dan udara (gas). Air dan udara tersebut menempati ruang kosong di antara butiran tanah yang disebut sebagai pori-pori tanah (*void*). Apabila seluruh ruang pori terisi oleh air, maka tanah berada dalam kondisi jenuh (*saturated*). Sebaliknya, jika pori-pori tanah tidak mengandung air sama sekali, maka tanah berada dalam kondisi kering (*dry*). Komposisi material tanah dapat bervariasi tergantung pada kondisi kejenuhannya. Pada tanah jenuh, hanya terdapat dua fase, yaitu butiran tanah dan air. Pada tanah kering, juga terdapat dua fase, yaitu butiran tanah dan udara. Sementara itu, pada tanah tak jenuh (*unsaturated soil*), terdapat tiga fase sekaligus, yaitu butiran tanah, air, dan udara.

Sifat Fisik Tanah

Kadar air (ω), adalah perbandingan antara berat air (W_w) dengan berat butiran padat (W_s) dalam tanah tersebut, dinyatakan dalam persen. Perbandingan berat air yang mengisi rongga pori material tanah atau material batuan terhadap berat partikel p adatnya, yang dinyatakan dalam persen. Rumus menurut SNI 1965:2008 :

$$\omega = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\% \dots \dots \dots (xiv)$$

Porositas (n), adalah perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V). Nilai n dapat dinyatakan dalam persen atau desimal.

$$n (\%) = \frac{V_v}{V} \dots \dots \dots (xv)$$

Angka pori (e), didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume butiran (V_s), biasanya dinyatakan dalam desimal.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (xvi)$$

Berat volume lembab atau basah (γ_b), adalah perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara (W) dengan volume total tanah (V).

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (xvii)$$

Dengan $W = W_w + W_s + W_a$ ($W_a = 0$). Bila ruang udara terisi oleh air seluruhnya ($V_a = 0$), maka tanah menjadi jenuh.

Berat volume kering (γ_d), adalah perbandingan antara berat butiran (W_s) dengan volume total (V) tanah.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots \dots \dots (xviii)$$

Berat volume butiran padat (γ_s), adalah perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume butiran padat (V_s).

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots \dots \dots (xix)$$

Berat isi tanah (γ atau ρ) adalah perbandingan antara berat tanah dengan volume total tanah tersebut, termasuk butiran padat, air, dan udara di dalam pori-porinya. Menggunakan Rumus SNI 03-3637-1994

$$\gamma = \frac{(B_2 - B_1)}{v} \dots \dots \dots (xx)$$

Berat isi kering dihitung dengan rumus :

$$\gamma_d = \gamma \times 100 / (100 + w) \dots \dots \dots (xxi)$$

Berat Jenis

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) tanah (*G_s*) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (*γ_w*) pada temperatur 4°C (Hardiyatmo, 2002). Rumus Berat Jenis Menurut SNI 1964-2008 :

$$G_s = \frac{\text{Berat jenis, } T_x}{(20^\circ\text{C})} = \frac{W_t}{[W_t + (W_4 - W_3)]} \dots\dots\dots(\text{xxii})$$

Tabel 1. Berat Jenis Tanah

Macam tanah	Berat jenis (G _s)
Kerikil	2,65-2,68
Pasir	2,65-2,68
Lanau Anorganik	2,62-2,68
Lempung Organik	2,58-2,65
Lempung Anorganik	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,80

Grain Sizing

Analisis Distribusi ukuran butir sedimen umumnya dinyatakan menggunakan parameter statistik, seperti diameter karakteristik butiran (D10, D30, dan D60), koefisien keseragaman (Cu), serta koefisien gradasi (Cc). Nilai D10, D30, dan D60 masing-masing menunjukkan ukuran butir pada kondisi 10%, 30%, dan 60% lolos dari analisis ayakan berdasarkan kurva distribus ukuran butir kumulatif. Koefisien keseragaman (Cu) digunakan untuk menilai tingkat keseragaman ukuran butiran dengan perbandingan D60 terhadap D10. Sementara itu, koefisien gradasi (Cc) dinyatakan sebagai perbandingan (D30)² terhadap hasil perkalian D10 dan D60, yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik gradasi atau penyebaran ukuran butir dalam suatu material tanah.

Hidrometer

Analisis hidrometer digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pada tanah berbutir halus atau fraksi halus dari tanah campuran (*fine-grained soil*). Sampel yang digunakan dalam pengujian ini adalah partikel tanah yang lolos saringan No. 200. Sebelum pengujian dilakukan, sampel tanah harus dipastikan bebas dari kandungan bahan organik, karena keberadaan material organik dapat memengaruhi karakteristik suspensi dan mengganggu akurasi hasil analisis distribusi ukuran butir. (Darwis, 2018).

$$v = \frac{Y_s - Y_w}{18\mu} D^2 \dots\dots\dots(\text{xxiii})$$

Berikut Persamaan diatas di jabarkan

$$D = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu \cdot v}{Y_s - Y_w}} = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu}{Y_s - Y_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \dots\dots\dots(\text{xxiv})$$

$$D = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu}{(G_s - 1) Y_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \dots\dots\dots(\text{xxv})$$

Jika satuan dari μ adalah $(g \cdot det)/cm^2$, Y_w dalam g/cm^3 , L dalam Cm , t dalam menit dalam dan D dalam mm maka

$$\frac{D(mm)}{10} = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu \{(g \cdot det)/cm^2\}}{(G_s-1)Y_w(G/cm^3)}} \sqrt{\frac{L(cm)}{t(minit)(60)}} \dots \dots \dots (xxvi)$$

Atau

$$D = \sqrt{\frac{30\mu}{(G_s-1)Y_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \dots \dots \dots (xxvii)$$

Dengan Menganggap $Y_w = 1 g/cm^3$

Batas Cair (Liquid Limit)

Batas cair (*Liquid Limit*) merupakan nilai kadar air pada kondisi ketika tanah berubah dari keadaan plastis menuju keadaan cair, atau dapat dianggap sebagai batas atas dari daerah plastis suatu tanah. Pengujian batas cair dilakukan menggunakan metode Casagrande (1948), yaitu dengan menempatkan sampel tanah ke dalam cawan Casagrande, kemudian permukaannya diratakan dan dibuat alur (*groove*) tepat di bagian tengah. Setelah itu, cawan dijatuhkan pada alat pengetuk dengan tinggi jatuh sekitar 1 cm secara berulang hingga terjadi penutupan alur sepanjang 12,7 mm pada jumlah ketukan tertentu. Kadar air pada kondisi tersebut ditetapkan sebagai nilai batas cair. Berdasarkan SNI 1967:2008, nilai batas cair dapat dihitung menggunakan persamaan yang sesuai dengan hasil pengujian tersebut.:

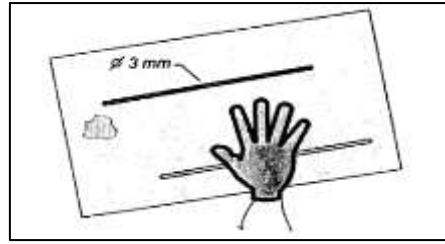
$$LL = W_n \left(\frac{N}{25} \right) \tan\beta \dots \dots \dots (xxviii)$$

Keterangan :

- LL = Batas Cair Terkoreksi untuk Tertutupnya Alur Pada 25 Pukulan (%)
- N = Jumlah Pukulan Untuk Menutup Celah 0,5 inch (12.7mm)
- W_n = Kadar air
- $\tan\beta$ = 0,121

Batas Plastis (Plastic Limit)

Batas plastis (ASTM D4318, 1998) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kondisi peralihan antara keadaan plastis dan semi padat. Pada kondisi ini, tanah masih dapat dibentuk, tetapi mulai menunjukkan penurunan kemampuan deformasi seiring berkurangnya kadar air. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, penurunan kadar air dalam tanah akan menyebabkan peningkatan kekerasan dan kemampuan tanah dalam mempertahankan bentuknya.



Gambar 1. Proses Penentuan Batas Plastis

Nilai batas Menurut SNI 1966 : 2008 perhitungan batas plastis, dinyatakan dalam persen, sebagai berikut :

$$\text{Batas Plastis} = \frac{\text{Berat massa air}}{\text{Berat massa tanah kering}} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{xxix})$$

Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Nilai batas plastis Menurut SNI 1966 : 2008 perhitungan batas plastis, dinyatakan dalam persen, sebagai berikut :

$$\text{Batas Plastis} = \frac{\text{Berat massa air}}{\text{Berat massa tanah kering}} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{xxx})$$

Tabel 2. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Sistem Klasifikasi *Unified*

Menurut (Hardiyatmo, 2002). Dalam Sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirannya. Tanah dikategorikan sebagai tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, sedangkan tanah berbutir halus (seperti lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Setelah itu, tanah diklasifikasikan lebih lanjut ke dalam sejumlah kelompok dan subkelompok, yang dapat dilihat dalam gambar. Simbol-simbol yang digunakan untuk pengklasifikasian ini menggambarkan kategori tanah berdasarkan komposisi butirannya, yang membantu dalam identifikasi dan analisis sifat-sifat tanah tersebut adalah :

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Jenis	Kriteria Laboratorium
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil, lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	GW	Kerikil gradasi baik, campuran pasir-kerikil, sedikit atau tanpa butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria GW
		GP	Kerikil gradasi buruk, campuran pasir-kerikil, sedikit atau tanpa butiran halus	
	Pasir, 50% atau lebih dari fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas Atterberg dibawah garis A atau IP < 4 Batas Atterberg diatas garis A atau IP > 7 Batas Atterberg diatas garis A dengan IP antara 4 - 7, menggunakan simbol ganda
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir bersih (kandungan butir halus < 5%)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria SW
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tanpa butiran halus	
Pasir (kandungan butir halus > 12%)	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas Atterberg dibawah garis A atau IP < 4 Batas Atterberg diatas garis A atau IP > 7 Batas Atterberg diatas garis A dengan IP antara 4 - 7, menggunakan simbol ganda	
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
Tanah berbutir halus, 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung dengan batas cair \leq 50%	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung kelanauan, lean clays	
		OL	Lanau organik dan lempung kelanauan organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung dengan batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik, pasir halus atau lanau diatomia atau mica, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, fat clays	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi, lanau organik	
Tanah kadar organik tinggi	P _t	Peat dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi visual dapat dilihat pada ASTM D-2488	

Gambar 2. Sistem Klasifikasi Tanah Unified

3. METODE PENELITIAN

Tahap pengambilan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang akurat yang digunakan dalam mendukung penelitian. Pengumpulan data dan pengamatan dilaksanakan pada setiap drillhole di Pit North, dengan sumber data yang diperoleh secara langsung di lapangan (data primer) serta data pendukung yang diperoleh dari perusahaan (data sekunder). Setelah data dan sampel berhasil dikumpulkan di lapangan, selanjutnya dilakukan pengujian serta analisis di Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman.

Pengumpulan Data

Data Primer

Data primer merupakan sumber data dalam kajian teknis yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, yang meliputi kondisi geologi, hasil pemboran (*drillhole*), karakteristik material tanah dan batuan, serta pengambilan sampel untuk keperluan pengujian laboratorium.

Pemboran Geoteknik

Pemboran geoteknik adalah kegiatan mengebor tanah atau batuan untuk memperoleh informasi kondisi bawah permukaan sebagai dasar analisis rekayasa. Pada pemboran ini akan menghasilkan data litologi yang mengimplementasikan kenampakan di bawah permukaan.

Data Titik Koordinat Sampel

Data titik koordinat diambil menggunakan alat *Total Station* pada titik lubang pemboran geotek. Data titik koordinat dapat dilihat pada tabel 3. berikut.

Tabel 3. Koordinat Titik Pemboran Geoteknik

Titik DH	Lokasi	Koordinat		Elevasi (m)	Kedalaman Bor (m)
		X (Easting) m	Y (Northing) m		
1	Lowwall	508523,011	9922791,186	87,548	29,36

Dokumentasi lapangan selama melaksanakan penelitian serta menunjang keaslian kegiatan.

Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung dari objek penelitian, yang dalam hal ini bersumber dari perusahaan sebagai data pendukung dalam pelaksanaan penelitian. Data ini digunakan untuk melengkapi dan memperkuat analisis yang dilakukan oleh peneliti. Adapun data sekunder yang digunakan meliputi peta geologi regional dan peta kesampaian daerah.

Pengolahan Data

Preparasi Sampel Material

Sampel tanah pada penelitian ini diperoleh dari hasil disintegrasi batuan melalui uji *Slake Durability*. Uji ini bertujuan untuk mensimulasikan proses pelapukan batuan akibat siklus basah dan kering. Selama pengujian, sebagian batuan terurai menjadi butiran halus yang kemudian dikategorikan sebagai tanah hasil pelapukan. Material tanah hasil uji inilah yang digunakan sebagai sampel penelitian untuk dianalisis karakteristik fisiknya melalui uji *Atterberg Limit* dan analisis ukuran butir (*Grain Size Analysis*).

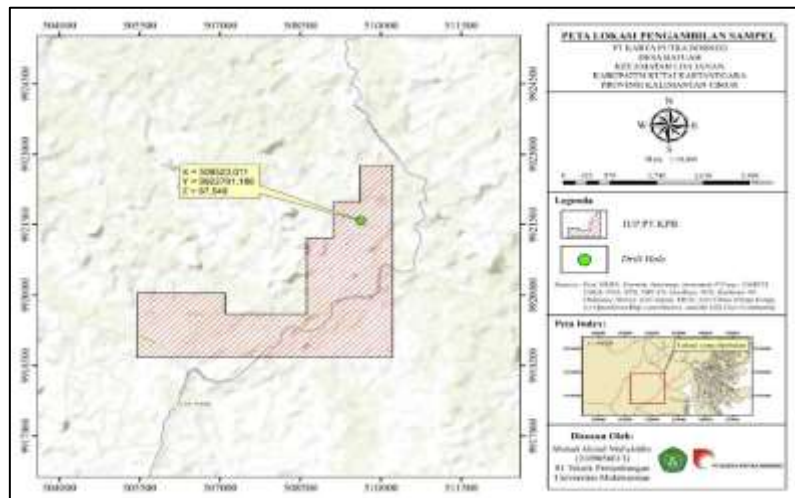
Tabel 4. Standar Pengujian yang Digunakan

No.	Pengujian	Simbol	Metode Uji / Standar
1	Berat Isi	γ	(SNI 03 3637: 1994)
2	Distribusi Ukuran Butir	-	(SNI 3423: 2008) (Sieve & Hydrometer)
3	Batas Atterberg: <i>Liquid Limit</i>	LL (%)	(SNI 1967: 2008)
4	<i>Plastic Limit</i>	PL (%)	(SNI 1966: 2008)
5	<i>Plasticity Index</i>	PI (%)	PI = LL – PL
6	Klasifikasi Tanah	-	ASTM D2487 (USCS)

Pengujian Ayakan, Pengujian Berat Jenis Sampel Tanah, Pengujian Hidrometer, Pengujian Atterberg limits, Penentuan Identifikasi Jenis Tanah USCS.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Litologi Material



Gambar 3. Peta Lokasi Pengambilan Sampel

Jenis material serta kedalaman masing-masing litologi pada lereng *lowwall* Pit North PT Karya Putra Borneo ditentukan berdasarkan data titik pengamatan dengan koordinat X (*Easting*) 508523,011 m dan Y (*Northing*) 9922791,186 m pada elevasi 87,548 m pada dapat dilihat pada **Tabel 6** berikut

Tabel 5. Litologi Material Lereng Lowwall

<i>Depth From (m)</i>	<i>Depth to (m)</i>	Material	Simbol
0	1,5	<i>Soil</i>	LW1
2,97	4,44	<i>Claystone With Coal Fragment</i>	LW3
4,44	5,94	<i>Siltstone With Coal Fragment</i>	LW4
5,94	7,44	<i>Siltstone With Coal Fragment</i>	LW5
7,44	8,94	<i>Siltstone With Coal Fragment</i>	LW6
8,94	10,55	<i>Siltstone With Coal Fragment</i>	LW7
12,05	13,69	<i>Claystone</i>	LW9
15,33	16,98	<i>Claystone</i>	LW11
18,61	20,18	<i>Claystone With Coal Fragment</i>	LW13
27.81	29,36	<i>Claystone (Grey)</i>	LW19

hasil pengeboran pada area *lowwall* menunjukkan bahwa pada kedalaman 0–1,5meter ditemukan material berupa *soil*. Setelah lapisan *soil*, pada kedalaman 2,97–4,44meter dijumpai material *claystone* dengan fragmen batubara. Selanjutnya, pada kedalaman 4,44–10,55meter ditemukan *siltstone* dengan fragmen batubara. Kemudian, pada kedalaman 12,05–29,36 meter

kembali didominasi oleh material *claystone*

Penentuan Berat Jenis Tanah

Berdasarkan pengujian berat jenis (*specific gravity*) yang telah dilakukan di laboratorium, diperoleh nilai berat jenis tanah yang kemudian disajikan dalam Tabel berikut.

Tabel 6. Berat jenis Tanah

<i>Depth from (m)</i>	<i>Material</i>	<i>Simbol</i>	<i>Berat jenis tanah</i>
0	<i>Soil</i>	LW1	2,244
2,97	<i>Clay</i>	LW3	2,373
4,44	<i>Silt</i>	LW4	2,483
5,49	<i>Silt</i>	LW5	2,434
7,44	<i>Silt</i>	LW6	2,599
8,94	<i>Silt</i>	LW7	2,523
12,05	<i>Clay</i>	LW9	2,695
15,33	<i>Clay</i>	LW11	2,513
18,61	<i>Clay</i>	LW13	2,266
27,81	<i>Clay</i>	LW19	2,695

Berdasarkan nilai berat jenis yang diperoleh melalui pengujian sifat fisik material diperoleh peningkatan nilai Gs ketika material telah mengalami pelapukan, dari batu menjadi tanah. Namun tidak diperoleh hubungan khusus antara nilai Gs material dengan Variabel kedalaman

Distribusi Ukuran Butir

Analisis ukuran butir dilakukan untuk menentukan persentase berat partikel tanah pada setiap rentang ukuran diameter tertentu. Secara umum, terdapat dua metode yang digunakan untuk memperoleh distribusi ukuran butir tanah, yaitu analisis ayakan (*sieve analysis*) dan analisis hidrometer (*hydrometer analysis*). Analisis ayakan digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel tanah berbutir kasar, sedangkan analisis hidrometer digunakan untuk mengidentifikasi distribusi ukuran partikel halus. Hasil pengujian ukuran butir merupakan gabungan dari kedua metode tersebut, yaitu analisis ayakan dan analisis hidrometer, yang kemudian digunakan untuk menggambarkan karakteristik gradasi tanah secara keseluruhan.

Tabel 7. Persentase Butiran Setiap Material

Simbol	Kerikil (%)	Pasir(%)	Lanau(%)	Lempung(%)	Kolloida(%)
LW1	1,44	75,11	13,07	10,37	9,41
LW3	0	7,49	45,28	13,05	34,18
LW4	0	19,67	45,64	7,86	26,83
LW5	0	19,80	43,61	10,56	26,03
LW6	0	20,35	44,43	6,76	28,50
LW7	0,	15,08	45,48	8,53	30,91
LW9	0	14,62	41,85	1,68	41,57
LW11	0	20,46	37,94	2,80	38,80
LW13	0	15,12	41,69	12,86	30,32
LW19	0	9,99	43,30	2,80	43,91

Berdasarkan hasil pengujian ukuran butir diatas maka dapat disimpulkan bahwa material *soil* memiliki jumlah ukuran butir halus (>0,0075 mm) paling sedikit dibandingkan dengan material lain. Adapun pada material *silt* sampel LW 4 – LW7 didapatkan persentase butiran lanau lebih besar dibanding dengan persentase butiran material lainnya. Adapun nilai Koefisien Keseragaman dan koefisien gradasi pada masing-masing material

Tabel 8. Karakteristik Grain size

Material	Simbol	Cu	Cc
<i>Soil</i>	LW1	155,71	22,18
<i>Clay</i>	LW3	7,15	0,21
<i>Silt</i>	LW4	37,65	0,05
<i>Silt</i>	LW5	33,28	0,05
<i>Silt</i>	LW6	35,60	0,04
<i>Silt</i>	LW7	28,27	0,06
<i>Clay</i>	LW9	32,49	0,04
<i>Clay</i>	LW11	37,54	0,03
<i>Clay</i>	LW13	19,20	0,10
<i>Clay</i>	LW19	22,77	0,058

Dilihat dari Tabel 8, Pada koefisien keseragaman (Cu) material *soil* didapatkan nilai 155,71 dan koefisien gradasi (Cc) didapatkan nilai 22,18 maka pada material tersebut memiliki keseragaman dan gradasi yang buruk, Pada Cu material *silt* didapatkan nilai 28,27- 37,65 dan Cc didapatkan nilai 0,04 – 0,06 dilihat semakin dalam material *silt* semakin rendah pula nilai Cu sedangkan nilai Cc semakin tinggi, sedangkan pada material *clay* pada kedalaman 2,97 m didapatkan nilai Cu 7,15 dan Cc 0,21 dan pada kedalaman 12,05 -27,81 m nilai Cu 19,20, - 37,54 yang juga mengalami penurunan nilai pada kedalaman material namun tidak beraturan dan pada Cc 0,03 -0,10 mengalami kenaikan yang tidak beraturan.

Atterberg Limit

Nilai konsistensi tanah yang dimiliki oleh setiap material baik material *soil* maupun material batuan yang telah melewati fase pelapukan menjadi tanah, maka dapat dilihat pada Tabel 9 sedangkan sifat material berdasarkan nilai indeks plastisitasnya (Hardiyatmo, 2017)

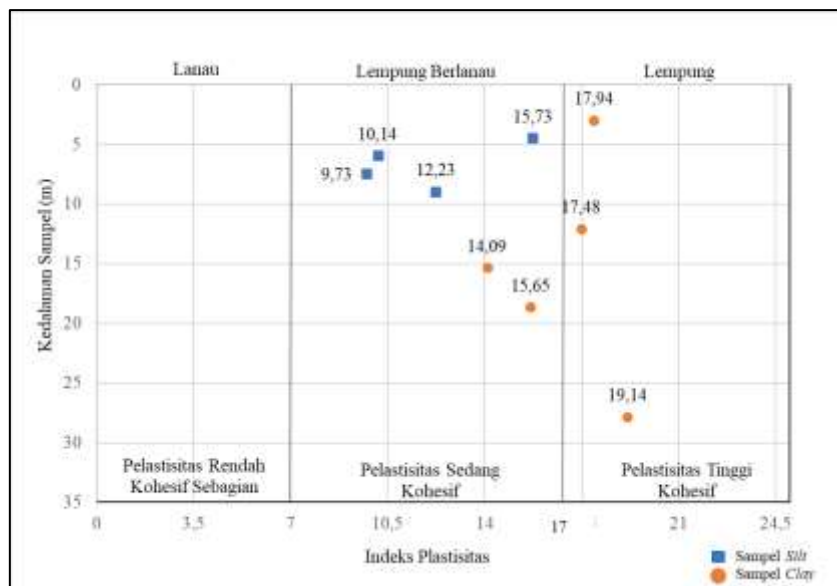
Tabel 9. Nilai Konsistensi Tanah

Material	Simbol	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Indeks Plastisitas (%)
<i>Soil</i>	LW1	17,44	14,44	3
<i>Clay</i>	LW3	39,22	21,28	17,94
<i>Silt</i>	LW4	37,01	21,28	15,73
<i>Silt</i>	LW5	37,13	26,99	10,14
<i>Silt</i>	LW6	33,31	23,58	9,73
<i>Silt</i>	LW7	38,38	26,15	12,23
<i>Clay</i>	LW9	45,47	27,99	17,48
<i>Clay</i>	LW11	43,67	29,58	14,09
<i>Clay</i>	LW13	44,19	28,54	15,65
<i>Clay</i>	LW19	42,25	23,11	19,14

Berdasarkan hasil uji batas Atterberg, terdapat perbedaan karakteristik plastisitas antara kelompok sampel LW4–LW7(*Silt*) dan kelompok LW3, LW9, LW11, LW13, serta LW19 (*Clay*). Pada kelompok LW4–LW7, nilai batas cair berkisar antara 33,31%–38,38%, dengan batas plastis antara 21,28%–26,99%. Indeks plastisitasnya berada pada rentang 9,73%–15,73%, yang menunjukkan plastisitas rendah hingga sedang. Sementara itu, pada kelompok LW3, LW9, LW11, LW13, dan LW19, nilai batas cair cenderung lebih tinggi, yaitu berkisar antara 39,22%–45,47%. Batas plastis berada pada rentang 21,28%–29,58%, sedangkan indeks plastisitas berkisar antara 14,09%–19,14%, yang menunjukkan plastisitas sedang hingga mendekati tinggi. Secara umum, kelompok LW3 dan LW9–LW19 memiliki nilai batas cair dan indeks plastisitas yang lebih besar dibandingkan LW4–LW7. Hal ini menunjukkan bahwa material pada kelompok tersebut memiliki kandungan fraksi lempung lebih dominan serta potensi perubahan sifat mekanik yang lebih besar apabila terjadi peningkatan kadar air.

Tabel 10. Sifat Material Tanah

Depth From (m)	Material	Simbol	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Soil	LW1	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesi Sebagian
2,97	Clay	LW3	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi
4,44	Silt	LW4	Plastisitas Sedang	Lempung berlanau	Kohesi
5,49	Silt	LW5	Plastisitas Sedang	Lempung berlanau	Kohesi
7,44	Silt	LW6	Plastisitas Sedang	Lempung berlanau	Kohesi
8,94	Silt	LW7	Plastisitas Sedang	Lempung berlanau	Kohesi
12,05	Clay	LW9	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi
15,33	Clay	LW11	Plastisitas Sedang	Lempung	Kohesi
18,61	Clay	LW13	Plastisitas Sedang	Lempung	Kohesi
27,81	Clay	LW19	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

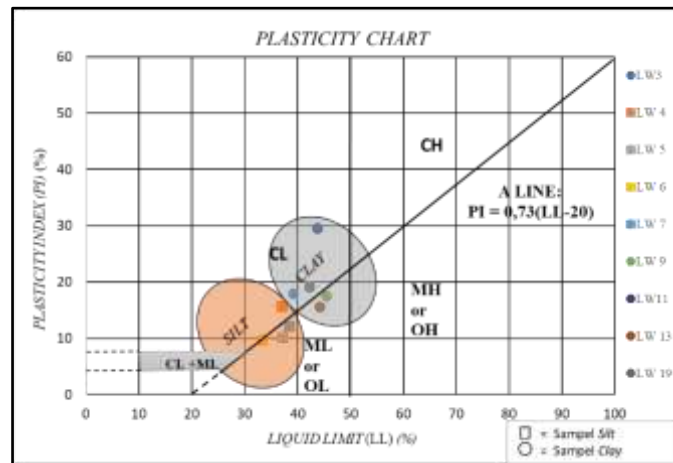


Gambar 4. Grafik Nilai Indeks Plastisitas Terhadap Kedalaman

dapat dilihat pada Gambar 4 dengan nilai indeks plastisitas dari sampel *Silt* dengan nilai indeks plastisitas 9,73- 15,73 dapat dikatakan sebagai lempung berlanau dengan plastisitas sedang dan kohesif yang menunjukkan terhadap variabel lapisan kedalaman 4,44 – 8,94 meter tidak terlihat perubahan yang signifikan pada nilai indeks plastisitas, Sedangkan Pada Sampel *Clay* berada pada 2 klasifikasi pada nilai indeks plastisitas 14,09-15,65 dikatakan lempung berlanau dengan plastisitas sedang dan kohesif, dan untuk nilai indeks plastisitas 17,94 -19,14 dikatakan lempung dengan platisitas tinggi dan kohesif.

Klasifikasi Material Berdasarkan USCS

Berdasarkan kriteria ukuran butir, maka diperoleh kriteria material berdasarkan USCS



Gambar 5. Penentuan Klasifikasi Material USCS

Setelah dilakukan penelitian *grain size* dan *atterberg limit* dilakukan klasifikasi menggunakan metode USCS pada simbol material LW 3 - LW 19 tanah berbutir halus lebih > 50% Lolos saringan no 200 (0,075 mm) dilanjutkan penentuan dengan membandingkan antara batas cair dan plastisitas indeks didapatkan hasil pada Gambar 4.

Tabel 11. Klasifikasi Material berdasarkan USCS.

Simbol	Material	Simbol	Nama Jenis
LW1	Soil	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
LW3	Claystone with coal fragment	CL	Lempung tak organik hingga perlasitas rendah hingga sedang, Lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung kelanauan, Lean clay
LW4	siltstone with coal fragment	CL	Lempung tak organik hingga perlasitas rendah hingga sedang, Lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung kelanauan, Lean clay asir berlempung, campuran pasir-lempung
LW5	siltstone with coal fragment	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
LW6	siltstone with coal fragment	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
LW7	siltstone with coal fragment	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung

Simbol	Material	Simbol	Nama Jenis
LW9	<i>Claystone</i>	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus,serbuk batuan,pasir halus berlanau atau berlempung
LW11	<i>Claystone</i>	CL	Lempung tak organik hingga perlasitas rendah hingga sedang ,Lempung berkerikil,lempung berpasir,lempung kelanauan, Lean clay pasir berlempung, campuran pasir-lempung
LW13	<i>Claystone with coal frragment</i>	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus,serbuk batuan,pasir halus berlanau atau berlempung
LW19	<i>Claystone (Grey)</i>	CL	Lempung tak organik hingga perlasitas rendah hingga sedang ,Lempung berkerikil,lempung berpasir,lempung kelanauan, Lean clay pasir berlempung, campuran pasir-lempung

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil klasifikasi USCS, diperoleh bahwa material didominasi oleh tanah berbutir halus, yaitu lempung (CL) dan lanau (ML), dengan sebagian kecil berupa pasir berlanau (SM). Jika dikaitkan dengan kedalaman lubang bor, tidak terlihat perubahan klasifikasi yang signifikan, sehingga menunjukkan bahwa variasi kedalaman lebih mempengaruhi sifat fisik tanah dibandingkan jenis klasifikasinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, kasih sayang, serta kekuatan yang telah diberikan, sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan jurnal ini dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta saran selama proses penyusunan jurnal ini. Ucapan terima kasih turut disampaikan kepada PT Karya Putra Borneo atas dukungan dan kerja sama yang diberikan selama kegiatan penelitian, termasuk penyediaan data, fasilitas, serta bantuan teknis yang sangat membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Bagian ini juga ditujukan untuk memberikan apresiasi kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi, baik sebagai penyedia pendanaan penelitian, pendukung fasilitas, maupun pemberi masukan dalam proses penyusunan naskah.

DAFTAR REFERENSI

- Aldila. (2019). *Analisis kestabilan lereng menggunakan metode rock structure rating (RSR) dan Atterberg limit di Jalan Lintas Riau–Sumbar Km 165 Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat*. Perpustakaan Universitas Islam Riau.
- Asari, A., Zulkarnaini, Hartatik, Anam, A., Suparto, Litamahuputty, J., Dewadi, F., Prihastuty, D., Maswar, Syukrilla, W., Murni, N., & Sukwika, T. (2023). *Dasar-dasar statistika*. Sonpedia.
- Badan Standardisasi Nasional. (1994). *SNI 3637:1994 metode pengujian berat isi tanah berbutir halus dengan cetakan benda uji* (pp. 2–5). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008a). *SNI 1964:2008 cara uji berat jenis tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008b). *SNI 1965:2008 cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008c). *SNI 1966:2008 cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008d). *SNI 1967:2008 cara uji penentuan batas cair tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008e). *SNI 3423:2008 cara uji analisis ukuran butir tanah*. Badan Standardisasi Nasional.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation analysis and design* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika tanah jilid 1: Prinsip-prinsip rekayasa geoteknik*. Erlangga.
- Darwis. (2017). *Dasar-dasar teknik perbaikan tanah*. Pustaka AQ.
- Darwis. (2018). *Dasar-dasar mekanika tanah*.
- Dzakir, Nurkhalis, H. (2022). Analisis sifat fisik tanah limonit dan saprolit dengan pengujian konsistensi Atterberg. *Mining Science and Technology Journal*, 1(2), 104–109. <https://doi.org/10.54297/minetech-journal.v1i2.379>
- Gogot Setyo, B. (2021). *Pengujian tanah di laboratorium*. Graha Ilmu.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika tanah I jilid III*. Gadjah Mada University Press.
- Iba, Z., & Wardhana, A. (2024). *Analisis regresi dan analisis jalur untuk riset bisnis menggunakan SPSS 29.0 & Smart-PLS 4.0*. Eureka Media Aksara.
- Mumayyizah, M., Candra, A. I., Ali, M. K. K., Iskindaria, A., Mufa'idah, F., AldiAnsyah, M. R., Putra, I. R. N., & Faizin, R. A. (2024). Menentukan klasifikasi dan karakteristik tanah daerah Bendiljati, Subergempol Tulungagung menggunakan uji laboratorium. *Rang Teknik Journal*, 7(1), 18–30.
- Padilah, T. N., & Adam, R. I. (2019). Analisis regresi linier sederhana. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika*, 1(2), 69–78.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., & Wattimena, K. R. (2014). *Mekanika batuan*.
- Sabilla, A., & Hildayani, C. (2025). Klasifikasi tanah lempung berdasarkan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). *PRINCE*, 4(3).

- Sipangkar, S. O. (2023). Analisis sifat fisis tanah pada stabilitas tanah lempung dengan penambahan kapur tohor. *JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*. <https://doi.org/10.24198/jiif.v7i1.42070>
- Yuliet, R., Putra, R. S., & Susanti, O. (2025). Identifikasi potensi pengembangan tanah dasar (*subgrade*) dengan metode korelasi sifat-sifat indeks dan mineralogi. *Siklus Jurnal Teknik Sipil*.