



Karakterisasi Plastisitas Batulempung dan Batupasir Berdasarkan Batas Atterberg pada Titik Bor AKB-52A

(Plasticity Characterization of Claystone and Sandstone Based on Atterberg Limits at Borehole AKB-52A)

Astrid Fadhilah¹, Putra², Luliana³, Tria Rahmawati⁴

^{1,3} Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia

^{2,4} Akademi Komunitas Industri Pertambangan Bukit Asam, Indonesia

¹ astridfadhilah@unsri.ac.id, ² putra@akipba.ac.id, ³ luliana@unsri.ac.id, ⁴ rahmawatitria877@gmail.com

Penulis Korespondensi: Astrid Fadhilah | **Email:** astridfadhilah@unsri.ac.id

Diterima (*Received*): 29/04/2026 Direvisi (*Revised*): 03/05/2026 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 04/05/2026

ABSTRAK

Karakterisasi batas Atterberg diperlukan untuk mengidentifikasi perubahan konsistensi material berbutir halus dan mendukung interpretasi awal sifat geoteknik. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI) pada sampel batulempung dan batupasir dari titik bor AKB 52A, serta membandingkan kecenderungan nilai antarsampel. Data diperoleh dari pengujian laboratorium mekanika tanah, kemudian dihitung PI sebagai selisih LL dan PL serta ditafsirkan secara deskriptif dengan bantuan diagram plastisitas dan kriteria AASHTO. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel batulempung memiliki LL 51,07-67,20%, PL 29,06-40,67%, dan PI 13,77-30,58%. Sampel batupasir memiliki LL 41,92-48,51%, PL 25,02-29,38%, dan PI 16,38-22,14%. Secara umum, batulempung menunjukkan batas cair dan indeks plastisitas yang lebih tinggi dibandingkan batupasir, terutama pada sampel 11 AKB 52A, sehingga mengindikasikan pengaruh fraksi halus atau mineral lempung yang lebih dominan. Batupasir tetap memperlihatkan plastisitas sedang, yang menunjukkan adanya komponen halus berplastisitas pada matriks batuan. Hasil ini dapat menjadi data awal untuk evaluasi kestabilan subgrade, jalan tambang, dan pengelolaan material di area penelitian. Klasifikasi final perlu dilengkapi data gradasi, kadar organik, dan mineralogi.

Kata Kunci: batas Atterberg; batas cair; batas plastis; indeks plastisitas; batulempung; batupasir

ABSTRACT

Atterberg limit characterization is required to identify consistency changes in fine-grained materials and to support preliminary geotechnical interpretation. This study analyzes the liquid limit (LL), plastic limit (PL), and plasticity index (PI) of claystone and sandstone samples from borehole AKB 52A and compares the trends among samples. The data were obtained from soil mechanics laboratory tests. PI was calculated as the difference between LL and PL and interpreted descriptively using the plasticity chart and AASHTO criteria. The claystone samples showed LL values of 51.07-67.20%, PL values of 29.06-40.67%, and PI values of 13.77-30.58%. The sandstone samples showed LL values of 41.92-48.51%, PL values of 25.02-29.38%, and PI values of 16.38-22.14%. In general, the claystone samples had higher LL and PI values than the sandstone samples, especially sample 11 AKB 52A, indicating a more dominant influence of fine particles or clay minerals. The sandstone samples still exhibited medium plasticity, indicating the presence of plastic fines in the rock matrix. These results provide preliminary data for evaluating subgrade stability, mine road materials, and material management in the study area. Final classification should be supported by grain-size distribution, organic content, and mineralogical data.

Keywords: rberg limits; liquid limit; plastic limit; plasticity index; claystone; sandstone

1. Pendahuluan

Tanah dan batuan sedimen berbutir halus merupakan material yang banyak dijumpai pada kegiatan pertambangan, konstruksi jalan, pekerjaan geoteknik, serta pengembangan infrastruktur di area tambang. Karakteristik material tersebut sangat dipengaruhi oleh ukuran butir, kadar air, fraksi halus, angka pori, tingkat kejenuhan, dan komposisi mineral penyusunnya. Perubahan kadar air dapat menyebabkan perubahan konsistensi material dari keadaan padat, semipadat, plastis, hingga cair. Perubahan tersebut berpengaruh terhadap daya dukung, kemampatan, potensi deformasi, serta kemudahan penanganan material di lapangan. Material kaya lempung umumnya memiliki kepekaan tinggi terhadap perubahan kadar air, sehingga batas Atterberg menjadi salah satu parameter penting untuk menggambarkan perubahan perilakunya (Paul & Beier, 2025; Hasan & Abuel-Naga, 2024).

Kajian geoteknik membutuhkan data sifat fisik tanah atau material sedimen sebagai dasar untuk menilai kapasitas material dalam menerima dan menyalurkan beban. Material yang digunakan sebagai dasar konstruksi harus memiliki daya dukung yang optimal agar tidak mengalami keruntuhan maupun penurunan yang melebihi batas aman. Kandungan air yang tinggi, dominasi fraksi halus, dan plastisitas besar dapat menyebabkan perubahan kekuatan ketika kondisi kelembapan berubah. Oleh sebab itu, identifikasi sifat indeks perlu dilakukan sebagai tahap awal dalam evaluasi geoteknik. Parameter Atterberg banyak digunakan karena dapat memberikan gambaran awal mengenai perilaku plastisitas, potensi perubahan volume, serta kecenderungan material terhadap deformasi.

Batas Atterberg terdiri atas batas cair atau *liquid limit* (LL), batas plastis atau *plastic limit* (PL), dan indeks plastisitas atau *plasticity index* (PI). Batas cair menunjukkan kadar air saat material mengalami transisi dari kondisi plastis menuju cair, sedangkan batas plastis menunjukkan kadar air terendah ketika tanah masih dapat dibentuk secara plastis. Indeks plastisitas merupakan selisih antara batas cair dan batas plastis, sehingga menggambarkan rentang kadar air ketika material masih berperilaku plastis. Parameter LL, PL, dan PI umum digunakan dalam klasifikasi tanah, evaluasi material *subgrade*, serta interpretasi awal perilaku tanah berbutir halus. Moreno-Maroto dkk. (2021) menjelaskan bahwa plastisitas tanah umumnya ditentukan melalui batas cair dan batas plastis, sedangkan indeks plastisitas dihitung dari selisih kedua parameter tersebut.

Kegiatan operasional tambang memerlukan data batas Atterberg untuk menilai potensi perubahan kekuatan material akibat variasi kadar air. Material dengan nilai LL dan PI tinggi mengindikasikan material lebih mudah mengalami penurunan kekuatan ketika berada dalam

kondisi basah atau jenuh. Sebaliknya, material dengan PI sedang hingga rendah memiliki rentang plastisitas yang lebih sempit, tetapi tetap perlu dikendalikan apabila digunakan sebagai material timbunan, *subgrade*, atau media pembukaan jalan tambang. Ahmed dkk. (2024) menyatakan bahwa karakteristik plastisitas tanah berperan penting dalam evaluasi material *subgrade*, sedangkan Qusai dkk. (2025) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan pasir dapat menurunkan nilai batas cair dan indeks plastisitas secara linier. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan komposisi butir dan litologi perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil uji Atterberg.

Penelitian terdahulu menempatkan parameter Atterberg sebagai indikator penting dalam evaluasi karakteristik geoteknik tanah, khususnya untuk menilai plastisitas, stabilitas, dan kelayakan material sebagai pendukung konstruksi. Dewi dkk. (2022) menunjukkan bahwa variasi kandungan pasir dapat memengaruhi nilai batas cair, indeks plastisitas, dan kohesi tanah lempung. Hangge dkk. (2022) mengkaji parameter *Atterberg* dalam hubungannya dengan karakteristik tanah dasar dan kerusakan perkerasan. Musdar dkk. (2022) menegaskan bahwa nilai plastisitas berperan dalam menilai kebutuhan stabilisasi tanah lempung, sedangkan Ghony dan Afriza (2024) menunjukkan bahwa peningkatan kadar air dapat meningkatkan plastisitas dan menurunkan stabilitas material. Iskandar dkk. (2025) juga menekankan pentingnya sifat fisik tanah lempung dalam menentukan kelayakan material timbunan pada konstruksi jalan.

Berbeda dari penelitian sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada tanah lempung, tanah dasar, material timbunan, dan stabilisasi tanah. Penelitian ini membandingkan karakteristik plastisitas batulempung dan batupasir dari titik bor AKB-52A. Kebaruan penelitian terletak pada penyajian data komparatif parameter Atterberg berdasarkan litologi dan kedalaman sampel pada lingkungan pertambangan. Perbandingan ini penting untuk mengidentifikasi perbedaan respons geoteknik kedua material terhadap perubahan kadar air, khususnya terhadap daya dukung, deformasi, dan kestabilan material. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data geoteknik spesifik lokasi yang dapat digunakan sebagai acuan awal dalam klasifikasi material, evaluasi plastisitas, dan perencanaan teknis pada area pertambangan PT Bukit Asam, Tbk.

1.1 Batupasir

Batupasir merupakan batuan sedimen klastik yang didominasi oleh butiran berukuran pasir. Batuan ini terbentuk melalui proses sedimentasi yang diikuti oleh diagenesis, terutama kompaksi dan sementasi, sehingga butiran sedimen mengalami pepadatan dan terikat oleh mineral semen. Batupasir terdiri dari fragmen-fragmen

batuan yang telah tererosi dan terdeposit di dasar laut, sungai, atau gurun pasir. Partikel pasir ini memiliki ukuran antara 0,0625 hingga 2 mm.

1.2 Batulempung

Batulempung merupakan batuan sedimen klastik berbutir sangat halus yang tersusun dominan oleh mineral lempung, seperti kaolinit, illit, smektit, atau mineral silikat alumina terhidrasi lainnya. Ukuran butir penyusun batulempung umumnya kurang dari 0,002 mm, sehingga batuan ini memiliki tekstur halus, bersifat kohesif, dan dapat menunjukkan perilaku plastis ketika berinteraksi dengan air. Sifat plastisitas batulempung sangat dipengaruhi oleh komposisi mineral, kadar air, tingkat kompaksi, serta kondisi diagenesis yang dialami selama proses pembentukan batuan.

Pembentukan batulempung terjadi melalui proses pengendapan material berukuran lempung pada lingkungan berenergi rendah, seperti danau, rawa, dataran banjir, laguna, atau laut dangkal. Setelah terendapkan, sedimen halus tersebut mengalami proses diagenesis berupa kompaksi dan sementasi hingga membentuk batuan yang lebih padat. Batulempung yang terbentuk pada lingkungan laut umumnya dapat mengandung fosil organisme laut dan memperlihatkan struktur perlapisan yang relatif jelas. Berdasarkan proses asal materialnya, lempung dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. *Transported clay* merupakan lempung yang telah mengalami proses pengangkutan dari lokasi asalnya oleh media seperti air, angin, atau gravitasi sebelum akhirnya diendapkan di tempat baru. Material ini umumnya berasal dari hasil pelapukan batuan, erosi, abrasi, serta proses kimia dan biokimia yang kemudian tertransportasi menuju lingkungan pengendapan.
2. *Residual clay* merupakan lempung yang terbentuk langsung di tempat asalnya sebagai hasil pelapukan batuan induk tanpa mengalami proses pengangkutan yang signifikan. Karakteristik *residual clay* sangat dipengaruhi oleh jenis batuan induk, kondisi iklim, intensitas pelapukan, dan sistem aliran air setempat.

1.3 Atterberg

Batas *Atterberg* merupakan parameter dasar dalam mekanika tanah yang digunakan untuk menggambarkan perubahan konsistensi tanah berbutir halus akibat variasi kadar air. Konsep ini dikembangkan oleh *Atterberg* untuk menjelaskan perubahan kondisi tanah dari keadaan padat, semipadat, plastis, hingga cair. Ketika kadar air meningkat, tanah berbutir halus dapat mengalami penurunan kekakuan dan berubah menjadi material yang sangat lunak hingga menyerupai cairan. Oleh karena itu, batas *Atterberg* menjadi penting untuk memahami perilaku tanah terhadap perubahan kadar air, terutama pada tanah yang mengandung fraksi lempung tinggi (Das, 1993).

Plastisitas menggambarkan kemampuan tanah mengalami deformasi permanen tanpa retak pada kadar air tertentu. Sifat ini umumnya dievaluasi melalui batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas. Ketiga parameter tersebut berperan penting dalam klasifikasi tanah berbutir halus karena dapat memberikan indikasi awal mengenai kohesi, kuat geser, daya dukung, kompresibilitas, serta potensi kembang susut material. Semakin tinggi tingkat plastisitas, semakin besar kecenderungan tanah untuk mengalami perubahan perilaku akibat variasi kadar air, terutama pada material yang mengandung fraksi lempung cukup dominan (McBride, 2002).

Kadar air merupakan persentase kandungan air dalam tanah yang berperan penting dalam menentukan konsistensi dan perubahan volume material. Pengurangan kadar air pada kondisi tertentu dapat menyebabkan penyusutan, tetapi setelah mencapai fase padat, penurunan kandungan air berikutnya tidak lagi menghasilkan perubahan volume yang signifikan (Hardiyatmo, 1992).

1.3.1 Batas Cair

Batas cair menunjukkan kadar air saat tanah mengalami transisi dari kondisi plastis menuju kondisi cair. Parameter ini menggambarkan batas maksimum tanah masih dapat mempertahankan perilaku plastis sebelum mulai mengalami aliran atau kehilangan kestabilan bentuk. Nilai batas cair yang tinggi mengindikasikan bahwa tanah memerlukan kandungan air lebih besar untuk mencapai kondisi cair. Hal tersebut umumnya berkaitan dengan dominasi fraksi halus atau mineral lempung yang memengaruhi konsistensi dan karakteristik deformasi tanah.

1.3.2 Batas Plastis

Batas plastis menunjukkan kadar air minimum saat tanah mulai memperlihatkan perilaku plastis setelah sebelumnya berada pada kondisi semipadat. Parameter ini digunakan untuk menentukan ambang bawah kemampuan tanah mengalami pembentukan tanpa retakan. Penetapan nilainya dilakukan melalui pemilinan sampel hingga mencapai diameter sekitar 3 mm. Apabila pilinan mulai retak, pecah, atau terputus, kadar air pada kondisi tersebut dicatat sebagai batas plastis. Nilai ini penting dalam analisis geoteknik karena berkaitan dengan konsistensi, tingkat keplastisan, dan respons tanah terhadap perubahan kadar air.

1.3.3 Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas merupakan parameter yang ditentukan dari perbedaan nilai antara batas cair dan batas plastis. Parameter ini menggambarkan interval kadar air ketika tanah masih menunjukkan perilaku plastis. Semakin besar nilai PI maka semakin luas interval kadar air yang memungkinkan tanah mengalami deformasi tanpa retak. Kondisi tersebut umumnya berkaitan dengan dominasi

fraksi lempung dan sifat kohesif yang lebih tinggi. Nilai PI yang besar mengindikasikan kecenderungan material mengalami perubahan konsistensi serta memiliki potensi kembang susut akibat variasi kadar air.

1.4 Proses Preparasi

Preparasi sampel merupakan tahap awal dalam pengujian laboratorium yang bertujuan untuk memperoleh material uji dengan kondisi dan ukuran yang sesuai dengan standar pengujian. Tahap ini penting dilakukan agar sampel yang dianalisis bersifat representatif, homogen, dan dapat menghasilkan data yang akurat serta presisi. Kesesuaian ukuran butir menjadi salah satu faktor penting karena setiap metode pengujian memiliki persyaratan tertentu terhadap ukuran material yang digunakan.

Tahapan preparasi sampel meliputi:

1. Pengeringan sampel menggunakan oven untuk mengurangi kadar air awal.
2. Pengecilan ukuran sampel menggunakan *crusher* agar material lebih mudah diproses.
3. Pengayakan sampel secara manual untuk memperoleh ukuran butir yang sesuai dengan kebutuhan pengujian.

2. Data dan Metodologi

Lokasi pengambilan sampel pada Pit Tambang Air Laya (TAL) yaitu di AKB 52A tepatnya Mahayung Utara yang berlokasi di Sirah Pulau, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel titik bor AKB 52A

Metode yang digunakan untuk mengetahui karakteristik plastisitas material batulempung dan batupasir berdasarkan hasil uji batas *Atterberg*. antara lain:

2.1. Data dan Objek Penelitian

Data yang dianalisis diperoleh dari hasil pengujian laboratorium mekanika tanah terhadap sampel yang

berasal dari titik bor AKB 52A. Objek penelitian terdiri atas enam sampel, yaitu tiga sampel batulempung dengan kode 05, 06, dan 11 AKB 52A serta tiga sampel batupasir dengan kode 07, 08, dan 09 AKB 52A. Data utama yang dianalisis meliputi nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas.

2.2. Preparasi dan Pengujian

Sampel dipreparasi melalui pengeringan, penghancuran, dan pengayakan agar ukuran butir yang diuji sesuai dengan kebutuhan pengujian laboratorium. Pengujian batas cair dilakukan menggunakan alat *Casagrande/motorized Atterberg*, sedangkan batas plastis ditentukan dengan metode pemilinan tanah hingga diameter sekitar 3 mm. Kadar air dihitung berdasarkan perbandingan antara massa air yang terkandung dalam sampel dan massa tanah kering setelah proses pengeringan menggunakan oven. Prosedur interpretasi mengacu pada prinsip pengujian batas cair dan batas plastis dalam AASHTO T 89-22 dan AASHTO T 90-22.

2.3. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menentukan nilai indeks plastisitas dari perbedaan antara LL dan PL. Nilai tersebut kemudian dibandingkan berdasarkan jenis litologi untuk mengetahui variasi karakteristik plastisitas antara batulempung dan batupasir. Interpretasi hasil dilakukan secara terbatas menggunakan diagram plastisitas dan kriteria AASHTO M 145. Pendekatan ini digunakan untuk memberikan gambaran awal mengenai kelompok material berdasarkan parameter *Atterberg*. Klasifikasi USCS yang disampaikan dalam pembahasan diposisikan sebagai interpretasi awal karena data distribusi ukuran butir, kadar organik, dan mineralogi belum tersedia. Oleh karena itu, penentuan klasifikasi akhir masih memerlukan pengujian tambahan agar hasil interpretasi lebih akurat.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah merupakan proses pengelompokan tanah berdasarkan sifat dan karakteristik tertentu, seperti distribusi ukuran butir, plastisitas, serta parameter indeks tanah lainnya. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk memberikan gambaran awal mengenai perilaku tanah dan kesesuaiannya terhadap penggunaan teknis, misalnya sebagai tanah dasar, material timbunan, atau lapis pendukung konstruksi. Melalui klasifikasi, sifat-sifat tanah seperti kepadatan, kekuatan, berat isi, kompresibilitas, dan potensi perubahan volume dapat diinterpretasikan secara lebih sistematis.

Sistem pengelompokan tanah yang umum digunakan dalam mekanika tanah adalah AASHTO dan USCS. Keduanya menilai karakteristik material berdasarkan

gradasi butir dan parameter *Atterberg* sebagai dasar interpretasi plastisitas.

1. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official* (AASHTO)

Sistem AASHTO digunakan untuk mengevaluasi mutu tanah pada konstruksi perkerasan, khususnya sebagai material tanah dasar (*subgrade*) dan lapis pondasi bawah (*subbase*). Sistem ini membantu menentukan tingkat kelayakan tanah berdasarkan sifat plastisitas dan komposisi butir halus. Karena dikembangkan untuk keperluan konstruksi jalan, penerapannya perlu disesuaikan dengan tujuan analisis geoteknik yang dilakukan.

2. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sistem USCS merupakan sistem klasifikasi tanah yang didasarkan pada distribusi ukuran butir dan karakteristik plastisitas. Menurut ASTM D2487, pemisahan awal dilakukan berdasarkan persentase material yang lolos atau tertahan pada saringan No. 200. Material berbutir halus diklasifikasikan menggunakan nilai batas cair dan indeks plastisitas melalui diagram plastisitas, sedangkan material berbutir kasar ditentukan berdasarkan proporsi kerikil, pasir, dan kandungan fraksi halus.

3.2. Prosedur Pengujian Batas Cair

Prosedur pengujian batas cair mengacu pada Tata Cara Kerja Bukit Asam (2020) dengan tahapan sebagai berikut:

1. Cawan kosong yang akan digunakan ditimbang terlebih dahulu, kemudian nomor cawan, massa cawan, dan kode sampel dicatat pada lembar kerja untuk menghindari kesalahan identifikasi.
2. Sampel uji diletakkan secukupnya di atas pelat kaca.
3. Air suling ditambahkan secara bertahap hingga sampel mencapai tingkat kelembapan yang sesuai, kemudian sampel diaduk menggunakan skrap hingga homogen.
4. Sampel yang telah homogen dimasukkan ke dalam mangkuk kuningan pada alat *motorized Atterberg*, lalu permukaannya diratakan menggunakan spatula.
5. Alur dibuat pada permukaan sampel menggunakan *grooving tool* atau alat Casagrande.
6. Alat *motorized Atterberg* dinyalakan sehingga mangkuk kuningan bergerak naik turun sampai alur pada sampel mulai menutup.
7. Jumlah ketukan dicatat ketika alur sampel menutup sepanjang kurang lebih 13 mm.

8. Sebagian sampel diambil dari area alur yang menutup, kemudian dimasukkan ke dalam cawan.

9. Sampel basah beserta cawan ditimbang dan hasilnya dicatat pada lembar kerja.

10. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 24 jam.

11. Setelah proses pengeringan selesai, sampel kering beserta cawan ditimbang kembali dan hasilnya dicatat.

3.3. Prosedur pengujian Batas Plastis

Prosedur pengujian batas plastis dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Cawan kosong ditimbang terlebih dahulu, kemudian nomor cawan, massa cawan, dan kode sampel dicatat pada lembar kerja.
2. Sampel uji diletakkan secukupnya di atas pelat kaca.
3. Air ditambahkan secara bertahap hingga sampel mencapai konsistensi yang dapat dibentuk, kemudian diaduk menggunakan spatula sampai homogen.
4. Sampel dipilin di atas pelat kaca hingga membentuk gulungan dengan diameter sekitar 3 mm, kemudian dipotong dengan panjang kurang lebih 3 cm.
5. Gulungan sampel dimasukkan ke dalam cawan hingga mencapai massa yang mencukupi untuk pengujian.
6. Sampel basah beserta cawan ditimbang dan hasilnya dicatat pada lembar kerja.
7. Sampel yang telah ditimbang kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan air dan memperoleh massa kering.
8. Setelah proses pengeringan selesai, sampel ditempatkan dalam desikator berisi silika gel selama kurang lebih 30 menit untuk menurunkan suhu dan mencegah penyerapan uap air dari lingkungan.
9. Sampel kering kemudian ditimbang kembali dan hasilnya dicatat pada lembar kerja.

3.4 Perhitungan Pengujian *Atterberg*

Perhitungan parameter uji dilakukan dengan mengolah data hasil penimbangan yang tercatat pada lembar kerja laboratorium. Data tersebut meliputi massa cawan, massa sampel basah, dan massa sampel kering, yang kemudian digunakan untuk menghitung massa air serta kadar air sampel. Hasil pengujian dan perhitungan disajikan pada bagian berikut:

1. Hasil Pengujian *Atterberg Claystone* (Batulempung)

Tabel 1. 05 AKB 52A (Sumber Laboratorium Mekanika Tanah PTBA, 2023)

STANDARD/METODE : ASTM D. 4318-05						
BATAS CAIR			BATAS PLASTIS			
	1	2	3	4	5	6
No. Tarras	B 57	B50	A63	D01	C01	
Jumlah Kerdakan	N	18	22	26	33	
M. Tarras + Sampel Basah (M_{100})	g	21.54	17.63	19.91	20.44	28.31
M. Tarras + Sampel Kering (M_{10})	g	18.93	16.28	17.85	18.03	25.07
Massa Tarras (M_t)	g	14	13.68	13.78	13.17	14.1
Massa Air (M_w) = ($M_{100} - M_{10}$)	g	2.61	1.35	2.06	2.41	3.24
M. Sampel Kering (M_s) = ($M_{100} - M_w$)	g	4.93	2.6	4.67	4.86	10.97
Kandungan Air ($M_w / M_s \times 100$)	%	52.9	51.9	50.6	49.6	29.7

The figure contains two graphs. The top graph plots Water Content (%) on the y-axis (40 to 60) against the Number of Blows on the x-axis (10 to 900). A downward-sloping curve is shown with data points. A vertical green line is drawn at 25 blows. The bottom graph is a Unified Classification plot with Plastic Index (%) on the y-axis (0 to 30) and Liquid Limit (%) on the x-axis (0 to 110). A red dot is plotted at approximately (54.44, 13.77). A horizontal line is drawn at PI = 29.06. Below the graphs, the following values are listed: Liquid Limit, LL (%) = 54.44; Plastic Limit, PL (%) = 29.06; Plastic Index, IP (%) = 13.77; and Classification = OH.

Hasil pengujian atterberg di atas pada jenis batulempung yaitu LL 51.07%, PL 29.06%, dan PI 22.01% batulempung ini dapat dikategorikan sebagai lempung yang OH yang artinya lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) dan menurut AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Officials*) dikategorikan ke dalam A-7-5.

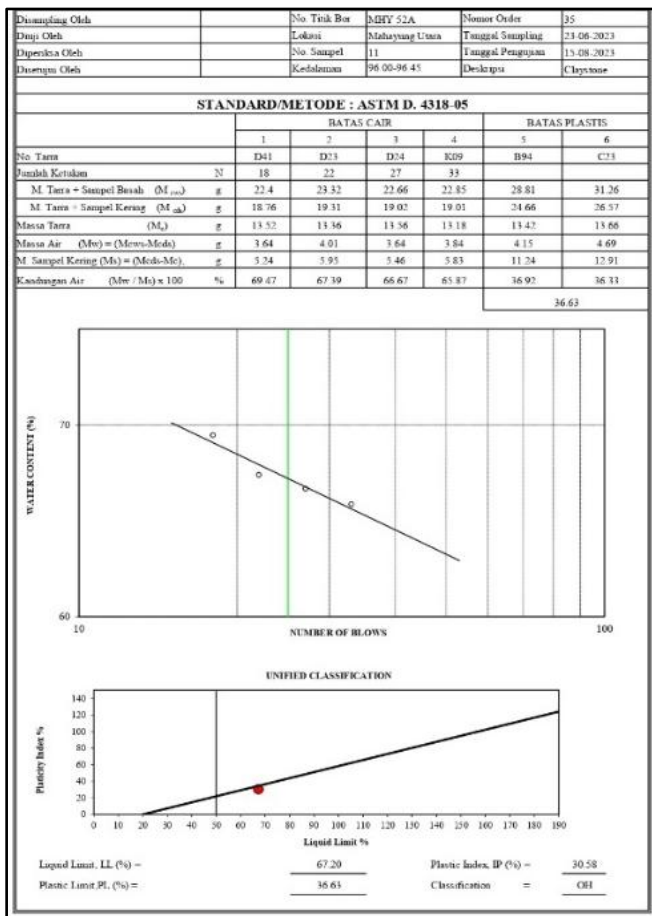
Tabel 2. 06 AKB 52A (Sumber Laboratorium Mekanika Tanah PTBA, 2023)

STANDARD/METODE : ASTM D. 4318-05						
BATAS CAIR			BATAS PLASTIS			
	1	2	3	4	5	6
No. Tarras	A64	A70	B47	B63	C55	C61
Jumlah Kerdakan	N	18	23	26	34	
M. Tarras + Sampel Basah (M_{100})	g	19.81	18.31	20.96	18.82	30.64
M. Tarras + Sampel Kering (M_{10})	g	17.78	16.75	18.48	17.08	25.64
Massa Tarras (M_t)	g	14.19	13.94	13.88	13.73	13.82
Massa Air (M_w) = ($M_{100} - M_{10}$)	g	2.03	1.56	2.48	1.74	5
M. Sampel Kering (M_s) = ($M_{100} - M_w$)	g	3.59	2.81	4.6	3.33	17.32
Kandungan Air ($M_w / M_s \times 100$)	%	56.53	55.52	53.91	52.25	40.58

The figure contains two graphs. The top graph plots Water Content (%) on the y-axis (40 to 60) against the Number of Blows on the x-axis (10 to 100). A downward-sloping curve is shown with data points. A vertical green line is drawn at 25 blows. The bottom graph is a Unified Classification plot with Plastic Index (%) on the y-axis (0 to 140) and Liquid Limit (%) on the x-axis (0 to 170). A red dot is plotted at approximately (54.44, 13.77). A horizontal line is drawn at PI = 29.06. Below the graphs, the following values are listed: Liquid Limit, LL (%) = 54.44; Plastic Limit, PL (%) = 29.06; Plastic Index, IP (%) = 13.77; and Classification = OL.

Berdasarkan hasil pengujian Atterberg pada Tabel 2, sampel batulempung menunjukkan nilai LL 54,44%, PL 29,06%, dan PI 13,77%. Batulempung ini dapat dikategorikan sebagai lempung yang OL yang artinya lanau organik dengan plastisitas rendah dan lempung berlanau organik menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) dan menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dikategorikan ke dalam A-7-5. Kategori A-7-5 menunjukkan bahwa material termasuk tanah lempung berplastisitas sedang hingga tinggi dengan kualitas kurang baik sebagai tanah dasar jalan. Material ini memerlukan pengendalian kadar air atau stabilisasi apabila digunakan sebagai *subgrade* atau material pendukung konstruksi.

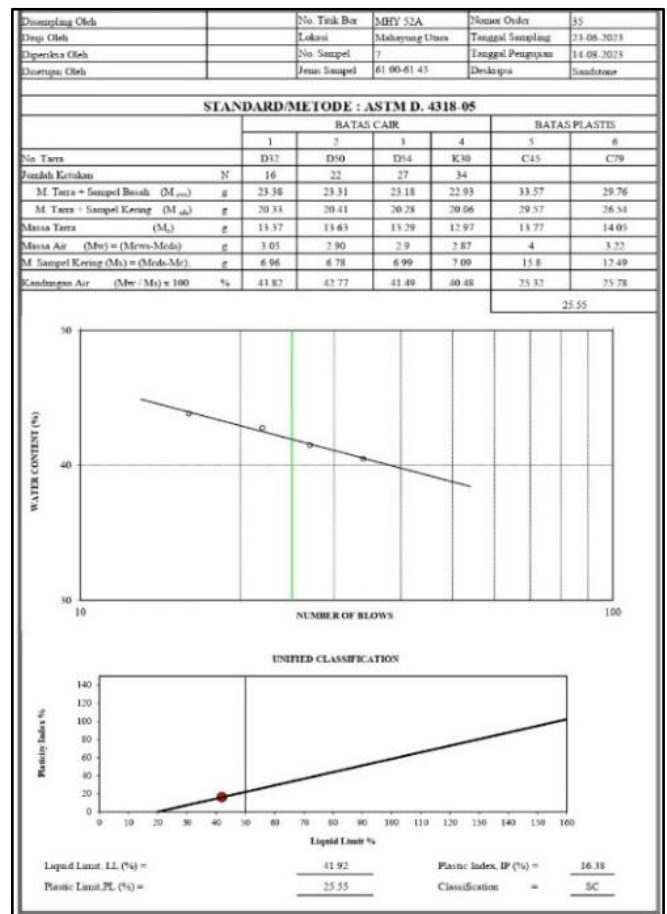
Tabel 3. 11 AKB 52A (Sumber Laboratorium Mekanika Tanah PTBA, 2023)



Hasil pengujian atterberg pada tabel 3 menunjukkan bahwa sampel batulempung memiliki nilai LL 67,20%, PL 36,63%, dan PI 30,58%. Batulempung ini dapat dikategorikan sebagai lempung yang OH yang artinya lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) dan menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dikategorikan ke dalam A-7-6. Kategori A-7-6 menunjukkan bahwa tanah memiliki indeks plastisitas lebih tinggi dibanding kelompok A-7-5. Artinya, material A-7-6 cenderung lebih plastis, lebih lempungan, dan lebih sensitif terhadap perubahan kadar air.

2. Hasil Pengujian Atterberg Sandstone (Batupasir)

Tabel 4. 07 AKB 52A (Sumber Laboratorium Mekanika Tanah PTBA, 2023)



Hasil pengujian Atterberg pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sampel batupasir memiliki nilai LL 41,92%, PL 25,55%, dan PI 16,38%. Nilai PI tersebut menunjukkan bahwa batupasir masih mengandung fraksi halus yang berkontribusi terhadap sifat plastisitas material. Secara interpretatif, sampel ini dapat dikategorikan sebagai SC menurut USCS, yaitu pasir berlempung atau campuran pasir dan lempung. Klasifikasi ini mengindikasikan bahwa material batupasir tidak sepenuhnya bersifat granular karena masih dipengaruhi oleh kandungan lempung atau butiran halus dalam matriksnya. Berdasarkan pendekatan AASHTO, material tersebut termasuk kelompok A-7-5, yang menunjukkan karakteristik tanah berbutir halus dengan plastisitas sedang hingga tinggi.

Tabel 5. 08 AKB 52A (Sumber Laboratorium Mekanika Tanah PTBA, 2023)

Disamping Oleh		No. Tink Bor	MHY 52A	Nomor Order	35
Diproses Oleh		Lokasi	Mahayung Utara	Tanggal Sampling	23-06-2023
Diperiksa Oleh		No. Sampel	8	Tanggal Pengujian	15-08-2023
Diusajuga Oleh		Jenis Sampel	63.00-65.45	Deskripsi	Sandstone
STANDARD/METODE : ASTM D. 4318-05					
		BATAS CAIR		BATAS PLASTIS	
No. Tama	N	1	2	3	4
		A70	B54	B17	A52
Jumlah Kertakan	N	18	21	28	35
M. Tara + Sampel Basah (M _{wb})	g	70.41	19.97	19.75	19.47
M. Tara + Sampel Kering (M _{db})	g	18.01	18.07	17.72	17.71
Massa Tara (M _t)	g	13.41	14.23	13.47	13.81
Massa Air (M _w) = (M _{wb} - M _{db})	g	2.4	1.90	2.03	1.76
M. Sampel Kering (M _s) = (M _{db} - M _t)	g	4.6	3.84	4.25	3.9
Kandungan Air (M _w / M _s) x 100	%	52.17	49.48	47.76	45.13
					29.38

Liquid Limit, LL (%) =		Plastic Index, IP (%) =	
48.51		19.13	
Plastic Limit, PL (%) =		Classification =	
29.38		SC	

Berdasarkan hasil pengujian *Atterberg* pada tabel 5, sampel batupasir memiliki nilai LL 48,51%, PL 29,38%, dan PI 19,13%. Nilai PI tersebut menunjukkan bahwa material batupasir mengandung fraksi halus yang berkontribusi terhadap sifat plastisitasnya. Berdasarkan interpretasi sistem USCS, sampel ini dapat diklasifikasikan sebagai SC, yaitu pasir berlempung atau campuran pasir dan lempung. Sementara itu, berdasarkan pendekatan AASHTO, material ini termasuk dalam kelompok A-7-5.

Tabel 6. 09 AKB 52A (Sumber Laboratorium Mekanika Tanah PTBA, 2023)

Disamping Oleh		No. Tink Bor	MHY 52A	Nomor Order	35
Diproses Oleh		Lokasi	Mahayung Utara	Tanggal Sampling	23-06-2023
Diperiksa Oleh		No. Sampel	9	Tanggal Pengujian	19-08-2023
Diusajuga Oleh		Jenis Sampel	72.30-72.75	Deskripsi	Sandstone
STANDARD/METODE : ASTM D. 4318-05					
		BATAS CAIR		BATAS PLASTIS	
No. Tama	N	1	2	3	4
		D42	K38	D39	K08
Jumlah Kertakan	N	16	21	27	32
M. Tara + Sampel Basah (M _{wb})	g	23.02	22.97	23.32	23.41
M. Tara + Sampel Kering (M _{db})	g	19.91	19.79	20.05	20.13
Massa Tara (M _t)	g	13.59	13.23	13.02	12.99
Massa Air (M _w) = (M _{wb} - M _{db})	g	3.11	3.18	3.27	3.28
M. Sampel Kering (M _s) = (M _{db} - M _t)	g	6.32	6.56	7.03	7.14
Kandungan Air (M _w / M _s) x 100	%	49.02	48.05	46.05	45.09
					25.02

Liquid Limit, LL (%) =		Plastic Index, IP (%) =	
47.16		22.14	
Plastic Limit, PL (%) =		Classification =	
25.02		SC	

Hasil pengujian *atterberg* di atas pada jenis batupasir yaitu LL 47.16%, PL 25.02%, dan PI 22.14%. batupasir ini dapat dikategorikan sebagai SC yang artinya pasiran berlempung, campuran pasiran dan lempung menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) dan menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dikategorikan ke dalam A-7-5. Kategori A-7-5 menunjukkan material berbutir halus dengan sifat lempung plastis yang memiliki kualitas kurang baik sebagai tanah dasar jalan apabila digunakan tanpa perlakuan. Subkelompok A-7-5 memiliki indeks plastisitas yang relatif lebih rendah dibandingkan A-7-6, tetapi tetap menunjukkan kepekaan terhadap perubahan kadar air. Oleh karena itu, material ini perlu dikendalikan kadar airnya atau distabilisasi apabila digunakan sebagai material *subgrade*, timbunan, atau media pembukaan jalan tambang.

3.4 Interpretasi Plastisitas Berdasarkan Litologi dan Kedalaman

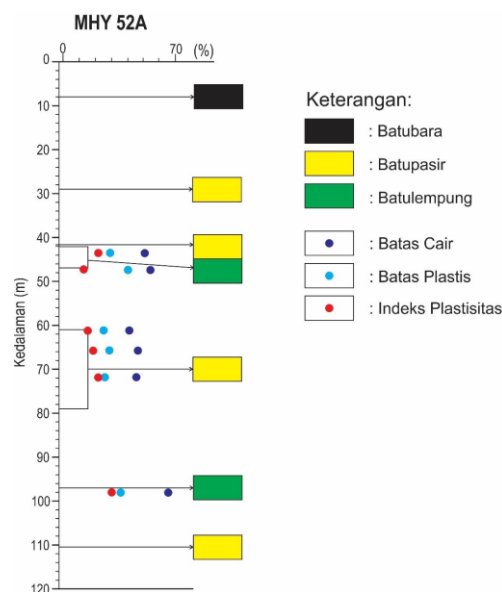
Grafik kedalaman sampel titik bor AKB 52A menunjukkan bahwa nilai LL, PL, dan PI mengalami variasi pada setiap litologi serta interval kedalaman (Gambar 2). Perbandingan dilakukan berdasarkan nilai tengah kedalaman sampel, yaitu 46,55 m, 47,45 m, dan 96,23 m untuk batulempung, serta 61,23 m, 65,23 m, dan 72,53 m untuk batupasir. Secara umum, batulempung memiliki nilai LL dan PI lebih tinggi dibandingkan batupasir. Rata-rata LL batulempung mencapai 57,57%, sedangkan batupasir sebesar 45,86%. Nilai rata-rata PI batulempung juga lebih besar, yaitu 22,12%, dibandingkan batupasir sebesar 19,22%. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa batulempung memiliki kemampuan menahan kadar air lebih besar sebelum berubah ke kondisi cair dan memiliki rentang plastisitas yang lebih dominan.

Sampel batulempung menunjukkan kecenderungan peningkatan LL terhadap kedalaman. Nilai LL meningkat dari 51,07% pada kedalaman 46,55 m menjadi 67,20% pada kedalaman 96,23 m. Analisis tren linier sederhana menunjukkan hubungan positif yang kuat antara kedalaman dan LL, sehingga material batulempung pada interval lebih dalam cenderung memiliki konsistensi lebih plastis. PI juga menunjukkan kecenderungan meningkat, meskipun tidak sepenuhnya linier karena sampel 06 pada kedalaman 47,45 m memiliki PI terendah sebesar 13,77%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kedalaman bukan satu-satunya faktor yang mengontrol plastisitas. Variasi komposisi mineral lempung, kandungan fraksi halus, tingkat pelapukan, dan kondisi diagenesis kemungkinan turut memengaruhi nilai Atterberg pada setiap sampel.

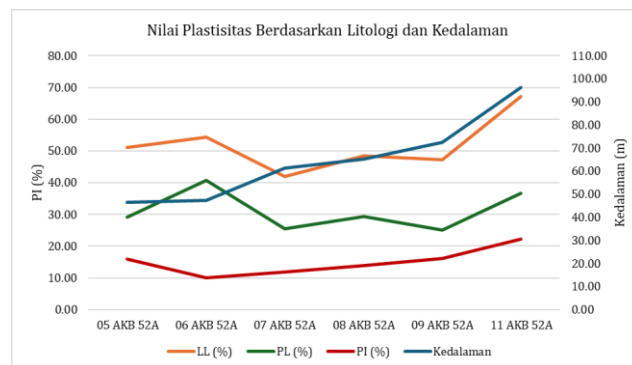
Sampel batupasir memperlihatkan pola yang berbeda. Nilai PI meningkat dari 16,38% pada kedalaman 61,23 m menjadi 22,14% pada kedalaman 72,53 m, sedangkan LL dan PL cenderung berfluktuasi. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa batupasir pada titik bor AKB 52A masih mengandung fraksi halus yang berkontribusi terhadap sifat plastisitasnya. Dengan demikian, batupasir tidak dapat sepenuhnya diperlakukan sebagai material granular murni. Hubungan antara LL dan PI pada seluruh sampel juga menunjukkan kecenderungan positif, yaitu peningkatan LL umumnya diikuti oleh kenaikan PI. Secara geoteknik, kondisi tersebut menunjukkan bahwa material dengan LL tinggi cenderung memiliki rentang plastisitas lebih besar dan memerlukan perhatian khusus ketika mengalami perubahan kadar air.

Berdasarkan pendekatan AASHTO, sampel dengan LL > 40% dan PI > 10% berpotensi termasuk kelompok A-7 apabila fraksi lolos saringan No. 200 lebih dari 35%. Subkelompok A-7-5 dan A-7-6 dibedakan berdasarkan perbandingan PI terhadap LL - 30, dengan A-7-6 menunjukkan plastisitas lebih tinggi dibandingkan A-7-5. Secara teknis, material dengan nilai LL dan PI tinggi perlu

dikendalikan kadar airnya karena berpotensi mengalami penurunan kuat geser, peningkatan deformasi, dan penurunan daya dukung saat basah atau jenuh. Oleh karena itu, pemanfaatan material dari titik bor AKB 52A sebagai *subgrade*, timbunan, atau material pembukaan jalan tambang sebaiknya didukung oleh pengujian lanjutan, seperti gradasi, kadar air alami, pemadatan, CBR, kuat geser, dan mineralogi agar klasifikasi serta rekomendasi teknis menjadi lebih akurat.



Gambar 2. Grafik kedalaman sampel



Gambar 3. Perbandingan nilai plastisitas berdasarkan litologi dan kedalaman

4. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel batulempung pada titik bor AKB 52A memiliki LL 51,07-67,20%, PL 29,06-40,67%, dan PI 13,77-30,58%, sedangkan sampel batupasir memiliki LL 41,92-48,51%, PL 25,02-29,38%, dan PI 16,38-22,14%. Nilai tersebut

menunjukkan bahwa seluruh sampel memiliki perilaku plastis, dengan tingkat plastisitas sedang hingga tinggi.

Batulempung memiliki rata-rata nilai LL dan PI lebih tinggi dibandingkan batupasir, sehingga material ini lebih peka terhadap perubahan kadar air. Sampel 11 AKB 52A menunjukkan nilai LL dan PI tertinggi, sehingga memiliki tingkat plastisitas paling besar. Sampel 06 AKB 52A memiliki nilai PI terendah, sehingga menunjukkan rentang plastisitas paling kecil dibandingkan sampel batulempung lainnya. Untuk sampel batupasir, nilai PI yang tetap cukup besar mengindikasikan adanya pengaruh fraksi halus atau lempung dalam material.

Berdasarkan pendekatan klasifikasi, batulempung menunjukkan karakteristik material berplastisitas sedang hingga tinggi, sedangkan batupasir cenderung menunjukkan karakteristik pasir berlempung. Menurut AASHTO, sebagian sampel berpotensi masuk kelompok A-7-5 dan A-7-6, yaitu material berbutir halus yang kurang baik sebagai tanah dasar jalan apabila digunakan tanpa pengendalian kadar air atau perbaikan material.

Kecenderungan nilai berdasarkan urutan sampel belum menunjukkan pola peningkatan atau penurunan yang sepenuhnya konsisten untuk semua parameter. Oleh karena itu, interpretasi terhadap pengaruh kedalaman perlu didukung oleh data kedalaman numerik, litologi rinci, gradasi, kadar organik, dan mineralogi. Untuk aplikasi teknis, material dari titik bor AKB 52A sebaiknya dilengkapi dengan pengujian lanjutan berupa analisis saringan atau hidrometer, kadar air alami, pemadatan, CBR, dan kuat geser agar hasil klasifikasi dan rekomendasi pemanfaatan material menjadi lebih akurat.

5. Referensi

- Ariadi, A. (2007). Tinjauan Kuat Dukung, Potensi Kembang Susut, dan Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung Pedan Klaten. Universitas Muhammadiyah Surakarta. [Online] Tersedia: <https://eprints.ums.ac.id/> [28 Agustus 2023]. Skripsi Tidak Diterbitkan.
- Ahmed, A., Riaz, M. R., & Khan, A. M. (2024). Stabilization of pavement subgrade clay soil using sugarcane ash and lime. *Geosciences*, 14(6), 151. <https://doi.org/10.3390/geosciences14060151>
- Bukit Asam. (2020). *Tata Cara Kerja Pengujian Batas Cair, Batas Plastis, dan Indeks Plastisitas*. Tanjung Enim: Bukit Asam.
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- 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*, 7(2), 183–192.
- Ghony, M. A., & Afriza, M. D. (2024). Pengaruh kandungan air terhadap plastisitas tanah pada titik bor XX. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 2(2), 111–116. <https://doi.org/10.62278/jits.v2i2.48>
- Hangge, E. E., Karels, D. W., & Kapitan, A. O. (2022). Pengaruh karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan perkerasan jalan. *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 155–168.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*. Bulaksumur, Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hasan, M. F., & Abuel-Naga, H. (2024). Determining liquid limit and plastic limit of clay soils by electrical surface conduction and diffuse double layer thickness. *Minerals*, 14(3), 210. <https://doi.org/10.3390/min14030210>
- Hendarsin dan Shirley, L. (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung: Politeknik Bandung.
- Iskandar, M. R., Suharyanto, I., & Masang, H. (2025). Analisa uji fisik tanah lempung hasil quarry Kelurahan Sitimulyo Piyungan sebagai material timbunan konstruksi jalan. *CivETech: Civil Engineering and Technology Journal*, 7(2). <https://doi.org/10.47200/civetech.v7i2.3106>
- Musdar, A., Rokhman, & Rusdi, A. (2022). Pengaruh stabilisasi tanah lempung dengan bahan tambah kapur alam terhadap daya dukung tanah. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil (JIMATS)*, 1(1), 29–34. <https://doi.org/10.33506/jimats.v1i1.1839>
- McBride, R. A. (2002). Atterberg Limits. Dalam J. H. Dane & G. C. Topp (Eds.), *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods*. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of America.
- Moreno-Maroto, J. M., Alonso-Azcárate, J., & O'Kelly, B. C. (2021). Review and critical examination of fine-grained soil classification systems based on plasticity. *Applied Clay Science*, 200, 105955. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105955>
- Paul, A. L., & Beier, N. A. (2025). Atterberg limits and strength relationships of oil sands tailings. *Mining*, 5(4), 86. <https://doi.org/10.3390/mining5040086>
- Qusai, A. H., Szendefy, J., & Vásárhelyi, B. (2025). Effect of changing sand content on liquid limit and plasticity index of clay. *Geotechnics*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.3390/geotechnics5010004>