

**MENENTUKAN KLASIFIKASI DAN KARAKTERISTIK TANAH DAERAH
BENDILJATI, SUMBERGEMPOL TULUNGAGUNG MENGGUNAKAN UJI
LABORATORIUM**

**MA'RIFATUL MUMAYYIZAH¹, AGATA IWAN CANDRA², MAHARDI KAMALIKA
KHUSNA ALI³, ALFINA ISKINDARIA⁴, FARIKHATUL MUFAIDAH⁵, MOCH. RISJAD
ALDIANSYAH⁶, ILHAM RIZQI NURDIAN PUTRA⁷, ROID AHMAD FAIZIN⁸**

Fakultas Teknik, Universitas Kediri^{1,2,3,4,5,6,7,8}

email: rifabaik82@gmail.com¹, iwan_candra@unik-kediri.ac.id², mahardi@unik-kediri.ac.id³,
alvinaiskindarian@gmail.com⁴, rikhatul25@gmail.com⁵, smkn3manding@gmail.com⁶,
ilhamrizz18@gmail.com⁷, roidfaizin87@gmail.com⁸

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v7i1.4130>

Abstract: Jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi di Kabupaten Tulungagung lambat laun semakin meningkat, yang berdampak pada peningkatan serta berkembangnya pembangunan. Dalam mendirikan sebuah bangunan, hal yang pertama kali harus dilakukan adalah penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah dari daerah Bendiljati, Kecamatan Sumbergempol Kabupaten Tulungagung. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan mengambil sampel tanah dari daerah Bendiljati Kecamatan Sumbergempol Kabupaten Tulungagung. Jenis tanah diklasifikasikan menggunakan AASHTO dan USCS. Juga dilakukan pengujian liquid limit, plastic limit, pematatan, dan kuat geser tanah. Hasil penelitian didapatkan klasifikasi tanah menurut USCS, tanah termasuk jenis SP-SM dengan gradasi buruk, dan pada klasifikasi AASHTO, tanah termasuk A-2-4 yang mempunyai rating Excellent to Good. Dari uji batas Atterberg didapatkan nilai indeks plastisitas sebesar 0,564% sehingga tanah termasuk kategori slightly plastic. Pada uji pematatan didapatkan nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,50 gr/cm pada kadar air optimum 26,04% yang dapat digunakan untuk rekomendasi pematatan jenis tanah SP-SM. Dan di uji kuat geser diperoleh nilai sudut geser sebesar 24,837° dengan nilai kohesi sebesar 0,459 kPa, dari nilai tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pondasi. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk proyek konstruksi di sekitar area kabupaten Tulungagung.

Keywords: atterbreg limit, gradasi ayakan, pematatan, kuat geser, tanah

A. Pendahuluan

Semakin bertambahnya tahun, jumlah penduduk dan perekonomian akan semakin meningkat, salah satunya di daerah Bendiljati kulon Kecamatan Sumbergempol Kabupaten Tulungagung. Daerah ini masih termasuk wilayah pedesaan yang berpotensi mengalami peningkatan jumlah penduduk dan perekonomian, sehingga pembangunan juga ikut meningkat. Pada pembangunan proyek konstruksi, tanah merupakan material yang penting karena digunakan sebagai pendukung pondasi dari sebuah bangunan dan penahan beban dari konstruksi yang berada di atasnya (Rembet, Rondonuwu, and Sarajar 2021), sehingga hal pertama yang perlu dilakukan adalah penyelidikan tanah terlebih dahulu. Penyelidikan tanah dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah agar dapat ditentukan jenis konstruksi yang sesuai pada tanah tersebut.

Tanah adalah material dari agregat mineral padat yang terikat secara kimia (Das 1995) terdiri atas ruang pori dan agregatnya disusun oleh bahan organik dan partikel mineral (Gupta and Germida 2015). Tanah yang mempunyai plastisitas tinggi dapat mengakibatkan kerusakan pada konstruksi, seperti: bangunan menjadi retak, perkerasan jalan cepat rusak, pipa dalam tanah pecah, dan lain sebagainya. Salah satu jenis tanah yang mempunyai sifat susut relatif besar dan plastisitas agak tinggi adalah tanah lempung berpasir (. 2020). Plastisitas dipengaruhi oleh komposisi mineralogi, zat organik dan aditif, serta distribusi ukuran partikel (Andrade, Al-Qureshi, and Hotza 2011). Sifat kembang susut tanah terjadi karena adanya perubahan kadar air yang menyebabkan volume tanah

mengembang dan menyusut. Selain itu, tanah lempung berpasir juga termasuk tanah kohesif yang mempunyai sifat melekat antar partikel tanah (Basuki 2007). Kondisi tanah yang buruk dapat mempengaruhi daya dukung keamanan konstruksi (Martini 2009). Karakteristik tanah dapat diketahui melalui beberapa pengujian, meliputi Batas Atterberg (Rehman et al. 2020), gradasi ayakan, Pemadatan dan uji geser tanah yang mempengaruhi klasifikasi tanah.(Raad Al-Adhadh, Kadhem Sakban, and Tawfiq Naeem 2020).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nina Fahrena dkk menyatakan bahwa tanah di daerah Gampong Meurandeh Kecamatan Langsa Lama Kota Langsa berjenis pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil sedikit yang tidak mengandung butiran halus dengan simbol SP yang diklasifikasikan berdasarkan USCS (Fahrena et al. 2019). Juga penyelidikan yang dilakukan oleh Agata Iwan Candra dkk menyatakan bahwa tanah lempung di daerah Desa Pojok, Kota Kediri tergolong kelompok SP (POORLY GRADED SAND) klasifikasi berdasarkan USCS dan memenuhi spesifikasi untuk penyerapan air agregat kasar dan agregat halus, keausan agregat kasar, dan agregat alamnya (Dwi 2022). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Ahmed Raad Al-Adhadh dkk menyatakan bahwa tanah dari Baghdad, ibu kota Irak, serta beberapa kota di dekat Baghdad diteliti dan diklasifikasikan dengan USCS sehingga dapat diketahui perbedaan perilaku tanahnya (Raad Al-Adhadh, Kadhem Sakban, and Tawfiq Naeem 2020). Dari beberapa penelitian terdahulu belum ada yang melakukan penyelidikan terkait karakteristik tanah dari daerah Bendiljati Kulon, Kecamatan Sumbergempol Kabupaten Tulungagung.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik tanah dari daerah Bendiljati Kulon, Kecamatan Sumbergempol Kabupaten Tulungagung. Analisis karakteristik tanah dilakukan dengan melakukan pengujian liquid limit, plastic limit, plasticity index, pemadatan, dan kuat geser tanah. Dari analisis tersebut akan didapatkan hasil dari setiap pengujian yang dapat menggambarkan karakteristik tanah. Sehingga dengan diketahuinya karakteristik tanah tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai referensi untuk proyek konstruksi di sekitar area kabupaten Tulungagung.

B. Metode Penelitian

Metode Penelitian dilakukan menggunakan metode pengujian eksperimen langsung yang dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri pada Selasa, 01 November 2022. Sampel tanah diambil dari daerah Bendiljati Kulon, Kecamatan Sumbergempol, Tulungagung. Cara pengambilan tanah menggunakan cangkul dan digali sedalam 80 cm karena tanah pada kedalaman tersebut merupakan tanah dalam keadaan tidak terganggu. Tanah tidak terganggu diklasifikasikan sebagai Typic Hapludolls dicirikan oleh kandungan oksida besi bebas yang lebih tinggi, kandungan total dan sulfida-S yang lebih rendah.(Wagner et al. 2015). Adapun tanah yang diambil akan dilakukan pengujian meliputi liquid limit, plastic limit, gradasi ayakan, pemadatan, dan kuat geser langsung. Pengujian ini akan digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah dan karakteristik tanah.

1. Liquid limit

Liquid limit atau batas cair merupakan keadaan dimana kadar air tanah berubah dari keadaan plastis menjadi cair atau sebaliknya dan diuji dengan uji atterberg limit.(Niazi et al. 2020). Uji batas cair yang pertama kali diusulkan oleh Atterberg tahun 1911, distandarisasi oleh Cassagrande merupakan uji tanah yang paling banyak digunakan (El-Shinawi 2017). Alat yang digunakan ada 7 macam yaitu cassagrande, grooving tools, spatula, plat kaca, timbangan, cawan, dan oven. Untuk pengujian liquid limit menggunakan tanah kering dan lolos ayakan no.40. Adapun langkah-langkah pengujian adalah sampel tanah dicampur air hingga homogen dengan penambahan air yang berbeda sebanyak 5 sampel. Kemudian tanah diletakkan pada alat casagrande hingga rata dan dibelah menjadi dua. Tanah diberi ketukan hingga rapat bagian dasarnya. Timbang hasil tanah dan oven selama 24 jam. Setelah kering sampel ditimbang.(ASTM 2000).



Gambar 1. Alat uji liquid limit (data hasil penelitian)

Setelah didapatkan data dari hasil penelitian, lakukan analisis data dengan menghitung kadar air tiap sampel tanah dari penghitungan berat basah tanah dikurangi berat kering tanah. dilakukan analisis data kadar air pada sampel tanah dan dibuat grafik selanjutnya diperoleh persamaan untuk menghitung ketukan nilai batas cair pada ketukan ke-25. Berikut perhitungan liquid limit :

$$w_w = w - w_s$$

$$w_c = \frac{w_w}{w_s} \times 100 \%$$

LL merupakan nilai kadar air (y) pada pukulan ke- 25, dengan W = berat basah tanah, Ws = berat tanah kering, Ww = berat air, Wc = kadar air dan LL = liquid limit.

2. Plastic limit

Uji plastic limit adalah pengujian tes bergulir pada sampel tanah untuk menguji timbulnya kerapuhan tanah.(Haigh et al. 2014). Alat yang digunakan yaitu plat kaca, batang pembanding, timbangan, cawan dan oven. Untuk pengujian liquid limit menggunakan tanah kering lolos ayakan no.40. Adapun langkah-langkah pengujian ini yaitu tanah yang sudah dicampur air dibentuk bulat dengan diameter 1,5 cm lalu digulung di atas kaca dengan tekanan ringan sampai diameternya mencapai 3 mm. Setiap patahan dimasukkan cawan dan ditimbang, kemudian di oven selama 24 jam. Setelah kering sampel ditimbang. (ASTM 2000).



Gambar 2. Uji plastic limit (data hasil penelitian)

Setelah didapatkan data dari hasil penelitian, dilakukan analisis data dengan menghitung kadar air tiap sampel tanah dari berat basah tanah dikurangi berat kering tanah kemudian dijumlahkan semua kadar air nya dan dibagi sebanyak jumlah sampelnya untuk mengetahui nilai plastisitas tanah. Kemudian mencari indeks plastisitas tanah dengan cara nilai liquid limit dikurangi nilai plastic limit, adapun perhitungan seperti berikut :

$$w_w = w - w_s$$

$$w_c = \frac{w_w}{w_s} \times 100 \%$$

PL = penjumlahan w_c setiap percobaan / jumlah percobaan.

Perhitungan Indeks Plastisitas :

$$PI = LL - PL$$

Dengan W = berat basah tanah, W_s = berat tanah kering, W_w = berat air, W_c = kadar air, PI = indeks plastisitas dan LL = liquid limit.

Setelah didapatkan hasil indeks plastisitas tanah, penentuan plastisitas tanah dilakukan menggunakan klasifikasi seperti pada gambar berikut

<i>PI</i>	Description
0	Nonplastic
1–5	Slightly plastic
5–10	Low plasticity
10–20	Medium plasticity
20–40	High plasticity
>40	Very high plasticity

Gambar 3. tabel penentuan plastisitas tanah (Bumister,1949)

3. Analisa gradasi ayakan

Analisa gradasi ayakan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah menggunakan saringan yang berbeda ukuran. (Yusof, Al-Adhami, and Matore 2022). Alat yang digunakan yaitu saringan, sieve shaker, dan timbangan. Uji gradasi ayakan dilakukan dengan mengambil sampel tanah yang sudah dikeringkan seberat 1500 gr, lalu dipersiapkan saringan nomor 4, 10, 30, 40, 80, 100, 200 dan pan kemudian diayak pada alat sieve shaker selama 7 menit. Tanah yang tertahan di masing-masing ayakan ditimbang. (ASTM C136 2019).



Gambar 4. Uji gradasi ayakan (data hasil penelitian)

Setelah didapatkan data dari hasil penelitian, dilakukan analisis data untuk mengetahui nilai Koefisien Keseragaman tanah (C_u) dan Koefisien gradasi ayakan (C_c), dengan rumus perhitungan di bawah :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Dimana C_u = koefisien keseragaman, C_c = koefisien gradasi, D_{10} = diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan, D_{30} = diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan dan D_{60} = diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan.

Setelah didapatkan nilai hasil pengujian liquid limit, plastic limit, index plasticity, dan gradasi ayakan, penentuan jenis tanah dilakukan menggunakan klasifikasi AASHTO dan USCS.

4. Pematatan

Pematatan tanah adalah proses dipadatkan atau kompresi tanah untuk mengurangi rongga udara pada tanah (“Awards of the Institution of Civil Engineers” 1940) sehingga dapat menjangkau distribusi ukuran butir yang luas dengan hubungan dasar antara kerapatan yang dicapai dengan kadar air (Alonso, Pinyol, and Gens 2013). Uji pematatan adalah untuk mengetahui hubungan antara berat volume kering dan kadar air.(Sharma and Deka 2019). Pada berat kering optimum, struktur tanah yang dipadatkan lebih dekat satu sama lain karena pematatan mengurangi ukuran pori antar agregat, dan pada berat basah optimum, agregat lempung bersifat lebih plastis (Lee et al. 2014). Alat untuk pengujian ini antara lain: mold, mesin TS-356 automatic proctor and CBR, oven, dongkrak, timbangan, oli, palu karet, pisau pemotong dan baskom. Adapun langkah-langkah pengujian ini yaitu tanah kering yang lolos ayakan no.4 dicampur air hingga homogen dengan penambahan air yang berbeda sebanyak 5 sampel. Tanah dibagi menjadi tiga dan dimasukkan mold ditumbuk 25 kali menggunakan mesin (standar proctor test) tiap lapisan, tanah yang padat dikeluarkan dari mold

selanjutnya dimasukan cawan dan di timbang. Oven selama 24 jam, setelah kering ditimbang. (ASTM International 2007).



Gambar 5. Uji pemadatan standar proctor test (data hasil penelitian)

Setelah didapatkan data hasil penelitian dengan penambahan air sebanyak 12%,16%,20%,24% dan 28 %, dilakukan analisis data kadar air pada sampel tanah, untuk mengetahui nilai volume berat kering maksimum pada kadar air optimum dan dibuat grafik pemadatan. Analisis data dilakukan dengan rumus perhitungan di bawah :

$$w_w = w - w_s \quad w_c = \frac{w_w}{w_s} \times 100 \%$$

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \gamma_d = \frac{w_s}{V}$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot T$$

Dimana W = berat basah tanah, W_s = berat tanah kering, W_w = berat air, W_c = kadar air, V = volume cetakan (cm^3), γ = berat volume basah (m^3) dan γ_d = berat volume kering (cm^3).

5. Uji kuat geser langsung

Uji Kuat Geser langsung adalah pengujian untuk menentukan ketahanan geser dan perpindahan, serta sifat kekuatan seperti kekuatan Mohr (ASTM D3080 2003). Alat yang digunakan ada 10 macam yaitu mesin motorized direct shear test, mesin ekstruder, proving ring, piston beban, dial indikator, timbangan 500 gr, ring cincin, pisau pemotong., cawan dan oven. Adapun langkah-langkah untuk melakukan pengujian ini yaitu tanah hasil pemadatan dipotong sesuai cetakan dan dimasukkan shearing box lalu dikunci. Atur penahan beban lurus horizontal dan kunci, pasang beban dan atur pembaca arloji sampai titik nol lalu lepas kunci penahan beban. Putar tuas kemudian amati proofing ring dan vertical indicator setiap lateral indicator berkelipatan 20. Putaran tuas dihentikan sampai jarum proofing ring berhenti di angka yang sama sebanyak 3 kali. (ASTM D3080 2003).



Gambar 7. Uji kuat geser langsung (data hasil penelitian)

Gambar di atas merupakan mesin motorized direct shear test yang berfungsi sebagai alat ukur dalam pengujian kuat geser langsung. Dalam pengujian ini menggunakan beban yang berbeda. Adapun spesifikasi beban pada pengujian kuat geser ini adalah sebagai berikut

Tabel 1. Spesifikasi Beban dan Sampel pada pengujian kuat geser

Beban (gram)	Diameter (cm)	Luas (cm ²)	Tebal (cm)
800	6.29	31.07	2.3
1595	6.29	31.07	2.3
3163	6.29	31.07	2.3

Pengujian geser langsung pada sampel tanah dilakukan pada pembebanan 800gr, 1595 gram, dan 3163 gram dengan diameter sebesar 6,29 cm, luas 31,07 cm² dan tebal 2,3 cm. Setelah pengujian kuat geser langsung melakukan analisis data dengan menghitung kadar air dan tegangan normal dengan rumus $\sigma_1 = n_1/L$, dimana n_1 adalah beban (kg) dan L adalah luas (cm²), serta $\sigma = \sigma_1 \times 100$. Kemudian menghitung nilai kuat geser tanah dengan rumus $\tau = c + \sigma \tan \phi$ dimana c adalah nilai kohesi dan $\sigma \tan \phi$ adalah tegangan geser sehingga diperoleh nilai sudut geser tanah. Berikut merupakan perhitungan kuat geser :

P = pembacaan proving ring x kalibrasi

$$\sigma_1 = \frac{n_1}{L} \quad \sigma = \sigma_1 \times 100$$

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad Wc = \frac{W_w}{W_\delta} \times 100$$

Dengan P = gaya geser, n_1 = beban, L = luas, σ = Tegangan normal, σ_1 = tegangan normal, τ = kuat geser tanah, c = kohesi, $\sigma \tan \phi$ = gesekan, Wc = kadar air, W_w = berat uji basah dan W_δ = berat uji kering.

C. Hasil dan Pembahasan

Dari beberapa pengujian akan didapatkan nilai untuk penentuan klasifikasi dan tingkat kestabilan tanah. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

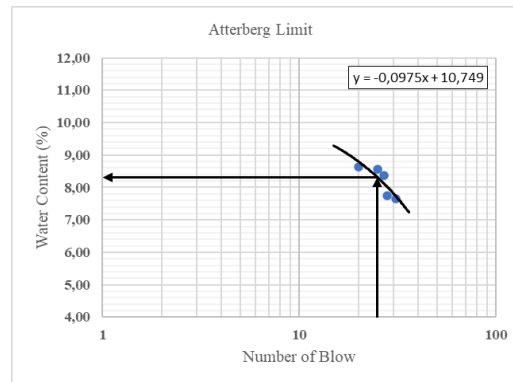
1. Liquid limit

Dari pengujian liquid limit ini akan didapatkan nilai kadar air tanah pada batas cair. Adapun hasil dari pengujian liquid limit adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Liquid limit (Sumber: data hasil penelitian)

Berat basah (gr)	Berat kering (gr)	Air (gr)	Kadar air (%)	Jumlah pukulan
17.73	16.32	1.41	8.64	20
17.98	16.56	1.42	8.57	25
17.21	15.88	1.33	8.38	27
17.4	16.15	1.25	7.74	28
19	17.65	1.35	7.65	31

sampel tanah dan didapatkan nilai kadar air yang berbeda. Dengan kadar air paling tinggi yaitu sebesar 8,64% dengan pukulan sebanyak 20 dan kadar air paling rendah yaitu sebesar 7,65% dengan pukulan sebanyak 31. Dari data tersebut dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut.



Gambar 8. Grafik liquid limit (data hasil penelitian)

Dari grafik didapatkan sebuah persamaan $y = -0.0975x + 10.749$. Sehingga untuk menentukan liquid limit, maka persamaan tersebut digunakan untuk menghitung kadar air pada saat ketukan ke 25. Adapun nilai x sebagai ketukan dan nilai y sebagai kadar air. Sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut.

$$y = -0.0975x + 10.749$$

$$y = -0.0975 (25) + 10.749$$

$$y = 8.312$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan nilai Liquid Limit sebesar 8.312.

2. Plastic limit

Pengujian plastic limit digunakan untuk mendapatkan nilai kadar air tanah pada batas plastis. Adapun hasil dari pengujian plastic limit adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Plastic limit (Sumber: data hasil penelitian)

Berat basah (gr)	Berat kering (gr)	Air (gr)	Kadar air (%)	Plastic Limit
17.21	16.12	1.09	6.76	
17.4	16.13	1.27	7.87	
17.98	16.86	1.12	6.64	7.75
17.73	16.32	1.41	8.64	
19	17.46	1.54	8.82	

Dari tabel plastic limit yang diteliti sebanyak 5 sampel tanah didapatkan nilai kadar air tertinggi sebesar 8,82% dan kadar air paling rendah sebesar 6,64%. Nilai plastic limit diperoleh dari nilai rata-rata kadar air dari 5 sampel tanah yaitu sebesar 7,75 %.

Index Plasticity (PI) diperoleh dari perhitungan $PI = LL - PL$, Adapun LL sebagai nilai liquid limit dan PL sebagai nilai plastisitas, sehingga didapatkan perhitungan sebagai berikut

$$PI = LL - PL$$

$$PI = 8,312\% - 7,75\%$$

$$PI = 0,564\%$$

Sehingga diperoleh nilai index plasticity sebesar 0,564% yang tergolong tanah slightly plastic (Das 2013) Tanah slightly plastic (sedikit plastis) memiliki tekstur agak halus. Kelebihan dari tanah sedikit plastis adalah tidak menyerap banyak air sehingga volume tidak mengalami perubahan yang besar. Sedangkan kekurangannya adalah tanah sulit dipadatkan karena tidak menyerap banyak air.

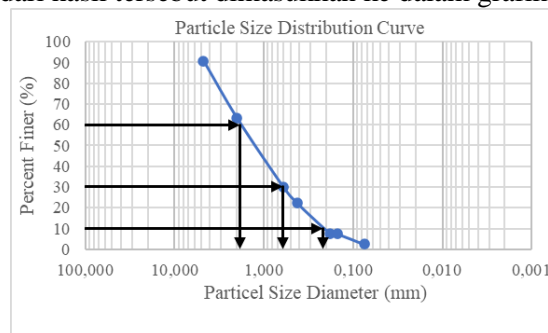
3. Gradasi ayakan

Dari pengujian gradasi ayakan diperoleh nilai distribusi butiran dari suatu sampel tanah menggunakan ayakan dengan nomor yang berbeda. Adapun hasil dari pengujian gradasi ayakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Gradasi ayakan (Sumber: data hasil penelitian)

No. Sieve	Particle (mm)	Retained Soil (gr)	Percent of Retained (%)	Percent of Passing (%)
		0		100
4	4.750	160	11.07	88.93
10	2.000	340	23.53	65.40
30	0.600	360	24.91	40.48
40	0.425	132	9.13	31.35
80	0.180	179	12.39	18.96
100	0.150	110	7.61	11.35
200	0.075	100	6.92	4.43
Pan		64	4.43	0.00
Total		1445	100	

Pengujian gradasi ayakan dilakukan menggunakan saringan dengan nomor yang berbeda yaitu saringan nomor 4,10,30,40,80,100,200 dan diperoleh hasil seperti pada tabel diatas yaitu tanah lolos ayakan terbesar yaitu ayakan nomor 4 sebesar 88,93% dan tanah lolos ayakan nomor 200 sebesar 4,43%. Kemudian dari hasil tersebut dimasukkan ke dalam grafik seperti di bawah

**Gambar 9.** Grafik gradasi ayakan (data hasil penelitian)

Berdasarkan data perhitungan gradasi ayakan di atas diperoleh nilai $D_{60} = 1,697$, $D_{30} = 0,011$ dan $D_{10} = 0,003$. Selanjutnya mencari nilai koefisien keseragaman (C_u) dengan rumus :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{1,697}{0,003} = 616,657$$

Serta mencari nilai koefisien koefisien gradasi (C_c) dengan rumus :

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{0,011^2}{1,697 \times 0,003} = 0,025$$

Sehingga diperoleh nilai Koefisien keseragaman (C_u) sebesar 616,657 dan nilai koefisien koefisien gradasi (C_c) sebesar 0,025. Hasil C_u dan C_c ini digunakan untuk menentukan karakteristik tanah berdasarkan distribusi partikelnya.

4. Penentuan jenis tanah

Penentuan jenis tanah dilakukan setelah diperoleh nilai dari hasil pengujian liquid limit, plastic limit, dan index plasticity dengan menggunakan sistem klasifikasi AASHTO dan USCS (Das 1995).

Table 5.2 Unified Soil Classification System (Based on Material Passing 76.2-mm Sieve)

Criteria for assigning group symbols				Group symbol
Coarse-grained soils More than 50% retained on No. 4 sieve	Gravels	Clean Gravels Less than 5% fines ^a	$C_u \geq 4$ and $1 \leq C_c \leq 3$ $C_u < 4$ and/or $C_c < 1$ or $C_c > 3$	GW GP
		Gravels with Fines More than 12% fines ^{a,d}	$PI < 4$ or plots below "A" line (Figure 5.3) $PI > 7$ and plots on or above "A" line (Figure 5.3)	GM GC
	Sands 50% or more of coarse fraction passes No. 4 sieve	Clean Sands Less than 5% fines ^a	$C_u \geq 6$ and $1 \leq C_c \leq 3$ $C_u < 6$ and/or $C_c < 1$ or $C_c > 3$	SW SP
		Sands with Fines More than 12% fines ^{a,d}	$PI < 4$ or plots below "A" line (Figure 5.3) $PI > 7$ and plots on or above "A" line (Figure 5.3)	SM SC

Gambar 10. Tabel sistem klasifikasi USCS (POG 9)

Menurut USCS, tanah tersebut termasuk ke dalam jenis SP-SM atau Pasir berlanau yaitu tanah berbutir kasar (coarse grained soils) yaitu lebih dari 50 % tertahan di ayakan No. 200 dengan 50 % lolos ayakan nomor 4 serta pasir berbutir halus lebih dari 12 % dan index plastisitas > 4 yaitu sebesar 0,564 (agak plastis) serta termasuk ke dalam tanah bergradasi buruk. (Das 1995). Kelebihan dari tanah jenis ini adalah drainase bagus dan bersifat ringan yaitu mudah kering sehingga dapat membuat lingkungan tidak mudah banjir. Kekurangan dari tanah jenis ini adalah sulit dipadatkan, sehingga tidak dapat mendukung beban yang besar.

Table 5.1 Classification of Highway Subgrade Materials

General classification	Granular materials (35% or less of total sample passing No. 200)						
	A-1		A-2				
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Sieve analysis (percentage passing)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 max.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Characteristics of fraction passing No. 40							
Liquid limit				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Plasticity index	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Usual types of significant constituent materials	Stone, fragments, gravel and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel, and sand			
General subgrade rating				Excellent to good			

Gambar 11. Tabel sistem klasifikasi AASHTO (POG 9)

Menurut klasifikasi AASHTO, tanah tersebut termasuk A-2-4 dengan tanah lolos ayakan no 200 maksimal 35% dengan nilai liquid limit maksimal 40 dan nilai indeks plastisitas. Tanah jenis ini dapat digunakan sebagai subgrade material dalam proyek jalan raya dikarenakan mempunyai rating Excellent to Good.

5. Pematatan

Pengujian pematatan tanah digunakan untuk memperoleh grafik hubungan antara berat kering dengan kadar air serta untuk menentukan berat kering maksimum dan nilai kadar air optimum. Adapun hasil dari pengujian pematatan tanah adalah sebagai berikut :

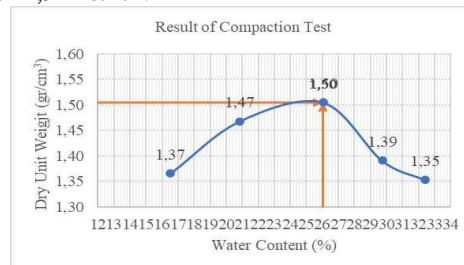
Tabel 5. Pematatan (Sumber: data hasil penelitian)

Hasil Pengujian	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5
Tambah Air (gr)	240	320	400	480	560
Tambah Air (%)	12	16	20	24	28
Berat Basah Cetakan (gr)	1502	1674	1790	1703	1691
Berat Volume Basah (gr/cm ³)	1.59	1.77	1.90	1.80	1.79
Berat Basah Tanah Cawan (gr)	24.76	29.7	25.85	26.96	27.7
Berat Kering Tanah Cawan (gr)	21.25	24.58	20.51	20.78	20.92
Berat Volume	1.37	1.47	1.50	1.39	1.35

Kering (gr/cm³)

Berat Air (gr)	3.51	5.12	5.34	6.18	6.78
Kadar Air (%)	16.52	20.83	26.04	29.74	32.41

Hasil dari pengujian pemadatan tanah menggunakan standart proctor test pada 5 sampel dengan penambahan air sebanyak 12%,16%,20%,24% dan 28 % diperoleh berat volume kering maksimum 1.50 gr/cm³ dan kadar air optimum senilai 26,04% . Berdasarkan gambar 6 tabel 8.1 rangkuman spesifikasi uji pemadatan (Das 1995) dapat disimpulkan bahwa sampel tanah termasuk ke dalam jenis pasir berlanau yang lepas dengan butiran bersudut (dense angular-grained silty sand) dengan berat volume kering 15 KN atau 93641,94 lb/ft³ .



Gambar 12. Grafik pemadatan (data hasil penelitian)

Pada grafik diatas, titik tertinggi pada garis lengkung menunjukkan hasil berat volume kering maksimum pada kadar air optimum .

6. Kuat geser langsung

Setelah pengujian kuat geser langsung, melakukan analisis data dengan menghitung tegangan normal sebagai berikut:

$$\sigma_1 = \frac{n_1}{L} = \frac{0.8}{31.07} = 0,025745 \text{ (Beban 800 gram)}$$

$$\sigma = \sigma_1 \times 100 = 0,025745 \times 100 = 2.5745 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{n_2}{L} = \frac{1.957}{31.07} = 0,051330 \text{ (Beban 195 gram)}$$

$$\sigma = \sigma_2 \times 100 = 0,051330 \times 100 = 5.133 \text{ kPa}$$

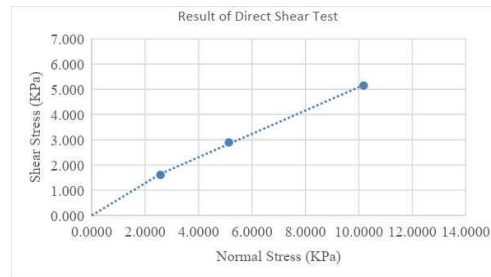
$$\sigma_3 = \frac{n_3}{L} = \frac{3.163}{31.07} = 0,10179 \text{ (Beban 3163 gram)}$$

$$\sigma = \sigma_3 \times 100 = 0,10179 \times 100 = 10.179 \text{ kPa}$$

Tabel 6. tegangan normal dan tegangan geser (data hasil penelitian)

Beban (gram)	Normal Stress (kPa)	Shear Stress at Failure
800	2.5745	1.609
1595	5.133	2.896
3163	10.179	5.149

Sehingga pada pembebanan 800 gr didapatkan tegangan normal sebesar 2,5745 Kpa dan tegangan geser sebesar 1,609 Kpa. Pada pembebanan 1595 gr didapatkan tegangan normal sebesar 5,1330 Kpa dan tegangan geser sebesar 2,8262 Kpa. Pada pembebanan 3163 gr didapatkan tegangan normal sebesar 10,179 Kpa dan tegangan geser sebesar 5,149 Kpa. Dari hasil tersebut maka dapat dibuat grafik sebagai berikut.



Gambar 13. Grafik uji geser langsung (data hasil penelitian)

Tabel 7. Parameter kuat geser (data hasil penelitian)

Parameter kuat geser	
Kohesi	0.459 Kpa
Tan ϕ	0.463
phi (rad)	0.433 rad
Sudut geser	24.837 degree

Pada data diatas didapatkan nilai kohesi sebesar 0.459 Kpa, tan(ϕ) sebesar 0.463, phi(rad) sebesar 0.433 rad, dan sudut geser sebesar 24.837 degree.

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian, tanah dari daerah Bendiljati Kulon, Kecamatan Sumbergempol Kabupaten Tulungagung diklasifikasikan menurut USCS tergolong tanah SP-SM. Tanah SP-SM termasuk tanah bergradasi buruk dan cenderung mempunyai variasi ukuran butiran yang kurang seragam, sehingga memungkinkan akan terdapat rongga yang besar dalam tanah. Menurut klasifikasi AASHTO, tanah termasuk A-2-4 yang mempunyai General Subgrade Rating Excellent to Good sehingga dapat digunakan sebagai subgrade material dalam proyek jalan raya. Pada uji batas Atterberg didapatkan nilai indeks plastisitas sebesar 0,564% sehingga tanah masuk dalam kategori slightly plastic. Tanah slightly plastic (sedikit plastis) memiliki tekstur sedikit halus dan tidak menyerap banyak air sehingga volume tidak mengalami perubahan bentuk yang besar, serta mengakibatkan tanah ini sulit untuk dipadatkan. Kemudian pada uji pemadatan didapatkan nilai berat volume kering maksimum sebesar 1,50 gr/cm pada kadar air optimum 26,04% hal ini dapat digunakan untuk rekomendasi pemadatan pada jenis tanah SP-SM. Pada uji kuat geser diperoleh nilai sudut geser sebesar 24,837° dan nilai kohesi sebesar 0,459 kPa dari nilai tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan pondasi. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi untuk proyek konstruksi di sekitar area kabupaten Tulungagung.

Daftar Pustaka

- Alonso, E. E., N. M. Pinyol, and A. Gens. 2013. "Compacted Soil Behaviour: Initial State, Structure and Constitutive Modelling." *Partial Saturation in Compacted Soils: Geotechnique Symposium in Print 2011*, 3–18. <https://doi.org/10.1680/geot.11.P.134>.
- Indrayani Indrayani. 2020. "Analisis Kuat Geser Tanah Lempung Menggunakan Kapur Dan Petrasoil." *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 8 (1): 64–68. <https://doi.org/10.32487/jtt.v8i1.807>.
- ASTM. 2000. "D4318 - 00: Standards,for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils This c of Soils, ASTM D 4318-00." *ASTM International* 04: 1–14.
- ASTM C136. 2019. "ASTM C136/C136M Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates." *ASTM Standard Book*, 3–7.
- ASTM D3080. 2003. "ASTM D 3080 - 03 Direct Shear Test of Soilds Under Consolidated Drained Conditions." *ASTM International* 04: 7. www.astm.org.

- ASTM International. 2007. "ASTM 698-07: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 Ft-Lbf/Ft³ (600 KN-m/M³))." ASTM International 3: 15. <https://www.resolutionmineeis.us/sites/default/files/references/astm-D698.pdf>.
- Andrade, F. A., H. A. Al-Qureshi, and D. Hotza. 2011. "Measuring the Plasticity of Clays: A Review." *Applied Clay Science* 51 (1–2): 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.10.028>.
- "Awards of the Institution of Civil Engineers." 1940. *Nature* 145 (3683): 852–53. <https://doi.org/10.1038/145852d0>.
- Basuki, Wahjoe Widhianto. 2007. "PENGARUH WAKTU PEMUPUKAN DAN TEKSTUR TANAH TERHADAP PRODUKTIVITAS RUMPUT Setaria Splendida Stapf." *Jurnal Tanah* 2 (13): 1–9.
- Das. 2013. "Principles of Geotechnical Engineering." *Journal of Chemical Information and Modeling* 53 (9): 1689–99.
- Das, B. M. 1995. "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik." Penerbit Erlangga, 1–300.
- Dwi, Annas. 2022. "MENGGUNAKAN USCS" 9 (3): 392–99.
- El-Shinawi, Abdelaziz. 2017. "A Comparison of Liquid Limit Values for Fine Soils: A Case Study at the North Cairo-Suez District, Egypt." *Journal of the Geological Society of India* 89 (3): 339–43. <https://doi.org/10.1007/s12594-017-0608-9>.
- Fahrriana, Nina, Yuliana Ismina, Ellida Novita Lydia, and Hendra Ariesta. 2019. "Analisis Klasifikasi Tanah Dengan Metode Uscs (Meurandeh Kota Langsa)." *Jurnal Ilmiah Jurutera* 6 (2): 005–013. <https://ejournalunsam.id/index.php/jurutera/article/view/1622/1284>.
- Gupta, Vadakattu V.S.R., and James J. Germida. 2015. "Soil Aggregation: Influence on Microbial Biomass and Implications for Biological Processes." *Soil Biology and Biochemistry* 80: A3–9. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.09.002>.
- Haigh, S. K., P. J. Vardanega, M. D. Bolton, and G. E. Barnes. 2014. "The Plastic Limit of Clays." *Geotechnique* 64 (7): 584–86. <https://doi.org/10.1680/geot.13.D.06>.
- Kemper, W. Doral, and Russell C. Rosenau. 2018. "Aggregate Stability and Size Distribution." *Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods* 1986 (9): 425–42. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c17>.
- Lee, Changho, Kyu Sun Kim, Wontaek Woo, and Woojin Lee. 2014. "Soil Stiffness Gauge (SSG) and Dynamic Cone Penetrometer (DCP) Tests for Estimating Engineering Properties of Weathered Sandy Soils in Korea." *Engineering Geology* 169: 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.11.010>
- Niazi, Fawad S., Aranzazu Pinan-Llamas, Clare Cholewa, and Colton Amstutz. 2020. "Liquid Limit Determination of Low to Medium Plasticity Indiana Soils by Hard Base Casagrande Percussion Cup vs. BS Fall-Cone Methods." *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 79 (4): 2141–58. <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01668-y>.
- Raad Al-Adhahd, Ahmed, Haider Kadhem Sakban, and Zahraa Tawfiq Naem. 2020. "Effect of Method of Soil Drying on Atterberg Limits and Soil Classification." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 739 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/739/1/012044>.
- Rehman, Hafeez Ur, Nastaran Pouladi, Mansonia Pulido-Moncada, and Emmanuel Arthur. 2020. "Repeatability and Agreement between Methods for Determining the Atterberg Limits of Fine-Grained Soils." *Soil Science Society of America Journal* 84 (1): 21–30. <https://doi.org/10.1002/saj2.20001>.
- Rembet, Reinaldo, Steeva G Rondonuwu, and Alva N Sarajar. 2021. "Analisis Kuat Geser Tanah Lempung Dengan Tambahan Fertilizer" 19 (April): 77. <https://ejournal.unsrat.ac.id/>.
- Sembiring, Natanael, and Muhammad Jafri. 2016. "Referensi 3 - 127574-ID Studi Perbandingan Uji Pemadatan Standar." *Journal Rekayasa Sipil Dan Desain (Jrsdd)* 4 (3): 371–80.

- Sharma, Binu, and Animesh Deka. 2019. Static Compaction Test and Determination of Equivalent Static Pressure. Lecture Notes in Civil Engineering. Vol. 16. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0899-4_1.
- Suparyanto dan Rosad (2015. 2020. Suparyanto Dan Rosaduy (2015 5 (3): 248–53.
- Wagner, D. P., D. S. Fanning, J. E. Foss, M. S. Patterson, and P. A. Snow. 2015. “Morphological and Mineralogical Features Related to Sulfide Oxidation under Natural and Disturbed Land Surfaces in Maryland.” Acid Sulfate Weathering, no. 5679: 109–25. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub10.c7>.
- Yusof, Zeety Md, Abdullah Mahgoob Yahya Al-Adhami, and Mohd Effendi Ewan Mohd Matore. 2022. “Compressive Strength of Stabilised Granitic Residual Soil Using Mixture of Pineapple Fibre—Hydrated Lime.” Sustainability (Switzerland) 14 (7). <https://doi.org/10.3390/su14073826>.
- Zbik, Marek S., David J. Williams, Yen Fang Song, and Chun Chieh Wang. 2015. “Smectite Clay Microstructural Behaviour on the Atterberg Limits Transition.” Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 467: 89–96. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.11.042>.