

## MENINGKATKAN BERAT VOLUME KERING TANAH VERMICULITE MENGGUNAKAN SERBUK MARMER

Hadi Santoso<sup>1</sup>, Yosef Cahyo SP<sup>2</sup>, Ahmad Ridwan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Civil Engineering Department, Kadiri University, Jl. Selomangleng 1 Kediri  
e-mail : [hadipeyek23@gmail.com](mailto:hadipeyek23@gmail.com)<sup>1</sup>, [Yosef.cs@unik-kadiri.ac.id](mailto:Yosef.cs@unik-kadiri.ac.id)<sup>2</sup>, [ahmad\\_ridwan@unik-kadiri.ac.id](mailto:ahmad_ridwan@unik-kadiri.ac.id)<sup>3</sup>.

### ABSTRAK

*Tanah lempung adalah tanah yang memiliki partikel-partikel mineral yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Tanah lempung dapat dibedakan menurut mineral penyusunnya. Vermiculite merupakan salah satu mineral lempung yang sering dijumpai pada tanah lempung dan mempunyai sifat hampir sama dengan montmorillonite yaitu banyak menyerap air yang akan mengisi rongga pori sehingga tanah akan mengembang dan berakibat kekuatannya menurun. Cara stabilitas tanah pada penelitian berikut adalah dengan menggunakan limbah serbuk marmer pada variasi penambahan 0%, 6%, 12% dan 18% pada tanah Vermiculite. Pada test uji stabilitas tanah adalah dengan menggunakan benda uji mix tanah Vermiculite dengan serbuk marmer dengan melakukan uji Berat Isi, Batas konsistensi (Atterberg Limit) dan Pemadatan Tanah (Proctor). Pada hasil penelitian struktur tanah asli dikategorikan Vermiculite dan setelah ditambah serbuk marmer pada penambahan divariasi maksimal sebesar 12%, nilai Liquid Limit naik menjadi 56% dan nilai Plastic Limit mengalami kenaikan menjadi 24,49%, sehingga index plastic dapat mengalami peningkatan menjadi 31,64%. Saat uji pemadatan dengan kondisi benda uji padat sempurna, berat volume kering tanah asli sebesar 1,508 gr/cm<sup>3</sup> dan setelah ditambahkan limbah serbuk marmer sebesar 12% mengalami peningkatan berat volume kering menjadi 1,569 gr/cm<sup>3</sup>.*

**Kata Kunci:** Tanah, Serbuk Marmer, Stabilitas Tanah, Vermiculite.

### ABSTRACT

*Clay soil is soil that has mineral particles that produce plastic properties in the soil when mixed with water. Clay soils can be distinguished according to their constituent minerals. Vermiculite is one of the clay minerals that is often found in clay soils and has almost the same properties as montmorillonite, namely it absorbs a lot of water which will fill the pore cavities so that the soil will expand and consequently its strength will decrease. The method of soil stability in the following research is to use marble powder waste at variations of the addition of 0%, 6%, 12% and 18% on Vermiculite soil. In the soil stability test, the specimens were mixed with Vermiculite soil with marble powder by testing the Fill Weight, Consistency Limit (Atterberg Limit) and Soil Compaction (Proctor). In the results of the study the original soil structure was categorized as Vermiculite and after adding marble powder to the addition of a maximum variation of 12%, the Liquid Limit value increased to 56% and the Plastic Limit value increased to 24.49%, so that the plastic index could increase to 31.64 %. During the compaction test with the condition of the specimen being perfectly solid, the dry volume weight of the original soil was 1.508 gr/cm<sup>3</sup> and after adding 12% marble powder waste, the dry volume weight increased to 1,569 gr/cm<sup>3</sup>.*

**Keywords :** Soil, Marble Powder, Soil Stability, Vermiculite.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam ilmu teknik sipil, keamanan sebuah bangunan sangat ditentukan oleh kekuatan strukturnya, baik struktur atas (upper structure) dan struktur bawah (base structure). [1]. Fungsi dari tanah itu sendiri adalah sebagai media pijakan inti dari sebuah bangunan [2] dan pemikul beban dari kolom yang kemudian menyalurkannya ke lapisan tanah keras [3]. Dengan demikian diharapkan struktur tanah harus kompeten di dalam setiap fungsinya. Lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut tinggi apabila terjadi perubahan kadar air [4]. Menurut E. Bowless dijelaskan bahwa Lempung bersifat plastis pada kadar air sedang, dalam keadaan kering lempung sangat keras dan tidak mudah dikelupas hanya dengan jari [2], [5], untuk itu upaya guna stabilitas tanah diperlukan untuk mencapai struktur tanah lebih konsisten [6] [7] [8][9] [10], Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara mekanik yaitu dengan pemadatan menggunakan energi mekanik untuk menghasilkan pemampatan partikel, atau secara kimiawi yaitu dengan mencampur tanah asli dengan bahan tambah tertentu, [4]. Dalam paper berikut ini upaya penelitian yang dilakukan adalah dengan menstabilisasi jenis tanah Vermiculite menggunakan kombinasi serbuk kaca dengan variasi 0%, 6%, 12%, dan 18% [11] [12] [13] [14][15] [16]. Serbuk marmer adalah limbah dari penambangan batu marmer yang tidak terpakai dan telah mengalami proses penumbukan sehingga menjadi butiran-butiran halus (tepung) [17]. sehingga dapat digunakan sebagai media material stabilisasi tanah berjenis Vermiculite dalam penelitian paper yang berjudul *MENINGKATKAN BERAT VOLUME KERING TANAH VERMICULITE MENGGUNAKAN SERBUK MARMER* dengan menggunakan pengujian klasifikasi tanah, batas konsistensi tanah dan pemadatan tanah.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 MATERIAL

#### A. Tanah Lempung

Faktor tingkat dehidrasi struktur tanah lempung sangat berimbang pada sifat mekanik tanah lempung, sedangkan “Kondisi secara umum kadar air pada tanah berubah – ubah dari keadaan jenuh”, [18]. Struktur tanah yang akan digunakan sebagai media percobaan adalah struktur tanah lempung yang nilai stabilitasnya rendah dan bersifat Vermiculite.

### B. Air

“Zat kimia ini merupakan sebuah zat pelarut yang penting, memiliki kemampuan untuk melarutkan zat kimia lainya”, [19] [5]. Air akan dipergunakan sebagai media pelarut dalam pengujian berikut ini, serta didapat dari saluran air bersih laboratorium teknik sipil Universitas Kadiri.

### C. Serbuk Marmer

Bahan pendukung yang digunakan sebagai stabilisator tanah dalam penelitian berikut adalah serbuk marmer yang berasal dari limbah penambangan batu marmer di wilayah Tulungagung. Kombinasi Serbuk marmer yang akan digunakan dalam stabilitas tanah bervariasi pada jumlah 0%, 6%, 12%, dan 18% dari berat total benda uji.

## 2.2 Uji Klasifikasi Tanah

Uji klasifikasi tanah dalam pengujian berikut ini adalah dengan melakukan uji gradasi butiran struktur tanah asli yang digunakan untuk, mengetahui jenis sifat tanah asli sebagai media pengujian, [20], adapun langkah yang dilakukan pada pengujian klasifikasi tanah adalah sebagai berikut :[1] Keringkan sampel Tanah pada suhu 200° C selama 12 jam hingga kering udara. [2] Ambil sampel tanah secara random sebanyak 1000 gr. [3] Ayak Tanah dengan ukuran 256 mm–0,0625 mm & <0,0625 gunakan hydrometer. [4] Letakkan di mesin penggoyang secara bertahap selama 5 menit urutkan dari yang terbesar. [5] Hitung berat tertahan pada setiap ayakan.

## 2.3 Uji Konsistensi Tanah

Pengujian konsistensi tanah dilakukan guna, menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair dan tingkat plastis maksimal, [20]. Pada pengujian ini terdapat 2 pokok pengujian, yaitu uji Liquid limit dan Plastic limit dengan metode pengujian sebagai berikut : [1] Liquid limit, Letakkan 200 gram benda uji kering di atas mangkuk kaca, tambahkan air suling, lalu aduk sampai merata atau homogen. Aturilah tinggi jatuh cawan 5 mm dengan memutar sekrup yang tercatat di belakang alat liquid limit (cassagrande). Bagi Tanah menjadi 4 bagian dan masukkan kedalam cawan monel cassagrande per bagian serta ratakan hingga sejajar dengan dasar alat liquid limit. Tekan grooving tool pada benda uji sepanjang diameternya dan grooving tool harus berkedudukan horizontal

tegak lurus pada permukaan cawan cassagrande, dan ujung groovinging tersebut harus tidak lebih dari 1,5 cm tebalnya. Putar handlenya 2 kali hingga kedua belahan benda uji bersatu sepanjang 13 mm. Catat perhitungan sebagai number of blows (jumlah ketukan). Jaga ke 4 pengujian untuk mendekati 25 ketukan, bila jumlah ketukan <25 maka benda uji kurang air atau jika >25 ketukan maka benda uji terlalu banyak air. Ambil sebagian benda uji pada bagian yang menyatu, masukkan kedalam container untuk dikeringkan (oven) dan hitung kadar airnya.

## [2] Plastic Limit

- a. Gunakan tanah dengan lolos ayakan no. 40 sebanyak  $\pm 20$  gram dan jumlah variasi formula mix tanah dengan serbuk marmer, letakkan di atas mangkuk porselen dan aduk sampai merata kadar airnya.
- b. Buatlah bola kelereng berdiameter 1 cm.
- c. Giling diatas pelat kaca. Penggilingan dengan telapak tangan dengan kecepatan 80 – 90 gilingan per menit sampai membentuk batang lidi diameter 3 mm.
- d. Sampel yang tepat bila pada diameter 3 mm telah keadan retak-retak rambut.
- e. Ambil hingga 4 sampel pengujian tentukan kadar airnya.

## 2.4 Uji Kepadatan Tanah (Proctor)

Maksud dari uji proctor adalah, menaikkan kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara dan tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti, [21]. Adapun langkahnya sebagai berikut :

- [1] Hitung berat dan volume mold proctor dengan jangka sorong & tentukan nilainya.
- [2] Masukkan sedikit – demi sedikit benda uji kedalam mold proctor hingga menjadi 3 layer dengan setiap layer dilakukan penumbukan sebanyak 25 x tumbukan.
- [3] Lakukan perataan permukaan benda uji dan Hitung kembali berat mold proctor ketika terisi benda uji.
- [4] Keluarkan benda uji dari mold proctor dan tentukan kadar airnya dengan oven.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Uji gradasi

Hasil pengujian gradasi tanah dapat disajikan dalam tabel berikut ini :

**TABEL 3.1** ANALISIS GRADASI BUTIR STRUKTUR TANAH ASLI

JENIS PARTIKEL		DIAMETER (mm)	JUMLAH	
			(gr)	(%)
KERIKIL (GRAVEL)	Builders	>256	0	0
	Cobbles	64 - 256		
	Pebbles	4 - 64		
	Granules	2 - 4		
PASIR (SAND)	Very coarse sand	1 - 2	3	0,3
	Coarse sand	0,5 - 1	29	2,9
	Medium sand	0,25 - 0,5	40	4
	Fine Sand	0,125 - 0,25	51	5,1
	Very fine Sand	0,0625 - 0,125	74	7,4
LANAU (SILT)		0,002 - 0,0624	546	54,6
LEMPUNG (CLAY)		<0,002 (MICRO)	257	25,7
TOTAL			1000	100

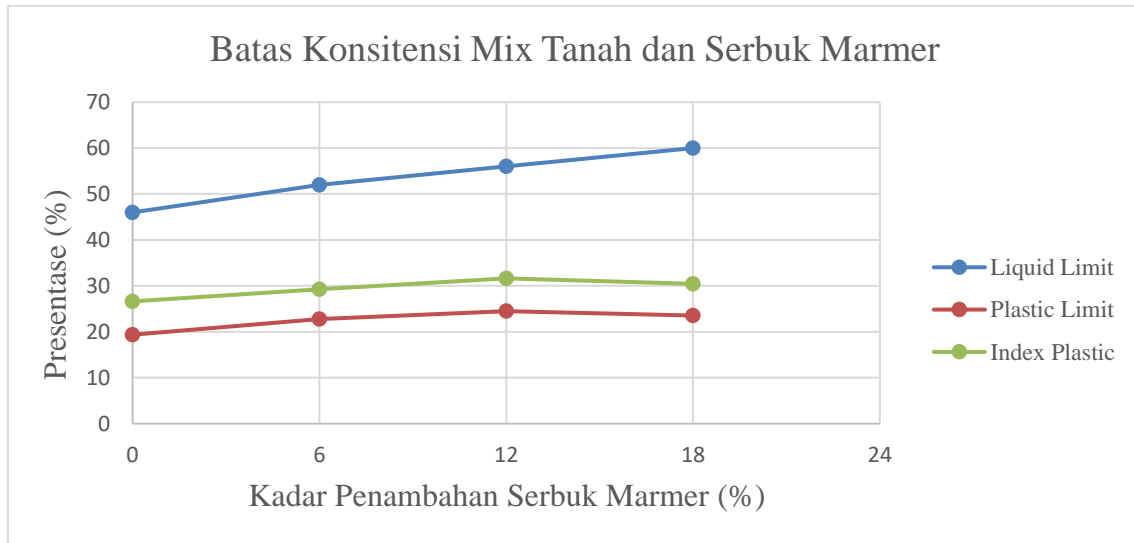
Sumber : Hasil Analisis Uji Gradasi Butir di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiiri

#### 3.2. Uji Konsistensi Tanah

Hasil pengujian ini dapat disajikan dalam tabel dan grafik berikut ini :

**TABEL 3.2** Nilai pengujian batas konsistensi tanah

Kadar Serbuk Marmer (%)	Nilai Liquid Limit (%)	Nilai Plastic Limit (%)	Index Plastic (%)
0	46	19,37	26,63
6	52	22,75	29,25
12	56	24,49	31,64
18	60	23,56	30,44



Sumber : Hasil Analisis Uji Batas Konsistensi Keseluruhan Benda Uji Mix Tanah dan Serbuk Marmer di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri

**Gambar 3.1.** Grafik nilai batas konsistensi

Dari penelitian dan perhitungan uji konsistensi, Pada indeks plastisitas dengan penambahan 0% serbuk marmer memiliki persentase sejumlah 26,63% dan persentase fraksi gradasi tanah < 0,002 mm sebesar 25,7%, maka sampel tanah yang memiliki nilai aktivitas  $36,63 : 25,7 = 1,42$  disimpulkan masuk ketegori jenis mineral lempung Vermiculite dan pada perbaikan tanah dengan kombinasi serbuk marmer sebesar 12% menunjukkan nilai index plastic struktur tanah konsisten optimal sebesar 31,64%.

### 3.3. Uji Pemadatan Tanah

Hasil pengujian pemadatan tanah (proctor) disajikan dalam tabel dan gambar grafik berikut ini :

**Tabel 3.3** Nilai Uji Proctor Struktur Tanah Asli (*Vermiculite*).

Benda Uji	1	2	3	4
BERAT CETAKAN (gr)	1678	1678	1678	1678
BERAT TANAH BASAH+CETAKAN (gr)	3120	3157	3198	3310
BERAT TANAH BASAH (W) (gr)	1442	1479	1520	1632
BERAT TANAH KERING OVEN (Ws) (gr)	1274	1289	1293	1335
BERAT AIR (Ww)= W-Ws (gr)	168	190	227	297
Kadar Air (Wc) = Ww/Ws*100 (%)	13%	15%	18%	22%
VOLUME CETAKAN (V)= $\pi.r^2 \cdot T$ (cm <sup>3</sup> )	882.48	883.48	884.48	885.48
BERAT VOLUME BASAH ( $\gamma$ ) = W/V (gr/cm <sup>3</sup> )	1.634	1.674	1.719	1.843
BERAT VOLUME KERING ( $\gamma_d$ ) = Ws/V (gr/cm <sup>3</sup> )	1.444	1.459	1.462	1.508

Sumber : Data Diolah

Pengujian proctor pada benda uji struktur tanah asli menunjukkan nilai optimum  $\gamma_d$  sebesar 1,508 pada kadar air 22%.

**Tabel 3.4** Uji Proctor Kombinasi Tanah Dengan 6% Serbuk Marmer.

Benda Uji	1	2	3	4
BERAT CETAKAN (gr)	1678	1678	1678	1678
BERAT TANAH BASAH+CETAKAN (gr)	3302	3239	3317	3196
BERAT TANAH BASAH (W) (gr)	1624	1561	1639	1518
BERAT TANAH KERING OVEN (Ws) (gr)	1296	1329	1349	1315
BERAT AIR ( $W_w$ ) = $W - W_s$ (gr)	328	232	290	203
Kadar Air ( $W_c$ ) = $W_w/W_s * 100$ (%)	25%	17%	21%	15%
VOLUME CETAKAN ( $V$ ) = $\pi \cdot r^2 \cdot T$ (cm <sup>3</sup> )	882.48	883.48	884.48	885.48
BERAT VOLUME BASAH ( $\gamma$ ) = $W/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.840	1.767	1.853	1.714
BERAT VOLUME KERING ( $\gamma_d$ ) = $W_s/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.469	1.504	1.525	1.485

Sumber : Data Diolah

Pengujian proctor pada benda uji kombinasi struktur tanah dengan 6% serbuk marmer menunjukkan nilai optimum  $\gamma_d$  sebesar 1,525 pada kadar air sejumlah 21%.

**Tabel 3.4** Uji Proctor Kombinasi Tanah Dengan 12% Serbuk Marmer.

Benda Uji	1	2	3	4
BERAT CETAKAN (gr)	1678	1678	1678	1678
BERAT TANAH BASAH+CETAKAN (gr)	3255	3240	3260	3211
BERAT TANAH BASAH (W) (gr)	1577	1562	1582	1533
BERAT TANAH KERING OVEN (Ws) (gr)	1311	1362	1388	1323
BERAT AIR ( $W_w$ ) = $W - W_s$ (gr)	266	200	194	210
Kadar Air ( $W_c$ ) = $W_w/W_s * 100$ (%)	20%	15%	14%	16%
VOLUME CETAKAN ( $V$ ) = $\pi \cdot r^2 \cdot T$ (cm <sup>3</sup> )	882.48	883.48	884.48	885.48
BERAT VOLUME BASAH ( $\gamma$ ) = $W/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.787	1.768	1.789	1.731
BERAT VOLUME KERING ( $\gamma_d$ ) = $W_s/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.486	1.542	1.569	1.494

Sumber : Data Diolah

Pengujian proctor pada benda uji kombinasi struktur tanah dengan 12% serbuk marmer menunjukkan nilai optimum  $\gamma_d$  sebesar 1,569 pada kadar air 14%.

**Tabel 3.4** Uji Proctor Kombinasi Tanah Dengan 18% Serbuk Marmer.

Benda Uji	1	2	3	4
BERAT CETAKAN (gr)	1678	1678	1678	1678
BERAT TANAH BASAH+CETAKAN (gr)	3323	3285	3302	3176
BERAT TANAH BASAH (W) (gr)	1645	1607	1624	1498
BERAT TANAH KERING OVEN (Ws) (gr)	1252	1346	1275	1334
BERAT AIR ( $W_w$ ) = $W - W_s$ (gr)	393	261	349	164
Kadar Air ( $W_c$ ) = $W_w/W_s * 100$ (%)	31%	19%	27%	12%
VOLUME CETAKAN ( $V$ ) = $\pi \cdot r^2 \cdot T$ (cm <sup>3</sup> )	882.48	883.48	884.48	885.48
BERAT VOLUME BASAH ( $\gamma$ ) = $W/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.864	1.819	1.836	1.692
BERAT VOLUME KERING ( $\gamma_d$ ) = $W_s/V$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.419	1.524	1.442	1.507

Sumber : Data Diolah

Pengujian proctor pada benda uji kombinasi struktur tanah dengan 18% serbuk marmer menunjukkan nilai optimum  $\gamma_d$  sebesar 1,524 pada kadar air 19%.

#### **4. KESIMPULAN**

Pada perhitungan Index Plastic terbesar adalah pada benda uji tanah asli dengan penambahan serbuk marmer sejumlah 12% yang memiliki nilai index plastic sebesar 31,64%. Pada pengujian pemadatan tanah, kadar variasi optimum benda uji adalah dengan penambahan serbuk marmer sebesar 12%. Yakni memiliki nilai berat volume kering ( $\gamma_d$ ) sebesar 1,569 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai tersebut merupakan nilai kepadatan diatas rata – rata pengujian jika dibanding dengan benda uji yang lainnya.

#### **5. SARAN**

Dengan acuan pada batasan masalah yang tidak memperhitungkan nilai ekonomis dalam pengaplikasian, sebagai praktisi maupun aplikator dalam pengerjaan suatu kegiatan diharapkan selalu memperhitungkan segala resiko pembiayaan.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu setulus hati penulis untuk menyusun laporan penelitian berikut ini terutama kepada Bapak Dr. Ahmad Ridwan, SE., ST., MT. dan Bapak Yosef Cahyo SP., ST., MT., M.Eng. sebagai pembimbing utama penulis.



**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] H. Wahyudiono, “PERENCANAAN PONDASI BORE PILE PADA PROYEK JEMBATAN NGUJANG II KAB.TULUNGAGUNG,” *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i1.356.
- [2] A. I. Candra, “STUDI KASUS STABILITAS STRUKTUR TANAH LEMPUNG PADA JALAN TOTOK KEROT KEDIRI MENGGUNAKAN LIMBAH KERTAS,” *UKaRsT*, vol. 2, no. 2, p. 11, 2018, doi: 10.30737/ukarst.v2i2.255.
- [3] T. Pancang, “Perencanaan pondasi tiang pancang,” pp. 1–9.
- [4] A. Susanto, “PENGARUH STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN ASPAL EMULSI Klasifikasi tanah,” vol. 3, no. KoNTekS 3, pp. 6–7, 2009.
- [5] Das Braja M, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, vol. 1. Erlangga, 1988.
- [6] A. I. Candra, S. Anam, Z. B. Mahardana, and A. D. Cahyono, “e ISSN 2581-0855 STUDI KASUS STABILITAS STRUKTUR TANAH LEMPUNG,” vol. 2, no. 2, pp. 88–97, 2018.
- [7] P. Jurnal and T. Sipil, “Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Penambahan Limbah Sawit Terhadap Nilai California Bearing Ratio,” vol. 9, no. 2, 2013.
- [8] D. Leon, “UNIVERSITAS DIPONEGORO STABILITAS TEBING PADA PROYEK JALAN TOL SEMARANG - CLIFF STABILITY IN TOLL ROAD PROJECT SEMARANG -,” pp. 6–8, 2011.
- [9] G. M. E. Sompie, O. B. A. Sompie, and S. Rondonuwu, “Analisis Stabilitas Tanah dengan Model Material Mohr Coulomb dan Soft Soil,” *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 10, pp. 783–792, 2018.
- [10] S. Miskah, L. Suhirman, and H. R. Ramadhona, “Pembuatan Biobriket Dari Campuran Arang Kulit Kacang Tanah Dan Arang Ampas Tebu Dengan Aditif Kmno 4,” *J. Tek. Kim.*, vol. 20, no. 3, pp. 12–21, 2014.
- [11] D. P. Ekananta, *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember*, vol. 1, no. 3. 2018.
- [12] D. Ilmu, D. A. N. Teknologi, and F. T. Pertanian, “Formulasi dan efektivitas sabun cair penyanyitasi dengan ekstrak ampas kopi dalam menghambat pertumbuhan,” 2017.
- [13] H. P. Rekso Ajiono, “KOMBINASI ABU DAUN Fakultas Teknik Universitas

- Kadiri,” vol. 3, no. 2, pp. 103–112, 2019.
- [14] R. Suhariyanto, E. Purwanti, D. Setyawan, F. Hardian, and A. Fauzi, “Kemampuan absorben arang aktif ampas kopi dalam mengurangi kadar limbah industri laundry,” pp. 234–251, 2020.
- [15] R. Yuliet, “Identifikasi Tanah Lempung Kota Padang Berdasarkan Uji Klasifikasi Teknik Dan Uji Batas-Batas Konsistensi Atterberg,” *J. Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 2, p. 19, 2010, doi: 10.25077/jrs.6.2.19-30.2010.
- [16] W. Darmawan, A. Rachmansyah, and Y. Zaika, “Perubahan Stabilitas Tanah Akibat Penambahan Kapur, Semen, dan Fly Ash pada Tanah Lunak Proyek Tol Gempol-Pasuruan,” *J. Tek. Sipil UB*, no. c.
- [17] S. P. R. Wardani, M. Muhrozi, A. R. A. Setiaji, and D. R. Riwu, “Stabilisasi Tanah Ekspansive dengan Menggunakan Tanah Putih untuk Tanah Dasar di Daerah Godong Kabupaten Grobogan Jawa Tengah,” *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 24, no. 1, p. 1, 2018, doi: 10.14710/mkts.v24i1.16275.
- [18] Y. C. S. Poernomo, *Pengukuran kadar air tanah menggunakan gypsum block*, vol. 2, no. 1. 2008.
- [19] E. Siswanto, “Penambahan Fly Ash Dan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuatan Beton,” *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 48, 2019, doi: 10.30737/ukarst.v3i1.352.
- [20] A. Khanif, “STABILITAS TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN LIMBAH PADAT PABRIK KERTAS TERHADAP KUAT GESER TANAH,” 2008.
- [21] M. R. Abdurrozak *et al.*, “STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM,” vol. XXII, no. 2, pp. 416–424, 2017.