

PROSIDING SEMINAR NASIONAL SAINSTEK VII 2025

“Inovasi Teknologi untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Berbasis *Green Economy* dan *Blue Economy* di Wilayah 3T
”Universitas Nusa Cendana Kupang

INOVASI GEOTEKNIK BERBASIS ABU VULKANIK GUNA MENINGKATKAN KEKUATAN GESEN LEMPUNG BOBONARO SECARA RAMAH LINGKUNGAN

*Environmentally Friendly Volcanic Ash-Based Geotechnical Innovation for Improving
the Shear Strength of Bobonaro Clay*

Elsy Elisabet Hangge¹⁾, Dedi Imanuel Pau²⁾, Elisabeth M.G.D.S. Belo³⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil/Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

²⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil/Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Nipa
Sikka, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

³⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil/Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

¹⁾e-mail: elsy@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Stabilisasi tanah menjadi salah satu tantangan utama dalam teknik sipil, terutama di wilayah dengan jenis tanah lempung berplastisitas tinggi serta memiliki daya dukung dan kuat geser yang rendah. Salah satu contohnya adalah tanah Lempung Bobonaro di Kabupaten Kupang, yang tergolong lempung ekspansif dan mengalami perubahan volume akibat variasi kadar air. Oleh karena itu, dibutuhkan metode stabilisasi yang tidak hanya efektif, tetapi juga ramah lingkungan. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan abu vulkanik sebagai bahan tambahan, karena dinilai mampu meningkatkan sifat geoteknik tanah secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan abu vulkanik terhadap kekuatan geser tanah Lempung Bobonaro. Metode yang digunakan adalah eksperimental, dengan mencampurkan abu vulkanik ke dalam tanah asli dalam variasi 0% (TA), 10% (V1), 20% (V2), dan 30% (V3) berdasarkan berat kering tanah. Pengujian meliputi analisis sifat fisik dan mekanik tanah, khususnya uji triaksial tak terkonsolidasi tak terdrainase (UU) setelah pemeraman selama 7 hari. Berdasarkan hasil klasifikasi, tanah Lempung Bobonaro termasuk dalam kelompok A-7-6 menurut AASHTO dan CH berdasarkan USCS. Penambahan abu vulkanik menyebabkan penurunan berat jenis, batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, fraksi halus, dan kadar air optimum, serta peningkatan batas susut dan berat volume kering. Selain itu, kohesi menurun, sementara sudut geser dalam meningkat, menghasilkan peningkatan kuat geser sebesar 1,22 hingga 2,04 kali dibanding tanah asli. Hasil ini menunjukkan bahwa stabilisasi dengan abu vulkanik efektif dalam memperbaiki kekuatan tanah.

Kata Kunci: Stabilisasi, Tanah Liat Bobonaro, Abu Vulkanik, Kuat Geser.

ABSTRACT

Soil stabilization is a key challenge in civil engineering, especially in areas with clay soils that have high plasticity and low bearing capacity and shear strength. One example is Bobonaro clay in Kupang Regency, classified as expansive clay, which undergoes volume changes due to moisture fluctuations. Therefore, an effective and environmentally friendly stabilization method is necessary. A promising approach is the use of volcanic ash as an additive, as it can enhance soil geotechnical properties in a sustainable manner. This study aims to examine the effect of volcanic ash addition on the shear strength of Bobonaro clay. The experimental method involved mixing volcanic ash into native soil at 0% (TA), 10% (V1), 20% (V2), and 30% (V3) by dry weight of the soil. Tests included the analysis of physical and

mechanical properties, particularly the unconsolidated undrained triaxial (UU) test after 7 days of curing. Based on classification results, Bobonaro clay is categorized as A-7-6 (AASHTO) and CH (USCS). The addition of volcanic ash caused a decrease in specific gravity, liquid limit, plastic limit, plasticity index, fine fraction, and optimum moisture content, while shrinkage limit and dry unit weight increased. Additionally, cohesion decreased, while the internal friction angle increased, resulting in a shear strength increase of 1.22 to 2.04 times compared to the original soil. These results suggest that stabilization with volcanic ash effectively improves soil strength.

Keywords: *Stabilization, Bobonaro Clay, Volcanic Ash, Shear Strength.*

PENDAHULUAN

Lempung Bobonaro adalah jenis lempung ekspansif yang memiliki sifat kembang susut yang tinggi akibat perubahan kadar air. Pada kondisi kering, tanah ini menjadi sangat keras, sementara saat basah akan mengembang. Lempung Bobonaro juga rentan terhadap perubahan volume karena pengaruh kelembaban dan air, yang menyebabkan daya dukungnya menjadi rendah (Saleh & Fitra, 2022: 1), (Latif dkk., 2017: 67), (Hangge & Hunggurami, 2011: 375). Sifat-sifat ini menimbulkan berbagai masalah dalam konstruksi teknik sipil, salah satunya adalah penurunan kuat geser tanah saat kondisi jenuh air, sehingga tanah ini tidak mampu menahan beban yang diterapkan pada suatu konstruksi. Kuat geser tanah merupakan salah satu faktor krusial dalam merancang struktur, karena kuat geser memberikan informasi tentang kemampuan tanah dalam menahan tegangan geser akibat beban yang diberikan, seperti pada perkerasan jalan. Kuat geser tanah juga menjadi faktor kunci dalam menyelesaikan masalah geoteknik, seperti perancangan pondasi, perhitungan tekanan tanah lateral, analisis kestabilan lereng, dan lainnya. Tanpa kekuatan geser yang memadai, tanah akan mengalami pergeseran atau keruntuhan, misalnya dalam peristiwa kelongsoran lereng. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah pada lempung Bobonaro adalah dengan melakukan stabilisasi tanah sebelum digunakan sebagai tanah dasar (Fernandez, 2017:1), (Lengkong dkk., 2013: 358).

Terdapat sejumlah wilayah di Kabupaten Kupang yang menghadapi permasalahan terkait tanah ekspansif, salah satunya berada di Jl. Timor Raya No. Km 21, Desa Oebelo, Kecamatan Kupang Tengah, Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan hasil uji XRD dalam penelitian oleh Hangge dkk., (2024), diketahui bahwa tanah lempung di Desa Oebelo memiliki kandungan mineral montmorillonite yang tinggi, yaitu mencapai 45,4%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah lempung di wilayah tersebut tergolong sebagai tanah ekspansif. Selain itu, (Bella,dkk., 2015) juga mengamati berbagai bentuk kerusakan pada rumah-rumah penduduk di Desa Oebelo, seperti retak dan pecah pada dinding, lantai, serta

sambungan antara kolom dan dinding. Kerusakan tersebut disebabkan oleh sifat kembang susut dari tanah ekspansif dengan potensi pengembangan yang tinggi. Oleh karena itu, tanah di Desa Oebelo memerlukan tindakan stabilisasi.

Stabilisasi tanah merupakan upaya untuk memperbaiki karakteristik tanah agar memenuhi persyaratan teknis dalam pembangunan konstruksi. Secara umum, metode stabilisasi tanah dibagi menjadi tiga, yaitu stabilisasi mekanik, fisis, dan kimia. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah stabilisasi kimia, yaitu dengan menambahkan abu vulkanik. Abu vulkanik dipilih karena memiliki sifat pozzolan yang dapat meningkatkan daya dukung serta kekuatan geser tanah lempung Bobonaro. Selain itu, abu vulkanik juga masih tergolong sebagai limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Abu yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari erupsi Gunung Lewotobi, sebagaimana dijelaskan oleh (Soehardi dkk., 2017:56) dan (Latif dkk., 2017: 69).

Gunung Lewotobi Laki-laki, yang berlokasi di Kabupaten Flores Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur, merupakan salah satu gunung api aktif di Indonesia. Gunung ini berada pada koordinat -8.5389° LU dan 122.7682° BT, dengan ketinggian mencapai 1.584 meter di atas permukaan laut. Status aktivitas vulkaniknya berada di level II (waspada) sejak 17 Desember 2023. Pada awal tahun 2024, aktivitas erupsi meningkat, dengan letusan yang mengeluarkan abu setinggi 300 meter dari puncak gunung. Aktivitas vulkanik yang berkelanjutan menyebabkan statusnya dinaikkan ke level IV (awas) pada 9 Januari 2024. Setelah melalui evaluasi visual dan instrumental, statusnya diturunkan kembali ke level III (siaga) mulai 29 Januari 2024. Erupsi yang terjadi menunjukkan volume material vulkanik, khususnya abu, yang cukup besar. Maka dari itu, diperlukan perhatian khusus terhadap pengelolaan abu vulkanik tersebut untuk menghindari penumpukan material.

Melihat permasalahan ini, penulis terdorong untuk melakukan eksperimen dengan memanfaatkan abu vulkanik Gunung Lewotobi sebagai bahan stabilisasi tanah dasar Lempung Bobonaro yang terdapat di Jl. Timor Raya No. Km 21, Desa Oebelo, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Tujuannya adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh abu vulkanik tersebut terhadap peningkatan kuat geser tanah Lempung Bobonaro, sehingga dapat membantu mengurangi kerusakan pada struktur bangunan yang berdiri di atasnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi satu set saringan standar

ASTM 422-63 dan hidrometer ASTM D 442-63, alat ukur gravitasi khusus ASTM D 854-02, perangkat untuk uji batas konsistensi tanah sesuai ASTM D 4318-00 dan D 427-04, alat pemadatan standar ASTM D 698-00, serta alat uji triaksial unconsolidated undrained (UU) dengan standar ASTM D-2850-95. Selain itu, digunakan juga peralatan pendukung seperti cawan, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram, oven listrik, piknometer, termometer, dan kompor listrik.

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tanah Lempung Bobonaro yang diambil dari lokasi di Jl. Timor Raya No. Km 21, Desa Oebelo, Kecamatan Kupang Tengah, Kabupaten Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur, serta abu vulkanik yang digunakan sebagai bahan stabilisasi dan berasal dari Desa Boru, Kecamatan Wulanggitang, Kabupaten Flores Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Hasil uji X-Ray Fluorescence (XRF) yang dilakukan di PT. Superintending Company of Indonesia menunjukkan bahwa abu vulkanik dari Gunung Lewotobi mengandung unsur silika (SiO_2) sebesar 60%, menjadikannya unsur dominan dalam material tersebut. Menurut penelitian (Triputro & Rahayu, 2016: 77), abu vulkanik dengan kandungan silika tinggi berpotensi meningkatkan kualitas tanah yang memiliki sifat kurang baik.

Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan pengambilan sampel tanah yang dilakukan pada kedalaman 50 cm dari permukaan dan berjarak sekitar ± 15 meter dari bahu jalan. Pemilihan tanah Lempung Bobonaro sebagai bahan penelitian didasarkan pada hasil analisis XRD yang mengindikasikan kandungan mineral montmorillonite sebesar 45,4%. Kandungan tersebut menunjukkan bahwa tanah di lokasi ini tergolong dalam kategori tanah ekspansif, dengan karakteristik mudah mengembang dan menyusut akibat perubahan kadar air, sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada bangunan di atasnya (Hangge dkk., 2024: 10).

Metode yang digunakan adalah eksperimental, dimulai dengan penjemuran tanah di bawah sinar matahari selama 5 hingga 6 hari. Tanah yang telah kering kemudian dihancurkan dan diayak dengan saringan nomor 4, 10, dan 40. Kemudian tanah dicampur dengan abu vulkanik Gunung Lewotobi dalam berbagai variasi: 0% (TA), 10% (V1), 20% (V2), dan 30% (V3) berdasarkan berat kering tanah asli. Campuran yang dihasilkan disebut sebagai tanah yang telah distabilisasi dan kemudian diuji sifat fisik dan mekaniknya, termasuk uji utama yaitu triaxial unconsolidated undrained.

Pada pengujian triaxial UU, sampel tanah dicetak dalam cetakan triaxial berdiameter

3,55 cm dan tinggi 7 cm. Sebanyak tiga sampel diuji dengan tiga tekanan sel berbeda: 0,1 kg/cm², 0,2 kg/cm², dan 0,3 kg/cm², yang dipilih berdasarkan tekanan overburden tanah asli. Selanjutnya, sampel yang telah dicetak direndam selama 0 hari (untuk tanah asli/TA) dan selama 7 hari untuk tanah stabilisasi (V1, V2, dan V3). Masing-masing sampel uji ditempatkan di dalam lapisan karet tipis sebagai pelindung, kemudian ditempatkan dalam silinder kaca alat triaxial yang telah diisi air destilasi hingga meluap. Setelah itu, tekanan sel dinaikkan sesuai nilai yang ditentukan, dan hasil pengujian dicatat. Selanjutnya, nilai kuat geser dihitung menggunakan rumus dari Coulomb (1776):

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

Dengan:

τ = Kuat geser tanah (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

ϕ = Sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (derajat)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Prodi Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, data yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Asli dan Tanah yang Distabilisasi

Pengujian	Tanah Asli	V1	V2	V3
Kadar air (w, %)	39,24	-	-	-
Berat jenis spesifik (<i>specific gravity</i>)	2,67	2,53	2,48	2,33
Batas cair (LL, %)	70,50	63,14	59,56	56,66
Batas plastis (PL, %)	21,80	18,32	17,75	17,50
Batas susut (SL, %)	9,34	14,93	16,09	18,76
Indeks plastisitas (PI, %)	48,70	44,82	41,81	39,16
Butiran lolos saringan No. 200 (%)	96,33	91,82	89,67	87,95
Butiran tertahan saringan No. 200 (%)	3,67	8,18	10,33	12,05
Kadar air optimum (%)	36,27	33,49	27,52	23,82
Berat volume kering maksimum (gr/cm ³)	1,27	1,31	1,38	1,43

Mengacu pada Tabel 1, berdasarkan pendapat Darwis (2018: 33), tanah lempung Bobonaro termasuk dalam golongan tanah lempung kohesif dengan tingkat plastisitas tinggi, ditunjukkan oleh nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 48,70%, yang melebihi 17%. Menurut klasifikasi Almeyer (1955), tanah ini juga masuk dalam kategori tanah dengan potensi pengembangan yang kritis, karena batas susut (SL) yang dimilikinya hanya sebesar 9,34%,

atau kurang dari 10%. Selain itu, berdasarkan hubungan antara persen lolos saringan No. 200 dan batas cair terhadap tingkat potensi pengembangan (Darwis, 2018: 67), lempung Bobonaro tergolong sebagai tanah yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi dan bersifat kritis. Hal ini didasarkan pada nilai batas cair (LL) yang mencapai 70,50% ($>60\%$) dan persen lolos saringan No. 200 sebesar 96,33% ($>95\%$). Dalam sistem klasifikasi AASHTO, tanah Lempung Bobonaro termasuk dalam golongan tanah berbutir halus karena persentase lolos saringan No. 200 mencapai 96,33% ($>35\%$), sehingga dikelompokkan dalam klasifikasi A-7-6. Sementara itu, menurut klasifikasi USCS, dengan batas cair sebesar 70,50% dan indeks plastisitas 48,70%, tanah ini dikategorikan sebagai lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (CH).

Setelah distabilisasi menggunakan abu vulkanik dari Gunung Lewotobi, terjadi perubahan terhadap sifat fisik tanah. Beberapa parameter seperti berat jenis tanah (Gs), batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastisitas (PI), persen lolos saringan No. 200, dan kadar air optimum (wopt) mengalami penurunan. Sebaliknya, nilai batas susut (SL) dan berat volume kering maksimum (γ_{dmax}) menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase abu vulkanik yang dicampurkan, sebesar 10%, 20%, dan 30%.

Penurunan nilai Gs berturut-turut tercatat sebesar 5,24%, 7,12%, dan 12,73% dari nilai awal tanah asli. Penurunan nilai LL tercatat sebesar 10,44%, 15,52%, dan 19,63%. Nilai PL menurun masing-masing sebesar 15,96%, 18,58%, dan 19,72%, sedangkan PI menurun sebesar 7,97%, 14,15%, dan 19,59%. Untuk persen lolos saringan No. 200, penurunan terjadi sebesar 4,68%, 6,91%, dan 8,70%. Kadar air optimum (wopt) juga mengalami penurunan secara drastis, yaitu sebesar 7,66%, 24,12%, dan 34,33%. Di sisi lain, peningkatan nilai batas susut masing-masing tercatat sebesar 1,59 kali, 1,72 kali, dan 2,01 kali dari nilai awal tanah asli. Berat volume kering maksimum juga mengalami peningkatan sebesar 3,15%, 8,66%, dan 12,60% dibandingkan dengan tanah asli sebelum stabilisasi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Triaksial *unconsolidated undrained* Tanah Asli dan Tanah yang Distabilisasi

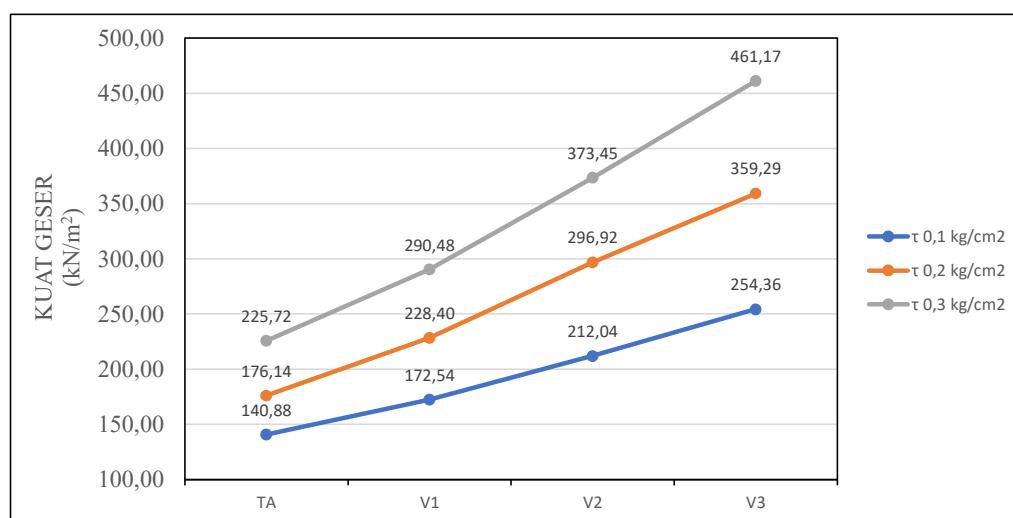
Variasi Benda Uji	Tanah Asli (TA)	Pemeraman 7 hari		
		V1	V2	V3
Kohesi (kN/m^2)	17,46	17,35	17,24	17,13
Sudut Geser Dalam ($^{\circ}$)	43,70	47,11	50,35	52,83

Mengacu pada Tabel 2, terlihat bahwa terjadi penurunan nilai kohesi dan peningkatan nilai sudut geser dalam tanah asli seiring dengan bertambahnya persentase abu vulkanik Gunung Lewotobi yang digunakan sebagai bahan stabilisasi. Penurunan nilai kohesi secara

berturut-turut tercatat sebesar 0,65%, 1,29%, dan 1,93% dibandingkan dengan kohesi tanah asli. Penurunan ini disebabkan oleh proses sementasi akibat pencampuran abu vulkanik, yang menyebabkan ukuran butiran tanah menjadi lebih besar dan mengurangi gaya kohesif antar partikel (Saraan & Rahayu, 2022: 322). Selain itu, peningkatan ukuran butiran dan reaksi pozzolan juga turut menyebabkan menurunnya nilai kohesi tanah (Zaman, 2014: 8).

Sebaliknya, nilai sudut geser dalam menunjukkan tren peningkatan, masing-masing sebesar 7,82%, 15,22%, dan 20,89% terhadap nilai sudut geser tanah asli. Kenaikan ini disebabkan oleh meningkatnya bidang kontak antar partikel sebagai akibat dari masuknya butiran abu vulkanik ke dalam pori-pori tanah. Peningkatan bidang kontak ini memperbesar gaya geser yang dapat ditahan oleh tanah, sehingga nilai sudut geser dalam pun meningkat (Suni dkk., 2023: 195).

Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap nilai kuat geser tanah asli (TA) serta tanah yang distabilisasi dengan abu vulkanik pada variasi pemeraman 7 hari (V1, V2, dan V3), dengan masing-masing diuji pada tekanan sel $0,1 \text{ kg/cm}^2$, $0,2 \text{ kg/cm}^2$, dan $0,3 \text{ kg/cm}^2$. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui dampak peningkatan tegangan total terhadap kekuatan geser tanah. Hasil lengkap dari perhitungan kuat geser tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik Nilai Kuat Geser Tanah Asli dan Pengaruh Penambahan 10%, 20% Dan 30% Abu Vulkanik Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah yang Distabilisasi

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kuat geser seiring bertambahnya variasi penambahan abu vulkanik, tekanan sel (σ_3) dan waktu pemeraman. Nilai kuat geser tanah asli untuk tekanan sel $0,1 \text{ kg/cm}^2$ sebesar $140,88 \text{ kN/m}^2$, nilai kuat geser tertinggi terjadi pada tekanan sel $0,3 \text{ kg/cm}^2$ yaitu sebesar $225,72 \text{ kN/m}^2$. Pada

pemeraman selama 7 hari, nilai kuat geser mengalami kenaikan berkisar antara 1,22 hingga 2,04 kali dari nilai kuat geser tanah asli. Peningkatan tertinggi terjadi pada variasi V3 dengan nilai 2,04 kali untuk tekanan sel (σ_3) $0,3 \text{ kg/cm}^2$. Meskipun kohesi menurun, peningkatan sudut geser dalam lebih dominan dalam meningkatkan kuat geser total. Hal ini menunjukkan bahwa tanah semakin bersifat friksional, dengan partikel-partikel yang saling mengunci lebih baik akibat pembentukan produk sementasi dari reaksi pozzolan, yang meningkatkan kekasaran permukaan dan ikatan antar partikel. Kenaikan yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa reaksi antara abu vulkanik dengan tanah Lempung Bobonaro terus berlangsung selama masa pemeraman, yang secara bertahap meningkatkan kekuatan geser tanah. Selain itu kenaikan kuat geser ini juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemeraman dan semakin tinggi variasi abu vulkanik yang digunakan, maka kuat geser tanah akan semakin meningkat. Kekuatan geser dari tanah yang distabilisasi juga meningkat seiring dengan bertambahnya waktu oleh karena terjadi reaksi pozzolan (Zaman, 2014: 3). Peningkatan kuat geser tanah juga menunjukkan kemampuan tanah yang semakin besar dalam menahan beban (Nasarani, dkk, 2019: 18). Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka penggunaan abu vulkanik sebagai bahan stabilisasi lempung ekspansif yang inovatif di bidang geoteknik karena mengurangi penggunaan kimia seperti kapur dan semen yang produksinya menghasilkan emisi karbon tinggi. Abu vulkanik tersedia secara alami setelah letusan gunung berapi sehingga penggunaannya membantu mengurangi limbah dan memanfaatkan material yang ada untuk peningkatan kuat geser tanah dalam mendukung pembangunan berkelanjutan yang ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Tanah Lempung Bobonaro dan tanah distabilisasi tergolong dalam kelompok A-7-6 menurut sistem klasifikasi AASHTO dan kelompok CH berdasarkan sistem USCS. Seiring dengan penambahan abu vulkanik Gunung Lewotobi, terjadi penurunan komposisi fraksi tanah Lempung Bobonaro dan terjadi penurunan nilai GI dari tanah asli dengan tanah hasil stabilisasi. Penurunan nilai GI menyatakan kebalikan dari kualitas tanah untuk bahan tanah dasar. Artinya, semakin kecil nilai GI maka semakin baik ketepatan dalam penggunaan tanah sebagai bahan tanah dasar. Pengaruh stabilisasi abu vulkanik Gunung Lewotobi menunjukkan terjadinya penurunan terhadap nilai berat jenis spesifik, batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, persen lolos ayakan No. 200, kadar air optimum dan kohesi terhadap tanah asli, serta peningkatan nilai batas susut, berat volume kering maksimum dan sudut gesek dalam terhadap tanah asli seiring dengan penambahan persentase abu vulkanik

Gunung Lewotobi. Berdasarkan pengujian triaksial *unconsolidated undrained* pada tanah asli, nilai kuat geser tertinggi terjadi pada tekanan sel $0,3 \text{ kg/cm}^2$ yaitu sebesar $225,72 \text{ kN/m}^2$. Kuat geser terus meningkat seiring dengan bertambahnya persentase abu vulkanik Gunung Lewotobi dan lamanya waktu pemeraman, dimana pada pemeraman 7 hari peningkatan kuat geser berkisar antara 1,22 hingga 2,04 kali dari kuat geser tanah asli. Kenaikan yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa reaksi antara abu vulkanik dengan tanah Lempung Bobonaro terus berlangsung selama masa pemeraman, yang secara bertahap meningkatkan kekuatan geser tanah. Selain itu kenaikan kuat geser ini juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemeraman dan semakin tinggi variasi abu vulkanik yang digunakan, maka kuat geser tanah akan semakin meningkat. Bertambahnya kuat geser tanah juga menunjukkan bahwa tanah semakin mampu menahan beban sehingga dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada konstruksi, sehingga abu vulkanik merupakan bahan inovatif pada bidang geoteknik sangat efektif dan efisien dalam peningkatan kuat geser tanah dan merupakan bahan alam yang bersifat pozzolan dan ramah lingkungan. Penggunaan abu vulkanik dalam stabilisasi lempung Bobonaro memberikan manfaat dalam bidang Teknik sipil khususnya geoteknik dan mengatasi permasalahan penangan limbah erupsi gunung berapi, sehingga menjaga kelestarian lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bella, R. A., Wilhelminus, B., dan Paulus, M. S. 2015. Identifikasi Kerusakan Konstruksi Akibat Potensi Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif Di Desa Oebelo. *Jurnal Teknik Sipil*. IV (2): 195-208.
- Fernandez, G. J. W. 2017. Kajian Karakteristik Lempung Bobonaro di Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Jalan-Jembatan*. 24 (3): 1-17.
- Hangge, E. E., Elia, H., dan Fransiskus, J. H. 2024 Pengaruh Kapur dan Fly Ash Pada Stabilisasi Lempung Ekspansif Terhadap Sifat Fisik-Mekanik dan Mikrostruktur. *Jurnal Vorum Teknik Sipil*. 4 (2): 1-12.
- Latif, D. O., Ahmad, R., dan Kabul, B. S. 2017. Perbaikan Sifat Mekanis Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Abu Vulkanik Sinabung dan Kapur. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN-TSP)*, 9 Februari 2017, Pekanbaru. pp. 67-75.
- Lengkong, P. C. L., Sartje, M., J. E. R. S., dan Alva, N. S. 2013. Hubungan Kuat Geser Pada Tanah Dengan Hasil Percobaan Dynamic Cone Penetrometer Pada Ruas Jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*. 1 (5): 358-367.
- Nasarani, H. W., Ahmad, R., dan Hary, C. H. 2019. Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik Pada Tanah Lunak Terhadap Modulus Geser Maksimum Berdasarkan Pengujian Triaksial U-U. *Jurnal Tekno Global*. 8 (1): 15-21.
- Saraan, F., dan Rahayu, T. 2022. Efektifitas Pemilihan Bahan Stabilisasi Untuk Tanah Lempung Ditinjau Dari Nilai Indeks Plastisitas (PI). *Buletin Utama Teknik*. 17 (3): 320-324.
- Soehardhi, F., Fadrizal, L., dan Lusi, D. P. 2017. Stabilisasi Tanah Dengan Variasi

- Penambahan Kapur Dan Waktu Pemeraman. *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil Dan Perencanaan (KN-TSP)*, 9 Februari 2017, Pekanbaru. pp. 54-60.
- Suni, A., Munirwansyah, dan Banta, C. 2023. Pengaruh Campuran Abu Vulkanik Terhadap Nilai Parameter Kuat Geser Tanah Lempung. *Journal of The Civil Engineering Student*. 5 (1): 190-196.
- Zaman, T. S. 2014. Analisis Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Dengan Stabilisasi Kapur Berdasarkan Uji Triaksial Unconsolidated Undrained. *Skripsi*. Universitas Mataram.