

STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN ABU BATU PADA TANGGUL SUNGAI AIR MANIS NEGERI LAHA MALUKU TENGAH

Muh. Khusnulsean Ilham^{1*}, Abraham Kalalimbong², Mansye Ronal Ayal³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura Ambon
Jl. Ir. M. Putuhena Rumah Tiga 97233

E-mail: khusnulilham02@gmail.com^{1*}, akalalimbong@gmail.com², manse_ronal@yahoo.com³

(*) Penulis Korespondensi

(Artikel dikirim: 24 Februari 2025, Direvisi: 3 Maret 2025, Diterima: 3 Mei 2025)

DOI: <http://dx.doi.org/10.30742/axial.v14i1.5255>

ABSTRAK: Kondisi tanah pada sungai Air Manis, berdasarkan survei di lapangan, telah mengalami gerusan tanah akibat faktor alam seperti hujan, dan aliran sungai. Karakteristik tanah bersifat labil atau ekspansif, dimana pada saat musim hujan bersifat lunak bahkan seperti lumpur dan ketika musim kemarau tanahnya menyusut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh penambahan abu batu terhadap nilai CBR Laboratorium, nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ). Tanah dari Sungai Air Manis, Negeri Laha dikategorikan sebagai tanah berbutir pasir-berlanau/kerikil berlanau. Nilai CBR Laboratorium rata – rata tanah asli sebesar 2,28% penambahan abu batu 5% nilai CBR rata – rata sebesar 2,42%, penambahan abu batu 7% nilai CBR rata – rata sebesar 2,88%, dan penambahan abu batu 10% nilai CBR rata – rata sebesar 3,02%. Nilai kohesi rata – rata tanah asli sebesar 13,502 kPa penambahan abu batu 5% rata – rata nilai kohesi sebesar 10,938 kPa, penambahan abu batu 7% rata – rata nilai kohesi sebesar 10,205 kPa, dan penambahan abu batu 10% rata – rata nilai kohesi sebesar 9,058 kPa. Nilai sudut geser rata – rata tanah asli sebesar 12,14° penambahan abu batu 5% nilai sudut geser rata – rata sebesar 14,40°, penambahan abu batu 7% nilai sudut geser rata – rata sebesar 15,32°, dan penambahan abu batu 10% nilai sudut geser rata – rata sebesar 16,76°.

KATA KUNCI : Abu Batu, Gerusan, Kohesi, Nilai CBR, Sudut Geser

ABSTRACT: The soil conditions at the Air Manis River, based on field survey observations, have experienced erosion due to natural factors such as rainfall and river flow. The soil is characterized as unstable or expansive; during the rainy season, it becomes soft and even resembles mud, while in the dry season, it shrinks. This study aims to determine the effect of adding stone ash on the laboratory CBR value, cohesion (c) value, and angle of repose (ϕ). The soil from the Air Manis River, Negeri Laha, is categorized as sandy-loam/gravelly loam soil. The average Laboratory CBR value of the original soil was 2.28%. With the addition of 5% stone ash, the average CBR value was 2.42%; with the addition of 7% stone ash, the average CBR value was 2.88%; and with the addition of 10% stone ash, the average CBR value was 3.02%. The average cohesion value of the original soil was 13.502 kPa, with an average cohesion value of 10.938 kPa when 5% stone ash was added, the addition of 7% fly ash resulted in an average cohesion value of 10.205 kPa, and the addition of 10% fly ash resulted in an average cohesion value of 9.058 kPa. The average angle of repose of the original soil was 12.14°, the addition of 5% fly ash resulted in an average angle of repose of 14.40°, the addition of 7% stone ash results in an average angle of friction of 15.32°, and the addition of 10% stone ash results in an average angle of friction of 16.76°.

KEYWORDS: Angle of Repose, CBR Value, Cohesion, Erosion, Rock Dust

1. PENDAHULUAN

Negeri laha adalah sebuah negeri adat yang berada di Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon, Provinsi Maluku. Negeri ini berperan penting sebagai area strategis karena Bandara Udara Internasional Pattimura terletak di wilayahnya. Sebagai kawasan penunjang transportasi udara, wilayah ini memerlukan sistem jaringan jalan yang memadai untuk mendukung mobilitas penumpang dan distribusi logistik. Kualitas perkerasan jalan, sistem drainase, serta manajemen lalu lintas menjadi aspek penting guna menghindari kemacetan dan genangan air, terutama mengingat curah hujan di wilayah Maluku yang relatif tinggi.

Gerusan merupakan penurunan permukaan sungai akibat erosi yang terjadi di bawah permukaan alami ataupun yang di asumsikan. Gerusan ialah proses dimana dasar sungai karena interaksi antara aliran dengan material dasar sungai (Legono, 1990). Gerusan dapat diartikan sebagai perluasan dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida. Gerusan local (local scouring) terjadi pada suatu kecepatan aliran tertentu dimana jumlah sedimen yang terbawa lebih banyak dibandingkan sedimen yang masuk. Transpor sedimen bertambah dengan meningkatnya tegangan geser sedimen, gerusan terjadi ketika perubahan

STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN ABU BATU PADA TANGGUL SUNGAI AIR MANIS NEGERI LAHA MALUKU TENGAH

(Muh. Khusnulsean Ilham, Abraham Kalalimbong, Mansye Ronal Ayal)

kondisi aliran yang mengakibatkan peningkatan tegangan geser di dasar (Laursen & Toch, 1953). Berdasarkan survei yang dilakukan, pada lokasi ruas jalan Negeri Laha – Negeri Lima memiliki kondisi tanah yang berbeda-beda, saat musim hujan tanah cenderung menjadi lunak dan pada saat musim panas tanah menjadi menyusut dan retak-retak, sehingga perlu dilakukan penyelidikan untuk mengetahui kondisi dan jenis tanah (Jumbri et al., 2025).

Saputro et al. (2020) menemukan bahwa penambahan abu batu sebagai bahan campuran terbukti mampu meningkatkan nilai CBR secara bertahap pada variasi 10%, 20%, dan 30%, dengan peningkatan tertinggi mencapai 3,00% atau sekitar 87,5% dibanding tanah asli. Selain itu, campuran abu batu meningkatkan berat isi kering maksimum dan menurunkan kadar air optimum, yang menunjukkan terjadinya perbaikan struktur tanah melalui pengisian rongga pori dan peningkatan kepadatan.

Asyifa & Umam (2016) meneliti nilai *California Bearing Ratio* (CBR) merupakan parameter utama dalam menentukan daya dukung tanah dasar (*subgrade*), di mana semakin tinggi nilai CBR maka semakin baik kemampuan tanah menahan beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi abu batu (*quarry dust*) sebagai bahan stabilisasi dapat meningkatkan nilai CBR secara signifikan pada kadar optimum, yaitu 5%, dari 22% menjadi 26,20% atau meningkat sekitar 19,01%. Peningkatan ini terjadi karena partikel halus abu batu mengisi rongga tanah dan menciptakan mekanisme interlocking antarbutir, sehingga memperbaiki kepadatan dan stabilitas tanah.

Nisa' et al. (2022) meneliti ketahanan tanah lempung di wilayah universitas kadiri dengan pengujian kuat geser langsung. Hasil yang didapatkan yaitu daya dukung tanah di daerah tersebut sangat rendah dan rawan terjadi kelongsoran, apabila difungsikan sebagai dasar perletakan konstruksi.

Aripin et al. (2022) menyatakan bahwa tanah longsor merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia dan umumnya dipicu oleh curah hujan tinggi yang meningkatkan kadar air serta tekanan air pori dalam tanah sehingga menurunkan stabilitas lereng. Oleh karena itu, diperlukan analisis stabilitas lereng melalui perhitungan faktor keamanan dengan mempertimbangkan parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Ayal (2023) meneliti pengaruh penambahan bahan stabilisasi terhadap perubahan sifat fisik dan mekanik tanah, dengan melakukan pengujian sifat fisis serta uji mekanis menggunakan variasi campuran bahan tambah. Wahyudi & Siswoyo

(2022) juga menunjukkan bahwa karakteristik dan daya dukung tanah sangat mempengaruhi kinerja struktur geoteknik, di mana peningkatan nilai CBR melalui stabilisasi tanah menggunakan semen terbukti mampu meningkatkan kekuatan dan kapasitas dukung tanah dasar secara signifikan pada kondisi tanah lempung lunak di Surabaya Barat.

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat - sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser (Hardiyatmo, 2020).

Stabilisasi tanah menjadi salah satu pendekatan yang potensial untuk memperkuat struktur tanah gerusan. Namun, penggunaan material stabilisasi konvensional seperti semen atau kapur memiliki kendala biaya tinggi. Oleh karena itu, pemanfaatan material lokal seperti abu batu dapat menjadi alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan. Material tersebut diketahui memiliki sifat pozzolanik atau pengikat alami yang mampu meningkatkan kuat geser tanah.

Pada penelitian ini dilakukan stabilisasi dengan menggunakan abu batu sebagai bahan campuran untuk bahan stabilisasi dan melihat pengaruh terhadap nilai daya dukung tanah, Kohesi (c), dan sudut geser dalam ($^\circ$) terhadap tanah di wilayah Negeri Laha, Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknik perbaikan tanah berbasis pemanfaatan abu batu, serta menunjang pembangunan infrastruktur yang aman, ekonomis, dan ramah lingkungan pada daerah Negeri Laha

2. METODE PENELITIAN

Lokasi Pengambilan sampel tanah di ambil dari Wilayah Sungai Air Manis, Negeri Laha, Maluku Tengah. Dapat dilihat titik pengambilan sampel pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel diambil dengan menggali tanah sampai kedalaman kurang lebih 0,5 meter. Abu batu yang di ambil berasal dari quarry PT. Bakung Permai Abadi, Hatu, Kec. Leihitu, Maluku

Tengah. Berikut sampel tanah dan bahan tambahan abu batu dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **3**.



Gambar 2. Sampel Tanah



Gambar 3. Sampel Abu Batu

2.1. Metode Pengumpulan Data

Data primer ialah sumber data yang diperoleh secara langsung dengan objek penelitian, seperti data pengujian sifat fisik tanah dan pengujian sifat mekanis tanah yaitu pengujian CBR Laboratorium dan pengujian geser langsung, Lokasi dari penelitian ini bertempat di Laboratorium Pengujian Tanah Politeknik Negeri Ambon. Data Sekunder ialah data yang diperoleh dari sumber yang berupa studi literatur dan studi penelitian terdahulu.

2.2. Abu Batu

Abu batu saat ini merupakan bahan hasil sampingan dalam industri pemecah batu (*stone crusher*) yang jumlahnya tidak sedikit. Saat ini abu batu tidak begitu laku untuk dijual karena pemakaian dalam industri konstruksi sudah sangat sedikit, mengingat penggunaan pasir sebagai agregat halus masih digunakan untuk campuran beton.

Abu batu juga merupakan agregat buatan. Agregat yang merupakan mineral filler atau

pengisi, diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu. Material jenis ini banyak dibutuhkan untuk campuran dalam proses pengaspalan dan bisa digunakan sebagai pengganti pasir.

2.3. CBR Laboratorium

Nilai CBR tanah dasar sangat bervariasi dan tergantung dari jenis tanah pada sebuah Lokasi yang akan dibangun sebuah konstruksi. Nilai CBR juga dipengaruhi oleh keadaan cuaca seperti turunnya hujan. Saat turun hujan air akan masuk (diresapi) ke dalam lapisan dasar tergantung pada intensitas hujan dan durasi hujan, sehingga pada suatu keadaan lapisan tanah dasar digenangi oleh hujan dan lapisan tanah dasar menjadi jenuh diakibatkan oleh genangan air tersebut. Dalam keadaan tergenang oleh air mempengaruhi penurunan nilai CBR tanah dasar yang berarti menurunkan daya dukung tanah tersebut. CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persentase. Untuk lebih jelas dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$CBR = \frac{Bt}{Bs} \times 100 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan:

Bt : Beban terkoreksi (*test load*)

Bs : Beban standar (*standard load*)

Perhitungan CBR Laboratorium mengacu pada SNI 1744-2012

2.4. Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Peralatan pengujian geser langsung yaitu kotak geser dari besi yang berfungsi sebagai wadah benda uji. Kotak geser tersebut terbagi menjadi dua bagian yang sama. Tegangan normal pada benda uji diberikan dari atas kotak geser. Gaya geser diterapkan pada setengah bagian atau dari bagian kotak geser untuk memberikan geseran pada bagian tengah-tengah benda uji (Hardiyatmo, 2024).

Menurut teori Mohr, kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan berikut ini:

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots(2.2)$$

τ : Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (kN/m^2)

σ : Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN ABU BATU PADA TANGGUL SUNGAI AIR MANIS NEGERI LAHA MALUKU TENGAH

(Muh. Khusnulsean Ilham, Abraham Kalalimbong, Mansye Ronal Ayal)

Pada pengujian yang dilakukan benda uji di beri beban 1 kg, 2 kg, dan 3 kg. pergeseran terus berlanjut hingga gaya geser menjadi stabil atau menurun, atau ketika panjang spesimen mencapai 10% dari diameternya. Dalam mencari tegangan normal dan tegangan geser dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

Tegangan normal, $\sigma = N/A$ (2.3)

Tegangan geser, $\tau = T/(1+W)$ (2.4)

Dengan:

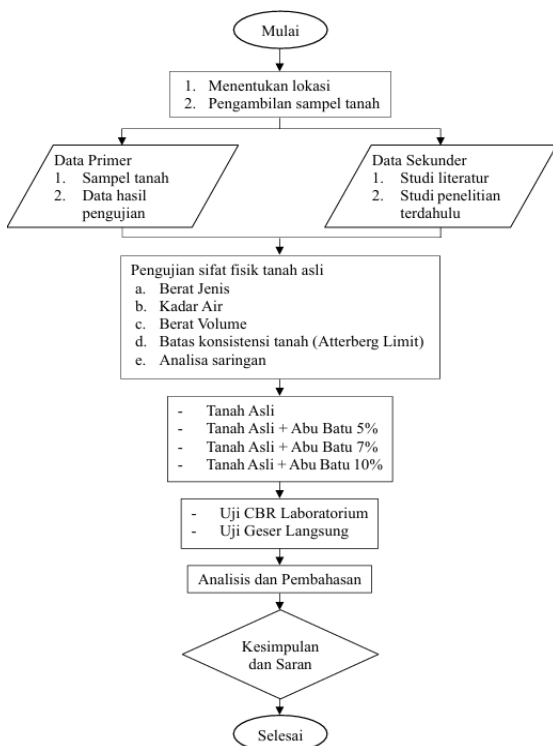
N : Gaya normal (kg)

A : Luas penampang benda uji (cm²)

T : Gaya geser maksimum (kg)

2.5. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah data yang didapat dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan di lab. Ada dua jenis pengujian yang dilakukan dalam studi ini, yaitu pengukuran sifat fisik dari tanah dan ujian mekanik, yang mencakup ujian CBR di Laboratorium serta pengujian geser secara langsung.

3.1. Pengujian Fisik Tanah

Rekapitulasi hasil pengujian fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Pengujian Fisik Tanah

Pengujian	Sampel Tanah		
	1	2	3
Kadar air rata-rata (%)	17,04	19,51	18,45
Berat Jenis (Gr/cm ³)	2,27	2,19	2,22
LL (%)	35,96	34,46	36,07
PL (%)	30,24	28,31	29,35
IP (%)	5,72	6,15	6,73
%Lolos saringan No.200	3,58	5,27	4,68

3.2. Klasifikasi Tanah

Hasil rekapitulasi klasifikasi tanah pada Sungai Air Manis, Negeri Laha didapatkan klasifikasi tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Klasifikasi Tanah

Pengujian	Sampel Tanah		
	1	2	3
LL (%)	35,96	34,46	36,07
PL (%)	30,24	28,31	29,35
IP (%)	5,72	6,15	6,73
%Lolos saringan No.200	3,58	5,27	4,68
Sistem Klasifikasi USCS	SM, pasir berlanau, campuran pasir-lanau	SM, pasir berlanau, campuran pasir-lanau	SM, pasir berlanau, campuran pasir-lanau
Sistem Klasifikasi AASHTO	A-2-4, kerikil berlanau atau berlempung dan pasir	A-2-4, kerikil berlanau atau berlempung dan pasir	A-2-4, kerikil berlanau atau berlempung dan pasir

3.3. Pemadatan Tanah

Uji pemadatan tanah (*Proctor Standard*) tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum (OMC) dan kepadatan maksimum (MDD) saat dipadatkan, sehingga dapat diperoleh parameter optimal untuk keperluan rekayasa geoteknik. Berikut rekapitulasi hasil pengujian pemadatan tanah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Pemadatan Tanah

Sampel Tanah	OMC (%)	MDD (Gr/cm ³)	Berat Jenis (GS)
1	15,61	1,48	2,27
2	16,00	1,45	2,19
3	15,27	1,50	2,22

3.4. CBR Laboratorium

Pengujian CBR merupakan metode yang bertujuan untuk mengetahui nilai CBR dari tanah atau campuran agregat yang diperoleh di lab pada tingkat kelembaban tertentu. Proses pengujian CBR di laboratorium dilaksanakan dengan teknik tanpa perendaman (*unsoaked*). Pemilihan variasi persentase campuran sebesar 5%, 7%, dan 10% didasarkan pada prinsip bahwa penambahan bahan stabilisasi tanah umumnya dilakukan secara bertahap dalam rentang tertentu untuk menentukan kadar optimum. Menurut Das (2011), variasi kadar bahan stabilisasi biasanya berada pada kisaran 3%–15%. Oleh karena itu, penggunaan variasi 5%, 7%, dan 10% dianggap mewakili kadar rendah, sedang, dan tinggi dalam rentang tersebut serta cukup untuk mengevaluasi perubahan sifat tanah secara signifikan. Berikut adalah tabel rencana campuran benda uji dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Rencana Campuran Benda Uji CBR Laboratorium

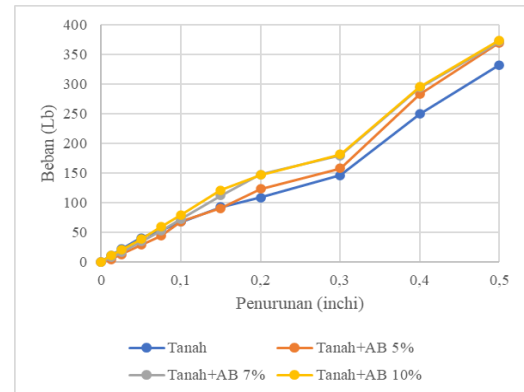
No.	Tanah		Abu Batu	
	Presentase (%)	Berat (Kg)	Presentase (%)	Berat (Kg)
1	100%	6,0	0%	0,0
2	95%	5,7	5%	0,3
3	93%	5,5	7%	0,5
4	90%	5,4	10%	0,6

A. CBR Tanah Titik 1

Rekapitulasi hasil dari pengujian CBR Laboratorium tanah asli dengan tambahan abu batu dapat di lihat pada **Tabel 5** dan **Gambar 5**.

Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian CBR Titik 1

Sampel Tanah	Variasi	Nilai CBR (%)
Titik 1	Tanah asli	2,32
	Tanah asli + AB 5%	2,49
	Tanah asli + AB 7%	2,83
	Tanah asli + AB 10%	2,94

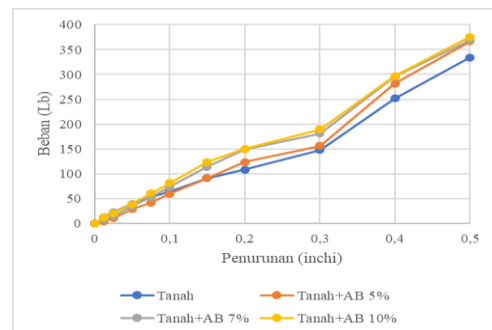
**Gambar 5.** Grafik Pengujian CBR Laboratorium Titik 1

B. CBR Tanah Titik 2

Rekapitulasi hasil dari pengujian CBR Laboratorium tanah asli dengan tambahan abu batu dapat di lihat pada **Tabel 6** dan **Gambar 6**.

Tabel 6. Rekapitulasi Pengujian CBR Titik 2

Sampel Tanah	Variasi	Nilai CBR (%)
Titik 2	Tanah asli	2,27
	Tanah asli + AB 5%	2,38
	Tanah asli + AB 7%	2,89
	Tanah asli + AB 10%	3,02

**Gambar 6.** Grafik Pengujian CBR Laboratorium Titik 2

C. CBR Tanah Titik 3

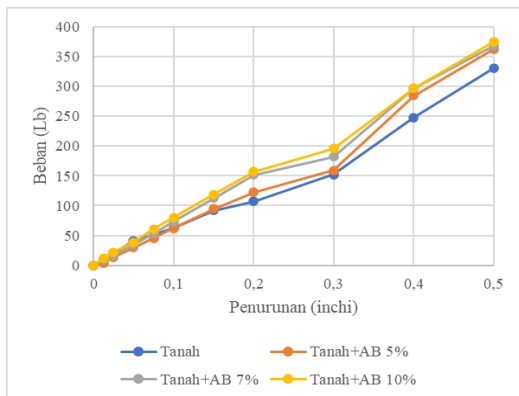
Rekapitulasi hasil dari pengujian CBR Laboratorium tanah asli dengan tambahan abu batu dapat di lihat pada **Tabel 7** dan **Gambar 7**.

Tabel 7. Rekapitulasi Pengujian CBR Titik 3

Sampel Tanah	Variasi	Nilai CBR (%)
Titik 3	Tanah asli	2,24
	Tanah asli + AB 5%	2,40
	Tanah asli + AB 7%	2,91
	Tanah asli + AB 10%	3,09

STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN ABU BATU PADA TANGGUL SUNGAI AIR MANIS NEGERI LAHA MALUKU TENGAH

(Muh. Khusnulsean Ilham, Abraham Kalalimbong, Mansye Ronal Ayal)

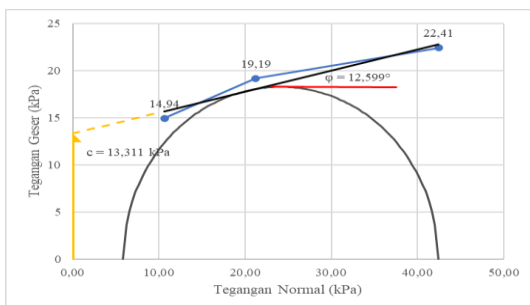


Gambar 7. Grafik Pengujian CBR Laboratorium Titik 3

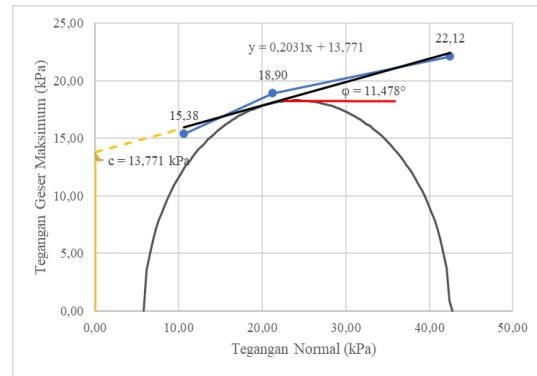
Pada pengujian CBR Laboratorium pada tanah titik 1, 2, dan 3 mengalami peningkatan Nilai CBR tertinggi pada campuran Abu Batu 10% dengan nilai 2,94 titik 1, 3,02 titik 2, dan 3,09 titik 3.

3.5. Pengujian Geser Langsung

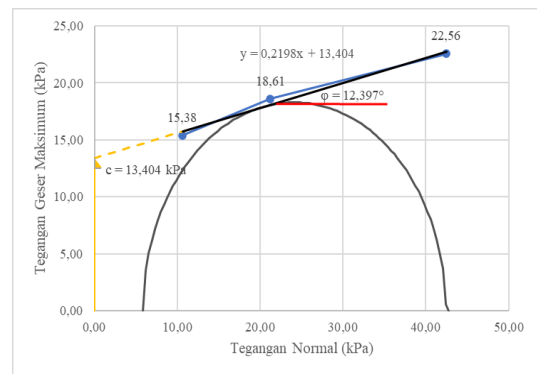
uji geser langsung dilaksanakan untuk dapat mengetahui nilai kohesi serta sudut geser dalam yang merupakan dua parameter penting dari kuat geser tanah. Pengujian ini memanfaatkan tanah asli serta tanah yang ditambahkan dengan material berupa Abu Batu dengan perbandingan 5%, 7%, dan 10%. Proses pengujian ini dilakukan pada tanah yang berada pada kondisi kadar air terbaik dan densitas tertinggi sesuai dengan hasil pengujian kepadatan tanah. Pada pengujian ini, tanah diberi tekanan masing-masing sebesar 3 kg, 6 kg, dan 12 kg. Penggunaan variasi beban 3, 6, dan 12 kg pada pengujian geser langsung bertujuan untuk memberikan variasi tegangan normal yang berbeda pada sampel tanah. Variasi ini diperlukan untuk memperoleh hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser maksimum, yang kemudian digunakan dalam penentuan parameter kuat geser tanah berdasarkan kriteria *Mohr-Coulomb Failure Criterion*.



Gambar 8. Tegangan Geser dan Tegangan Normal Tanah Asli titik 1



Gambar 9. Tegangan Geser dan Tegangan Normal Tanah Asli titik 2



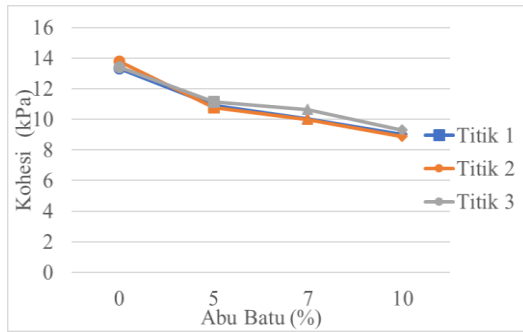
Gambar 10. Tegangan Geser dan Tegangan Normal Tanah Asli titik 3

Berdasarkan Gambar hasil analisis geser langsung pada tanah asli pada gambar 7,8, dan 9, dapat disimpulkan bahwa tanah dari Sungai Air Manis, Negeri Laha, Kota Ambon, Provinsi Maluku. Memiliki nilai kohesi (c) titik 1 sebesar 13,331 kPa, titik 2 sebesar 13,771 kPa, dan titik 3 sebesar 13,404 kPa. Dan sudut geser titik 1 sebesar 12,559°, titik 2 sebesar 11,478°, dan titik 3 sebesar 12,397°. Maka dapat disimpulkan tanah asli di Lokasi tersebut termasuk stabilisasi rendah jadi di perlukan untuk di stabilisasi.

Tabel 8. Rekapitulasi Penambahan Abu Batu Terhadap Nilai Kohesi (c)

Uraian	Kohesi (c), kPa		
	1	2	3
Tanah asli	13,33	13,77	13,40
Tanah asli + Abu batu 5%	10,91	10,76	11,13
Tanah asli + Abu batu 7%	10,03	9,962	10,62
Tanah asli + Abu batu 10%	9,01	8,86	9,30

(Sumber : Data Pribadi)

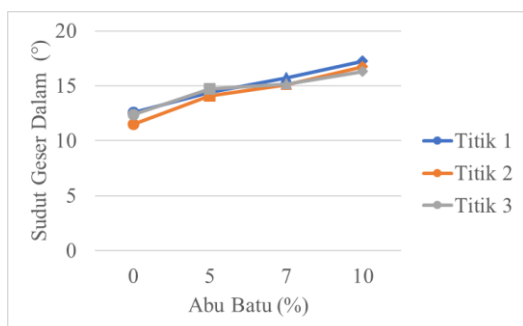


Gambar 11. Grafik Pengaruh Abu Batu pada Nilai Kohesi (c)

Berdasarkan Gambar 10 maka dapat diketahui bahwa penambahan abu batu pada tanah asli dapat menurunkan nilai kohesi tanah. Pada sampel titik 1, tambahan abu batu 5% nilai kohesi 10,914 kPa, pada tambahan abu batu 7% nilai kohesi 10,035 kPa, dan pada tambahan abu batu 10% nilai kohesi 9,010 kPa. Sedangkan pada sampel titik 2, tambahan abu batu 5% nilai kohesi 10,768 kPa, pada tambahan abu batu 7% nilai kohesi 9,962 kPa, dan pada tambahan abu batu 10% nilai kohesi 8,863 kPa. Dan sedangkan pada sampel titik 3, tambahan abu batu 5% nilai kohesi 11,134 kPa, pada tambahan abu batu 7% yaitu 10,621 kPa, dan pada tambahan abu batu 10% nilai kohesi 9,303 kPa.

Tabel 9. Rekapitulasi Penambahan Abu Batu Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ)

Uraian	Sudut Geser Dalam (ϕ), ^o		
	1	2	3
Tanah asli	12,55	11,47	12,39
Tanah asli + Abu batu 5%	14,42	14,10	14,69
Tanah asli + Abu batu 7%	15,70	15,11	15,16
Tanah asli + Abu batu 10%	17,25	16,73	16,31



Gambar 12. Grafik Pengaruh Abu Batu pada Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ)

Berdasarkan Gambar 11 maka dapat diketahui bahwa penambahan abu batu pada tanah asli dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam (ϕ). Pada sampel titik 1 nilai sudut geser dalam (ϕ) tertinggi didapatkan pada penambahan abu batu 10% yaitu sebesar 17,25 $^{\circ}$, sedangkan pada titik 2 tertinggi pada penambahan abu batu 10% yaitu sebesar 16,73 $^{\circ}$ dan pada titik 3 tertinggi pada penambahan abu batu 10% yaitu sebesar 16,31 $^{\circ}$. Maka dengan penambahan abu batu dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam.

4. KESIMPULAN

Nilai CBR Laboratorium rata – rata tanah asli sebesar 2,28% pada penambahan abu batu 5% nilai CBR rata – rata sebesar 2,42%, pada penambahan abu batu 7% nilai CBR rata – rata sebesar 2,88%, dan pada penambahan abu batu 10% nilai CBR rata – rata sebesar 3,02%. Peningkatan tertinggi terjadi pada penambahan abu batu sebesar 10%, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar persentase abu batu yang ditambahkan, maka nilai CBR tanah cenderung meningkat. Namun demikian, meskipun terjadi peningkatan, nilai CBR yang dihasilkan masih tergolong rendah sehingga tanah tersebut masih memerlukan upaya stabilisasi lanjutan agar memenuhi standar konstruksi jalan. Nilai kohesi (c) rata – rata tanah asli sebesar 13,502 kPa pada penambahan abu batu 5% rata – rata nilai kohesi (c) sebesar 10,938 kPa, pada penambahan abu batu 7% rata – rata nilai kohesi (c) sebesar 10,205 kPa, dan pada penambahan abu batu 10% rata – rata nilai kohesi (c) sebesar 9,058 kPa. Penurunan terbesar terjadi pada variasi 10%, yang menunjukkan bahwa penambahan abu batu mengurangi sifat kohesif tanah. Nilai sudut geser (ϕ) rata – rata tanah asli sebesar 12,14 $^{\circ}$ pada penambahan abu batu 5% nilai sudut geser (ϕ) rata – rata sebesar 14,40 $^{\circ}$, pada penambahan abu batu 7% nilai sudut geser (ϕ) rata – rata sebesar 15,32 $^{\circ}$, dan pada penambahan abu batu 10% nilai sudut geser (ϕ) rata – rata sebesar 16,76 $^{\circ}$. Nilai sudut geser pada penambahan abu batu 10% mengalami peningkatan, menunjukkan penambahan abu batu meningkatkan sifat gesekan antar butiran tanah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aripin, D. D., Asniar, N., & Hendardi, A. R. (2022). Studi Analisis Stabilitas Lereng (Studi Kasus Lereng Bukit Cikirai Cikoneng Ciamis). *JITSi: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(2), 108–124. <https://doi.org/10.36423/jitsi.v2i2.994>

**STABILISASI TANAH MENGGUNAKAN ABU BATU PADA TANGGUL
SUNGAI AIR MANIS NEGERI LAHA MALUKU TENGAH**
(Muh. Khusnulsean Ilham, Abraham Kalalimbong, Mansye Ronal Ayal)

- Asyifa, A., & Umam, S. (2016). Pengaruh Substitusi Abu Batu (Quarry Dust) Pada Nilai CBR Laboratorium Untuk Stabilitas Subgrade Timbunan. *Semesta Teknik*, 19(1), 75–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.18196/st.v19i1.1830>
- Ayal, M. R. (2023). Pengaruh Penambahan Pasir Gunung Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Pada Ruas Jalan Taeno Atas Kota Ambon. *Jurnal Simentrik*, 13(1), 704–710. <https://doi.org/10.31959/js.v13i1.1518>
- Hardiyatmo, H. C. (2020). *Analisis dan Perancangan Fondasi 2* (5th ed.). Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2024). *Mekanika Tanah I* (8th ed.). UGM Press.
- Jumbri, I., Kalalimbong, A., & Ayal, M. R. (2025). Identifikasi Karakteristik Tanah Pada Ruas Jalan Laha – Negeri Lima Pulau Ambon. *Jurnal TESLINK: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(1), 240–245. <https://doi.org/https://doi.org/10.52005/teslink.v7i1.398>
- Laursen, E. M., & Toch, A. (1953). *A Generalized Model Study of Scour Around Bridge Piers and Abutments*.
- Legono, D. (1990). *Gerusan pada Bangunan Sungai*.
- Nisa', K., Candra, A. I., Hanafi, M. A. A., Heru, R., & Rivianto, A. (2022). Analisa Ketahanan Geser Tanah Lempung di Wilayah Universitas Kadiri Dengan Uji Kuat Geser Langsung. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 6(1), 11–20. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/jrr.s.v6i1.61580>
- Saputro, I. T., Bria, O. K., & Simanjuntak, M. (2020). Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Material Abu Batu Quarry PII. *Jurnal Karkasa*, 6(1), 6–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.32531/jkar.v6i1.213>
- Wahyudi, N., & Siswoyo, S. (2022). Stabilisasi Portland Cement (PC) Pada Tanah Lempung to Raise Daya Dukung Sub-Grade di Surabaya Barat. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 10(3), 111. <https://doi.org/10.30742/axial.v10i3.2629>