

# STABILISASI TANAH CAMPURAN VOLCANIC ASH TERHADAP NILAI KUAT GESER PADA TANAH QUARRY MEUNASAH RAYEUK KAWAY XVI ACEH BARAT

Reza Mulia<sup>1</sup>, Munirwansyah<sup>2\*</sup>, Devi Sundry<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Jalan Syech Abdurrauf No. 7 Kopelma Darussalam Banda Aceh, Indonesia, 23111.

<sup>1</sup>[rezamulia@mhs.unsyiah.ac.id](mailto:rezamulia@mhs.unsyiah.ac.id), <sup>2</sup>[nir\\_geotechnical@unsyiah.ac.id](mailto:nir_geotechnical@unsyiah.ac.id)\*, <sup>3</sup>[devisundry\\_tsft@unsyiah.ac.id](mailto:devisundry_tsft@unsyiah.ac.id)

\*Corresponding author

## ABSTRACT

A clay-silty located in the quarry Meunasah Rayeuk, Kaway XVI, West Aceh is a source of stockpile material that is often used as road construction material in West Aceh. Based on the color this land is divided into three, namely red, yellow, and gray soil. These three types of soil have bad properties that make them unfit for use as road base layers. Therefore, it is necessary to stabilize it with a mixture of volcanic ash taken from Wih Pesam, Bener Meriah. The purpose of this study was to determine the effect of mixing soil with volcanic ash on the shear strength of the soil. This research method was carried out in the form of standard compaction tests, and direct shear strength on mixed volcanic ash soils. Variations in the addition of volcanic ash are 12.5%, 15%, 17.5%, and 20% of the dry weight of the soil. The research results show that these types of soil belonged to the A-7-6 of soil classification according to AASHTO identified as containing montmorillonite minerals in gray soil. The addition of volcanic ash to the three types of soil can increase the value of the shear strength of the original conditions at certain variations. The results of shear strength values for volcanic ash mixture variations of 0%, 12.5%, 15%, 17.5% and 20%, were 0,8, 1,0, 0,8, 1,0, and 0,7 in units of kg/cm<sup>2</sup> for red soil respectively. In the yellow soil of 1,0, 1,0, 0,9, 1,2, and 0,9 in units of kg/cm<sup>2</sup>. On gray soil as much as 0,7, 1,1, 1,0, 0,9, and 1,1 in units of kg/cm<sup>2</sup>.

**Keywords:** Stabilization, Expansive Soil, Volcanic Ash, Soil Shear Strength.

## ABSTRAK

Tanah lempung-berlanau quarry Meunasah Rayeuk, Kaway XVI, Aceh Barat merupakan salah satu sumber material timbunan yang sering digunakan sebagai material konstruksi jalan di Aceh Barat. Berdasarkan warnanya tanah ini dibagi tiga, yaitu tanah merah, kuning, dan abu-abu. Ketiga jenis tanah ini memiliki sifat yang buruk sehingga tidak layak digunakan sebagai lapisan dasar jalan. Oleh karena itu, perlu dilakukan stabilisasi dengan campuran abu vulkanik yang diambil dari Wih Pesam, Bener Meriah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pencampuran tanah dengan abu vulkanik terhadap kuat geser tanah. Metode Penelitian ini dilakukan berupa pengujian pemadatan proctor standar, dan kuat geser langsung pada tanah campuran abu vulkanik. Variasi penambahan abu vulkanik adalah 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% dari berat kering tanah. Adapun hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga jenis tanah ini termasuk klasifikasi tanah A-7-6 menurut AASHTO teridentifikasi mengandung mineral montmorillonite pada tanah abu-abu. Penambahan abu vulkanik terhadap ketiga jenis tanah mampu meningkatkan nilai kuat geser dari kondisi aslinya pada variasi tertentu. Adapun hasil nilai kuat geser pada variasi campuran abu vulkanik sebesar 0%, 12,5%, 15%, 17,5% dan 20% masing-masing diperoleh kuat geser sebesar 0,8, 1,0, 0,8, 1,0, dan 0,7 dalam satuan kg/cm<sup>2</sup> untuk tanah merah. Pada tanah kuning sebesar 1,0, 1,0, 0,9, 1,2, dan 0,9 dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>. Pada tanah abu-abu sebesar 0,7, 1,1, 1,0, 0,9, dan 1,1 dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Stabilization, Expansive Soil, Volcanic Ash, Soil Shear Strength.

## PENDAHULUAN

Tanah ialah material penting yang sering digunakan dalam dunia konstruksi.

Permasalahan yang sering terjadi dalam konstruksi jalan ialah terjadinya penyusutan tanah timbunan yang signifikan sehingga menyebabkan

lapisan permukaan (aspal) mengalami deformasi atau bergelombang. Terjadinya penurunan tanah timbun ini disebabkan oleh daya dukung yang tidak sesuai, kuat geser tanah yang rendah, kandungan air yang berlebihan, kompresibilitas tinggi, deformabilitas tinggi, dan efek permeabilitas yang menyebabkan tanah jenuh [1]. Ada beberapa kriteria tanah lempung yang perlu ditinjau dalam suatu konstruksi seperti permeabilitas, pemampatan, kuat geser, batas konsistensi, kadar air, dan distribusi ukuran butiran [2].

Berdasarkan penelitian Syamdiofa & Munirwansyah [3], tanah yang terdapat di *quarry* Meunasah Rayeuk Kecamatan Kaway XVI Aceh Barat merupakan salah satu sumber material timbunan yang sering dipergunakan sebagai material konstruksi jalan di area Aceh Barat. Berdasarkan perbedaan warnanya, ada tiga jenis tanah yang terdapat di area tersebut, yaitu tanah kuning, tanah merah, dan tanah abu-abu. Ketiga tanah tersebut dikategorikan sebagai tanah lempung ekspansif yang berpengaruh terhadap perubahan kadar air. Tanah lempung ekspansif sangat sensitif terhadap air, hal ini disebabkan oleh susunan partikel mineral yang terkandung dalam tanah tersebut. Namun, diantara ketiga tanah tersebut terdapat tanah lempung abu-abu yang teridentifikasi mengandung mineral *montmorillonite*. Oleh karena itu, menurut Munirwansyah dan Munirwan [4], jenis tanah ini dianggap tidak layak digunakan sebagai tanah pada lapisan dasar jalan karena memiliki indeks plastisitas dan pengembangan yang tinggi. Tetapi, tanah ini masih bisa digunakan jika dilakukan stabilisasi tanah. Salah satu jenis metode stabilisasi tanah ialah dengan proses kimiawi, dimana stabilisasi dilakukan dengan cara menambahkan zat aditif yang dapat memperbaiki sifat tanah tersebut. Abu vulkanik yang berasal dari daerah Burni Telong, Wih Pesam, Bener Meriah

merupakan bahan stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini. Material abu vulkanik ini perlu mendapatkan perhatian dalam rangka mengurangi penumpukan material yang berlebihan dengan cara menggunakan dan mendaur ulang material ini salah satunya sebagai bahan stabilisasi tanah. Abu vulkanik Burni Telong sebelumnya sudah pernah diteliti oleh Rinaldi [5] dengan kombinasi campuran 3%, 6% dan 9%, dimana dengan menggunakan bahan tersebut, mampu memperbaiki sifat tanah yang ditinjau berdasarkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dan indeks plastisitas. Adapun tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan abu vulkanik untuk meningkatkan stabilisasi terhadap ketiga jenis tanah Meunasah Rayeuk Kaway XVI Aceh Barat terhadap kuat geser tanah. Adapun kombinasi campuran abu vulkanik yang digunakan adalah 12,5%, 15%, 17,5% dan 20% dari berat kering tanah.

## DASAR TEORI

### Kadar Air

Kadar air ( $w$ ) merupakan perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dan berat kering oven ( $W_s$ ) yang dinyatakan dalam persentase seperti diperlihatkan dalam **Persamaan (1)** [6].

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (1)$$

### Berat Jenis

Berat jenis ( $G_s$ ) ialah rasio antara berat kering tanah dan berat air dalam volume yang sama [3]. Adapun formula perhitungan seperti diperlihatkan dalam **Persamaan (2)**, dimana  $W_1$  adalah berat piknometer dalam satuan gram,  $W_2$  adalah berat piknometer dan tanah dalam satuan gram,  $W_3$  adalah berat piknometer beserta tanah dan air dalam satuan gram,  $W_4$  adalah berat piknometer dan air dalam satuan gram, dan  $K$  adalah faktor temperatur [7].

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \times K \quad (2)$$

### Batas cair

Batas cair ialah batas kadar air tanah antara tanah dalam keadaan cair dan plastis. Data batas cair didapat berdasarkan grafik hubungan antara jumlah ketukan dan kadar air [8].

### Batas Plastis

Batas plastis ialah batas kadar air tanah antara tanah dalam keadaan plastis dan semi padat. Data batas plastis didapat berdasarkan kadar air sampel tanah yang retak pada diameter 3,2 mm [8].

### PSA (*Particel Size Analyzer*)

PSA ialah salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel sampai berukuran nanometer. Prinsip dari alat pengujian ini adalah dengan cara memancarkan cahaya laser terhadap partikel-partikel pada sampel [9]. Alat yang digunakan adalah *Micro Brook 2000L*. Berdasarkan spesifikasi alat tersebut, alat ini mampu menghitung distribusi ukuran partikel rentang ukuran 2000 – 0,02 mikrometer. Data hasil pengujian yang didapat berupa bentuk grafik distribusi partikel yang didapatkan dari PSA *instrument*.

### Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*)

Pemadatan tanah merupakan usaha untuk meningkatkan kepadatan tanah dengan menggunakan energi mekanik untuk menghasilkan pemadatan partikel. Pada umumnya untuk jenis tanah tertentu terdapat nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat isi kering maksimum. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dengan menggunakan uji laboratorium standar yang disebut uji pemadatan *proctor* [10]. Adapun hubungan antara berat volume kering ( $\gamma_d$ ), berat volume basah ( $\gamma_b$ ), dan kadar air ( $w$ ), seperti diperlihatkan dalam **Persamaan (3)**.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \quad (3)$$

### Kuat Geser Tanah (*Direct Shear Test*)

Kuat geser merupakan gaya perlawanan yang terjadi pada partikel-partikel tanah berupa desakan atau tarikan. Bila tanah mengalami tekanan beban maka akan ditahan oleh kohesi dan gesekan antar partikel tanah [11]. Adapun data yang didapatkan berupa nilai kohesi dan sudut geser yang kemudian diperhitungkan nilai kuat geser dengan **Persamaan (4)**. Pengujian parameter kohesi dan sudut geser dapat ditentukan salah satunya dengan cara pengujian geser langsung (*direct shear test*) [7].

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (4)$$

## METODE PENELITIAN

Pengujian ini dilakukan dengan metode kuantitatif yang bersifat eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Lhokseumawe, masing-masing berdasarkan pedoman standar ASTM (*American Society for Testing and Material*) terkait dan pedoman standar lainnya seperti diperlihatkan dalam **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

**Tabel 1.** Pedoman Standar Pengujian Sifat Fisis

Jenis Pengujian	Pedoman Standar
Kadar Air	ASTM D2216
Berat Jenis	ASTM D854-58
Batas Cair	ASTM D423-66
Batas Plastis	ASTM D424-74
<i>Particel Size Analyzer</i>	<i>Micro Brook 2000L</i> PSA

**Tabel 2.** Pedoman Standar Pengujian Sifat Mekanis

Jenis Pengujian	Pedoman Standar
Pemadatan Tanah ( <i>Standard Proctor</i> )	ASTM D698
Kuat Geser Tanah ( <i>Direct Shear Test</i> )	ASTM D3080-72

Pada penelitian ini, dibutuhkan pengumpulan data primer dan data

sekunder untuk melanjutkan ke bagian analisis data. Data primer diperoleh dari pengujian laboratorium, adapun pengujian yang dilakukan berupa uji kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, PSA, *standard proctor*, dan *direct shear test* untuk tanah asli. Sedangkan untuk tanah campuran abu vulkanik dilakukan pengujian berupa *proctor standard* dan *direct shear test* berdasarkan kombinasi campuran masing-masing yaitu 12,5%, 15%, 17,5%, dan 20% dari berat kering tanah. Sedangkan data sekunder diperoleh dari peneliti terdahulu berupa data mineralogi ketiga jenis tanah (tanah merah, tanah kuning, dan tanah abu-abu) Meunasah Rayeuk, Kaway XVI, Aceh Barat seperti diperlihatkan dalam **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Komposisi Kandungan Mineral Tanah Lempung Desa Meunasah Rayeuk

Jenis Tanah Lempung	Nama Mineral	Rumus Kimia
Lempung Kuning	Quartz	SiO <sub>2</sub>
Lempung Merah	Halloysite	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>
Lempung Abu-abu	Quartz	SiO <sub>2</sub>
	Clinochlore	(Mg,Fe,Al) <sub>6</sub> (Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>
	Montmorillonite	Na <sub>0.3</sub> (Al,Mg) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O
	Halloysite	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>

Sumber: Syamdiofa & Munirwansyah (2018)

Data hasil pengolahan data laboratorium untuk tanah asli dianalisis untuk mendapatkan kelompok klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dan USCS, derajat pengembangan, serta nilai aktivitas untuk tanah asli. Sedangkan tanah campuran abu vulkanik dianalisis terkait pengaruh pencampuran abu vulkanik terhadap nilai pemadatan tanah dan nilai kuat geser tanah. Adapun bagan alir dalam penelitian ini seperti diperlihatkan dalam **Gambar 1**.

**HASIL dan PEMBAHASAN**

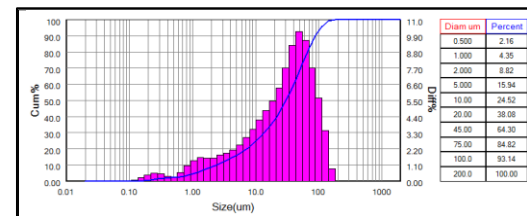
**Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah Asli**  
Berdasarkan uji laboratorium, didapat hasil pengujian sifat fisis tanah asli seperti diperlihatkan dalam **Tabel 4**.

**Tabel 4.** Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisis

Uraian Pengujian	Jenis Tanah		
	T. Merah	T. Kuning	T. Abu-abu
Kadar Air (%)	42,14	30,33	31,14
Specific Gravity	2,76	2,59	2,68
Particel Size Analyzer (# No.200) (%)	99,26	100	93,83
Batas Cair (%)	47,11	48,16	43,50
Batas Plastis (%)	27,01	24,00	28,53
Indeks Plastisitas (%)	20,10	24,16	15,02
AAHSTO	A-7-6 (24)	A-7-6 (28)	A-7-6 (17)
USCS	CL	CL	ML

**Hasil Pengujian PSA dan Mineralogi Abu Vulkanik**

Adapun pengujian yang dilakukan pada material abu vulkanik berupa pengujian PSA untuk mengetahui distribusi butiran dan pengujian mineralogi untuk mengetahui kandungan mineralogi yang terkandung dalam abu vulkanik tersebut. Hasil kedua pengujian seperti diperlihatkan dalam **Gambar 2** dan **Tabel 5**.



**Gambar 2.** Hasil Pengujian PSA Abu Vulkanik

**Tabel 5.** Kandungan Mineralogi Abu Vulkanik

Parameter Uji	Hasil Uji (%)
SiO <sub>2</sub>	10,514
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,229
CaO	0,140

Berdasarkan pengujian PSA menunjukkan bahwa abu vulkanik lolos sebesar 84,82% pada diameter 0,075 mm. Grafik dari hasil pengujian ini memperoleh gradasi yang baik dengan partikel terkecil abu vulkanik mencapai sampai diameter 0,107 μm sebesar

0,07%. Sedangkan Pengujian mineralogi dapat disimpulkan bahwa abu vulkanik umumnya mengandung bahan silika, alumina dan mineral lainnya yang dapat berperan sebagai bahan stabilisasi tanah.

### Hasil Pengujian Proctor Standard

Berdasarkan pengujian *proctor standard* untuk tanah asli dan tanah campuran abu vulkanik seperti diperlihatkan dalam **Tabel 6**. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, ketiga jenis tanah ini dalam seluruh variasi memperoleh kurva yang berbentuk lonceng sehingga parameter pemadatan dapat ditentukan.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian *Proctor Standard*

Jenis Tanah	Variasi Campuran Tanah dan Abu Vulkanik				
	0 %	12,5 %	15 %	17,5 %	20 %
Tanah Merah					
$W_{opt}$ (%)	23,48	25,40	23,91	23,91	24,25
$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,556	1,520	1,536	1,523	1,514
Tanah Kuning					
$W_{opt}$	22,16	23,93	23,93	22,31	23,93
$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,546	1,535	1,536	1,548	1,531
Tanah Abu-abu					
$W_{opt}$	22,42	25,66	26,49	25,12	25,94
$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,513	1,501	1,472	1,465	1,487

### Hasil Pengujian Direct Shear

Pengujian *direct shear* dilakukan untuk mendapatkan parameter kohesi (c) dan parameter sudut geser ( $\phi$ ). Pengujian *direct shear* untuk spesimen tanah asli diuji dari tanah *undisturbed sample*, sedangkan untuk spesimen tanah campuran abu vulkanik dirancang dari pemadatan benda uji yang dilakukan dengan *proctor standard* (metode B). Adapun hasil pengujian *direct shear* untuk ketiga jenis tanah yang berasal dari Meunasah Rayeuk seperti diperlihatkan dalam **Tabel 7**.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian *Direct Shear*

Jenis Tanah	Variasi Campuran Tanah dan Abu Vulkanik				
	0 %	12,5 %	15 %	17,5 %	20 %
Tanah Merah					
$\phi$ (°)	15,96	31,92	21,55	43,08	22,29
c (kg/cm <sup>2</sup> )	0,492	0,408	0,452	0,088	0,344
Tanah Kuning					
$\phi$ (°)	24,70	24,70	18,62	45,03	31,34
c (kg/cm <sup>2</sup> )	0,585	0,562	0,579	0,243	0,327
Tanah Abu-abu					
$\phi$ (°)	35,94	32,09	31,92	37,02	47,41

Jenis Tanah	Variasi Campuran Tanah dan Abu Vulkanik				
	0 %	12,5 %	15 %	17,5 %	20 %
c (kg/cm <sup>2</sup> )	0,037	0,453	0,433	0,206	0,031

### Derajat Pengembangan dan Nilai Aktivitas Tanah

Derajat pengembangan dapat diklasifikasikan berdasarkan hasil parameter yang didapat dari pengujian batas *Atterberg* yang mengacu pada teori Chen (1983), Seed et al (1962), dan Daksanamurthy & Raman (1973) [12]. Berdasarkan ketiga jenis tanah lempung ini, tanah lempung merah dan kuning memiliki derajat pengembangan yang tinggi sedangkan tanah abu-abu memiliki derajat pengembangan yang sedang seperti diperlihatkan dalam **Tabel 8**.

**Tabel 8.** Potensi Derajat Pengembangan Tanah Meunasah Rayeuk

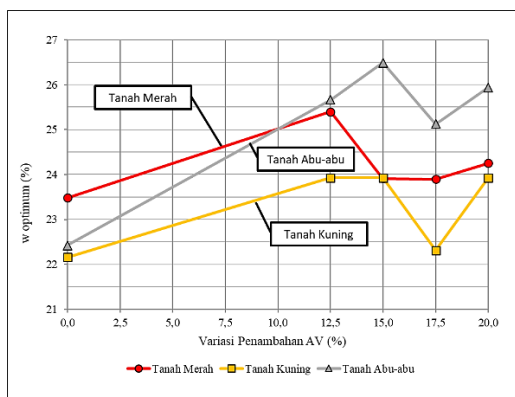
Jenis Tanah	Derajat Pengembangan		
	Chen (1893)	Seet et al (1962)	Daksanamurthy & Raman (1973)
Tanah Merah	Tinggi	Tinggi	Sedang
Tanah Kuning	Tinggi	Tinggi	Sedang
Tanah Abu-abu	Tinggi	Sedang	Sedang

Nilai aktivitas yaitu perbandingan antara indeks plastisitas dengan persentase berat fraksi ukuran lempung (ukuran < 0,002 mm). Berdasarkan acuan dari Krebs [13], ketiga jenis tanah ini memiliki nilai aktivitas > 1,25 yang dapat dikategorikan sebagai tanah lempung yang aktif seperti diperlihatkan dalam **Tabel 9**. Tanah lempung yang aktif sangat tidak cocok digunakan sebagai material tanah timbunan jalan sehingga perlu dilakukan stabilisasi tanah. Hal ini dikarenakan tanah lempung aktif rentan teridentifikasi mineral-mineral yang mengakibatkan kembang susut yang tinggi.

### Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik terhadap Pemadatan Tanah

Berdasarkan **Gambar 3**, menunjukkan bahwa kadar air optimum untuk seluruh

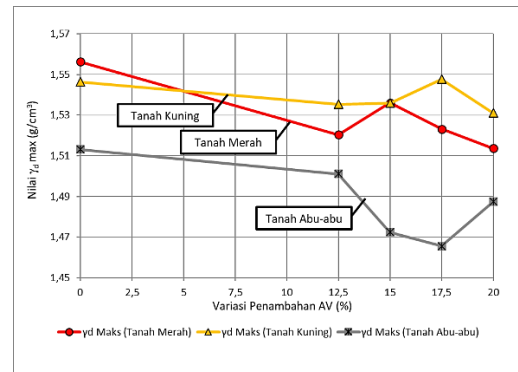
tanah mengalami peningkatan kadar air optimum dari kondisi tanah asli ketika ditambahkan abu vulkanik. Hal ini disebabkan karena abu vulkanik dengan variasi persentase campuran tersebut bereaksi dengan tanah yang menyebabkan berkurangnya fraksi halus butiran tanah. Oleh karena itu, tanah akan membutuhkan air yang banyak untuk mencapai kondisi kadar air optimum. Berdasarkan **Gambar 4**, menunjukkan bahwa berat kering maksimum untuk seluruh tanah mengalami penurunan berat kering maksimum dari kondisi tanah asli ketika ditambahkan abu vulkanik. Hal ini ada kaitannya dengan pengaruh peningkatan kadar air optimum seperti diperlihatkan dalam **Gambar 3** yang menyebabkan berkurangnya fraksi halus butiran tanah. Oleh karena itu, rongga pori-pori pada tanah akan ikut membesar sejalan dengan berkurangnya fraksi halus butiran tanah.



**Gambar 3.** Grafik Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik terhadap Kadar Air Optimum

Hasil pengujian pemadatan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Endriani [14], dimana dengan pencampuran bahan abu vulkanik dari 0% - 20%, kadar air optimum cenderung mengalami penurunan hingga 12% pencampuran. Namun, pada kondisi campuran abu vulkanik dari 12% - 20% kadar air optimum mengalami peningkatan. Hal ini berhubungan juga dengan berat kering maksimum, dimana pada kondisi pencampuran abu vulkanik

12% - 20%, berat kering maksimum mengalami penurunan.

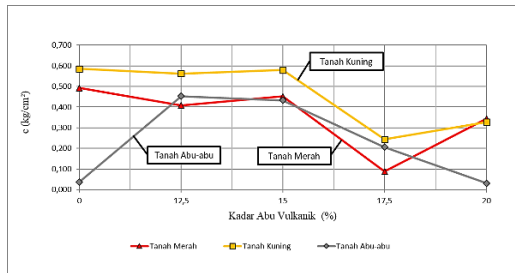


**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Penambahan Variasi Abu Vulkanik terhadap Berat Isi Kering Maksimum

### Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik terhadap Kuat Geser Tanah

Berdasarkan **Gambar 5**, nilai kohesi spesimen tanah merah dan tanah kuning mengalami penurunan dari kondisi aslinya, nilai kohesi terendah diperoleh pada variasi campuran 17,5% abu vulkanik, hal ini disebabkan karena pada variasi campuran tersebut abu vulkanik bereaksi yang menyebabkan fraksi halus tanah menjadi berkurang sehingga terjadi penurunan dari nilai kohesi, kemudian terjadi peningkatan pada variasi campuran 20%, hal ini disebabkan tanah sudah dominan diisi oleh abu vulkanik, sehingga sebagian besar butiran halus sudah diisi oleh abu vulkanik. Namun berbeda sedikit dengan kurva dari spesimen tanah abu-abu, nilai kohesi mengalami peningkatan pada variasi campuran 12,5% dan 15% abu vulkanik dan kemudian terjadi penurunan sampai variasi campuran 20% abu vulkanik, hal ini disebabkan karena tanah abu-abu pada kondisi aslinya memiliki gradasi butiran yang sedikit lebih kasar dari tanah merah dan tanah kuning, sehingga pada variasi campuran 12,5% dan 15% abu vulkanik, abu vulkanik masih berfungsi sebagai *filler* yang belum bereaksi secara sepenuhnya terhadap tanah, dan kemudian pada variasi campuran 17,5% dan 20% abu vulkanik, nilai kohesi

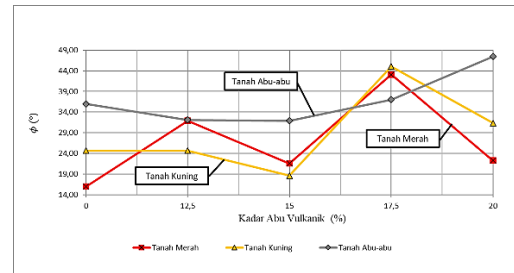
mengalami penurunan dikarenakan abu vulkanik sudah bereaksi yang menyebabkan berkurangnya fraksi halus butiran tanah.



**Gambar 5.** Grafik Pengaruh Penambahan Variasi Abu Vulkanik terhadap Nilai Kohesi

Berdasarkan **Gambar 6**, nilai sudut geser spesimen tanah merah dan tanah kuning mengalami peningkatan pada variasi campuran 17,5% abu vulkanik, namun pada variasi campuran 15% dan 20% abu vulkanik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada variasi campuran 15% abu vulkanik, abu vulkanik masih berfungsi sebagai *filler* yang menyebabkan nilai sudut geser menurun. Pada variasi campuran 17,5% abu vulkanik, abu vulkanik sudah bereaksi dengan tanah yang menyebabkan terjadi pengurangan fraksi halus butiran tanah yang menyebabkan peningkatan nilai sudut geser. Pada variasi campuran 20% abu vulkanik, bagian tanah sudah sepenuhnya diisi oleh abu vulkanik yang menyebabkan terjadi pengurangan kekuatan nilai sudut geser. Pada spesimen tanah abu-abu, nilai sudut geser tanah cenderung mengalami penurunan sampai variasi campuran 15% abu vulkanik, kemudian terjadi peningkatan sampai variasi campuran 20% abu vulkanik. Hal ini disebabkan pada variasi campuran 12,5% dan 15% abu vulkanik, abu vulkanik masih berfungsi sebagai *filler* yang menyebabkan terjadi penurunan nilai sudut geser. Namun, pada variasi campuran 17,5% dan 20% abu vulkanik, abu vulkanik sudah bereaksi dengan

tanah yang menyebabkan fraksi halus butiran tanah berkurang, sehingga menyebabkan peningkatan nilai sudut geser.

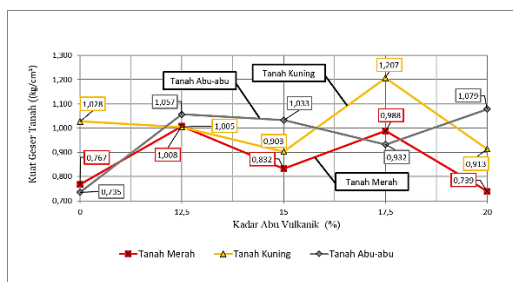


**Gambar 6.** Grafik Pengaruh Penambahan Variasi Abu Vulkanik terhadap Nilai Sudut Geser

Berdasarkan pengamatan hasil penelitian, parameter kohesi dan sudut geser memiliki sifat hubungan yang berlawanan. Umam et al. [15] menerangkan bahwa, jika nilai kohesi tanah meningkat maka nilai sudut geser akan mengalami penurunan, dan jika nilai kohesi tanah menurun maka nilai sudut geser akan mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan nilai kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel, dimana semakin banyak fraksi butiran halus maka nilai kohesi akan meningkat. Namun, berbeda halnya dengan parameter sudut geser, dimana semakin banyak fraksi butiran yang lebih kasar maka gaya gesekan antar partikel akan meningkat, sehingga nilai sudut geser mengalami peningkatan.

Nilai kuat geser dihitung berdasarkan **Persamaan 4**, dimana nilai kuat geser ini sangat berpengaruh terhadap parameter sudut geser tanah dan kohesi tanah. Berdasarkan **Gambar 7**, nilai kuat geser spesimen tanah merah mengalami peningkatan dari kondisi aslinya pada variasi campuran 12,5%, 15%, dan 17,5% abu vulkanik, serta kondisi peningkatan tertinggi terjadi pada variasi campuran 12,5% abu vulkanik, namun nilai kuat geser mulai terjadi penurunan dari kondisi aslinya pada variasi campuran 20% abu vulkanik. Pada spesimen tanah kuning, nilai kuat geser

terjadi peningkatan pada variasi campuran 17,5% abu vulkanik dari kondisi aslinya, namun nilai kuat geser mengalami penurunan dari kondisi aslinya untuk variasi campuran 12,5%, 15% dan 20% abu vulkanik. Pada spesimen tanah abu-abu, nilai kuat geser cenderung mengalami peningkatan dari kondisi aslinya sampai variasi campuran 20% abu vulkanik, namun pada variasi campuran 15% dan 17,5% abu vulkanik terjadi penurunan nilai kuat geser tetapi nilainya masih di atas nilai kuat geser kondisi tanah asli.



**Gambar 7.** Grafik Pengaruh Penambahan Variasi Abu Vulkanik terhadap Nilai Kuat Geser

Sebelumnya, penelitian yang sama pernah dilakukan oleh Syamdiofa dan Munirwansyah [3] dengan menggunakan tanah yang sama yang dicampurkan dengan kapur pada kombinasi campuran 3%, 6%, 9%, dan 12% dari berat kering tanah. Dari hasil penelitian tersebut, didapatkan bahwa sudut geser tanah meningkat saat penambahan kapur hingga 12%. Pada tanah kuning, sudut geser meningkat dari 26,3° menjadi 32,7°, pada tanah merah meningkat dari 32,2° menjadi 40,6°, dan pada tanah abu-abu meningkat dari 40,0° menjadi 45,4°. Nilai kohesi tanah mencapai puncaknya pada variasi campuran kapur 3% untuk tanah kuning, 6% untuk tanah merah, dan 6% untuk tanah abu-abu. Kuat geser maksimum pada tanah kuning tercapai pada campuran 3% kapur, dengan nilai 1,719 kg/cm<sup>2</sup>, 1,904 kg/cm<sup>2</sup>, dan 2,267 kg/cm<sup>2</sup> untuk tegangan normal berturut-turut 0,30 kg/cm<sup>2</sup>, 0,63 kg/cm<sup>2</sup>, dan 1,28 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan pada tanah merah

dan abu-abu, kuat geser maksimum tercapai pada campuran 6% kapur, dengan nilai 1,716 kg/cm<sup>2</sup>, 2,000 kg/cm<sup>2</sup>, dan 2,561 kg/cm<sup>2</sup> untuk merah dan 1,153 kg/cm<sup>2</sup>, 1,430 kg/cm<sup>2</sup>, 1,976 kg/cm<sup>2</sup> untuk abu-abu pada tegangan normal yang sama.

## KESIMPULAN

Ketiga jenis tanah yang dicampurkan dengan abu vulkanik mampu meningkatkan nilai kuat geser dari kondisi aslinya. Pada spesimen tanah merah, peningkatan tertinggi terjadi pada variasi campuran 12,5% abu vulkanik sebesar 1,008 kg/cm<sup>2</sup> dari 0,767 kg/cm<sup>2</sup>. Pada spesimen tanah kuning, peningkatan tertinggi terjadi pada variasi campuran 17,5% abu vulkanik sebesar 1,207 kg/cm<sup>2</sup> dari 1,028 kg/cm<sup>2</sup>. Pada spesimen tanah abu-abu, peningkatan tertinggi terjadi pada variasi campuran 20% abu vulkanik sebesar 1,079 kg/cm<sup>2</sup> dari 0,735 kg/cm<sup>2</sup>.

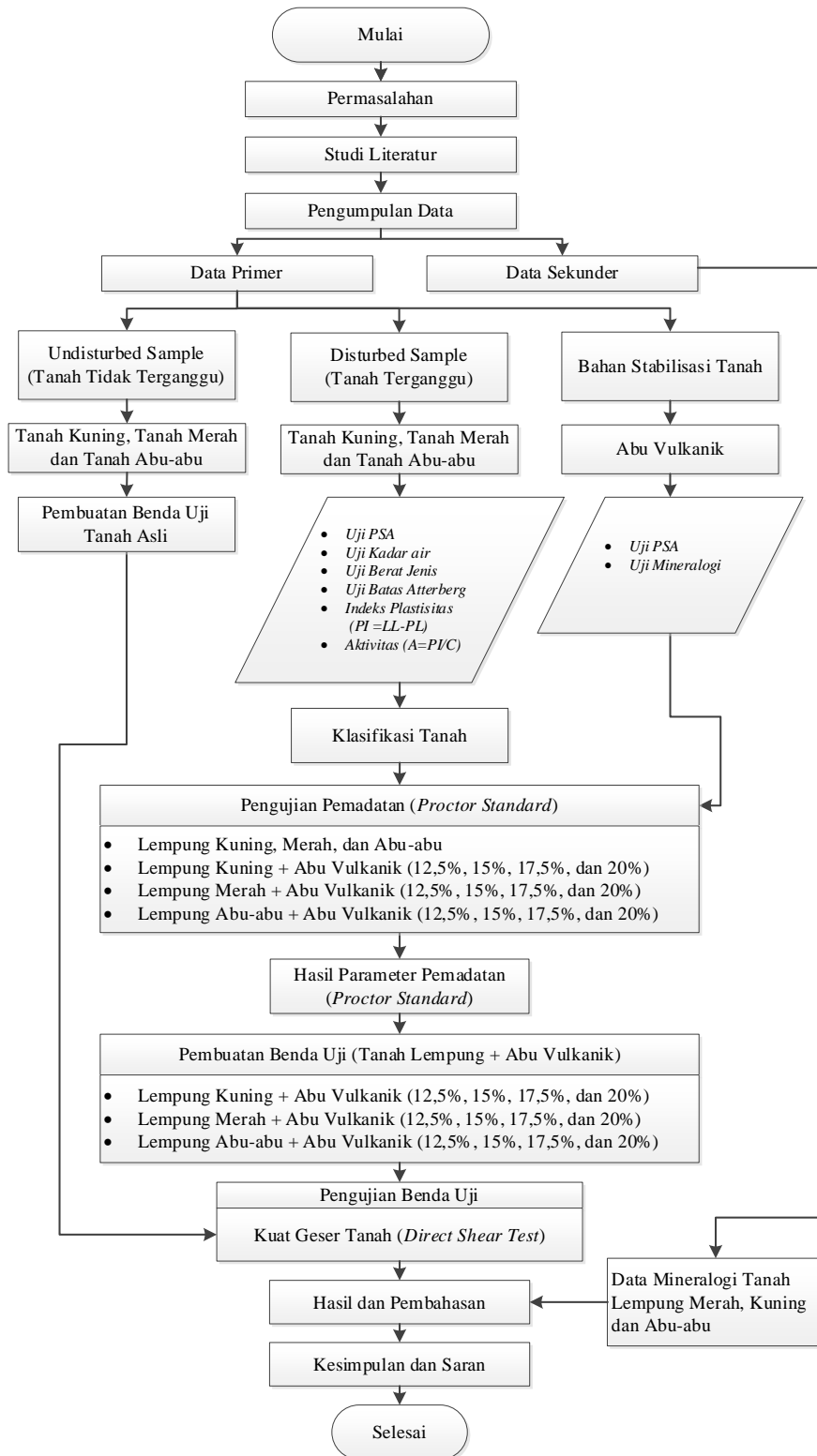
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Anggraini and D. Panggabean, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Abu Tandan Kelapa Sawit dan Semen Terhadap Nilai CBR," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 1, no. 10, pp. 49-54, 2021.
- [2] N. H. Panjaitan, "Pengaruh Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung," *Jurnal Education Building*, vol. 3, no. 2, pp. 1-7, 2017.
- [3] T. J. Syamdiofa and M. Munirwansyah, "Pengaruh Kapur Sebagai Stabilizing Agent Terhadap Indeks Plastisitas dan Kuat Geser Lempung Ekspansif Meunasah Rayeuk," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, vol. 1, no. 4, pp. 99-107, 2018.
- [4] M. Munirwansyah and R. P. Munirwan, "Lime-Clay



- Stabilization to Modified the Characteristic of Mechanical Properties and Reduce the Swelling Sub Grade," *In The International Conference of Engineering and Science for Research and Development*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [5] M. I. Rinaldi, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Abu Vulkanik dan Abu Sekam Padi Ditinjau dari Nilai California Bearing Ratio," *Jurnal Sipil Sains Terapan*, vol. 3, no. 2, 2020.
- [6] M. Miswar, S. Syaifuddin and N. Amani, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen Dan Kapur Untuk Meningkatkan Daya Dukung CBR Tanah," *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 9, no. 2, 2017.
- [7] I. R. Kusuma and E. Mina, "Stabilisasi Tanah dengan Menggunakan Fly Ash Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus Jalan Raya Bojonegara, Kab. Serang)," *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 5, no. 1, 2017.
- [8] I. G. A. A. I. Lestari and G. . A. A. Lestari, "Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif," *GaneÇ Swara*, vol. 8, no. 2, p. 4, 2014.
- [9] W. Nuraeni, I. Daruwati, E. Widyasari and E. M. Sriyani, "Verifikasi kinerja alat particle size analyzer (PSA) Horiba LB-550 untuk penentuan distribusi ukuran nanopartikel," 2013.
- [10] J. E. Bowles, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Jakarta: Erlangga, 1993.
- [11] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 1*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2006.
- [12] A. Al-Rawas and M. F. A. Goosen, *Expansive Soils*, London: Taylor & Francis, 2006.
- [13] R. D. Krebs, R.D. and R. D. Walker, *Highway Materials*, McGraw-Hill Book Company: New York, 1971.
- [14] D. Endriani, "Abu Vulkanik Gunung Sinabung Sebagai Filler Pengganti Semen Untuk Meningkatkan Nilai Kuat Tekan Dan Daya Dukung Pada Tanah Lempung," *Majalah Ilmiah Teknik*, vol. 19, no. 2, 2020.
- [15] K. Umam, S. A. Nugroho and G. Wibisono, "Pengaruh gradasi pasir dan kadar lempung terhadap kuat geser tanah," *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru*, vol. 4, no. 1, 2017.

Lampiran Gambar



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian