

# ***Pengaruh Fly Ash pada Stabilisasi Lempung Ekspansive Terhadap Nilai Tegangan Geser dan CBR***

## ***Effect of Fly Ash on Expansive Clay Stabilization on Shear Stress Values and CBR***

Elsy E. Hangge<sup>1\*)</sup>, Remigildus Cornelis<sup>2</sup>, Antonius Y. Dom<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

---

### **Article info:**

Kata kunci:

*Fly Ash*, Lempung Expansive, Tegangan Geser, CBR

Keywords:

*Fly Ash*, Clay Expansive, Shear Stress, CBR

### **Article history:**

Received: 21-04-2022

Accepted: 11-05-2022

\*Koresponden email:  
thonydholm@gmail.com

### **Abstrak**

Tanah lempung ekspansif dikategorikan sebagai tanah dasar yang jelek karena nilai daya dukung tanahnya yang rendah. Karena itu dilakukan stabilisasi dengan bahan tambah berupa kapur dan fly ash. Tujuan penelitian ini yakni mengetahui pengaruh penambahan kapur dan *fly ash* terhadap daya dukung tanah lempung ekspansif berupa nilai tegangan geser dan CBR. Metode penelitian yang digunakan berupa observasi yaitu pengujian sifat fisik dan mekanis di laboratorium. Pengujian dilakukan pada tanah asli dan tanah yang telah distabilisaikan menggunakan kapur 5% dan kadar *fly ash* adalah 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Perubahan nilai terbesar pada pengujian CBR terjadi pada nilai CBR tak terendam dengan pemeraman 7 hari pada variasi campuran kapur 5% (tetap) dan fly ash 50% yaitu 11,74% dari nilai CBR tanah asli 1,39%. Peningkatan nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) dan nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) terbesar diperoleh pada komposisi campuran tanah asli, kapur 5% dan *fly ash* 50% yakni sebesar 0,368 kg/cm<sup>2</sup> dan 0,184 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil penelitian menunjukkan stabilisasi lempung ekspansif menggunakan kapur dan fly ash meningkatkan daya dukung tanah.

### **Abstract**

Expansive clay soils are categorized as poor as subgrades because of their low capacity for bearing soil. Therefore, it needed to stabilize with added lime and fly ash materials. This study aimed to determine the effect of adding lime and fly ash on the bearing capacity of expansive clay in the form of shear stress and CBR values. The research method used is observation, namely testing of physical and mechanical properties in the laboratory. The tests were carried out on the original soil, and soil was stabilized using 5% lime, and the fly ash content was 10%, 20%, 30%, 40%, and 50%. The biggest change in the value of the CBR test occurred in the CBR value that was not submerged after seven days of curing on a variation of a mixture of 5% lime (fixed) and 50% fly ash, which was 11.74% of the original soil CBR value of 1.39%. The largest increase in soil bearing capacity ( $q_u$ ) and undrained soil cohesion ( $c_u$ ) was obtained in the composition of the original soil mixture, 5% lime and 50% fly ash, namely 0.368 kg/cm<sup>2</sup> and 0.184 kg/cm<sup>2</sup>. The results showed that the stabilization of expansive clay using lime and fly ash increased the bearing capacity of the soil.

## 1. Pendahuluan

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur bangunan maupun konstruksi jalan. Tanah menjadi bagian penting dalam proses konstruksi bangunan maupun jalan karena tanah merupakan tempat berdirinya konstruksi tersebut. Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki sifat kembang susut yang besar dan perilakunya sangat dipengaruhi oleh air. Peningkatan kadar air tanah pada tanah lempung ekspansif menyebabkan penurunan daya dukung tanah sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi bangunan maupun jalan yang berdiri di atasnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan stabilisasi guna meningkatkan daya dukung tanah ekspansif tersebut. Stabilisasi merupakan suatu metode rekayasa tanah yang bertujuan untuk meningkatkan dan mempertahankan sifat-sifat tertentu pada tanah, agar selalu memenuhi syarat teknis yang dibutuhkan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan Sonbay (2010) menyatakan bahwa tanah di Desa Oebelo merupakan tanah lempung ekspansif dengan kandungan *montmorillonite* sebanyak 75% dan *kaolinite* sebanyak 25%. Oleh karena itu tanah di Desa Oebelo merupakan jenis tanah ekspansif dan perlu di stabilisasi. Stabilisasi yang dilakukan berupa stabilisasi secara kimiawi dengan campuran kapur 5% (tetap) dan variasi *fly ash* sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% sebagai bahan stabilisasinya. Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai tegangan geser dan CBR yang dihasilkan dari penambahan kapur dan *fly ash* serta untuk mengetahui daya dukung maksimum yang dihasilkan dari penambahan kapur dan *fly ash*.

## 2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam dalam penelitian adalah tanah asli yang diambil dari Desa Oebelo Kabupaten Kupang, *fly ash* yang diambil di PLTU Bolok, dan Kapur yang dibeli pada tempat penjualan kapur di Kota Kupang. Penelitian dilakukan pada Laboratorium dengan jangka waktu penelitian selama 3 bulan dari bulan Maret sampai bulan Mei 2021.

### 2.1. Teknik Pengambilan Data

#### 1. Teknik Observasi

Teknik observasi yaitu dengan pengujian di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana Kupang dan Laboratorium Pengujian dan Bina Teknik Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Nusa Tenggara Timur.

#### 2. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi yaitu teknik pengambilan data yang diperoleh dengan cara menghimpun teori-teori, rumus-rumus dan ketentuan-ketentuan yang relevan dengan materi penelitian dari buku-buku tertentu.

#### 3. Studi Literatur

Studi literatur adalah teknik pengambilan data melalui teks-teks tertulis, seperti buku, e-book, jurnal, makalah dan lain-lain.

### 2.2. Tahapan Penelitian

#### 1. Pengambilan Sampel dan Persiapan Benda Uji

Tanah yang diambil merupakan tanah dari Desa Oebelo, Jl. Timor Raya Km. 21 pada kedalaman 50 cm dari permukaan tanah. Sebelum pengujian tanah dikeringkan dengan dijemur di bawah terik matahari selama 3-4 hari, setelah kering tanah dihancurkan dan di saring menggunakan saringan No. 4, 10 dan 40.

#### 2. Pengujian Tanah Asli

Pengujian terlebih dahulu dilakukan pada tanah asli untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis tanah. Pengujian yang dilakukan berupa uji sifat fisik yaitu pengujian kadar air, gravitasi khusus (*specific gravity*), batas-batas konsistensi (*atterberg limit*), dan uji gradasi butiran serta sifat mekanis yaitu pengujian pemadatan standar proctor, pengujian kuat tekan bebas, pengujian CBR dan potensi pengembangan.

#### 3. Pembuatan Benda Uji

Membuat campuran tanah dengan kapur dan *fly ash* dalam beberapa variasi campuran dengan persentase yang telah direncanakan, yaitu berat kapur dan *fly ash* dihitung terhadap berat kering tanah.

**Tabel 1.** Variasi Campuran Kapur dan *Fly Ash*

Jenis Sampel	Komposisi
Variasi I	Tanah Asli + 5% Kapur + 10% <i>Fly Ash</i>
Variasi II	Tanah Asli + 5% Kapur + 20% <i>Fly Ash</i>
Variasi III	Tanah Asli + 5% Kapur + 30% <i>Fly Ash</i>
Variasi IV	Tanah Asli + 5% Kapur + 40% <i>Fly Ash</i>
Variasi V	Tanah Asli + 5% Kapur + 50% <i>Fly Ash</i>

#### 4. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah Setelah Distabilisasi

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis tanah setelah dicampur dengan bahan-bahan stabilisasi dalam hal ini berupa kapur dan *fly ash*. Pengujian meliputi:

- A. Uji sifat fisik tanah antara lain
  - a. Pengujian berat jenis (ASTM D 854-58)
  - b. Pengujian distribusi ukuran butiran tanah (ASTM D 2487-69)
  - c. Pengujian batas-batas *Atterberg*
    - Pengujian batas cair (ASTM D 423-59)
    - Pengujian batas plastis (ASTM D 424-59)
    - Pengujian batas susut (ASTM D 427-61)
- B. Uji sifat mekanis tanah antara lain :
  - a. Pengujian proctor standar (ASTM D-698)
  - b. Pengujian CBR (ASTM D 1883-87)
  - c. Pengujian kuat tekan bebas (ASTM D 2166-06)
- C. Pengujian pemadatan standar *proctor* dilakukan pada campuran dari tanah asli dengan kapur dan *fly ash* dengan beberapa variasi tertentu. Kemudian campuran tersebut dihitung kadar air optimum dan berat volume kering maksimumnya.
- D. Pengujian uji kuat tekan bebas dilakukan dengan menggunakan alat penekan pada variasi benda uji yang telah di siapkan. Pengujian dilakukan setelah benda uji dicetak dan diperam selama 7 hari untuk memberikan waktu pada campuran bereaksi.
- E. Pengujian CBR Pengujian CBR yang dilakukan terdiri atas 2 jenis, yaitu CBR terendam dengan pemeraman dan CBR tak terendam dengan pemeraman.

**Tabel 2.** Variasi Benda Uji Untuk Pengujian CBR

Jenis Pengujian	Tanah Asli (Tanpa Pemeraman)		Campuran Tanah + Kapur + <i>Fly Ash</i> (Dengan Pemeraman 7 hari)	
	Tanpa Rendaman	Dengan Rendaman (4 hari)	Tanpa Rendaman	Dengan Rendaman (4 hari)
CBR	2	2	10	10
Jumlah			24	

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Karakteristik Tanah Asli

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan mekanis di laboratorium karakteristik tanah asli dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Karakteristik Tanah Asli

Parameter	Hasil
A. Sifat-sifat fisik	
Kadar air (w)	39,57 %
Berat spesifik ( <i>Specific Gravity</i> )	2,67
Batas cair ( <i>Liquid Limit</i> )	89,01 %
Batas plastis ( <i>Plastic Limit</i> )	40,47 %
Batas susut ( <i>Shrinkage Limit</i> )	9,85 %
Indeks plastisitas ( <i>Plasticity Index</i> )	48,59 %
Butiran lolos sarongan No. 200 (butiran halus)	77,85 %
B. Sifat-sifat mekanis	
Kadar air optimum	28,83 %
Berat volume kering maksimum	1,33 gr/cm <sup>3</sup>
Nilai daya dukung tanah (q <sub>u</sub> )	0,157 kg/cm <sup>2</sup>
Nilai kohesi <i>undrained</i> tanah (c <sub>u</sub> )	0,079 kg/cm <sup>2</sup>
Potensi pengembangan (S)	6,03 %
CBR terendam ( <i>soaked</i> )	1,11 %
CBR tak terendam ( <i>unsoaked</i> )	1,39 %

### 3.2. Klasifikasi Tanah Asli

Berdasarkan sistem klasifikasi AASTHO tanah asli masuk dalam jenis tanah A-7-5 (Das, 2009) dengan nilai GI sebesar 43. Nilai GI yang besar ini dapat disimpulkan tanah asli dikategorikan buruk sebagai lapisan tanah dasar. Menurut USCS tanah dikategorikan sebagai tanah berbutir halus dan masuk dalam kelompok CH yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.

### 3.3. Karakteristik Dan Klasifikasi Fly Ash

*Fly ash* yang digunakan merupakan *fly ash* dari hasil pembakaran batu bara pada PLTU Bolok, berdasarkan ASTM *fly ash* pada PLTU Bolok masuk dalam kelas F karena memiliki kadar total  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , dan  $Fe_2O_3 < 70\%$  dimana kadar total dari *fly ash* pada PLTU Bolok sebesar 49,4 %. Berdasarkan Untuk *Canadian Standard CSA A-23.5 fly ash* pada PLTU Bolok termasuk dalam tipe CL dengan kandungan kalsium yang rendah dengan nilai CaO sebesar 10,64%.

### 3.4. Karakteristik Dan Klasifikasi Kapur

Dari hasil pengujian laboratorium didapat nilai CaO kapur sebesar 62,94% (Ullu, 2021). Dengan kandungan CaO yang besar ini kapur dapat memberikan sifat *cementitious* (kemampuan untuk mengeras dan bertambah kuat apabila bereaksi dengan air) pada *fly ash*. *Fly ash* pada PLTU Bolok memiliki kadar kapur rendah.

### 3.5. Stabilisasi Tanah Dengan Kapur Dan Fly Ash

Stabilisasi tanah asli Oebelo dilakukan dengan mencampur tanah dengan kapur dan *fly ash* dalam beberapa variasi campuran untuk mengetahui pengaruh sifat fisik dan mekanis setelah distabilisasi. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanis tanah yang distabilisasi di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Sifat Fisik Dan Mekanis Tanah Setelah Distabilisasi Dengan Kapur Dan *Fly Ash*

No	Variable	Variasi Campuran Kapur Dan <i>Fly Ash</i>				
		I	II	III	IV	V
1	Berat Spesifik	2,63	2,53	2,39	2,26	2,12
2	Butiran lolos saringan No. 200 (butiran halus) (%)	76,49	73,28	70,44	67,62	64,98
3	Batas Cair (%)	75,84	55,34	42,80	36,87	28,74
4	Batas Plastis (%)	38,47	35,63	31,03	27,75	21,31
5	Batas Susut (%)	13,28	19,22	26,24	31,55	37,65
6	Indeks Plastisitas (%)	37,37	19,71	11,77	9,12	7,42
7	Kadar air Optimum (%)	27,74	26,87	25,09	23,97	21,98
8	Berat Volume Kering Maksimum ( $gr/cm^3$ )	1,35	1,27	1,39	1,40	1,40
9	Nilai Daya Dukung Tanah ( $q_u$ ) ( $kg/cm^2$ )	0,233	0,285	0,323	0,346	0,368
10	Nilai Kohesi <i>Undrained</i> Tanah ( $c_u$ ) ( $kg/cm^2$ )	0,117	0,143	0,162	0,173	0,184
11	Potensi Pengembangan Dengan Pemeraman 7 Hari (%)	5,08	3,47	2,88	1,97	0,95
12	CBR Terendam Dengan Pemeraman 7 Hari (%)	1,95	3,12	4,22	7,50	9,27
13.	CBR Tak Terendam Dengan Pemeraman 7 Hari (%)	3,04	5,79	7,14	9,91	11,74

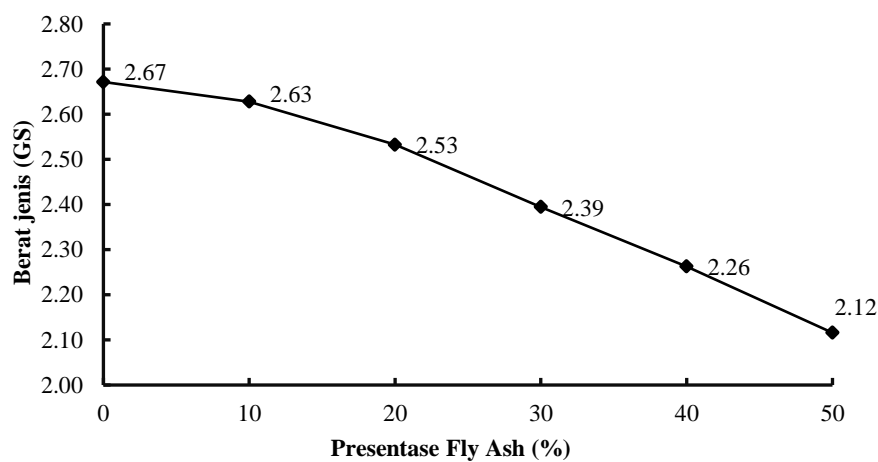
#### 3.5.1. Berat Spesifik (*Spesific gravity*)

Hasil pengujian berat spesifik tanah asli dan tanah setelah distabilisasi dengan kapur dan *fly ash* dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Berat Spesifik

No	Variasi Benda Uji	Berat Spesifik
1	Tanah Asli	2,67
2	Tanah Asli + 5% Kapur + 10% <i>Fly Ash</i>	2,63
3	Tanah Asli + 5% Kapur + 20% <i>Fly Ash</i>	2,53
4	Tanah Asli + 5% Kapur + 30% <i>Fly Ash</i>	2,39
5	Tanah Asli + 5% Kapur + 40% <i>Fly Ash</i>	2,26
6	Tanah Asli + 5% Kapur + 50% <i>Fly Ash</i>	2,12

Pengaruh stabilisasi dengan persentase kapur tetap 5% dan persentase *fly ash* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Untuk pengaruh penambahan kapur dan *fly ash* pada tanah asli dapat dilihat persentase penurunannya pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Pengaruh Penambahan Kapur 5% dan Variasi *Fly Ash* Terhadap Nilai Berat Spesifik (GS)

Nilai berat spesifik mengalami penurunan seiring penambahan persentase *fly ash*. Persentase penurunan nilai berat spesifik pada tanah setelah distabilisasi dengan persentase kapur 5% (tetap) dan persentase *fly ash* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap tanah asli berturut-turut adalah 0,04, 0,14, 0,31, 0,41 dan 0,55. Ketika tanah asli dicampur dengan kapur dan *fly ash* terjadi perubahan tekstur tanah di mana partikel-partikel tanah menjadi menggumpal, hal ini disebabkan oleh bergabungnya butiran tanah asli dan kapur juga *fly ash*, sehingga partikel tanah memiliki ukuran yang lebih besar yang menyebabkan penurunan nilai berat spesifik (Ningsih, 2014).

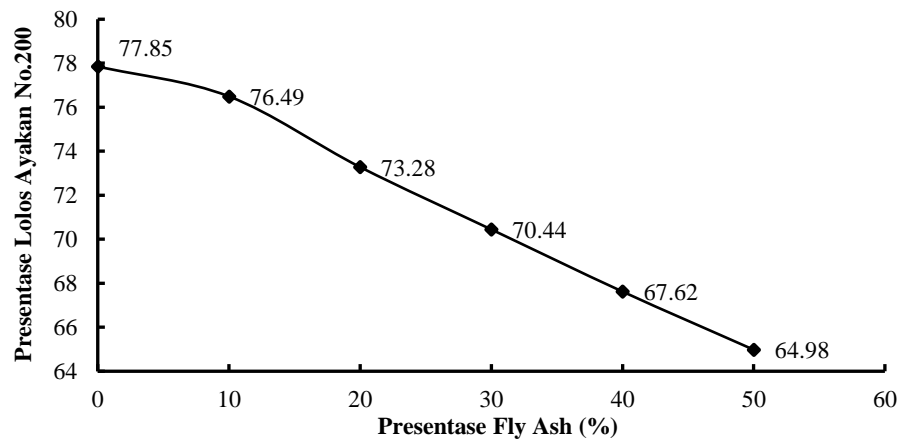
3.5.2. Gradasi Butiran Tanah

Dari hasil analisis hidrometer dan saringan menunjukkan terjadinya perubahan komposisi butiran tanah yaitu berkurangnya butiran lempung dan bertambahnya butiran pasir. Hasil pengujian gradasi butiran tanah ditunjukkan dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Gradasi Butiran Tanah

No	Variasi Benda Uji	Butiran lolos saringan No.200 (butiran halus) (%)
1	Tanah Asli	77,85
2	Tanah Asli + 5% Kapur + 10% <i>Fly Ash</i>	76,49
3	Tanah Asli + 5% Kapur + 20% <i>Fly Ash</i>	73,28
4	Tanah Asli + 5% Kapur + 30% <i>Fly Ash</i>	70,44
5	Tanah Asli + 5% Kapur + 40% <i>Fly Ash</i>	67,62
6	Tanah Asli + 5% Kapur + 50% <i>Fly Ash</i>	64,98

Pengaruh stabilisasi dengan persentase kapur tetap 5% dan persentase *fly ash* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap gradasi butiran tanah dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Hasil Analisis Saringan Dan Hidrometer Pada Tiap Variasi Campuran Kapur dan *Fly Ash*

Berdasarkan grafik pada Gambar 2 terlihat bahwa jumlah butiran lempung berkurang dan jumlah butiran pasir bertambah seiring dengan penambahan kadar *fly ash*. Hal ini disebabkan oleh ikatan yang terjadi antara butiran kapur dan *fly ash* yang menyatu dengan butiran tanah asli, sehingga butiran tanah asli menjadi padat dan mengurangi butiran lempung pada tanah asli.

3.5.3. Batas-Batas Konsistensi Tanah

Untuk mengetahui nilai batas-batas konsistensi tanah dilakukan dengan pengujian *Atterberg* Limit. Dari pengujian batas-batas konsistensi, diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Pengujian Batas-Batas Konsistensi

No	Variasi Benda Uji	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Indeks Plastistas (%)	Batas Susut (%)
1.	Tanah Asli	89,05	40,47	48,59	9,85
2.	Tanah Asli + 5% Kapur + 10% <i>Fly Ash</i>	75,84	38,47	37,37	13,28
3.	Tanah Asli + 5% Kapur + 20% <i>Fly Ash</i>	55,34	35,63	19,71	19,22
4.	Tanah Asli + 5% Kapur + 30% <i>Fly Ash</i>	42,80	31,03	11,77	26,24
5.	Tanah Asli + 5% Kapur + 40% <i>Fly Ash</i>	36,87	27,75	9,12	31,55
6.	Tanah Asli + 5% Kapur + 50% <i>Fly Ash</i>	28,74	21,31	7,42	37,65

1. Batas Cair

Nilai batas cair mengalami penurunan seiring penambahan persentase kapur dan *fly ash*. Pada persentase *fly ash* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, nilai batas cair mengalami penurunan secara berurutan yaitu 13,21%, 33,71%, 46,25%, 52,18% dan 60,31%. penurunan nilai batas cair disebabkan karena *fly ash* mampu menyerap air sehingga kadar air yang dihasilkan semakin kecil (Indera, 2017). Selain itu kapur juga mempunyai sifat *hidroskopis* terhadap tanah, yaitu kapur akan mengeluarkan energi dalam bentuk panas saat dicampur dengan air, sehingga air yang ada pada saat pencampuran akan mengalami penguapan yang cepat (Soehardi, 2017).

2. Batas Plastis

Pada persentase *fly ash* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, nilai batas plastis mengalami penurunan secara berurutan yaitu 2%, 4,84%, 9,44%, 12,72% dan 19,16%. Hal ini disebabkan karena sifat kapur dan *fly ash* yang mudah menyerap air sehingga tanah mendekati sifat semi padat pada saat kandungan air dalam tanah tersebut sedikit.

3. Batas Susut

Pada persentase *fly ash* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, nilai batas susut mengalami kenaikan secara

berurutan yaitu 3,4%, 9,37%, 18,39%, 21,7% dan 27,8%. Hal ini disebabkan menyatunya butiran kapur dan *fly ash* terhadap tanah asli yang menyebabkan tanah asli kehilangan sifat kelemungannya yang menyebabkan berkurangnya kemampuan susut pada tanah asli tersebut.

4. Indeks Plastisitas

Pada persentase *fly ash* 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, nilai indeks plastisitas mengalami penurunan secara berurutan yaitu 11,22%, 28,88%, 36,82%, 39,47% dan 41,17%. Nilai indeks plastisitas tanah asli menunjukkan bahwa tanah asli memiliki sifat plastisitas yang tinggi, namun setelah distabilisasi dengan kapur dan *fly ash* nilai indeks plastisitas menurun dan membuat sifat plastisitas tanah yang awalnya tinggi menjadi sifat plastisitas sedang.

3.5.4. Pemdattan Standar Proctor

Hasil pengujian pemadatan standar proctor menunjukkan terjadi penurunan kadar air optimum dan kenaikan berat volume kering maksimum dapat dilihat pada Tabel 8.

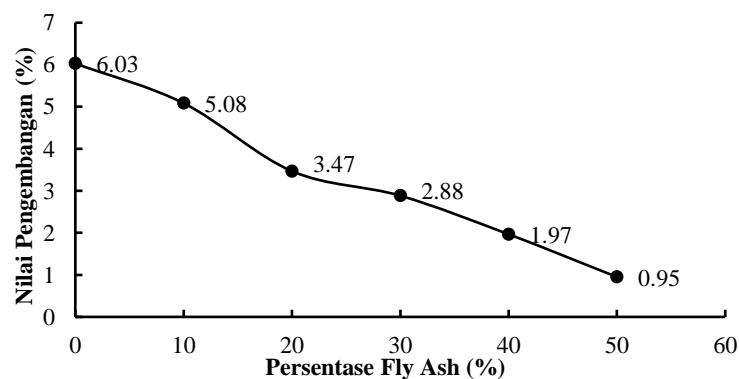
**Tabel 8.** Hasil Pengujian Pemadatan Standar Proctor

No	Variasi Benda Uji	Kadar Air Optimum (%)	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm <sup>3</sup> )
1.	Tanah Asli	28,83	1,33
2.	Tanah Asli + 5% Kapur + 10% Fly Ash	27,74	1,35
3.	Tanah Asli + 5% Kapur + 20% Fly Ash	26,87	1,37
4.	Tanah Asli + 5% Kapur + 30% Fly Ash	25,09	1,39
5.	Tanah Asli + 5% Kapur + 40% Fly Ash	23,97	1,40
6.	Tanah Asli + 5% Kapur + 50% Fly Ash	21,98	1,40

Penurunan kadar air optimum dan kenaikan berat volume kering maksimum karena sifat kapur yang dapat memancarkan panas yang menyebabkan tanah asli menjadi cepat kering akibat proses hidrasi (Sosrodarsono, 2000). Berat volume kering maksimum mengalami peningkatan karena campuran kapur dan *fly ash* menyebabkan bertambahnya ikatan antara partikel tanah. Kapur dan *fly ash* mempunyai ukuran butiran yang halus sehingga dapat mengisi rongga antara partikel tanah sehingga membentuk tekstur tanah yang semakin padat. Pada penelitian ini didapat pula nilai berat volume kering maksimum untuk variasi IV dan V mempunyai nilai yang sama yaitu 1,40 gr/cm<sup>3</sup>.

3.5.5. Potensi Pengembangan Tanah

Laju potensi pengembangan tanah asli lebih cepat dibandingkan dengan tanah yang telah distabilisasi. Potensi pengembangan pada tanah asli akan berkurang setelah tanah di stabilisasi menggunakan kapur 5% (tetap) dan variasi *fly ash* sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Untuk rata-rata potensi pengembangan dengan pemeraman selama 7 hari untuk tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Rata-Rata Potensi Pengembangan Dengan Pemeraman 7 Hari Pada Tiap Variasai Campuran Kapur dan Fly Ash

Berkurangnya potensi pengembangan menunjukkan bahwa air lebih mudah masuk ke dalam tanah asli daripada tanah dengan campuran kapur dan *fly ash*. *Fly ash* berfungsi sebagai *filler* sehingga mengisi

rongga kosong antar butiran tanah dan membuat tanah menjadi lebih padat. Kapur memberikan sifat *cementitious* pada *fly ash* yang mengakibatkan tanah menjadi lebih padat dan keras sehingga air sulit masuk ke dalam tanah.

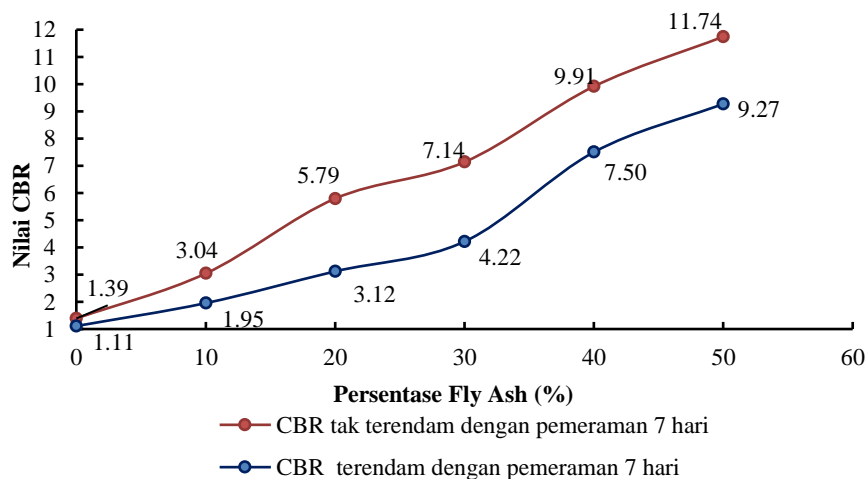
3.5.5. California Bearing Ratio (CBR)

Pada penelitian ini pengujian CBR dibagi menjadi 2, yaitu CBR terendam dengan pemeraman dan CBR tak terendam dengan pemeraman selama 7 hari. Hasil pengujian CBR ditampilkan dalam Tabel 9.

**Tabel 9` Hasil Pengujian CBR**

No	Jenis Pengujian	Variasi Campuran Kapur dan <i>Fly Ash</i>					
		Tanah Asli	I	II	III	IV	V
1	CBR Tak Terendam Dengan Pemeraman 7 Hari (%)	1,39	3,04	5,79	7,14	9,91	11,74
2	CBR Tak Terendam Dengan Pemeraman 7 Hari (%)	1,11	1,95	3,12	4,22	7,50	9,24

Nilai CBR mengalami peningkatan seiring penambahan persentase *fly ash*. Pengaruh penambahan *fly ash* terhadap nilai CBR dikarenakan adanya reaksi *pozzolanic* yang mengakibatkan meningkatnya daya ikat antar butiran tanah sehingga tanah lebih keras dan kaku. Keadaan tanah yang keras dan kaku seperti inilah yang menjadikan nilai CBR menjadi lebih besar dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli. 2 model pengujian CBR pada tiap variasi campuran kapur dan *fly ash* dibandingkan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Perbandingan Uji CBR Pada Kondisi Terendam dan Tak Terendam Pada Tiap Variasai Campuran Kapur dan *Fly Ash*

Nilai CBR tak terendam lebih besar daripada nilai CBR terendam. Hal ini akibat dari peningkatan kadar air pada sampel tanah saat terendam yang menyebabkan semakin lemahnya daya dukung tanah. Penurunan nilai CBR terendam dibandingkan dengan CBR tak terendam dikarenakan kadar air berlebih pada sampel sehingga saat pembebanan.

3.5.5. Uji Kuat Tekan (*Unnconfined Compression Test*)

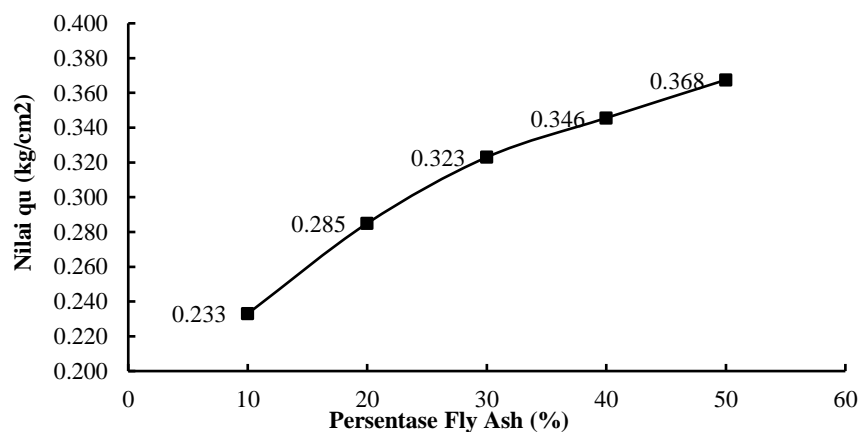
Pengujian UCT bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) dan nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi menggunakan kapur dan *fly ash*. Dari uji kuat tekan bebas ini diperoleh nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) dan diperoleh nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) yaitu sebesar  $\frac{1}{2} q_u$ . Hasil pengujian kuat tekan bebas (UCT) pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

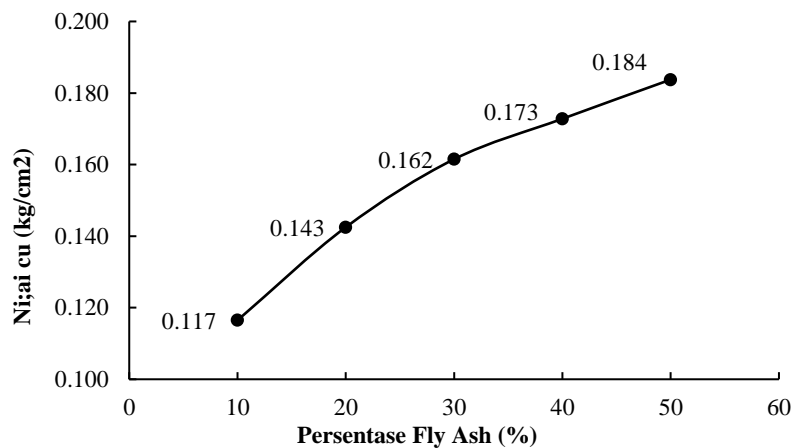


No	Jenis Sampel	Daya Dukung Tanah ( $q_u$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kohesi <i>Undrained</i> Tanah ( $c_u$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
1.	Tanah Asli	28,83	1,33
2.	Tanah Asli + 5% Kapur + 10% <i>Fly Ash</i>	27,74	1,35
3.	Tanah Asli + 5% Kapur + 20% <i>Fly Ash</i>	26,87	1,37
4.	Tanah Asli + 5% Kapur + 30% <i>Fly Ash</i>	25,09	1,39
5.	Tanah Asli + 5% Kapur + 40% <i>Fly Ash</i>	23,97	1,40
6.	Tanah Asli + 5% Kapur + 50% <i>Fly Ash</i>	21,98	1,40

Untuk nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) dan nilai kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



**Gambar 6.** Hubungan Antara Nilai Daya Dukung Tanah ( $q_u$ ) Pada Tiap Variasai Campuran Kapur dan *Fly Ash*

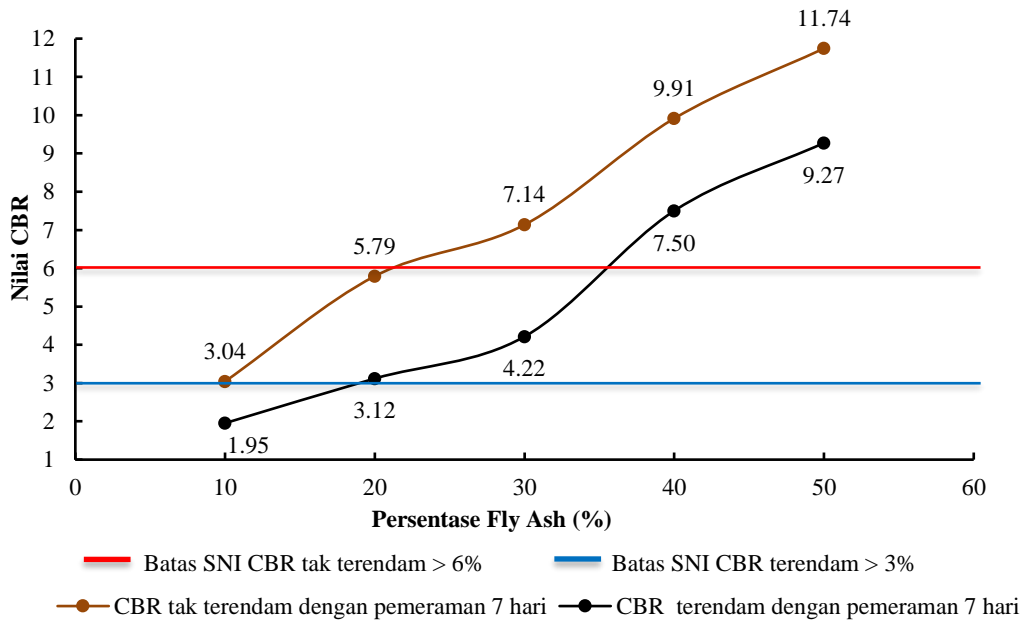


**Gambar 7.** Hubungan Antara Nilai Kohesi *Undrained* Tanah ( $c_u$ ) Tiap Variasai Campuran Kapur dan *Fly Ash*

Seiring penambahan kapur 5% (tetap) dan *fly ash* dengan variasi 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%, nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) meningkat berturut-turut sebesar 48,40%, 81,52%, 105,73%, 120,38% dan 134,39% dari nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) tanah asli sebesar 0,157 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) meningkat berturut-turut sebesar 48,10%, 81,01%, 105,06%, 118,99% dan 132,91% dari nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) tanah asli sebesar 0,079 kg/cm<sup>2</sup>. Peningkatan nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) dan nilai kohesi tanah *undrained* ( $c_u$ ) ini disebabkan oleh reaksi *pozzolanic* dan *cementious* yang terjadi pada tanah akibat pencampuran kapur dengan *fly ash* sehingga tanah akan semakin keras dan kaku sehingga meningkatkan kekuatan tanah

3.5.5. Daya Dukung Tanah

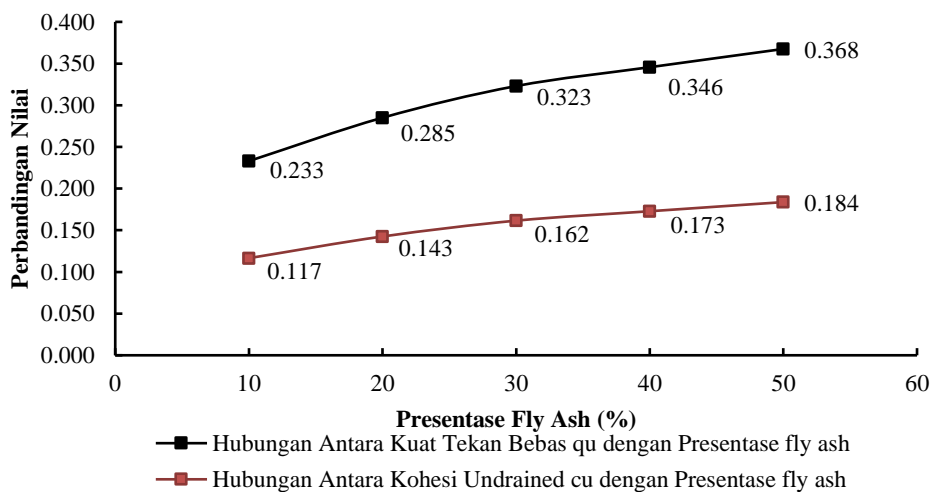
Menurut SNI 03-1732-1989 syarat nilai kekuatan CBR untuk tanah dasar, yaitu CBR dalam kondisi terendam adalah >3% sedangkan untuk nilai CBR dalam kondisi kering adalah >6%. Untuk perbandingan menurut SNI 03-1732-1989 dapat dilihat pada grafik pada Gambar 8.



Gambar 8. Hubungan Antara Batas CBR Menurut SNI 03-1732-1989 Pada Tiap Variasi Campuran Kapur dan Fly Ash

Nilai CBR pada Variasi IV dan V memenuhi kedua syarat nilai CBR, karena nilai CBRnya >6% dalam keadaan terendam (dengan pemeraman) dan tak terendam (dengan pemeraman). Nilai CBR paling tinggi dihasilkan pada pengujian CBR tak terendam dengan pemeraman, di mana menghasilkan nilai CBR sebesar 11,74% pada variasi campuran kapur 5% dan fly ash 50%. Namun untuk memodelkan kondisi tanah di lapangan pada keadaan jenuh air setelah distabilisasi, maka nilai CBR yang sebaiknya digunakan adalah nilai CBR terendam dengan pemeraman 7 hari di mana menghasilkan nilai CBR sebesar 9,24 % pada variasi campuran kapur 5% dan fly ash 50%.

Pengujian tekan bebas sendiri dilakukan untuk mengetahui kuat tanah apabila diberikan beban di atasnya. Dari hasil pengujian di dapat nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) dan nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) seperti pada grafik pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan Antara Nilai Daya Dukung Tanah ( $q_u$ ) Dan Nilai Kohesi *Undrained* Tanah ( $C_u$ )

Berdasarkan pada nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) asli termasuk ke dalam tanah jenis lempung sangat lunak (Hardiyatmo, 2006. Tabel 2.9) dengan nilai  $q_u = 0,157 \text{ kg/cm}^2 = 15,396 \text{ kN/m}^2$  dan setelah distabilisasi tanah mengalami kenaikan menjadi tanah lempung lunak dengan nilai  $q_u$  berturut-turut  $0,233 \text{ kg/cm}^2 = 22,84 \text{ kN/m}^2$  pada Variasi I,  $0,285 \text{ kg/cm}^2 = 27,948 \text{ kN/m}^2$  pada Variasi II,  $0,323 \text{ kg/cm}^2 = 31,577 \text{ kN/m}^2$  pada Variasi III,  $0,346 \text{ kg/cm}^2 = 33,931 \text{ kN/m}^2$  pada Variasi IV, dan  $0,368 \text{ kg/cm}^2 = 36,088 \text{ kN/m}^2$  pada Variasi V. Ini menunjukkan tanah yang telah distabilisasi mengalami kenaikan dibandingkan dengan tanah asli.

#### 4. Kesimpulan

Pada pengujian tekan bebas di dapat nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) dan nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ), mengalami kenaikan setiap penambahan variasi *fly ash*. Untuk nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) didapat nilai terbesar  $0,368 \text{ kg/cm}^2 = 36,088 \text{ kN/m}^2$ . Demikian pula nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) didapat terbesar  $0,184 \text{ kg/cm}^2 = 18,044 \text{ kN/m}^2$ . Pada tiap penambahan *fly ash* daya dukung semakin meningkat dilihat dari nilai tekan bebas yang meningkat tiap penambahan *fly ash*. Nilai CBR tertinggi sebesar 11,74% untuk CBR tak terendam dan untuk CBR terendam di dapat nilai CBR sebesar 9,24% pada tiap campuran kapur 5% (tetap) dan *fly ash* 50%.

Dari penelitian di dapat kuat daya dukung maksimum untuk pengujian CBR tak terendam dengan pemeraman 7 hari terjadi pada variasi campuran kapur 5% (tetap) dan *fly ash* 50% dengan nilai daya dukung tanahnya sebesar 11,74%. Untuk nilai CBR terendam dengan pemeraman 7 hari terjadi pada variasi campuran kapur 5% (tetap) dan *fly ash* 50% dengan nilai daya dukung tanahnya sebesar 9,27%. Untuk pengujian tekan bebas di dapat nilai daya dukung tanah ( $q_u$ ) terbesar  $0,368 \text{ kg/cm}^2$  pada campuran 5% kapur dan 50% *fly ash*. Untuk nilai kohesi *undrained* tanah ( $c_u$ ) terbesar  $0,184 \text{ kg/cm}^2$  pada campuran 5% kapur dan 50% *fly ash*.

#### Daftar Pustaka

- ASTM. 1980. *Annual Books Of ASTM Standards*. American Society For Testing Material. Philadelphia
- Das Braja M. 2009. *Principles Of Geotechnical Engineering*. 7<sup>th</sup> Edition, SI. Cengage Learning. USA
- Hardiyatmo, Christady, Harry. 2006. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University. Press. Yogyakarta
- Indera, Rama. 2017. *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas*. Jurnal Fondasi, Vol. 6 No. 2. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Serang Banten
- Ningsih, Dessy. 2014. *Pengaruh Penambahan Variasi Tanah Kapur dan Semen Terhadap Potensi Pengembangan Tanah Lempung Desa Niuk Baun Kecamatan Amarasi Barat Kabupaten Kupang*. Skripsi S-1 Prodi Teknik Sipil. Universitas Nusa Cendana. Kupang
- Sonbay, Albert. 2010. *Kajian Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Desa Oebelo Dengan Garam Dapur Lokal*. Skripsi S-1 Prodi Teknik Sipil. Universitas Nusa Cendana. Kupang
- Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. P.T. Pradnya Paramita. Jakarta
- Soehardi, Fitridawati. 2017. *Pengaruh Waktu Pemeraman Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur Terhadap Nilai CBR*. Jurnal Teknik Sipil Siklus. Vol. 3 No. 1. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Lancang Kuning
- SNI 03-1732-1989. *Tebal Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*, Petunjuk Pelaksanaan
- Ullu, Marta. 2021. *Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif*. Jurnal Teknik Sipil. Vol. 10 No. 1. Universitas Nusa Cendana. Kupang