

## **Analisis Substitusi Abu Ampas Tebu dan Garam terhadap Karakteristik Mekanis pada Stabilitas Tanah Laterit**

**Bella Auliananingsih<sup>1</sup>, Dila Ariyanti<sup>2</sup>, Wattini<sup>3</sup>, Innino Justitiannisa<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak

Jl. Jendral Ahmad Yani, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124

<sup>3,4</sup> Departemen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak

Jl. Jendral Ahmad Yani, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124

### **ARTICLE INFO**

#### **Kata Kunci:**

Stabilisasi Tanah Laterit, Abu Ampas Tebu, Garam Kasar, Daya Dukung Tanah, Rasio Daya Dukung California (CBR), Kekuatan Tekan Tak Terbatas (UCS)

#### **\*Correspondence email:**

bellauliana777@gmail.com,  
dilaariyanti27@gmail.com,  
wattiniagus@gmail.com,  
inninojustitiannisa.ij@gmail.com

**Submitted:** 12 Juni 2026

**Revised:** 10 Agustus 2026

**Accepted:** 10 Agustus 2026

**Published:** 13 Agustus 2026

### **ABSTRAK**

Stabilisasi tanah adalah teknik yang umum diterapkan dalam proyek konstruksi untuk meningkatkan kekuatan tanah sehingga dapat menopang beban struktural secara menyeluruh. Dalam penelitian ini, tanah laterit distabilisasi menggunakan aditif berupa abu ampas tebu (SBA) dan garam kasar. Pendekatan penelitian kuantitatif digunakan melalui serangkaian uji laboratorium. Komposisi campuran terdiri dari 3% SBA, sedangkan kadar garam kasar divariasikan pada 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Hasil uji California Bearing Ratio (CBR) untuk tanah alami menunjukkan nilai 15,00% pada penetrasi 2,5 mm dan 19,11% pada penetrasi 5,0 mm dengan 56 pukulan. Setelah penambahan SBA dan garam, nilai CBR menunjukkan fluktuasi. Nilai CBR tertinggi diperoleh dari campuran yang mengandung 3% SBA dan 8% garam kasar dengan 56 pukulan, mencapai 26,00% pada penetrasi 2,5 mm dan 30,22% pada penetrasi 5,0 mm, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam daya dukung tanah. Sebaliknya, nilai CBR terendah diamati pada campuran 3% SBA dan 12% garam kasar dengan 25 pukulan, hanya menghasilkan 2,40% pada penetrasi 2,5 mm dan 2,78% pada penetrasi 5,0 mm, yang menunjukkan penurunan kekuatan tanah yang substansial. Hasil uji kekuatan tekan tak terbatas (UCS) menunjukkan bahwa tanah alami memiliki kekuatan tertinggi, dengan nilai maksimum 5,88 kg/cm<sup>2</sup>. Setelah stabilisasi, nilai UCS umumnya menurun, meskipun campuran dengan 8% garam masih menghasilkan nilai yang mendekati nilai tanah alami. Namun, peningkatan kadar garam di atas 12% mengakibatkan penurunan kekuatan tanah yang signifikan.

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Lateritic Soil Stabilization, Sugarcane Bagasse Ash, Coarse Salt, Soil Bearing Capacity, California Bearing Ratio (CBR), Unconfined Compressive Strength (UCS)

Soil stabilization is a technique commonly applied in construction projects to improve soil strength so that it can adequately support structural loads. In this study, lateritic soil was stabilized using additives in the form of sugarcane bagasse ash (SBA) and coarse salt. A quantitative research approach was employed through a series of laboratory tests. The mixture composition consisted of 3% SBA, while the coarse salt content was varied at 4%, 8%, 12%, 16%, and 20%. The California Bearing Ratio (CBR) test results for the natural soil showed values of 15.00% at 2.5 mm penetration and 19.11% at 5.0 mm penetration with 56 blows. After the addition of SBA and salt, the CBR values exhibited fluctuations. The highest CBR values were obtained from the mixture containing 3% SBA and 8% coarse salt with 56 blows, reaching 26.00% at 2.5 mm penetration and 30.22% at 5.0 mm penetration, indicating a significant improvement in soil bearing capacity. In contrast, the lowest CBR values were observed in the mixture of 3% SBA and 12% coarse salt with 25 blows, yielding only 2.40% at 2.5 mm penetration and 2.78% at 5.0 mm penetration, which indicates a substantial reduction in soil strength. The unconfined compressive strength (UCS) test results showed that the natural soil possessed the highest strength, with a maximum value of 5.88 kg/cm<sup>2</sup>. After stabilization, the UCS values generally decreased, although the mixture with 8% salt still produced values close to those of the natural soil. However, increasing the salt content beyond 12% resulted in a significant decline in soil strength.

### **PENDAHULUAN**

Pada era modern saat ini, perkembangan suatu daerah menjadi aspek yang sangat diperhatikan, terutama dalam sektor infrastruktur dan konstruksi yang berperan besar dalam mendukung aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat. Infrastruktur yang berkembang dengan baik mampu menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi daerah (Fauziah, 2021). Provinsi Kalimantan Barat termasuk wilayah yang mengalami kemajuan pesat dalam pembangunan infrastruktur, khususnya di kawasan sekitar ibu kota provinsi. Ketersediaan lahan yang masih luas turut mendorong perluasan rencana pembangunan di berbagai bidang (Achmad, 2016).

Dalam pelaksanaan pembangunan konstruksi dan infrastruktur, terdapat faktor mendasar yang harus diperhatikan, yaitu kondisi tanah. Menurut Marpuah dkk. (2022), tanah merupakan komponen penting dalam suatu proyek konstruksi karena berfungsi sebagai penopang utama struktur bangunan. Tanah berada pada lapisan paling bawah dan menerima beban dari bangunan di atasnya. Oleh sebab itu, tanah harus memiliki daya dukung yang memadai agar mampu menahan beban secara stabil serta mencegah terjadinya penurunan tanah yang berlebihan.

Salah satu jenis tanah kohesif yang banyak ditemukan di Indonesia, termasuk di Pulau Kalimantan, adalah tanah laterit. Tanah ini tersedia dalam jumlah yang cukup besar dan umumnya terdapat di daerah beriklim tropis. Ciri khas tanah laterit adalah warnanya yang kemerahan akibat kandungan silika oksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), serta hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Kandungan tersebut memberikan sifat ketahanan terhadap air dan berpotensi meningkatkan kekuatan serta tingkat kepadatan tanah (Nasihah dkk., 2010).

Meskipun demikian, tanah laterit juga mengandung mineral lempung seperti illite dan montmorillonite dalam jumlah yang cukup tinggi, sehingga berisiko mengalami perubahan sifat apabila digunakan tanpa perlakuan yang tepat. Tanah ini umumnya berwarna merah hingga kekuningan dan mengandung unsur logam tertentu. Walaupun dapat dimanfaatkan dalam bidang konstruksi maupun industri, penggunaannya sebagai tanah dasar tetap memerlukan kajian lebih lanjut mengenai karakteristiknya serta metode perbaikan yang sesuai (Sianturi & Agustina, 2020).

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas tanah adalah melalui proses stabilisasi. Stabilisasi tanah merupakan tindakan perbaikan terhadap tanah yang memiliki daya dukung rendah, mudah mengalami deformasi, atau tidak memenuhi persyaratan teknis untuk pembangunan. Tanah yang kurang memenuhi standar dapat diperbaiki dengan penambahan bahan tertentu guna meningkatkan sifat fisik dan mekaniknya (Putra dkk., 2019).

Proses stabilisasi dapat dilakukan dengan menambahkan bahan campuran pada tanah laterit. Beberapa bahan yang sering digunakan antara lain abu sekam padi, abu ampas tebu, *fly ash*, abu karbit, garam, kapur, dan bahan lainnya. Untuk memperoleh komposisi campuran yang paling efektif, diperlukan penelitian lebih lanjut guna mengetahui pengaruh masing-masing bahan terhadap karakteristik tanah.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan abu ampas tebu dan garam sebagai bahan stabilisasi memberikan hasil yang berbeda, namun keduanya mampu meningkatkan kualitas tanah (Osinubi dkk., 2009; Salahudeen & Ochebo, 2015; Amu & Salami, 2010). Pada penelitian dengan abu ampas tebu, peningkatan kohesi terbesar diperoleh pada variasi campuran *Rotec* 2% dan abu ampas tebu 6% dengan masa pemeraman selama 7 hari, yaitu sebesar 138,815% (Putra dkk., 2019). Sementara itu, penelitian dengan penambahan garam pada variasi 5%, 10%, 15%, dan 20% menunjukkan peningkatan nilai California Bearing Ratio (CBR) hingga mencapai 5%–9%. Penambahan garam sebesar 10%–15% dari berat tanah memberikan peningkatan nilai CBR dibandingkan tanah asli yang berada pada kisaran 3,90%–4,75% (Cahyadi dkk., 2017).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menggunakan sampel tanah laterit yang diambil dari Kuari Tanah di Kecamatan Sungai Ambawang, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Tanah tersebut akan diuji dengan penambahan abu ampas tebu dan garam kasar yang bertujuan untuk meningkatkan tingkat kepadatan serta memperbaiki sifat mekanik tanah laterit agar lebih optimal digunakan dalam pekerjaan konstruksi.

## METODE

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Tanah Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Pontianak. Melalui penelitian ini dilakukan pengujian di laboratorium tanah dengan mengkaji pengaruh penambahan abu ampas tebu dan garam kasar terhadap nilai daya dukung tanah (CBR) dan nilai kuat tekan (UCS) pada tanah laterit dengan variasi 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20%. Kelima variasi campuran tersebut diberi notasi Variasi 1 hingga Variasi 5, secara berurutan mewakili kadar garam 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20% (dengan AAT tetap 3%).

**Tabel 1. Total Sampel Tanah Asli**

| Pengujian           | Jumlah Sampel Tanah Asli |
|---------------------|--------------------------|
| Kadar Air           | 3                        |
| Berat Jenis         | 2                        |
| Batas Cair          | 3                        |
| Batas Plastis       | 3                        |
| Analisis Hidrometer | 1                        |
| Analisis Saringan   | 1                        |
| <b>Total Sampel</b> | <b>13</b>                |

**Tabel 2. Total Sampel Variasi**

| Pengujian           | Variasi Sampel |                   |                   |                    |                    | Jumlah Sampel      |           |
|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
|                     | Tanah Asli     | AAT 3% + GARAM 4% | AAT 3% + GARAM 8% | AAT 3% + GARAM 12% | AAT 3% + GARAM 16% | AAT 3% + GARAM 20% |           |
| Kompaksi            | 5              | 5                 | 5                 | 5                  | 5                  | 5                  | 30        |
| CBR                 | 3              | 3                 | 3                 | 3                  | 3                  | 3                  | 18        |
| UCS                 | 3              | 3                 | 3                 | 3                  | 3                  | 3                  | 18        |
| <b>Total Sampel</b> |                |                   |                   |                    |                    |                    | <b>66</b> |

**Tabel 3. Kebutuhan Bahan Garam**

| Variasi Garam      | Kompaksi BeratTanah | CBR BeratTanah | Kompaksi BeratGaram | CBR BeratGaram | Kompaksi JumlahSampel | CBR JumlahSampel |
|--------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| 4%                 | 2 kg                | 6 kg           | 80 gr               | 240 gr         | 5                     | 3                |
| 8%                 | 2 kg                | 6 kg           | 160 gr              | 480 gr         | 5                     | 3                |
| 12%                | 2 kg                | 6 kg           | 240 gr              | 720 gr         | 5                     | 3                |
| 16%                | 2 kg                | 6 kg           | 320gr               | 960 gr         | 5                     | 3                |
| 20%                | 2 kg                | 6 kg           | 400 gr              | 1,2 kg         | 5                     | 3                |
| Jumlah Berat Garam |                     |                | 6 kg                | 10,8 kg        | 25                    | 15               |
| <b>Total</b>       |                     |                | <b>16,8 kg</b>      |                |                       |                  |

**Tabel 4. Kebutuhan Abu Ampas Tebu (AAT)**

| Variasi AAT      | Kompaksi BeratTanah | CBR BeratTanah | Kompaksi Berat AAT | CBR BeratAAT | Kompaksi JumlahSampel | CBR JumlahSampel |
|------------------|---------------------|----------------|--------------------|--------------|-----------------------|------------------|
| 3%               | 2 kg                | 6 kg           | 60 gr              | 180 gr       | 5                     | 3                |
| 3%               | 2 kg                | 6 kg           | 60 gr              | 180 gr       | 5                     | 3                |
| 3%               | 2 kg                | 6 kg           | 60 gr              | 180 gr       | 5                     | 3                |
| 3%               | 2 kg                | 6 kg           | 60 gr              | 180 gr       | 5                     | 3                |
| 3%               | 2 kg                | 6 kg           | 60 gr              | 180 gr       | 5                     | 3                |
| Jumlah Berat AAT |                     |                | 1,5 kg             | 2,7 kg       | 25                    | 15               |
| <b>Total</b>     |                     |                | <b>4,2 kg</b>      |              |                       |                  |

## HASIL

### Pengujian Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik tanah pada penelitian yang dilakukan berupa uji kadar air, berat jenis, konsistensi (batas-batas *Atterberg*), analisis hidrometer dan saringan. Hasil dari semua pengujian tersebut dibuat rekapan data agar dapat lebih mudah melihat hasil dari setiap pengujian. Berikut ini tabel rekapan data dari pengujian sifat fisik:

**Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli**

| Uji                    | Hasil  |
|------------------------|--------|
| Kadar Air ( $\omega$ ) | 5,50%  |
| Berat Jenis (Gs)       | 2,74   |
| Batas Cair             | 31,50% |
| Batas Plastis          | 22,85% |
| Indeks Plastisitas     | 8,92%  |

Dari tabel 5 menyatakan nilai hasil pengujian dari sifat fisik tanah. Dari uji kadar air mendapat nilai rata-rata sebesar 5,50%, berat jenis tanah rata-rata sebesar 2,74%, nilai batas cair dan batas plastis 31,50% dan 22,85%. Menurut ASTM, nilai kadar air tersebut termasuk kadar air rendah atau dalam keadaan kering dan nilai berat jenis tersebut termasuk ke dalam jenis tanah lempung anorganik. Pada nilai indeks plastisitas tanah tersebut tergolong ke dalam tanah berlempung dengan plastisitas rendah, menurut AASHTO.

### Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui bagaimana tanah mendapatkan tekanan. Pengujian ini meliputi uji kompaksi, uji daya dukung (CBR), dan uji tekan bebas (UCS). Hasil dan analisis data dari pengujian tersebut dijabarkan seperti berikut ini.

#### 1. Kompaksi/pemadatan

Pengujian kompaksi dilakukan berdasarkan metode ASTM D 1557-12 2021. Berikut ini pembahasan hasil pengujian kompaksi.

##### a. Pengujian kompaksi tanah asli (tanpa campuran)

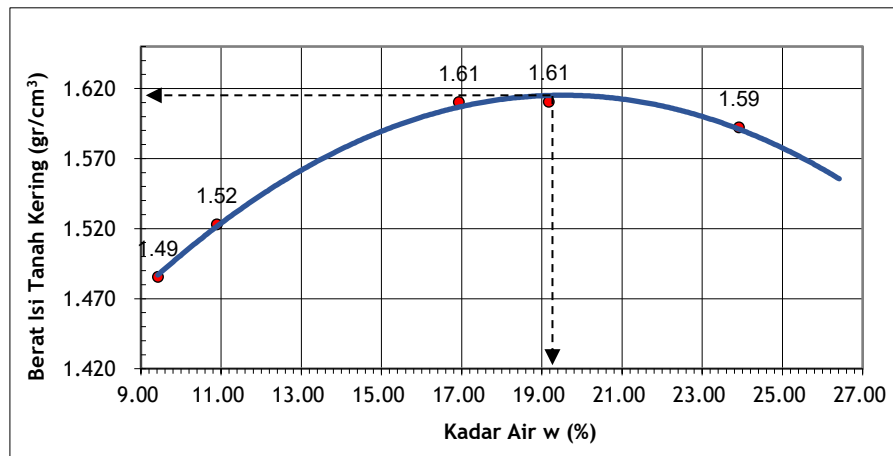
**Tabel 6. Uji kompaksi tanah asli**

**Penentuan Kadar Air**

| No. Sampel                 |        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| No. Cawan                  |        | 2     | 5     | 6     | 24    | 76    |
| Berat Tanah Basah + Cawan  | (gram) | 24,20 | 28,18 | 26,46 | 35,60 | 34,94 |
| Berat Tanah Kering + Cawan | (gram) | 22,93 | 26,36 | 24,02 | 31,39 | 30,03 |
| Berat Air                  | (gram) | 1,27  | 1,82  | 2,44  | 4,21  | 4,91  |
| Berat Cawan                | (gram) | 9,45  | 9,65  | 9,61  | 9,43  | 9,50  |
| Berat Tanah kering         | (gram) | 13,48 | 16,71 | 14,41 | 21,96 | 20,53 |
| Kadar Air, (w)             | (%)    | 9,42  | 10,89 | 16,93 | 19,17 | 23,92 |

**Penentuan Kepadatan**

| No. Sampel             |                       | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
|------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Kadar Air, (w)         | (%)                   | 9,42   | 10,89  | 16,93  | 19,17  | 23,92  |
| Berat Tanah + Cetakan  | (gram)                | 5200   | 5258   | 5435   | 5468   | 5517   |
| Berat Cetakan          | (gram)                | 3718   | 3718   | 3718   | 3718   | 3718   |
| Berat Tanah Basah      | (gram)                | 1482   | 1540   | 1717   | 1750   | 1799   |
| Volume Cetakan         | (cm <sup>3</sup> )    | 911,85 | 911,85 | 911,85 | 911,85 | 911,85 |
| Berat Isi Tanah Basah  | (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1,63   | 1,69   | 1,88   | 1,92   | 1,97   |
| Berat Isi Tanah Kering | (gr/cm <sup>3</sup> ) | 1,485  | 1,523  | 1,610  | 1,610  | 1,592  |



**Gambar 1. Grafik Pengujian Kompaksi Sampel Tanah Asli**

Gambar 1 menunjukkan bahwa tanah yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai kepadatan kering maksimum sebesar 1,615 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan untuk kadar air optimum sebesar 19,20%.

**b. Rekapitulasi pengujian kompaksi**

Dari hasil uji kompaksi pada semua variasi diketahui bahwa tanah asli memiliki kepadatan kering maksimum sebesar 1,615 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum sebesar 19,20%. Setelah tanah dicampur dengan 3% abu ampas tebu dan berbagai kadar garam, terlihat adanya peningkatan kepadatan. Pada campuran dengan 4% garam, kepadatan kering maksimum naik menjadi 1,625 gr/cm<sup>3</sup> dengan kadar air optimum 20%. Campuran dengan 8% garam memberikan hasil yang lebih baik, yaitu kepadatan 1,760 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air 19,80%.

**Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kompaksi**

| Variasi | Kadar Air |       |       |       |       | Berat Air Tanah Kering |       |       |       |       |
|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
|         | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     | 1                      | 2     | 3     | 4     | 5     |
| Asli    | 9,42      | 10,89 | 16,93 | 19,17 | 23,92 | 1,485                  | 1,523 | 1,610 | 1,610 | 1,592 |
| 1       | 11,51     | 12,90 | 17,08 | 18,38 | 23,36 | 1,457                  | 1,496 | 1,608 | 1,621 | 1,599 |
| 2       | 12,52     | 15,89 | 18,07 | 21,32 | 23,67 | 0,991                  | 1,563 | 1,737 | 1,667 | 1,589 |
| 3       | 12,62     | 15,07 | 17,65 | 20,91 | 21,74 | 1,465                  | 1,801 | 1,925 | 1,677 | 1,410 |
| 4       | 7,51      | 9,64  | 13,62 | 16,54 | 17,41 | 1,369                  | 1,622 | 1,795 | 1,635 | 1,456 |
| 5       | 10,26     | 12,91 | 14,68 | 18,74 | 20,19 | 1,529                  | 1,718 | 1,749 | 1,639 | 1,601 |

Berdasarkan Tabel 7, hasil tertinggi didapatkan pada campuran 12% garam (variasi 3), dengan kepadatan kering mencapai 1,925 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum 17,65%. Namun, setelah kadar garam melebihi 12%, kepadatan tanah justru mulai menurun. Pada campuran 16% garam (variasi 4), kepadatan turun menjadi 1,795 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar

air 13,62%, sedangkan pada campuran 20% garam (variasi 5), kepadatan semakin menurun menjadi 1,749 gr/cm<sup>3</sup> dengan kadar air 14,68%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan 3% abu ampas tebu dan garam hingga 12% dapat meningkatkan kepadatan tanah secara efektif. Namun, jika garam ditambahkan lebih dari 12%, maka kepadatan tanah semakin menurun.

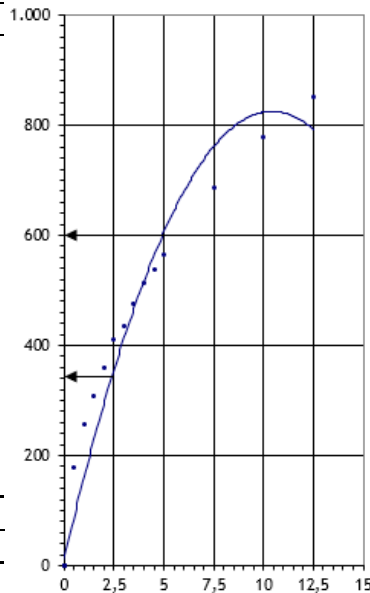
## 2. Uji daya dukung/California Bearing Ratio (CBR)

Pengujian CBR dilakukan mengacu pada standar ASTM D 1883-99. Pengujian dilakukan dengan memadatkan tanah menggunakan 15, 25, dan 56 pukulan. Terdapat 6 variasi dalam uji CBR, yaitu 1 variasi tanah asli dan 5 variasi tanah campuran. Setiap variasi memiliki 3 sampel. Hasil dari pengujian CBR disajikan dalam data berikut.

### a. Pengujian CBR tanah asli (pukulan 15)

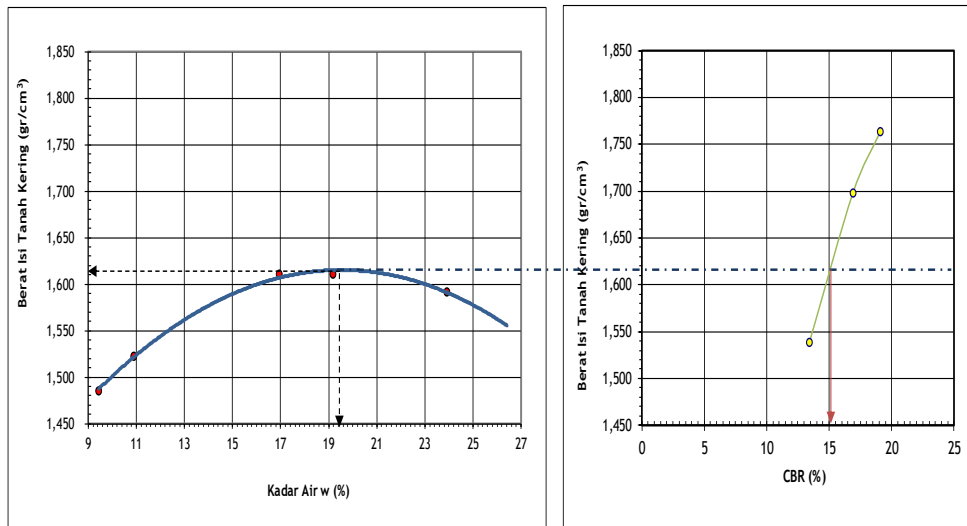
**Tabel 8. CBR Tanah Asli Sampel 1**

| Perhitungan Kadar Air      |        |        |        | Perhitungan Berat Isi Tanah   |  |              |  |
|----------------------------|--------|--------|--------|-------------------------------|--|--------------|--|
| No. Cawan                  |        |        |        | No. Contoh                    |  |              |  |
|                            |        |        |        |                               |  |              |  |
| Berat Tanah Basah + Cawan  | (gram) | 26,17  |        | Brt. Tanah + Cetakan (gr)     |  | 12723        |  |
| Berat Tanah Kering + Cawan | (gram) | 23,97  |        | Brt. Cetakan (gr)             |  | 6790         |  |
| Berat Air                  | (gram) | 2,20   |        | Brt. Tanah (gr)               |  | 5933         |  |
| Berat Cawan                | (gram) | 9,68   |        | Volume Benda Uji (cm3)        |  | 2937,87      |  |
| Berat Tanah Kering         | (gram) | 14,29  |        | Brt. Isi Tanah Basah (gr/cm3) |  | 2,02         |  |
| Kadar Air                  | (%)    | 15,40  |        | Brt. Isi Tanah Kering         |  | <b>1,750</b> |  |
| Kadar Air rata-rata        | (%)    | 15,86  |        |                               |  |              |  |
| Beban - Penetrasi          |        |        |        |                               |  |              |  |
| Penetrasi                  | Bacaan | Beban  |        |                               |  |              |  |
| (mm)                       | (div)  | (kg)   | (lbf)  |                               |  |              |  |
| 0,50                       | 35,00  | 81,55  | 179,41 |                               |  |              |  |
| 1,00                       | 50,00  | 116,50 | 256,30 |                               |  |              |  |
| 1,50                       | 60,00  | 139,80 | 307,56 |                               |  |              |  |
| 2,00                       | 70,00  | 163,10 | 358,82 |                               |  |              |  |
| 2,50                       | 80,00  | 186,40 | 410,08 |                               |  |              |  |
| 3,00                       | 85,00  | 198,05 | 435,71 |                               |  |              |  |
| 3,50                       | 93,00  | 216,69 | 476,72 |                               |  |              |  |
| 4,00                       | 100,00 | 233,00 | 512,60 |                               |  |              |  |
| 4,50                       | 105,00 | 244,65 | 538,23 |                               |  |              |  |
| 5,00                       | 110,00 | 256,30 | 563,86 |                               |  |              |  |
| 7,50                       | 134,00 | 312,22 | 686,88 |                               |  |              |  |
| 10,00                      | 152,00 | 354,16 | 779,15 |                               |  |              |  |
| 12,50                      | 166,00 | 386,78 | 850,92 |                               |  |              |  |
| Kalibrasi                  |        |        |        |                               |  |              |  |
| Alat                       | : 2,33 | kg/div |        |                               |  |              |  |
| Penetrasi                  | 2,5 mm | 5,0 mm |        |                               |  |              |  |
| Nilai CBR                  | 12,00  | 13,44  |        |                               |  |              |  |



Berdasarkan grafik CBR dan perhitungan di atas, menyatakan bahwa pada penetrasi 2,5 mm dan 5 mm menunjukkan nilai beban 360 lbf dan 605 lbf. Nilai tersebut menghasilkan nilai CBR sebesar 12,00% dan 13,44%.

## Hubungan Kadar Air Optimum dan Nilai CBR Design (Tanpa Campuran)



Kepadatan Kering Max. (100%) = 1,615  $\text{gr/cm}^3$   
 95% Kepadatan Maks. = 1,53  $\text{gr/cm}^3$   
 Nilai CBR Design = 15,10 %

Gambar 2. Grafik hubungan kadar air optimum dan nilai cbr *design* (tanah asli)

Dari hasil Gambar 2 didapatkan nilai kepadatan maksimum ( $\gamma_d$  maks.) tanah asli sebesar 1,615  $\text{gr/cm}^3$  dan 95% kepadatan maks sebesar 1,53, serta nilai CBR *design* yang didapatkan sebesar 15,10%.

b. Pengujian CBR Variasi 1 (Sampel Tanah + AAT 3% + Garam 4%, pukulan 15)

Tabel 9. CBR variasi 1, sampel 1

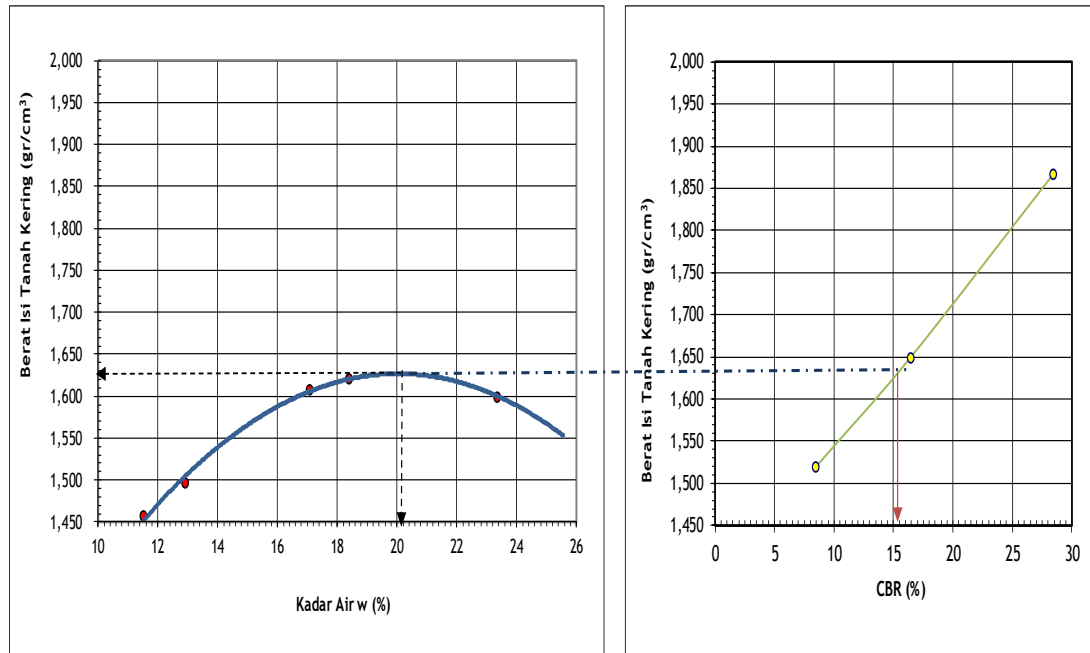
| Perhitungan Kadar Air      |        |       | Perhitungan Berat Isi Tanah                |  |         |
|----------------------------|--------|-------|--------------------------------------------|--|---------|
| No. Cawan                  |        | 09    | No. Contoh                                 |  | 1       |
| Berat Tanah Basah + Cawan  | (gram) | 25,66 | Brt. Tanah + Cetakan (gr)                  |  | 12820   |
| Berat Tanah Kering + Cawan | (gram) | 23,50 | Brt. Cetakan (gr)                          |  | 6790    |
| Berat Air                  | (gram) | 2,16  | Brt. Tanah (gr)                            |  | 6030    |
| Berat Cawan                | (gram) | 9,68  | Volume Benda Uji (cm <sup>3</sup> )        |  | 2937,87 |
| Berat Tanah Kering         | (gram) | 13,82 | Brt. Isi Tanah Basah (gr/cm <sup>3</sup> ) |  | 2,05    |
| Kadar Air                  | (%)    | 15,63 | Brt. Isi Tanah Kering                      |  | 1,775   |
| Kadar Air rata-rata        | (%)    | 14,11 |                                            |  |         |

| Beban - Penetrasi |        |        |        |
|-------------------|--------|--------|--------|
| Penetrasi         | Bacaan | Beban  |        |
| (mm)              | (div)  | (kg)   | (lbf)  |
| 0,50              | 5,00   | 11,65  | 25,63  |
| 1,00              | 22,00  | 51,26  | 112,77 |
| 1,50              | 30,00  | 69,90  | 153,78 |
| 2,00              | 40,00  | 93,20  | 205,04 |
| 2,50              | 45,00  | 104,85 | 230,67 |
| 3,00              | 52,00  | 121,16 | 266,55 |
| 3,50              | 58,00  | 135,14 | 297,31 |
| 4,00              | 62,00  | 144,46 | 317,81 |
| 4,50              | 65,00  | 151,45 | 333,19 |
| 5,00              | 72,00  | 167,76 | 369,07 |
| 7,50              | 95,00  | 221,35 | 486,97 |
| 10,00             | 112,00 | 260,96 | 574,11 |
| 12,50             | 127,00 | 295,91 | 651,00 |
| Kalibrasi Alat    | : 2,33 | kg/div |        |
| Penetrasi         | 2,5 mm | 5,0 mm |        |
| Nilai CBR         | 7,27   | 8,44   |        |

Berdasarkan grafik CBR diatas menyatakan bahwa pada penetrasi 2,5 mm dan 5 mm menunjukkan nilai beban 220 lbf dan 380 lbf. Nilai tersebut menghasilkan nilai CBR sebesar 7,27% dan 8,44%.

### Hubungan Kadar Air Optimum dan Nilai CBR Design (Variasi 1)



Kepadatan Kering Max. (100%) = 1,628 gr/cm<sup>3</sup>  
 95% Kepadatan Maks. = 1,55 gr/cm<sup>3</sup>  
 Nilai CBR Design = 15,40 %

Gambar 3. Grafik hubungan kadar air optimum dan nilai cbr design (variasi 1)

Dari hasil Gambar 3 didapatkan nilai kepadatan maksimum ( $\gamma_{d \text{ maks.}}$ ) tanah dengan variasi 1 (campuran AAT 3% + garam 4%) sebesar 1,628 gr/cm<sup>3</sup> dan 95% kepadatan maks sebesar 1,55, serta nilai CBR design yang didapatkan sebesar 15,40%.

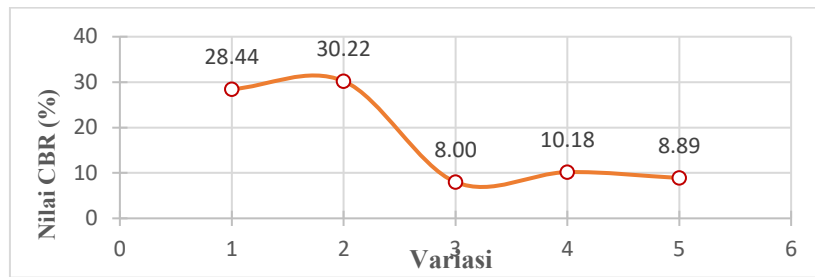
#### c. Rekapitulasi pengujian CBR

Tabel 10. Rekapitulasi hasil pengujian CBR

| Variasi | Nilai CBR  |        |            |        |            |        |
|---------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
|         | Pukulan 15 |        | Pukulan 25 |        | Pukulan 56 |        |
|         | 2,5 mm     | 5,0 mm | 2,5 mm     | 5,0 mm | 2,5 mm     | 5,0 mm |
| Asli    | 12,00      | 13,44  | 14,17      | 16,89  | 15,00      | 19,11  |
| 1       | 7,33       | 8,44   | 14,00      | 16,44  | 24,00      | 28,44  |
| 2       | 10,33      | 12,00  | 18,00      | 20,22  | 26,00      | 30,22  |
| 3       | 7,00       | 8,00   | 2,33       | 2,78   | 4,67       | 5,44   |
| 4       | 6,17       | 7,56   | 8,33       | 10,18  | 3,33       | 4,00   |
| 5       | 6,67       | 8,00   | 7,33       | 8,89   | 3,50       | 4,56   |

Dari Tabel 10 hasil rekap pengujian daya dukung (CBR) pada tanah asli menunjukkan nilai sebesar 15,00% untuk penetrasi 2,5 mm dan 19,11% untuk 5,0 mm pada 56 kali pukulan. Sementara pada campuran dengan variasi yang berbeda, nilai CBR bervariasi cukup besar. Nilai CBR tertinggi ditemukan pada campuran abu ampas tebu 3% dan garam 8% pada 56 kali pukulan (variasi ke-2), yaitu sebesar 26,00% untuk penetrasi 2,5 mm dan 30,22% untuk penetrasi 5 mm. Hal ini menunjukkan bahwa campuran tersebut memberikan kekuatan dan daya dukung tanah yang paling baik. Sebaliknya, nilai CBR terendah tercatat pada 25 kali pukulan (variasi ke-3) dengan campuran abu ampas tebu 3% dan garam 12%, yaitu hanya 2,33% untuk penetrasi 2,5 mm dan 2,78% untuk penetrasi 5 mm. Hal itu menunjukkan bahwa campuran tersebut menghasilkan daya dukung tanah yang sangat rendah. Nilai CBR maksimum dari masing-masing variasi dapat dilihat lebih jelas pada grafik berikut.





Gambar 4. Grafik nilai CBR tiap variasi

Gambar 4 merupakan nilai CBR pada setiap variasi yang diambil dari nilai tertinggi diantara semua sampel. Variasi 1 menghasilkan nilai CBR sebesar 28,44% yang berasal dari pukulan 56 pada penetrasi 5,0 mm. Variasi 2 menghasilkan nilai CBR terbesar dari semua variasi, dengan nilai CBR sebesar 30,22% yang berasal dari pukulan 56 pada penetrasi 5,0 mm. Variasi 3 berbanding terbalik dengan variasi 2, yaitu menghasilkan nilai CBR maksimum terkecil dari semua variasi, dengan nilai CBR sebesar 8,00% yang berasal dari pukulan 15 pada penetrasi 5,0 mm. Variasi 4 menghasilkan nilai CBR sebesar 10,18%, berasal dari pukulan 25 pada penetrasi 5,0 mm. Terakhir, variasi 5 menghasilkan nilai CBR sebesar 8,89% yang berasal dari pukulan 25 pada penetrasi 5,0 mm.

Berdasarkan grafik hubungan kadar air optimum dan nilai CBR *design* dari hasil pengujian, tanah asli memiliki kepadatan maksimum sebesar 1,615 gr/cm<sup>3</sup> dan nilai CBR *design* sebesar 15,10%. Setelah ditambahkan abu ampas tebu (AAT) sebanyak 3% dan campuran garam dengan berbagai kadar, hasilnya menunjukkan perbedaan yang cukup jelas di nilai kadar air optimum dan nilai CBR. Pada campuran pertama dengan 4% garam, kepadatan dan nilai CBR sedikit meningkat menjadi 15,40%. Campuran kedua, yaitu dengan 8% garam, memberikan hasil terbaik karena kepadatan tanah meningkat menjadi 1,760 gr/cm<sup>3</sup> dan nilai CBR *design* mencapai 26,00%. Namun, pada campuran ketiga (12% garam), nilai CBR *design* tidak dapat ditentukan dari grafik hubungan kadar air-CBR karena pola data tidak linear. Campuran keempat (16% garam) memang menghasilkan kepadatan tertinggi, yaitu 1,848 gr/cm<sup>3</sup>, tetapi nilai CBR justru turun drastis menjadi 6%. Campuran kelima (20% garam) masih menunjukkan kepadatan tinggi, namun nilai CBR *design* ikut turun menjadi 8,1%. Dari hasil yang diperoleh, penambahan garam sampai 8% terbukti paling efektif dalam meningkatkan kekuatan tanah, jika jumlah garam yang ditambahkan melebihi 8%, nilai CBR justru mengalami penurunan, dalam hal ini kemungkinan disebabkan oleh kelebihan kandungan garam yang mengganggu ikatan antar partikel tanah.

### 3. Uji tekan bebas/*Unconfined Compression Strength* (UCS)

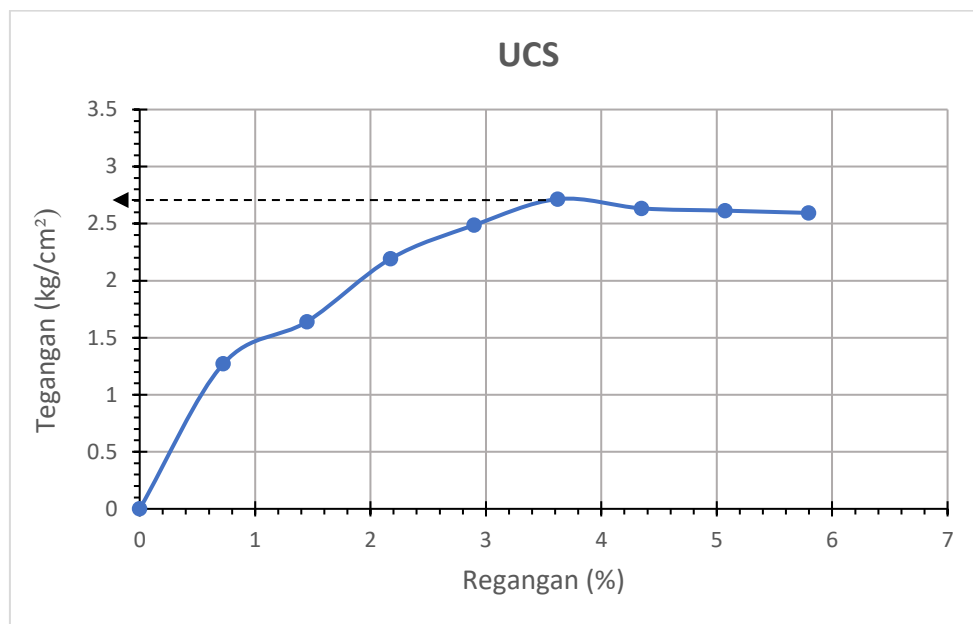
Pengujian UCS dilakukan berdasarkan metode ASTM D 2166-10. Berikut ini pembahasan hasil dan contoh perhitungan pengujian UCS.

#### a. Pengujian UCS tanah asli tanpa campuran (pukulan 15)

**Tabel 11. UCS (tanah asli, sampel 1)**

|                       |                               |                                            |                         |                                              |                                    |                           |                              |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Jenis Tanah           |                               | : Laterit                                  |                         |                                              |                                    |                           |                              |
| Diameter Contoh (D)   |                               | : 3,50 cm                                  |                         | Berat Tanah + Cetakan                        |                                    | : 278,25 gr               |                              |
| Tinggi Contoh (Lo)    |                               | : 6,90 cm                                  |                         | Berat Cetakan                                |                                    | : 158,8 gr                |                              |
| Luas Mula-Mula (Ao)   |                               | : 9,62 cm²                                 |                         | Berat Volume                                 |                                    | : gr/cm³                  |                              |
| Volume Contoh         |                               | : 66,38 cm³                                |                         | Kadar Air                                    |                                    | : %                       |                              |
| Kalibrasi Alat (f)    |                               | : 0,616 kg/div                             |                         |                                              |                                    |                           |                              |
| Pemendekan Tanah      |                               |                                            | Luas Penampang Tanah    |                                              | Beban                              |                           | Tegangan                     |
| Pembacaan Arloji Pen. | $\Delta L$<br>a x 10³<br>(cm) | Regangan<br>$\square = \Delta L/Lo$<br>(%) | Koreksi<br>1- $\square$ | Luas<br>Terkoreksi<br>$A = Ao/(1 - \square)$ | Pembacaan Arloji Beban<br><b>b</b> | <b>P</b><br>b x f<br>(kg) | <b>Qu</b><br>P/A<br>(kg/cm²) |
| <b>a</b>              |                               |                                            |                         |                                              | <b>b</b>                           |                           |                              |
| 0                     |                               |                                            |                         |                                              |                                    |                           |                              |
| 50                    | 0,05                          | 0,72                                       | 0,99                    | 9,690                                        | 20                                 | 12,32                     | 1,27                         |
| 100                   | 0,10                          | 1,45                                       | 0,99                    | 9,761                                        | 26                                 | 16,02                     | 1,64                         |
| 150                   | 0,15                          | 2,17                                       | 0,98                    | 9,834                                        | 35                                 | 21,56                     | 2,19                         |
| 200                   | 0,20                          | 2,90                                       | 0,97                    | 9,907                                        | 40                                 | 24,64                     | 2,49                         |
| 250                   | 0,25                          | 3,62                                       | 0,96                    | 9,982                                        | 44                                 | 27,10                     | 2,72                         |
| 300                   | 0,30                          | 4,35                                       | 0,96                    | 10,057                                       | 43                                 | 26,49                     | 2,63                         |
| 350                   | 0,35                          | 5,07                                       | 0,95                    | 10,134                                       | 43                                 | 26,49                     | 2,61                         |
| 400                   | 0,40                          | 5,80                                       | 0,94                    | 10,212                                       | 43                                 | 26,49                     | 2,59                         |





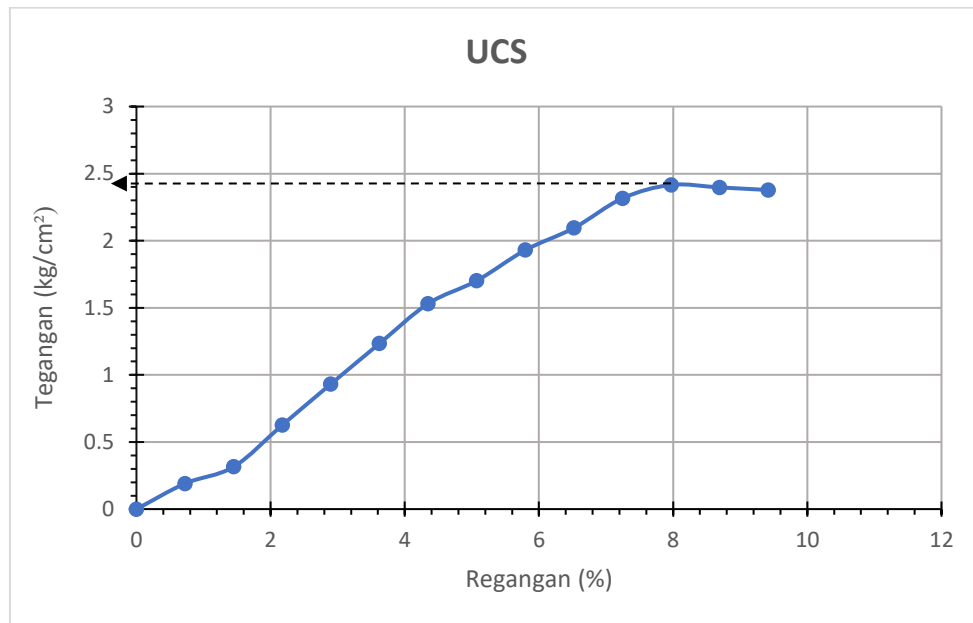
Gambar 5. Grafik UCS (tanah asli, sampel 1)

Berdasarkan Gambar 5 tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai  $Q_u$  sebesar 2,72 kg/cm<sup>2</sup>. Data pada Tabel 11 menunjukkan hasil pengujian UCS dari sampel 1.

Pengujian UCS variasi 1 (sampel tanah + AAT 3% + garam 4%, pukulan 15)

**Tabel 12. UCS (sampel tanah + AAT 3% + garam 4% sampel 1)**

| Pemendekan Tanah               |                                       | Luas Penampang Tanah                                |                          |                                                       | Beban                           |                                  | Tegangan                                    |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|
| Pembacaan Arloji Pen. <b>a</b> | $\Delta L$<br>$a \times 10^3$<br>(cm) | Regangan<br>$\square = \frac{\Delta L}{L_0}$<br>(%) | Koreksi<br>$1 - \square$ | Luas<br>Terkoreksi<br>$A = \frac{A_0}{(1 - \square)}$ | Pembacaan Arloji Beban <b>b</b> | <b>P</b><br>$b \times f$<br>(kg) | <b>Qu</b><br>$P/A$<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| 0                              | -                                     | -                                                   | -                        | -                                                     | -                               | -                                | -                                           |
| 50                             | 0,05                                  | 0,72                                                | 0,99                     | 9,690                                                 | 3                               | 1,85                             | 0,19                                        |
| 100                            | 0,10                                  | 1,45                                                | 0,99                     | 9,761                                                 | 5                               | 3,08                             | 0,32                                        |
| 150                            | 0,15                                  | 2,17                                                | 0,98                     | 9,834                                                 | 10                              | 6,16                             | 0,63                                        |
| 200                            | 0,20                                  | 2,90                                                | 0,97                     | 9,907                                                 | 15                              | 9,24                             | 0,93                                        |
| 250                            | 0,25                                  | 3,62                                                | 0,96                     | 9,982                                                 | 20                              | 12,32                            | 1,23                                        |
| 300                            | 0,30                                  | 4,35                                                | 0,96                     | 10,057                                                | 25                              | 15,40                            | 1,53                                        |
| 350                            | 0,35                                  | 5,07                                                | 0,95                     | 10,134                                                | 28                              | 17,25                            | 1,70                                        |
| 400                            | 0,40                                  | 5,80                                                | 0,94                     | 10,212                                                | 32                              | 19,71                            | 1,93                                        |
| 450                            | 0,45                                  | 6,52                                                | 0,93                     | 10,291                                                | 35                              | 21,56                            | 2,10                                        |
| 500                            | 0,50                                  | 7,25                                                | 0,93                     | 10,372                                                | 39                              | 24,02                            | 2,32                                        |
| 550                            | 0,55                                  | 7,97                                                | 0,92                     | 10,453                                                | 41                              | 25,26                            | 2,42                                        |
| 600                            | 0,60                                  | 8,70                                                | 0,91                     | 10,536                                                | 41                              | 25,26                            | 2,40                                        |
| 650                            | 0,65                                  | 9,42                                                | 0,91                     | 10,620                                                | 41                              | 25,26                            | 2,38                                        |
| 700                            | -                                     | -                                                   | -                        | -                                                     | -                               | -                                | -                                           |



Gambar 6. Grafik UCS (variasi 1, sampel 1)

Berdasarkan Gambar 6. menunjukkan bahwa tanah yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai  $Q_u$  sebesar  $2,41 \text{ kg/cm}^2$ .

b. Rekapitulasi pengujian UCS

Dari hasil uji UCS, tanah asli menunjukkan kuat tekan ( $Q_u$ ) paling tinggi yaitu mencapai  $5,88 \text{ kg/cm}^2$  dan dua nilai lainnya sebesar  $4,15 \text{ kg/cm}^2$  dan  $2,72 \text{ kg/cm}^2$ . Dalam pengujian ini menunjukkan bahwa tanah tanpa campuran memiliki kuat tekan yang baik. Setelah dicampur dengan AAT 3% dan garam 4%, kekuatan tanah menjadi tidak stabil, dengan nilai  $Q_u$  yang bervariasi antara  $1,93 \text{ kg/cm}^2$  hingga  $4,50 \text{ kg/cm}^2$ , artinya ada penurunan kekuatan dibandingkan tanah asli. Pada campuran dengan garam 8%, salah satu sampel menunjukkan nilai  $Q_u$  yang tinggi yaitu  $5,40 \text{ kg/cm}^2$ , mendekati kekuatan tanah asli. Namun, nilai ini tidak terjadi secara merata di semua sampel, sehingga belum bisa dianggap sebagai peningkatan yang pasti atau konsisten.

Tabel 13. Rekapitulasi hasil pengujian UCS

| Variasi | Nilai $Q_u$            |                        |                        |
|---------|------------------------|------------------------|------------------------|
|         | Sampel 1<br>Pukulan 15 | Sampel 2<br>Pukulan 25 | Sampel 3<br>Pukulan 56 |
| Asli    | 2,72                   | 5,88                   | 4,15                   |
| 1       | 2,41                   | 1,93                   | 4,50                   |
| 2       | 3,53                   | 4,00                   | 5,40                   |
| 3       | 1,44                   | 1,48                   | 1,70                   |
| 4       | 2,80                   | 1,48                   | 1,18                   |
| 5       | 1,55                   | 1,58                   | 1,27                   |

Berdasarkan Tabel 13, pengujian UCS dari campuran garam 12% ke atas, menghasilkan nilai  $Q_u$  yang terus mengalami penurunan. Pada kadar garam 12%, nilai  $Q_u$  berada di kisaran  $1,44 - 1,70 \text{ kg/cm}^2$ , lalu turun lagi menjadi  $1,18 - 2,80 \text{ kg/cm}^2$  pada campuran garam 16%. Penurunan yang signifikan terjadi pada variasi garam 20%, dengan nilai  $Q_u$  hanya berkisar  $1,27 - 1,58 \text{ kg/cm}^2$ . Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar garam yang ditambahkan, kekuatan tanah justru semakin lemah. Secara keseluruhan, bisa disimpulkan bahwa tanah tanpa campuran tetap memiliki kekuatan tekan paling baik dibandingkan dengan tanah yang sudah dicampur. Meskipun pada kadar garam 8% sempat terlihat adanya peningkatan kekuatan.

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah laterit asli memiliki daya dukung dan kuat tekan yang cukup baik, namun penambahan abu ampas tebu (AAT) sebesar 3% dan garam dengan kadar tertentu dapat meningkatkan karakteristik mekaniknya. Campuran optimum diperoleh pada kadar AAT 3% dan garam 8%, yang mampu meningkatkan nilai CBR secara signifikan serta menghasilkan nilai kuat tekan bebas (UCS) yang mendekati tanah asli. Sebaliknya, penambahan garam di atas kadar optimum menyebabkan penurunan nilai CBR dan UCS secara signifikan,

sehingga berdampak negatif terhadap kekuatan dan daya dukung tanah. Dengan demikian, penggunaan AAT dan garam efektif untuk stabilisasi tanah laterit hanya jika digunakan pada kadar yang tepat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amu, O. O., & Salami, B. A. (2010). Effect of common salt on some engineering properties of eggshell stabilized lateritic soil. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(9), 64–73.
- ASTM D1557-12. (2021). Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort. ASTM International.
- ASTM D1883-99. (1999). Standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils. ASTM International.
- ASTM D2166-10. (2010). Standard test method for unconfined compressive strength of cohesive soil. ASTM International.
- ASTM D2216-98. (1998). Standard test methods for determination of water (moisture) content of soil and rock by mass. ASTM International.
- ASTM D421-85. (2002). Standard practice for dry preparation of soil samples for particle-size analysis and determination of soil constants. ASTM International.
- ASTM D4318-10. (2010). Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. ASTM International.
- ASTM D854-14. (2014). Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer. ASTM International.
- Cahyadi, H., & Puspasari, N. (2017). Pemanfaatan garam sebagai bahan stabilisasi tanah lempung di Kalimantan Tengah. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 33–43. <https://doi.org/10.33084/mits.v6i1.258>
- Marpuah, I. P., & Siregar, C. A. (2022). Stabilisasi tanah dengan campuran garam dapur (NaCl) terhadap nilai Unconfined Compressive Strength (UCS) (Studi kasus: Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung). *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 2(1), 23–34. <https://doi.org/10.32897/simteks.v2i1.1536>
- Nasihah, M., Krisdiyanto, D., & Artsanti, P. (2010). Preparasi dan karakterisasi tanah laterit menggunakan aktivator asam fluorida. *Integrated Lab Journal*, 10(2), 61–74.
- Ojeda-Farías, O. F., Mendoza-Rangel, J. M., & Baltazar-Zamora, M. Á. (2018). Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. *Revista ALCONPAT*, 8(2), 194–208. <https://doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>
- Osinubi, K. J., Bafyau, V., & Eberemu, A. O. (2009). Bagasse ash stabilization of lateritic soil. In *Appropriate technologies for environmental protection in the developing world* (pp. 271–280). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9139-1\\_26](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9139-1_26)
- Salahudeen, A. B., & Ochepo, J. (2015). Effect of bagasse ash on some engineering properties of lateritic soil. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 9(4), 468–476. <https://doi.org/10.14525/jjce.9.4.3119>
- Sianturi, F. S., & Agustina, D. H. (2020). Stabilisasi tanah laterit dengan penambahan kapur terhadap kuat geser tanah. *Sigma Teknika*, 3(1), 33–38.