

## Penambahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* pada Tanah Lempung Lunak Sebagai Bahan Stabilisasi Terhadap Uji Sifat Mekanis Tanah untuk Peningkatan Nilai CBR

Rani Nurul Wijayanti <sup>1\*</sup>, Rachmat Mudiyono <sup>2</sup>, Abdul Rochim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 50112, Indonesia

<sup>2,3</sup>Dosen Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 50112, Indonesia

raninurulw@gmail.com, abdulrochim@unissula.ac.id, rachmat@unissula.ac.id

### ABSTRACT

*In recent years, the development of road infrastructure in Indonesia has shown quite rapid progress. However, this process often faces technical obstacles, especially those related to the condition of the subgrade which has low bearing capacity. This type of soil condition requires a stabilization process so that the California Bearing Ratio (CBR) value of the soil can increase so that it meets the strength standards required to support durable road construction. In relation to efforts to improve the characteristics of soft clay soil in the Semarang area, a study utilized coal combustion waste in the form of fly ash and bottom ash from the Tanjung Jati B Steam Power Plant (PLTU). This alternative material is used to improve the quality of the soil so that it is more technically feasible for various construction needs. Through a series of laboratory tests with variations in the composition of the fly ash mixture between 15% to 45% and bottom ash between 15% to 25%, a significant increase in the CBR value was obtained compared to the original soil without treatment. The best composition obtained in this study consisted of 40% soil, 45% fly ash, and 15% bottom ash, with a CBR value reaching 8.95%. These findings indicate that coal combustion waste has great potential in improving the quality of the subgrade. The use of this material can be a cost-efficient and environmentally friendly alternative in the construction of road infrastructure.*

**Keyword:** *Soft clay, Fly ash, Bottom ash, CBR and Bearing capacity of soil.*

### ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir, pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia menunjukkan kemajuan yang cukup pesat. Namun demikian, proses ini kerap menghadapi kendala teknis, terutama yang berkaitan dengan kondisi tanah dasar (*subgrade*) yang memiliki daya dukung rendah. Kondisi tanah seperti ini mengharuskan dilakukan proses stabilisasi agar nilai California Bearing Ratio (CBR) tanah dapat meningkat sehingga memenuhi standar kekuatan yang diperlukan untuk mendukung konstruksi jalan yang tahan lama. Dalam kaitannya dengan upaya perbaikan karakteristik tanah lempung lunak di wilayah Semarang, sebuah penelitian memanfaatkan limbah pembakaran batu bara berupa *fly ash* dan *bottom ash* yang berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Jati B. Material alternatif ini digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah tersebut agar lebih layak secara teknis untuk berbagai kebutuhan konstruksi. Melalui serangkaian pengujian laboratorium dengan variasi komposisi campuran *fly ash* antara 15% hingga 45% dan *bottom ash* antara 15% hingga 25%, didapatkan peningkatan nilai CBR yang signifikan dibandingkan tanah asli tanpa perlakuan. Komposisi terbaik yang diperoleh dalam penelitian ini terdiri atas 40% tanah, 45% *fly ash*, dan 15% *bottom ash*, dengan nilai CBR mencapai 8,95%. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah pembakaran batu bara memiliki potensi besar dalam meningkatkan mutu tanah dasar.

Pemanfaatan material tersebut dapat menjadi alternatif yang efisien secara biaya dan ramah lingkungan dalam pembangunan infrastruktur jalan.

**Kata Kunci:** Tanah lempung lunak, *Fly ash*, *Bottom ash*, CBR dan Daya dukung tanah.

## PENDAHULUAN

Saat ini di Negara Indonesia pembangunan infrastruktur sedang berkembang pesat, terutama pembangunan jalan. Untuk membangun sebuah konstruksi jalan perlu di perhatikan beberapa hal penting seperti, kondisi fisik dan mekanis tanah. Tanah dasar yang digunakan untuk perkerasan jalan harus memiliki kekuatan dan daya dukung yang mencukupi. Tanah lempung lunak termasuk dalam kategori tanah kohesif dan dikenal karena kapasitas menahan bebannya yang relatif lemah. Ini berarti bahwa ketika beban atau struktur diletakkan di atasnya, tanah mungkin gagal memberikan dukungan yang memadai, yang sering kali menyebabkan ambles atau deformasi. Meskipun partikel-partikel dalam lempung lunak melekat erat karena sifat kohesifnya, kekuatan tanah secara keseluruhan tidak cukup untuk menahan beban yang signifikan. Akibatnya, lempung lunak umumnya dianggap tidak cocok untuk fondasi yang berat kecuali jika mengalami penguatan atau tindakan stabilisasi khusus. Maka dari itu perlu dilakukan stabilisasi tanah sebagai bentuk usaha untuk meningkatkan nilai CBR.

Stabilisasi tanah merupakan usaha memperbaiki dan mengubah sifat tanah asli untuk menghasilkan mutu yang lebih baik. Seiring meningkatnya penggunaan batu bara sebagai sumber energi industri, limbah abu terbang dan abu dasar juga semakin melimpah. Limbah ini menimbulkan tantangan besar dalam pengelolaannya karena potensi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu, peningkatan limbah abu harus mendapat perhatian serius seiring pertumbuhan industri yang bergantung pada energi batu bara. Kedua jenis residu ini merupakan hasil sampingan dari proses pembakaran batu bara dan kini menjadi salah satu bentuk limbah industri yang terus bertambah volumenya. Seiring meningkatnya aktivitas industri dan permintaan energi, produksi produk sampingan ini pun meningkat, sehingga pengelolaan lingkungannya menjadi tantangan yang semakin penting. Pada tahun 2021, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tercatat menghasilkan sekitar 12 juta ton limbah tersebut. Apabila tidak dimanfaatkan kembali, penumpukan limbah ini di tempat pembuangan akhir berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan dalam jangka panjang.

Penelitian ini bertujuan meningkatkan nilai California Bearing Ratio (CBR) pada tanah lempung lunak dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) sebagai bahan stabilisasi. Pendekatan ini diharapkan memperbaiki kekuatan dan daya dukung tanah sekaligus memanfaatkan limbah industri secara ramah lingkungan dan ekonomis, sehingga cocok untuk aplikasi konstruksi dan rekayasa tanah. Penambahan abu terbang pada persentase 15%, 25%, 35%, dan 45%, serta abu dasar pada 15% dan 25%, diuji untuk melihat pengaruhnya terhadap stabilitas CBR. Abu terbang dan abu dasar berfungsi sebagai bahan pengikat yang dapat mengeras, meningkatkan daya dukung tanah. Hasilnya diharapkan dapat

memperbaiki sifat mekanik tanah sekaligus memanfaatkan limbah abu secara ramah lingkungan dan efektif.

## TINJAUAN LITERATUR

### Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung untuk mendapatkan hasil yang akurat dan terpercaya. Laboratorium tersebut menyediakan fasilitas dan lingkungan yang mendukung pelaksanaan percobaan teknis mekanika tanah dengan standar ilmiah tinggi sesuai kebutuhan penelitian. Dalam pelaksanaannya, fasilitas laboratorium dimanfaatkan secara optimal untuk menguji variabel-variabel yang relevan, sehingga diperoleh data empiris yang sah dan dapat dijadikan dasar dalam menarik kesimpulan ilmiah. Media tanah yang digunakan berupa lempung lunak dengan daya dukung rendah, yang diambil dari wilayah Tambak Lorok, Kecamatan Semarang Utara, Kota Semarang. Untuk mencapai kestabilan tanah yang optimal, dilakukan penambahan abu terbang dan abu dasar dari pembangkit listrik tenaga uap Tanjung Jati B. Penambahan ini memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah, meningkatkan kekuatan dan ketahanannya terhadap pergeseran atau penurunan. Selain memberikan solusi teknis, penggunaan abu limbah ini juga mendukung pemanfaatan limbah industri secara ramah lingkungan, sehingga menjadi langkah strategis dalam rekayasa tanah.

Tahapan awal dalam penelitian ini mencakup pengujian terhadap sifat fisik tanah, yang meliputi pengukuran berat jenis, batas Atterberg, uji geser langsung, pemadatan menggunakan metode Proctor standar, analisis saringan dan hidrometer, serta pengujian indeks pengembangan tanah. Tujuan pengujian awal adalah mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah sebelum stabilisasi. Setelah itu, tanah dicampur dengan abu terbang (15%-45%) dan abu dasar (15%-25%) lalu dipadatkan. Kemudian, dilakukan pengujian CBR untuk mengevaluasi kekuatan tanah. Pengujian ini penting untuk memastikan perubahan karakteristik tanah dan efektivitas stabilisasi sebelum digunakan dalam konstruksi.

### Analisa dan Pengolahan Data

Penelitian eksperimental ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung dengan pendekatan deskriptif-asosiatif dan deskriptif-komparatif. Tujuannya membandingkan stabilitas tanah lempung lunak dalam kondisi asli dan setelah dicampur dengan abu terbang serta abu dasar dari limbah batu bara. Penelitian mengkaji pengaruh penambahan limbah tersebut terhadap karakteristik mekanis tanah, serta menganalisis perbandingan kedua kondisi secara sistematis untuk menilai efektivitas abu terbang dan abu dasar dalam meningkatkan stabilitas tanah. Sampel tanah diambil dari Tambak Lorok, Semarang Utara. Uji yang dilakukan meliputi uji geser langsung (SNI 3420-2016), uji proktor standar (SNI 1743-2008), dan uji CBR (SNI 1744:2012). Komposisi campuran bahan stabilisasi diatur khusus sesuai ketentuan penelitian.

**Tabel 1. Komposisi campuran tanah lempung lunak - fly ash - bottom ash**

Kode	Perlakuan
S1	TL 100%
S2	TL 60% - FA 15% - BA 25%
S3	TL 60% - FA 25% - BA 15%
S4	TL 50% - FA 35% - BA 15%
S5	TL 50% - FA 25% - BA 25%
S6	TL 40% - FA 45% - BA 15%

Catatan : TL = Tanah Lempung Lunak, FA = Fly Ash, BA = Bottom Ash.

## Stabilisasi Tanah

Meningkatkan stabilitas tanah melibatkan modifikasi dan pengoptimalan sifat alami tanah untuk memastikannya mencapai standar yang memenuhi kriteria struktural atau teknis tertentu. Jika tanah sangat gembur, tidak konsisten, dan permeabilitasnya terlalu tinggi, stabilisasi diperlukan untuk memperbaiki sifat-sifat tersebut. Proses ini biasanya melibatkan penambahan bahan tertentu yang meningkatkan kualitas tanah dengan mengubah karakter fisik dan mekaniknya, sehingga tanah menjadi lebih padat, konsisten, dan permeabilitasnya terkontrol. Dengan demikian, stabilisasi memastikan tanah lebih stabil dan layak digunakan untuk konstruksi atau pertanian. Selain itu, stabilisasi secara mekanis dapat dilakukan dengan menyesuaikan distribusi ukuran butiran tanah, sehingga kekuatan dan daya dukung tanah menjadi lebih baik. Proses ini biasanya melibatkan penggunaan peralatan mekanis untuk pemadatan yang efektif demi memperoleh kekuatan tanah yang optimal.

## Tanah Lempung Lunak

Tanah liat dikenal karena kemampuannya yang unik untuk mengembang saat basah dan menyusut saat kering, sebagai respons terhadap perubahan kelembapan di lingkungan. Fluktuasi volume ini, yang dipengaruhi oleh kelembapan, curah hujan, dan suhu, memengaruhi stabilitas dan kesesuaiannya untuk pertanian, konstruksi, dan lanskap. Sifat ini muncul karena tanah lempung memiliki struktur partikel yang sangat halus dan rapat, sehingga sangat sensitif terhadap perubahan kadar air di sekitarnya. Ketika kandungan air dalam tanah meningkat, partikel-partikel tanah lempung akan menyerap air dan mengembang; sebaliknya, ketika air menguap atau berkurang, tanah ini akan mengalami penyusutan. Proses ini juga sangat dipengaruhi oleh kandungan mineral lempung di dalam tanah, seperti montmorillonit, yang memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan melepaskan air. Oleh karena itu, tanah lempung cenderung menunjukkan perilaku fisik yang tidak stabil dan sangat tergantung pada fluktuasi kelembapan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kestabilan struktur bangunan atau infrastruktur yang berdiri di atasnya (Leliana & Andajasi, 2015). Tanah lempung lunak yang memiliki kohesi tinggi akan memiliki nilai CBR yang rendah.

Tanah lempung lunak dapat secara efektif berfungsi sebagai fondasi bangunan dan jalan, memberikan dukungan yang stabil untuk lapisan perkerasan. Penggunaannya memastikan ketahanan dan mencegah deformasi, menjadikannya pilihan praktis untuk proyek konstruksi dan infrastruktur yang membutuhkan fondasi yang kuat dan andal. Tanah lempung yang memiliki kekuatan, stabilitas, dan daya dukung rendah dapat menyebabkan struktur perkerasan jalan di atasnya mudah mengalami deformasi serta retak. Karakteristik tanah lempung yang lunak ini berpotensi menimbulkan kerusakan, terutama selama masa operasional jalan, sehingga perlu mendapatkan perhatian khusus. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan upaya stabilisasi tanah guna meningkatkan kualitas tanah dari segi kekuatan, kestabilan, dan kemampuan menahan beban. Beberapa faktor yang memengaruhi daya dukung tanah antara lain jenis tanah itu sendiri, kandungan air pori, keberadaan rongga udara, serta kondisi drainase di sekitar tanah. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga nilai CBR yang digunakan untuk perencanaan jalan minimal 6% yang ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2. Nilai CBR lapisan perkerasan jalan**

Material	Nilai CBR (%)
Subgrade	6-19
Subbase Course	20-50
Base Course	>50

(Sumber: Sukirman, 1995)

### ***Fly Ash dan Bottom Ash***

Limbah pembakaran batubara seperti abu terbang dan abu dasar berpotensi mencemari udara, tanah, dan air jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengolahan limbah yang tepat sangat penting untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Residu ini dapat mencemari ekosistem jika dibuang tanpa diolah. Penanganan, daur ulang, atau penggunaan kembali yang tepat sangat penting untuk mengurangi kerusakan dan mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan dalam industri yang bergantung pada batu bara. *Fly ash* sendiri memiliki karakteristik berukuran sangat halus, berwarna abu-abu, serta mengandung sifat semen (*cementitious*) dan pozzolanik yang membuatnya berpotensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi. Dalam proses pembakaran batubara, sekitar 5–10% dari total bahan bakar yang digunakan berubah menjadi limbah padat tersebut. Dari jumlah tersebut, *fly ash* mendominasi hingga 80–90%, sedangkan *bottom ash* hanya sekitar 10–20%. Kedua jenis abu tersebut memiliki komposisi kimia utama yang hampir sama, yaitu mengandung silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), oksida kalsium ( $\text{CaO}$ ), serta oksida magnesium ( $\text{MgO}$ ). Unsur-unsur ini menentukan sifat fisik dan kimia abu serta memengaruhi potensi penggunaannya dalam berbagai aplikasi melalui reaktivitas dan kestabilan material yang dihasilkan.

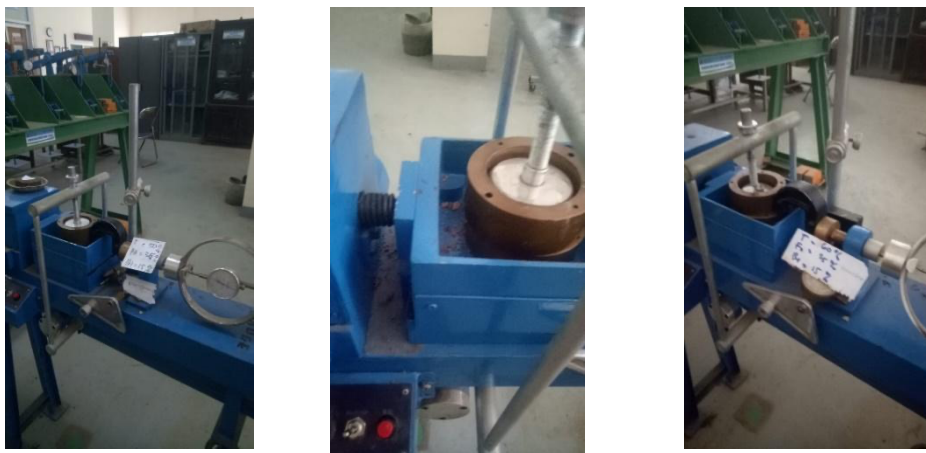
Sementara itu, *bottom ash* merupakan endapan yang tertinggal di dasar tungku pembakaran, berwarna hitam dan bertekstur seperti pasir pantai dengan ukuran partikel yang lebih kasar dibandingkan *fly ash*. Unsur besi (Fe) yang terkandung pada *bottom ash* lebih dominan daripada silika (Si).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan meningkatkan nilai California Bearing Ratio (CBR) tanah lempung dari Tambak Lorok, Semarang Utara, dengan menambahkan abu terbang dan abu dasar dari PLTU Tanjung Jati B, Jepara. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Sultan Agung untuk menganalisis sifat fisik, distribusi butir, dan komposisi kimia tanah guna mengetahui pengaruh penambahan abu terhadap kekuatan dan daya dukung tanah, sehingga meningkatkan kualitas tanah dasar untuk konstruksi. Pengujian awal dilakukan untuk mengklasifikasikan jenis tanah dan menentukan parameter pemadatan awal, seperti kadar air optimum dan densitas kering maksimum. Selanjutnya, dilakukan pengujian pemadatan pada campuran tanah dengan variasi persentase abu terbang (15%, 25%, 35%, dan 45%) serta abu dasar (15% dan 25%), kemudian diikuti dengan pengujian CBR untuk mengukur peningkatan kekuatan tanah.

### Pengujian *Direct Shear*

Uji geser langsung digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah, yang mencerminkan kemampuannya untuk menahan kegagalan sepanjang bidang akibat tegangan geser. Kegagalan ini terjadi ketika partikel tanah meluncur melewati satu sama lain di bawah beban, yang menyebabkan ketidakstabilan. Kekuatan geser bergantung pada kohesi (gaya lekat antar partikel) dan sudut gesekan internal (ketahanan terhadap geser). Uji ini mengukur parameter ini, yang menyediakan data penting untuk merancang fondasi, lereng, dan struktur geoteknik yang stabil dilakukan pengujian yang ditunjukkan pada Gambar berikut.

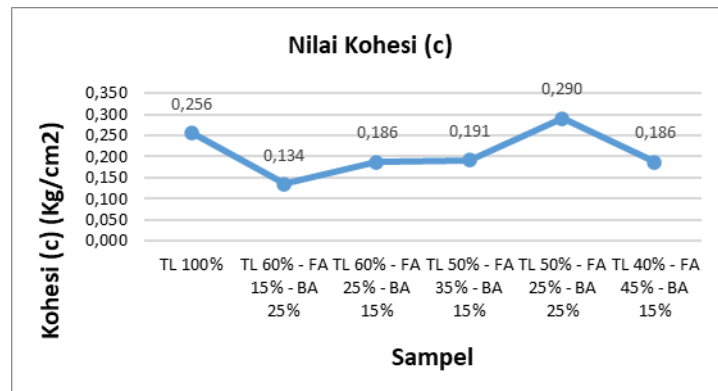


**Gambar 1. *Direct Shear Test***

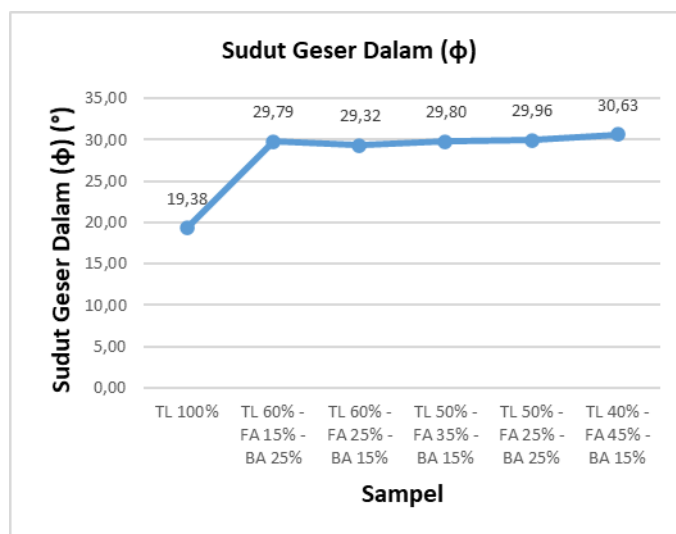
Tabel 3. Hasil pengujian *Direct Shear*

No	Sampel	Kohesi (c) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Sudut Geser Dalam (φ) (°)
1	TL 100%	0,256	19,38
2	TL 60% - FA 15% - BA 25%	0,134	29,79
3	TL 60% - FA 25% - BA 15%	0,186	29,32
4	TL 50% - FA 35% - BA 15%	0,191	29,80
5	TL 50% - FA 25% - BA 25%	0,290	29,96
6	TL 40% - FA 45% - BA 15%	0,186	30,63

Data dari Tabel 3 hasil uji geser langsung divisualisasikan dalam grafik pada Gambar 2 dan 3, yang menunjukkan hubungan dan variasi antara nilai kohesi dan sudut gesekan dalam untuk setiap sampel. Grafik ini memberikan gambaran jelas tentang korelasi kedua parameter tersebut dalam penelitian.



Gambar 2. Grafik nilai kohesi campuran tanah lempung lunak + *fly ash* + *bottom ash*



Gambar 3. Grafik sudut geser dalam (φ) pada campuran tanah lempung lunak + *fly ash* + *bottom ash*

Nilai kohesi tanah yang baik ditemukan pada berdasarkan hasil uji *Direct shear* di campuran tanah lempung lunak yakni 0,256 kg/cm<sup>2</sup>. Namun, pada sudut geser nilai yang paling baik yakni pada persentase TL 40% - FA 45% - BA 15% yakni 30,63%, semakin tinggi nilai kohesi dan sudut geser maka semakin baik daya dukung tanahnya.

### Pengujian Proctor Standard

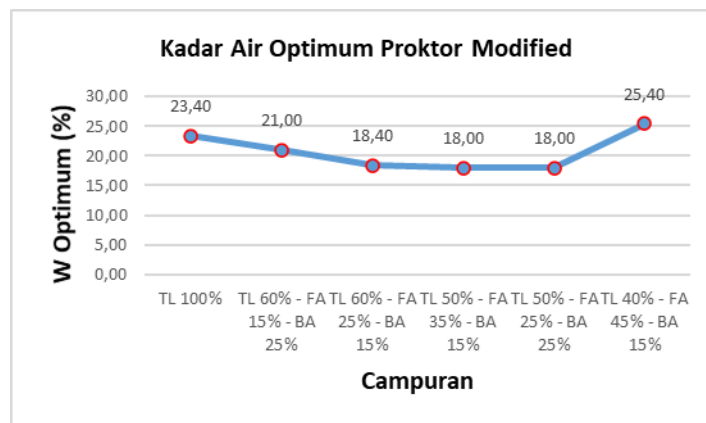
Percobaan *Proctor Standard* ini menggunakan tingkat air yang berbeda untuk setiap sampel untuk menentukan kadar air tanah ideal ( $W_{opt}$ ), berat volume basah ( $\gamma_b$ ), berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dopt}$ ), serta persentase pori-pori dalam sampel tanah.



Gambar 4. Pengujian Proctor Standard

**Tabel 4. Hasil pengujian Proctor Standard**

Sampel	100%	95%	Kadar Air Optimum (%)
	$\gamma_D$ Max	$\gamma_D$ Max	
TL 100%	1,45	1,38	23,40
TL 60% - FA 15% - BA 25%	1,29	1,23	21,00
TL 60% - FA 25% - BA 15%	1,36	1,30	18,40
TL 50% - FA 35% - BA 15%	1,42	1,35	18,00
TL 50% - FA 25% - BA 25%	1,31	1,25	25,40
TL 40% - FA 45% - BA 15%	1,39	1,32	24,00



**Gambar 5. Grafik kadar air optimum proktor Standard**

Berdasarkan grafik hasil uji *Standard Proctor*, diketahui bahwa campuran tanah dengan komposisi TL 40% – FA 45% – BA 15% memiliki kadar air optimum tertinggi, yaitu sebesar 25,40%. Secara umum, semakin tinggi kadar air dalam tanah, maka kemampuan dukung tanah tersebut cenderung menurun, sehingga nilai daya dukungnya biasanya lebih rendah.

#### **Pengujian California Bearing Ratio (CBR)**

Uji CBR mengevaluasi kapasitas daya dukung tanah setelah pemadatan dengan mengukur ketahanannya terhadap penetrasi. Uji ini menyimulasikan kondisi tekanan nyata untuk menentukan kekuatan tanah dan kesesuaiannya untuk konstruksi, sehingga penting untuk desain geoteknik dan perkerasan jalan. Tabel di bawah ini menunjukkan data hasil pengujian CBR, yang menggunakan kadar air yang paling ideal yang dihasilkan dari uji *Proctor Standard*.



Gambar 6. Pengujian CBR

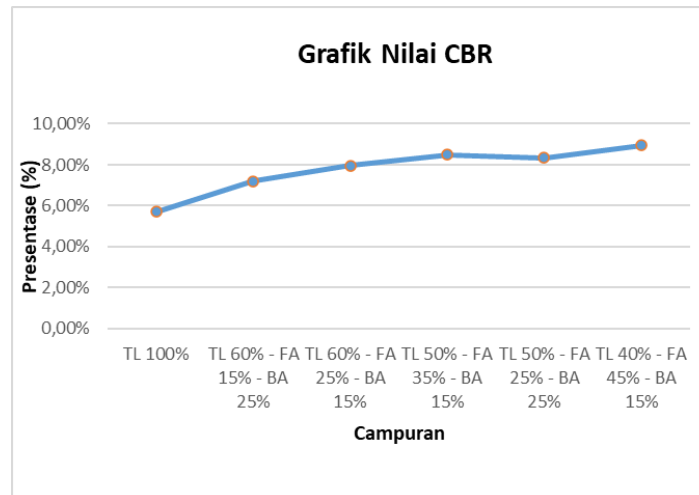
Tabel 5. Nilai CBR tanah lempung lunak dan campuran fly ash-bottom ash

Kode	Perlakuan	Beban atas koreksi		Nilai CBR	
		0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
S1	TL 100%	174,20	241,20	5,81	5,36
S2	TL 60% - FA 15% - BA 25%	215,07	317,93	7,17	7,07
S3	TL 60% - FA 25% - BA 15%	224,42	289,88	7,48	6,44
S4	TL 50% - FA 35% - BA 15%	280,53	392,74	9,35	8,73
S5	TL 50% - FA 25% - BA 25%	261,83	374,04	8,73	8,31
S6	TL 40% - FA 45% - BA 15%	271,18	383,39	9,04	8,52

Tabel 6. Harga CBR tanah lempung lunak dan campuran fly ash-bottom ash

Sampel	Nilai CBR	Nilai CBR
	100%	95%
TL 100%	5,70	4,18
TL 60% - FA 15% - BA 25%	7,21	4,50

TL 60% - FA 25% - BA 15%	7,95	4,71
TL 50% - FA 35% - BA 15%	8,50	5,00
TL 50% - FA 25% - BA 25%	8,35	5,80
TL 40% - FA 45% - BA 15%	8,95	5,90



**Gambar 7. Grafik nilai CBR**

Nilai CBR tanah lempung lunak murni 100% adalah 5,70%. Setelah distabilisasi dengan penambahan *fly ash* dan *bottom ash*, nilai CBR meningkat signifikan, menunjukkan kedua abu tersebut efektif meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah untuk keperluan rekayasa dan konstruksi. Nilai CBR tertinggi tercatat pada campuran dengan komposisi TL 40%, FA 45%, dan BA 15%, yaitu mencapai 8,95%.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan beberapa kesimpulan penting yang merangkum temuan utama dan memberikan gambaran menyeluruh tentang aspek-aspek yang dikaji, sehingga mengidentifikasi poin-poin kunci sebagai inti dari penelitian:

1. Sampel tanah dari Tambak Lorok, Semarang Utara, Jawa Tengah, diuji di laboratorium dan diklasifikasikan sebagai tanah lempung lunak dengan tekstur dan sifat yang memengaruhi daya dukung dan perilaku mekanis tanah saat menerima beban. Selain itu, bahan stabilisasi berupa abu terbang dan abu dasar diperoleh dari PLTU Tanjung Jati B, Jepara. Hasil uji laboratorium menggunakan metode *Direct Shear* menunjukkan bahwa campuran tanah lempung lunak memiliki nilai kohesi tanah ( $c$ ) yang baik, yaitu sebesar  $0,256 \text{ kg/cm}^2$ . Namun, pada sudut geser nilai yang paling baik yakni pada persentase TL 40% - FA 45% - BA 15% yakni 30,63%, semakin tinggi nilai kohesi dan sudut geser maka semakin baik daya dukung tanahnya.
2. Dari hasil pengujian di laboratorium pada pengujian *Proctor Standard* diperoleh bahwa pada tanah campuran TL 50% - FA 35% - BA 15% dan

campuran TL 50% - FA 25% - BA 25% memiliki nilai paling rendah yakni 18,00%, Semakin tinggi nilai kadar air maka kondisi daya dukung tanahnya tinggi.

3. Hasil pengujian CBR pada tanah lempung lunak yang dipadatkan 100% menunjukkan nilai 5,70%. Setelah distabilisasi dengan abu terbang dan abu dasar, nilai CBR meningkat lebih dari 6%, menandakan peningkatan kekuatan dan daya dukung tanah. Proses stabilisasi ini efektif membuat tanah lebih stabil dan layak digunakan sebagai fondasi atau lapisan dasar konstruksi, yang menunjukkan adanya peningkatan kapasitas dukung tanah akibat penggunaan bahan stabilisasi tersebut. Campuran tanah lempung lunak dengan komposisi 40% tanah lempung, 45% abu terbang, dan 15% abu dasar (sampel S6) menghasilkan nilai California Bearing Ratio (CBR) tertinggi sebesar 8,95%. Komposisi ini memberikan kekuatan dan stabilitas terbaik, sehingga optimal sebagai material dasar konstruksi dibandingkan komposisi lainnya. Hasil pengujian berbagai komposisi campuran menunjukkan variasi nilai CBR pada setiap sampel tanah liat lunak yang ditambahkan *fly ash* dan *bottom ash*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanti, Y., & Hambali, R. (2014). *PEMANFAATAN FLY ASH UNTUK PENINGKATAN NILAI CBR TANAH DASAR* (Vol. 2, Issue 2). Juli-Desember.
- Das, B. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*.
- Dwi Haryadi, G. (2006). *PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH MELALUI PROSES SEPARASI IRON OXIDE DAN COAL TERHADAP KEAUSAN ALUMINIUM* (Vol. 8).
- Hendry, Rahmawati, R., & Andriani, S. (2021). *STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN CAMPURAN FLY ASH (FA) DAN EXPANDED POLYSTYRENE (EPS) SEBAGAI TIMBUNAN RINGAN PADA LAPISAN SUBGRADE*.
- Huri, A. D., Yulianto, K., Prabandiani RW, S., & Hardiyati, S. (n.d.). *Jurnal 2 - Stabilisasi Tanah dengan Fly Ash dan Semen untuk Badan Jalan PLTU Asam-asam*.
- Leliana, A., & Andajasi, N. (2015). *Jurnal 4 - Pengaruh penambahan fly ash terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah lempung ekspansif. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, 1(1), 1-8*.
- PP No.85 Tahun 1999. (n.d.). *PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 85 TAHUN 1999*.
- Prasetyo, P. H. (2016). *STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN METODE KIMIAWI MENGGUNAKAN GARAM DAPUR (NaCl) (Studi Kasus Tanah Lempung Desa Majenang, Sukodono, Sragen)*.
- Yuliet, R., Hakam, A., & Febrian, G. (2011). *Uji Potensi Mengembang Pada Tanah Lempung Dengan Metoda Free Sweling Test. Jurnal Rekayasa Sipi, Vol.7(No.1)*.

# Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal

Volume 7 Nomor 8 (2025) 2439 - 2446 P-ISSN 2656-274x E-ISSN 2656-4691  
DOI: 10.47476/reslaj.v7i8.9508

Yunita, E., Fitriyanti, dan, & Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, J. (2017). ANALISIS POTENSI DAN KARAKTERISTIK LIMBAH PADAT FLY ASH DAN BOTTOM ASH HASIL DARI PEMBAKARAN BATUBARA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) PT. SEMEN TONASA. In *JFT. No.1* (Vol. 4).