

ANALISIS PENGARUH PENCAMPURAN SEMEN DAN FLY ASH TERHADAP NILAI UCS DAN CBR

Merdy Evalina Silaban¹, Pangeran Holong Sitorus², Reny Rochmawati³

¹Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Astra
^{2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Yapis Papua
E-mail : merdy.silaban@polytechnic.astra.ac.id pangeransitorus1@gmail.com
renyrochmawati8@gmail.com

ABSTRAK

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan bahan aditif agar dapat menaikkan kekuatan tanah. Tanah lempung adalah jenis tanah yang memiliki nilai daya dukung yang kecil sehingga diperlukan upaya stabilisasi agar dapat meningkatkan nilai daya dukungnya. Wilayah Indonesia cenderung mempunyai tanah jenis lempung contohnya seperti pada daerah sekitar *dormitory* Politeknik Astra, Bekasi, Jawa Barat. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik tanah dan untuk mengetahui pengaruh penambahan semen + *fly ash* terhadap nilai kuat tekan bebas. Di dalam penelitian ini, proses stabilisasi yaitu mencampur tanah asli dengan semen + *fly ash* dalam berbagai variasi yaitu 8% semen + 5% *fly ash*, 8% semen + 10% *fly ash*, dan 8% semen + 15% *fly ash*. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa sampel tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi yaitu A-6 menurut AASHTO. Penambahan semen dan *fly ash* mempengaruhi nilai kuat tekan bebas, tanah asli memiliki nilai kuat tekan 8.56 kg/cm^2 setelah distabilisasi dengan kadar 8% semen dan *fly ash* dengan variasi kadar 5%, 10% dan 15% nilai UCS yang didapatkan adalah 20.37 kg/cm^2 , 23.31 kg/cm^2 , dan 25.76 kg/cm^2 . Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan semen dan *fly ash* dengan variasi persentase dapat meningkatkan nilai CBR *soaked* menjadi 10.23% dengan persentase optimum pada kadar *fly ash* 15%. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semen dan *fly ash* mampu menaikkan daya dukung tanah lempung.

Kata-kata Kunci: tanah lempung, semen, *fly ash*, UCS, CBR

ABSTRACT

Soil stabilization is a process to improve soil properties by adding additives to increase soil strength. Clay soil is a type of soil that has a small bearing capacity, therefore stabilization is needed to increase its bearing capacity value. The majority of Indonesia's territory tends to have clay soil type, for example, around the dormitory Astra Polytechnic, Bekasi, West Java. The aim of this research is to determine the characteristics of the soil and to ensure the effectiveness of the addition of cement and fly ash on the value of unconfined compressive strength. In this research, the stabilization process involved mixing original soil with cement + fly ash in any variations, which is 8% cement + 5% fly ash, 8% cement + 10% fly ash, and 8% cement + 15% fly ash. The soil sample can be classified as clay with high plasticity, namely A-6 according to AASHTO. The addition of cement + fly ash affects the value of unconfined compressive strength, the original soil has a compressive strength value of 8.56 kg/cm^2 after stabilization with 8% cement and fly ash with varying levels of 5%, 10% and 15% UCS values obtained are 20.37 kg/cm^2 , 23.31 kg/cm^2 , dan 25.76 kg/cm^2 . In addition, the results shows that the addition of cement and fly ash with

varying percentages can increase the soaked CBR value to 10.23% with the optimum percentage at 15% fly ash composition.

Keywords: clay soil, cement, fly ash, UCS, CBR

1. PENDAHULUAN

Tanah adalah lapisan paling atas bumi. Tanah sendiri memiliki sifat dan ciri beda. Tanah juga mempunyai peran penting bagi kehidupan manusia dan sangat penting untuk pembangunan jalan, gedung, jembatan dan lain sebagainya karena tanah dapat mempengaruhi kestabilan strukturnya.

Ada beberapa jenis tanah yang cocok untuk kestabilan struktur yaitu tanah berbutir kasar, berbutir halus, organik, tanah bersifat kohesif, tanah non kohesif serta tanah organik. Untuk daya dukung tanah sendiri yaitu kemampuan dari tanah untuk menahan tekanan maksimum yang sudah diperhitungkan untuk pengerjaan suatu pekerjaan pembangunan maupun lainnya.

Semen yaitu salah satu bahan pengikat yang biasa digunakan dengan dicampur batu kerikil dan pasir. *Fly ash* sendiri merupakan limbah yang berasal dari proses pembakaran batu bara yang digunakan biasa di pembangkit listrik. Pembakaran sendiri dapat menimbulkan masalah lingkungan dan juga menjadi masalah kesehatan, karena biasanya *fly ash* yang berasal dari pembakaran batu bara dibuang sebagai timbunan maka dari itu pada pengujian yang akan dilakukan ini, karena itu dalam melakukan pengujian kali ini memanfaatkan limbah *fly ash* ini untuk menguji apakah limbah *fly ash* dapat berpengaruh untuk meningkatkan nilai stabilitas dari tanah.

Stabilisasi tanah yang dilakukan pada tanah dasar suatu konstruksi adalah suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki sifat tanah dasar, sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik dan dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Ada beberapa metode untuk mengatasi kemungkinan kerusakan yang disebabkan oleh tanah ekspansif, antara lain dengan penggantian material atau mencampurkan bahan aditif dengan tanah. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian dengan mencampurkan bahan aditif ke tanah ekspansif, antara lain dengan semen (Fatah dkk, 2010) dan (Gueddouda dkk, 2011). Selain itu, terdapat penelitian stabilisasi tanah dengan tambahan bahan aditif berupa *lime* (Bozbey & Garaisayev, 2010; Al Mukhtar dkk, 2010; Neeraja & Rao, 2010; Gueddouda dkk, 2011). Ada juga penelitian stabilisasi tanah dengan menggunakan *fly ash* (Neeraja & Rao, 2010; Bhuvaneshwari dkk, 2005), penelitian tentang stabilisasi tanah menggunakan *lime* dan *fly ash* (Malhora & Naval, 2013), menggunakan H₂SO₄ (Wardani SPR dkk, 2015); menggunakan CaCl₂ (Ramadas dkk, 2012), menggunakan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* (Neeraja & Rao, 2010; Cocka dkk, 2009), menggunakan garam (Gueddouda dkk, 2011). Hampir semua hasil dari penelitian tersebut berhasil untuk meningkatkan kekuatan tanah dan menurunkan *swelling*.

Tanah dasar adalah pondasi bagi perkerasan jalan, di mana tanah dasar menerima beban kendaraan yang disalurkan dari perkerasan jalan. Sebagai pondasi bagi perkerasan jalan, maka tanah dasar harus mempunyai kekuatan atau daya dukung terhadap beban kendaraan agar perkerasan tidak mengalami deformasi dan retak.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji pengaruh *fly ash* dengan kadar yang bervariasi 5%, 10% dan 15% dan penambahan 8% semen terhadap kekuatan dan stabilitas tanah lempung dengan kandungan bahan organik, mengetahui campuran yang paling optimum antara tanah lempung organik dengan variasi kadar *fly ash* dan 8% semen, serta mendapatkan nilai CBR dari penelitian ini sehingga dapat diaplikasikan pada perencanaan jalan baru dengan beban lalu lintas yang tinggi.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 *Fly Ash*

Fly ash yaitu limbah yang berasal dari proses pembakaran batu bara yang digunakan untuk pembangkit listrik. *Fly ash* adalah material berbentuk partikel halus dengan ukuran partikel lolos saringan no.200 dan bersifat *pozzolanic*, yaitu dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat. *Fly ash* merupakan bagian sisa dari pembakaran batubara yang merupakan bahan bakar pada industry – industry yang menggunakan batu bara sebagai sumber energi.

Sifat-sifat teknis dari *fly ash* baik itu sifat fisik maupun kimia tergantung dari beberapa factor sebagai berikut: jenis batu bara yang digunakan; tingkat persiapan dan pembersihan batu bara dan metode (teknologi) yang digunakan untuk menangkap *fly ash*. Berdasarkan kepada hal tersebut, dimungkinkan sekali adanya perbedaan kualitas *fly ash* terutama jika diambil dari beberapa sumber (Triawan, 2005).



Gambar 1. Fly Ash

2.2 Stabilisasi Semen

Mekanisme stabilisasi dengan semen terhadap material akan distabilisasi adalah hidrasi pertukaran kation, karbonasi fisika, reaksi *pozzolanic* dan sementasi. Hidrasi dari semen merupakan faktor penting pada perubahan sifat teknis dari material, perubahan ini terwujud dari adanya pembentukan sementasi material selama proses hidrasi. Ikatan yang kuat antara partikel secara terus menerus membentuk suatu rangkaian yang keras dan selanjutnya material menjadi kuat dan permanen.

Terdapat empat variabel utama dalam mengendalikan unsur dan ciri-ciri dari *soil cement*: (1) sifat alami material tanah lempung, *slib*, pasir, *aggregate coarse*, atau kombinasi; (2) proporsi semen dalam campuran; (3) kondisi-kondisi kelembaban, seperti kadar air campuran pada waktu pemadatan dan kondisi pemeraman (kelembaban, suhu dan waktu); dan (4) derajat tingkat pemadatan.

2.3 Pemadatan Tanah Dan Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar agar daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik sehingga tanah menjadi stabil dan mampu memikul beban yang bekerja terhadap konstruksi di atas tanah. Metode-metode stabilisasi yang dikenal adalah stabilisasi kimiawi, stabilisasi mekanis, stabilisasi mineral dan stabilisasi hidraulis. Stabilisasi mekanis adalah penambahan kekuatan dan daya dukung tanah dengan cara mengatur gradasi tanah yang dimaksud. Usaha ini biasanya menggunakan system pemadatan. Pemadatan dapat dengan dilakukan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas, benda berat yang dijatuhkan, ledakan tekanan tanah statis dan sebagainya (Bowles, 1984).

Stabilisasi tanah adalah alternatif yang dapat diambil untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada. Pada prinsipnya stabilisasi tanah merupakan suatu penyusunan kembali butir-butir tanah agar lebih rapat dan saling mengunci. Tanah dibuat stabil agar dapat mendukung beban yang direncanakan

dan tidak terjadi penurunan (*settlement*) yang melebihi penurunan yang diijinkan. Tanah dasar minimal harus bisa dilewati kendaraan proyek. Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Menurut Bowles (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi.

Permasalahan tanah ekspansif merupakan kendala bagi bangunan konstruksi sipil, karena tanah ekspansif terpengaruh oleh kondisi kemarau dan penghujan terhadap air, mempunyai nilai kompresibilitas yang tinggi dan mempunyai daya dukung yang rendah. Tanah lempung ekspansif yang banyak mengandung mineral-mineral dengan potensi mengembang (*swelling potential*) tinggi disebut sebagai tanah lempung ekspansif (Hardiyatmo, 2006).

Kriteria kekuatan struktural stabilisasi tanah dengan semen sebagai target proses stabilisasi diberikan dalam nilai-nilai parameter kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength*) maupun nilai California Bearing Ratio (CBR). Kekuatan struktural target ini dibedakan berdasarkan peruntukkan stabilisasi ini dalam konstruksi jalan yaitu untuk lapis pondasi atau lapis pondasi bawah. Nilai UCS akan meningkat tergantung dari mineralogi tanah dan persentase *stabilizer* (kapur, semen) (Eades dan Grim, 1963).

Uji *Proctor* standar digunakan untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum dan kerapatan kering tanah. Kerapatan kering laboratorium selanjutnya digunakan untuk perbandingan dengan kerapatan kering lapangan dalam uji *sand cone test* untuk mendapatkan kepadatan tanah di lapangan (Hardiyatmo dan Christady, 2002). Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah pada umumnya terdiri dari stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi (Hardiyatmo dan Christady, 2010).

2.4 California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium

Pengujian CBR digunakan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, fondasi bawah dan fondasi, termasuk material yang didaur ulang untuk perkerasan jalan dan lapangan terbang. Prinsip pengujian CBR adalah pengujian penetrasi dengan menusukkan benda ke dalam benda uji. Dengan cara ini dapat dinilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipergunakan untuk membuat perkerasan. CBR adalah perbandingan antara bahan penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Tujuan dilakukan pengujian CBR ini adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan.

Pada pengujian CBR laboratorium rendaman dalam pelaksanaannya perendaman benda uji dilakukan selama 72 jam atau 3 hari sesuai tata cara uji CBR laboratorium (SNI 1744:2012). Hasil pengujian CBR laboratorium tanpa rendaman sejauh ini selalu menghasilkan daya dukung tanah lebih besar dibandingkan dengan CBR laboratorium rendaman. Aplikasi kedua benda uji tersebut untuk mengetahui karakteristik dari pemadatan tanah yang telah dilakukan, dengan adanya uji perendaman dapat diketahui kondisi kritis daya dukung tanah. Untuk uji CBR *soaked*, perendaman dilakukan untuk memodelkan kondisi hujan atau kondisi terburuk di lapangan seperti banjir, yang akan memberikan pengaruh penambahan air pada tanah sehingga dapat mengakibatkan terjadinya pengembangan (*swelling*) dan pada penurunan daya dukung tanah.

3. METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan adalah menggunakan tanah ekspansif di daerah sekitar *dormitory* Politeknik Astra, Bekasi, Jawa Barat dimana tanah di daerah tersebut nilai PI (*plasticity index*) nya sangat tinggi dan penanganan infrastruktur akibat kerusakan tanah ekspansif belum dilaksanakan dengan baik. Sehingga masih diperlukan inovasi baru untuk mengatasi tanah ekspansif. Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini diambil pada kedalaman 1 m dengan kondisi *undisturbed*. Sedangkan *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini diambil dari PLTU Jayapura, Provinsi Papua. Serangkaian pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Astra yaitu *soil properties*, kuat tekan bebas, *CBR test*, baik untuk tanah asli maupun tanah yang telah dicampur dengan semen dan *fly ash* sesuai dengan variasi persentase 5%, 10%, 15%. Pada penelitian ini, pengujian mengacu pada standar ASTM. Untuk mengetahui kekuatan tanah, digunakan uji kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) sesuai standar ASTM D 2166-02 (ASTM, 2002).

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian di laboratorium untuk mengetahui jenis dan klasifikasi tanah asli, serta pengujian untuk memperoleh parameter CBR dan potensi pengembangan, baik pada tanah asli maupun tanah yang distabilisasi. Stabilisasi dilakukan dengan menambahkan semen sebesar 8% pada tanah asli, dengan variasi penambahan *fly ash* berturut-turut sebesar 5%, 10% dan 15%. Pengujian CBR dilakukan dengan variasi masa pemeraman yaitu 1, 3 dan 7 hari, baik dalam kondisi tidak terendam (*unsoaked*) maupun kondisi terendam (*soaked*).

3.1 Teknik Pengumpulan Data

Berdasar kan sumbernya, data yang dikumpulkan dibagi menjadi dua yakni data primer dan data sekunder:

1. Data primer pada teknik pengumpulan data adalah data utama atau data pokok yang digunakan di dalam penelitian ini. Pada umumnya, data primer ini bisa dideskripsikan sebagai jenis data yang diperoleh langsung dari tangan pertama subjek penelitian atau responden atau narasumber, dan lain sebagainya kecuali pada riset kuantitatif. Pada penelitian ini data primer didapat dengan cara melakukan pengujian karakteristik tanah, pengujian pemadatan, pengujian kuat tekan bebas dan pengujian CBR yang kemudian hasil dari pengujian-pengujian tersebut dianalisis sesuai dengan metode yang digunakan pada penelitian ini.
2. Data sekunder merupakan data dalam teknik pengumpulan data yang menjadi data pelengkap. Artinya data tersebut diperoleh tidak melalui tangan pertama responden atau narasumber, melainkan dari tangan kedua, tangan ketiga, dan seterusnya. Sama halnya dengan data primer, pengecualian ini berlaku pada riset kuantitatif. Pada penelitian ini semen dan *fly ash* merupakan data sekunder yang diperoleh dari jurnal-jurnal ilmiah maupun penelitian-penelitian terdahulu dan lain sebagainya sebagai media yang tepat untuk mendapatkan data sekunder.

3.2 Standar Pengujian Tanah di Laboratorium

Pengujian laboratorium yang akan dilakukan terhadap sampel tanah yang telah diambil dari lapangan sebagai berikut:

Tabel 1 Standar Pengujian Karakteristik Tanah

No	Jenis Pemeriksaan	Standar/Metode Uji
1	Pemeriksaan Klasifikasi Tanah	AASTHO, ASTM
2	Pengujian Kuat Tekan Bebas	SNI 3638:2012
3	Pemeriksaan Analisa Saringan Pemeriksaan Analisa Hidrometer	SNI 3423:2008 SNI 3423:2008
4	Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg:	SNI 1967:2008

Batas Cair (LL)	SNI 1966:2008
Batas Plastis (PL)	SNI 3422:2008
Batas Susut (SL)	SNI 1966:2008
Indeks Plastis (IP)	

Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain:

- Studi literatur merupakan tahapan yang bertujuan untuk mempelajari dan memahami teori-teori yang terkait serta penelitian terdahulu yang sejenis dengan penelitian yang akan dilakukan
- Pengambilan dan persiapan sampel, tanah lempung yang digunakan berasal dari daerah sekitar *dormitory* Politeknik Astra, Bekasi, Jawa Barat. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0,5-1 meter dari permukaan tanah,
- Pengujian sifat mekanis awal pada tanah lempung organik, yang meliputi uji pemadatan tanah standar *Proctor* (ASTM D 698-78), uji CBR rendaman (*soaked*) (D 1883), serta uji potensi pengembangan (*swelling test*) (ASTM D 4546-1990), dilakukan di Laboratorium Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Astra,
- Tahap pra-stabilisasi merupakan pencampuran antara tanah lempung dengan 3 variasi kadar *fly ash* PLTU Jayapura, yaitu 10%, 15% dan 20%, kemudian dilakukan pemeraman selama 3 hari,
- Tahap stabilisasi merupakan pencampuran tanah hasil campuran dari tahap pra-stabilisasi, kemudian ditambahkan masing-masing 8% semen, lalu kembali dilakukan pemeraman selama 3 hari,
- Pengujian sifat mekanis akhir terhadap tanah hasil stabilisasi (tanah lempung + 5, 10, dan 15 *fly ash* + 8% semen) yang telah diperam selama 6 hari meliputi uji pemadatan standar *Proctor* (ASTM D 698-78), uji CBR rendaman (*soaked*) (ASTM D 1883), pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Astra.

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Analisis Perencanaan Campuran

Tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan tanah yang diambil dari daerah sekitar *dormitory* Politeknik Astra, Bekasi, Jawa Barat. Pengambilan material *fly ash* berlokasi di PLTU Jayapura, Provinsi Papua. Secara visual tanah terlihat berwarna coklat kehitaman apabila dalam keadaan basah dan berwarna coklat pucat dalam keadaan kering. Pada keadaan basah tanah terasa sedikit lengket jika terkena air, tanah menjadi licin dan lengket di tangan, mudah dibentuk dan terkesan plastis, sedangkan bertekstur keras sehingga tidak mudah diremas pada kondisi kering.

Berdasarkan pengujian karakteristik tanah asli yang telah dilakukan maka didapatkan hasil dari pengujian kadar air, berat jenis dan batas-batas atterberg serta distribusi ukuran butir pada **Tabel 4** seperti berikut:

Tabel 4 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah Asli

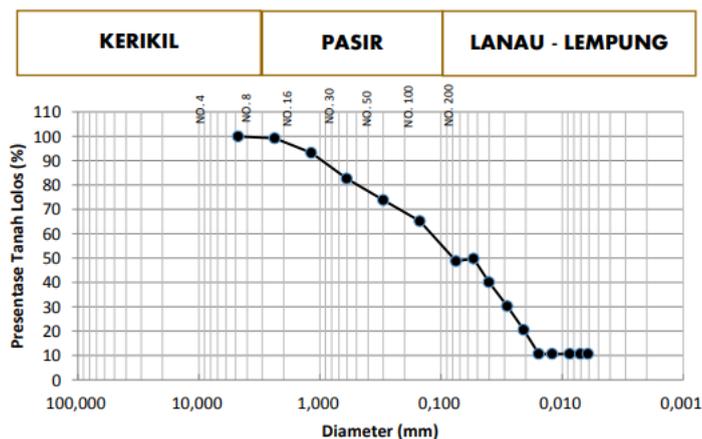
Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Satuan
Kadar Air	22,08	%
Berat Jenis (Gs)	2,75	-
Batas-Batas Atterberg		
1. Batas Susut	9,63	%
2. Batas Cair (LL)	40,09	%
3. Batas Plastis (PL)	11,12	%
4. Indeks Plastisitas (PI)	28,96	%

Distribusi Ukuran Butir		
Lolos 200#	48,80	%
Kerikil	0,80	%
Pasir	16,60	%
Lanau	33,80	%
Lempung	48,80	%
Tipe Material yang Paling Dominan	tanah lempung	
Penilaian Sebagai Bahan Tanah Dasar	biasa sampai jelek	
Klasifikasi Kelompok Tanah	A-6	
Karakteristik Mekanik		
1. Pemadatan		
a. γ_{dry}	1,54	gr/cm ³
b. ω_{opt}	21,52	%
2. Kuat Tekan	8,56	kg/cm ³

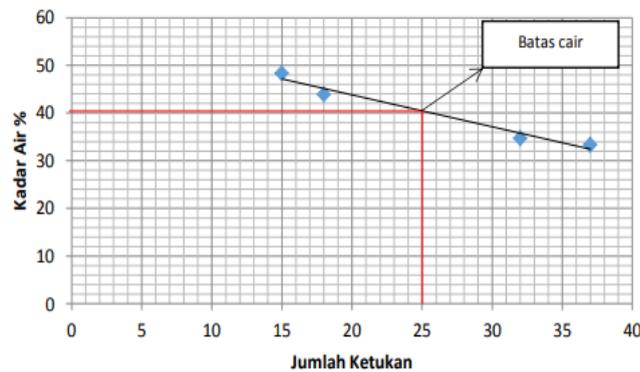
(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Astra, 2023)

Berdasarkan **Tabel 4**, maka dapat dilihat bahwa kandungan air tanah di dalam sampel tanah yang diuji terbilang tinggi. Hal ini dikarenakan tanah yang bertekstur halus mempunyai daya menahan air yang lebih besar daripada tanah yang bertekstur kasar. Tanah tersebut juga memiliki nilai Indeks Plastisitas (PI) tinggi yaitu sebesar 28,96%. Hal ini tidak memenuhi syarat nilai PI yaitu <10% (Sukirman, 1992).

Sifat fisis tanah juga dapat diketahui melalui indeks plastisitas tanah. Nilai indeks plastisitas tanah dapat diketahui melalui pengujian batas-batas Atterberg. Batas-batas Atterberg ini menunjukkan batas antara masing-masing keadaan tanah. Tanah di lokasi sekitar *dormitory* Politeknik Astra, Bekasi, Jawa Barat. Selatan diklasifikasikan sebagai A-6 berdasarkan klasifikasi AASTHO.



Gambar 2. Grafik Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer



Gambar 3. Grafik Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit Test*)

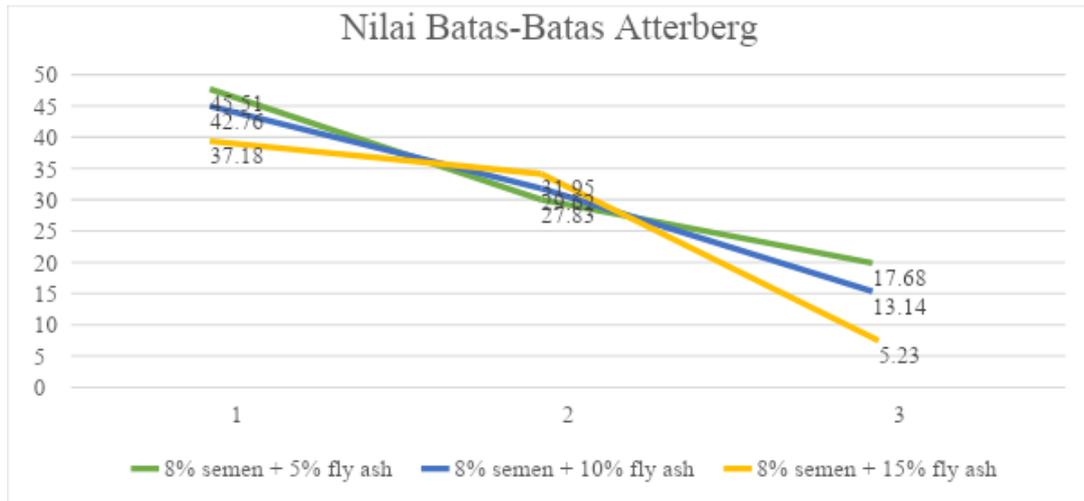
Hasil pengujian sifat-sifat indeks tanah dapat dilihat pada **Tabel 5**. Sedangkan berdasarkan hasil dari pengujian distribusi ukuran butiran menunjukkan bahwa fraksi lempung (butiran lebih kecil dari 0,002 mm adalah sebesar 48,80%.

Tabel 5. Hasil Pengujian Batas Cair, Batas Plastis dan Nilai Indeks Plastisitas Tanah Campuran

Kadar	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Indeks Plastisitas (%)
8% semen + 5% <i>fly ash</i>	45.51	27.83	17.68
8% semen + 10% <i>fly ash</i>	42.76	29.62	13.14
8% semen + 15% <i>fly ash</i>	37.18	31.95	5.23

4.2 Hasil Uji Properties Setelah Stabilisasi

Gambar 4 menunjukkan grafik perubahan propertis tanah seperti batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak campuran *fly ash* nilai dari batas cair (*liquid limit*) semakin menurun. Penurunan terjadi karena tanah mengalami sementasi sehingga butiran tanah menjadi lebih besar yang mengakibatkan gaya tarik menarik antar partikel semakin menurun. Nilai batas plastis (*plastic limit*) semakin turun dengan bertambahnya campuran kadar *fly ash*. Penurunan dapat terjadi karena kenaikan nilai kohesi tanah yang menyebabkan ikatan antar tanah semakin melekat. Sehingga tanah mendekati sifat semi padat karena kandungan air pada tanah tersebut kecil. Nilai Indeks Plastisitas (*plasticity index*) menurun dengan bertambahnya kadar *fly ash*. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi tanah menjadi lebih berbutir dan sehingga mengurangi sifat plastis tanah.



Gambar 4. Grafik Nilai Batas-Batas Atterberg Setelah Stabilisasi Menggunakan Semen dan *Fly ash*



Gambar 5. Pengujian Batas-Batas Atterberg

4.3 Hubungan Penambahan Semen dan *Fly Ash* Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas dan CBR

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan semen dan *fly ash* mempengaruhi nilai kuat tekan bebas tanah. Tanah asli memiliki nilai kuat tekan bebas yaitu $8,56 \text{ kg/cm}^2$ setelah distabilisasi menggunakan kadar 8% semen dan *fly ash* dengan variasi kadar 5%; 10%; dan 15% didapat nilai kuat tekan bebas sebesar $20,37 \text{ kg/cm}^2$, $23,31 \text{ kg/cm}^2$ dan $25,76 \text{ kg/cm}^2$.

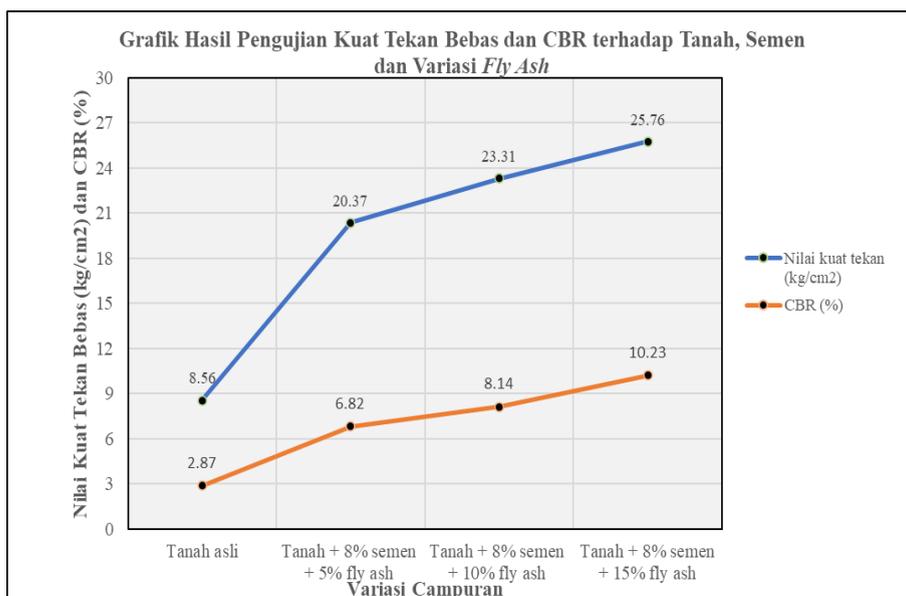


Gambar 6. Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strength Test*)

Hasil pengujian dengan variasi *fly ash* 5%; 10%; 15% dapat dilihat pada **Tabel 6** dan **Gambar 7** berikut:

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah, Semen dan Variasi *Fly ash*

No.	Variasi Campuran	Nilai kuat tekan (kg/cm ²)	CBR (%)
1	Tanah asli	8.56	2.87
2	Tanah + 8% semen + 5% <i>fly ash</i>	20.37	6.82
3	Tanah + 8% semen + 10% <i>fly ash</i>	23.31	8.14
4	Tanah + 8% semen + 15% <i>fly ash</i>	25.76	10.23



Gambar 7. Grafik Hasil Peningkatan Nilai Kuat Tekan Bebas dan CBR Pada Variasi Campuran

Pada pengujian *California Bearing Ratio*, nilai daya dukung (CBR) mengalami peningkatan semula sebesar 3,17% menjadi 10,71% untuk variasi campuran tanah lempung + 8% semen + 15% *fly ash*. Berdasarkan distribusi butiran *fly ash*, maka secara umum *fly ash* dapat digunakan dalam campuran, baik untuk lapis permukaan maupun untuk lapis pondasi, sebagai pengganti agregat seukuran pasir.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan seperti di bawah ini:

1. Tanah di daerah sekitar *dormitory* Politeknik Astra, Bekasi, Jawa Barat memiliki nilai berat jenis tanah 2,76 dengan nilai indeks plastisitas (PI) yaitu 28,96%.
2. Berdasarkan pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Strength Test*) menunjukkan penambahan semen dan *fly ash* mempengaruhi nilai kuat tekan bebas tanah. Tanah asli memiliki nilai kuat tekan bebas yaitu 8,56 kg/cm² setelah distabilisasi menggunakan kadar semen 8% dan *fly ash* dengan beberapa variasi kadar yaitu 5%; 10%; dan 15% didapat nilai kuat tekan bebas sebesar 20,37 kg/cm²; 23,31 kg/cm²; dan 25,76 kg/cm².
3. Nilai daya dukung (CBR) mengalami peningkatan semula sebesar 2,87% menjadi 10,23% untuk variasi campuran tanah lempung + 8% semen + 15% *fly ash*. Berdasarkan distribusi butiran *fly ash*, maka secara umum *fly ash* dapat digunakan dalam campuran, baik untuk lapis permukaan maupun untuk lapis pondasi, sebagai pengganti agregat seukuran pasir.

Daftar Pustaka

- Abdullah, W. S. & Alsharqi, A. S. (2011). Rehabilitation of medium expansive soil using cement treatment. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 5(3), 343-356.
- Al-Mukhtar, M., Lasledj, A., & Alcover, J. F. (2010). Behaviour and mineralogy changes in lime-treated expansive soil at 20 C. *Applied Clay Science*, 50(2), 191-198
- Bhuvaneshwari, S., Robinson, R. G. & Gandhi (2005). Stabilization of expansive soils using flyash. *Fly Ash India 2005*, New Delhi.
- Bowles, J. 1984. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- Bozbey, I., & Garaisayev, S. (2010). Effects of soil pulverization quality on lime stabilization of an expansive clay. *Environmental Earth Sciences*, 60(6), 1137-1151. DOI 10.1007/s12665-009-0256-5.
- Cokca, E., Yazici, V., & Ozaydin, V. (2009). Stabilization of expansive clays using granulated blast furnace slag (GBFS) and GBFS-cement. *Geotechnical and Geological Engineering*, 27(4), 489-499. DOI 10.1007/s10706-008-9250-z
- Eades, J. E., Nichols, F. P., and Grim, R. E., 1963, Formation of New Minerals with Lime Stabilization as Proven by Field Experiments in Virginia, *Highway Research Bulletin* 335
- Fattah, M. Y., Salman, F. A., & Nareeman, B. J. (2010). A treatment of expansive soil using different additives. *Acta Montanistica Slovaca*, 15(4), 290-297.
- Gueddouda, M. K., Goual, I., Lamara, M., Smaida, A., & Mekarta, B. (2011). Chemical stabilization of expansive clays from Algeria. *Global Journal of researches in engineering (J: General Engineering)*, 11(5), 1-8.
- Hardiyatmo, H. C., 2006. *Mekanika Tanah I*, edisi IV, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

- Malhotra, M., & Naval, S. (2013). Stabilization of expansive soils using low cost materials. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(11), 181-184.
- Neeraja, D., & Rao Narsimha, A. V. (2010). Use of certain admixtures in the construction of pavement on expansive clayey subgrade. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(11), 6108-6114.
- Nujid, M.M., dkk, 2019, Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) with Plasticity Index of Marine Stabilizes Soil with Cockle Shell Powder, *Journal of Physics: Conference Series*.
- Ramadas, T. L., Kumar, N. D., & Yesuratnam, G. (2012). A study on strength and swelling characteristics of three expansive soils treated with CaCl₂. *Int J Adv Civ Eng Arch*, 1(1), 77-86.
- Sukirman, S., 1992, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung
- Suraatmadja D, Munaf DR, Lationo B, 1998. *Copper Fly ash Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Untuk Material Beton*.
- Triawan, Robby, 2005, Karakteristik Campuran Beton Aspal dengan Limbah PLTU sebagai Pengganti Agregat Sebagian, Program Studi Teknik Sipil Bidang Khusus Rekayasa Transportasi, Program Pasca Sarjana, ITB.
- Wardani, S. P. R., Hardiyati, S., Muhrozi, M., & Pardoyo, B. (2015). Stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan larutan asam sulfat (H₂SO₄) pada tanah dasar di daerah Godong-Purwodadi Km 50 Kabupaten Grobogan. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 21(1), 13-22.