

PENGARUH PENAMBAHAN *FLY ASH* DAN KAPUR PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF TERHADAP UJI CBR

¹Tabah Dwi Nurdiyanto*, ²Imam Anugrah Nurul Fatah, ³Abdul Rochim

¹²³⁴ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

*Corresponding Author:
Tabahdwi1623@gmail.com

Abstrak

Tanah dasar adalah pondasi bagi perkerasan jalan, dimana tanah dasar menerima beban kendaraan yang di salurkan dari perkerasan jalan. Tanah dasar yang daya dukungnya rendah dapat diperbaiki dengan metode stabilisasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan fly ash dan kapur terhadap stabilisasi tanah lempung ekspansif. Studi penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Agung Semarang. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian karakteristik fisik dan mekanik. Pengujian karakteristik fisik meliputi uji batas konsistensi tanah, berat jenis, Sieve analysis & Hydrometer dan untuk pengujian mekanis meliputi pengujian uji proctor standart, Direct shear, CBR (California Bearing Ratio). Hasil pengujian tanah asli diperoleh jenis tanah di lokasi pengujian adalah tanah lempung ekspansif. Hal ini dapat dilihat dari uji Indeks Plastisitas (IP) sebesar 28,30% termasuk kategori tanah potensi mengembang sedang – tinggi (Chen, 1975). Hasil uji stabilisasi dengan penambahan fly ash dan kapur yaitu uji Atterberg Limit diketahui indeks plastisitas (IP) terendah 8,88% pada campuran 15% fly ash dan 5% kapur. Hasil uji Direct Shear, nilai kohesi tertinggi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) paling tinggi sebesar 0,203 kg/cm² dan 21,84° pada campuran sampel 25% fly ash dan 5% kapur. Penambahan fly ash dan Kapur juga dapat menaikkan nilai CBR sebesar 18,50% pada campuran 25% fly ash dan 5% kapur. Dari penambahan fly ash dan kapur dapat diketahui semakin banyak penambahan bahan campuran dapat meningkatkan daya dukung tanah.

Kata Kunci: Lempung Ekspansif, Stabilisasi, Fly ash, Kapur

Abstract

The subgrade is the foundation for the pavement, where the subgrade receives the vehicle load transmitted for the pavement. Subgrade with low bearing capacity can be improved by stabilization methods. The purpose of this research is to determine the effect of Fly ash and lime addition on expansive clay stabilization. This research study was conducted experimentally at the Soil Mechanics Laboratory, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sultan Agung University Semarang. The tests carried out included testing of physical and mechanical characteristics. Physical characteristics testing includes soil consistency limit test, specific gravity, Sieve analysis & Hydrometer and for mechanical testing includes standard proctor test, Direct shear, CBR (California Bearing Ratio). The results of the original soil test obtained the type of soil at the test site is expansive clay. This can be seen from the Plasticity Index (IP) test of 28.30%, including the category of medium-high potential expanding soil (Chen 1975). The results of stabilization test with the addition of fly ash and lime, namely the Atterberg Limit test, showed that the lowest Plasticity Index (IP) was 8.88% in a mixture of 15% fly ash and 5% lime. Direct Shear test results, the highest cohesion value (c) and the highest inner shear angle (ϕ) of 0.203 kg/cm² and 21.84° in the sample mixture of 25% fly ash and 5% lime. The addition of fly ash and lime can also increase the CBR value by 18.50% in the mixture of 25% fly ash and 5% lime. From the addition of fly ash and lime, it can be seen that the more the addition of mixed materials can increase the bearing capacity of the soil.

Keywords: *Expansive Clay, Stabilization, fly ash, Lime*

1. PENDAHULUAN

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. Salah satu jenis tanah dasar yang daya dukungnya rendah adalah jenis tanah lempung. Dilihat dari sifat kembang susutnya, lempung dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu lempung ekspansif dan non-ekspansif. Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air tanah, sedangkan tanah lempung non-ekspansif tidak sensitif terhadap perubahan kadar air, artinya kembang susutnya kecil apabila terjadi perubahan kadar air (Apriyanti, 2014). Tanah dasar yang daya dukungnya rendah dapat diperbaiki dengan metode stabilisasi. 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. Dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah sangat berpengaruh terhadap tebal lapisan atas, oleh karena itu banyak cara dilakukan untuk menaikkan nilai CBR tanah.

Salah satu upaya untuk memperbaiki sifat tanah tersebut adalah dengan cara menstabilisasi tanah dengan tujuan meningkatkan daya dukung tanah tersebut yang dapat dilihat dari nilai CBR, Hardiyatmo (2010). Nilai CBR tersebut akan berbanding lurus dengan daya dukungnya, artinya semakin tinggi nilai CBR, maka semakin tinggi pula daya dukung tanah dasar.

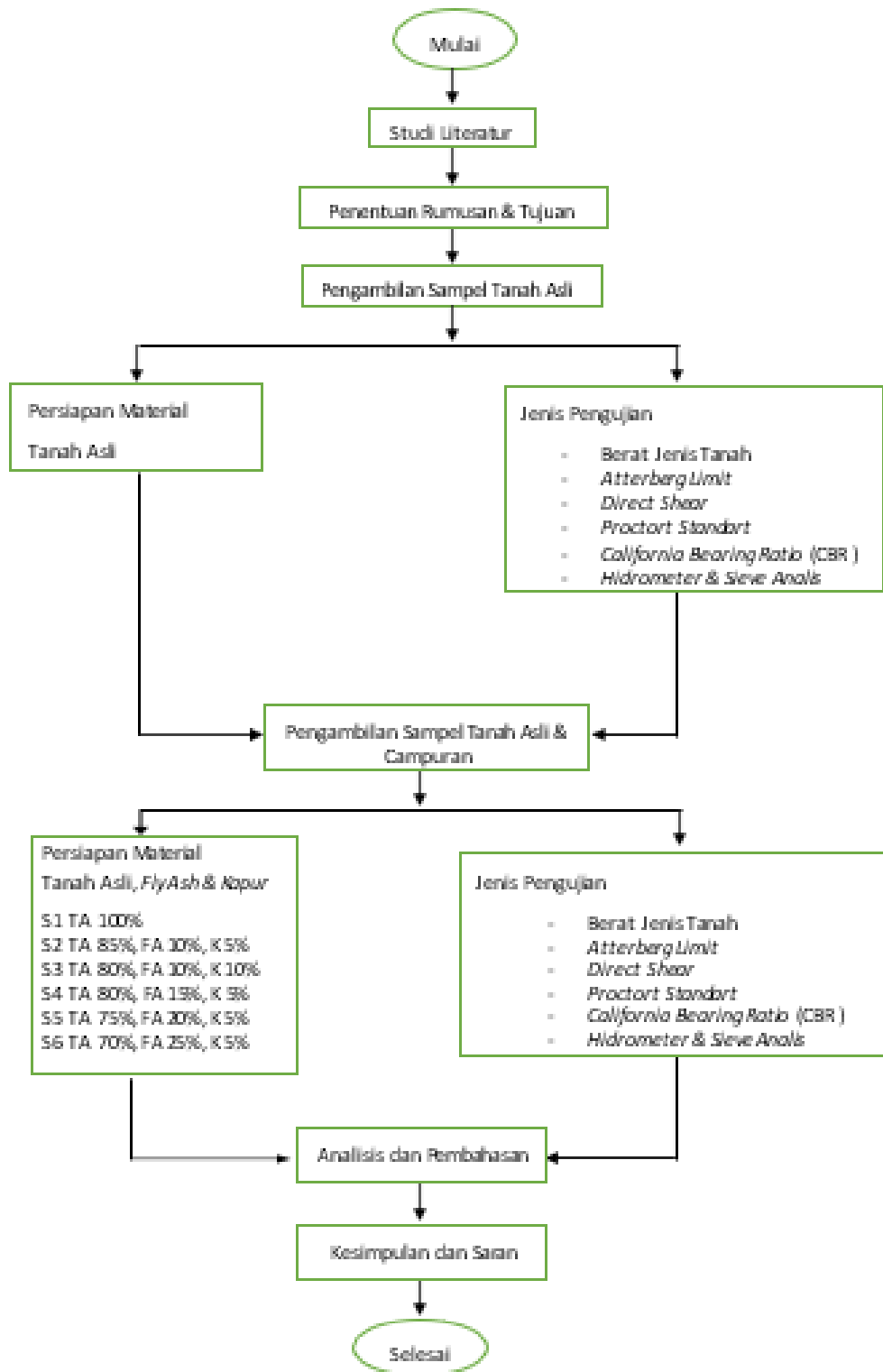
Untuk memperbaiki tanah yang daya dukungnya rendah tanah dasar jenis lempung yang mempunyai daya dukung rendah membutuhkan sebuah perlakuan khusus. Perlakuan ini dibutuhkan untuk meningkatkan kapasitas dan stabilitas daya dukung tanah. Perlakuan khusus yang dimaksud yaitu stabilisasi tanah. Stabilisasi dilakukan dengan menambahkan bahan tambahan seperti, kapur dan *fly ash*. Bila *fly ash* digunakan sebagai bahan stabilisasi sebaiknya dicampur dengan kapur. Stabilisasi untuk badan jalan akan lebih efektif jika perbandingan campuran antara *fly ash* dan kapur adalah (10-30)% untuk *fly ash* dan (2-10)% untuk kapur, Das (1994).

Berdasarkan penelitian terdahulu (Tallama (2010), Indera (2017), Apriyanti (2014)), penambahan *fly ash* dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanis tanah. *Fly ash* memiliki sifat *pozzolanic* dan *cementious*. Namun pada *fly ash* kelas F hanya memiliki sifat *pozzolanic* dan untuk memberikan sifat *cementious* maka *fly ash* perlu dicampur dengan bahan tambahan seperti kapur. Stabilisasi tanah dengan kapur sangat lazim digunakan dalam proyek-proyek konstruksi jalan dengan berbagai macam jenis tanah, mulai dari tanah lempung biasa sampai tanah ekspansif. Kapur bereaksi dengan air tanah sehingga merubah sifat tanahnya, mengurangi kelekatan dan kelunakan tanah. Sifat ekspansif yang menyusut dan mengembang karena kondisi airnya akan berkurang secara drastis karena butir kapur.

Berdasarkan latar belakang yang ada serta berdasarkan pengamatan awal kami terhadap tanah dasar pada ruas Jalan Kalibening-Gripit yang banyak mengalami patahan atau pergeseran pada perkerasan jalan maka dugaan sementara yaitu tanah tersebut merupakan tanah lempung ekspansif. Dugaan ini kemudian di kuatkan dengan hasil uji laboratorium yang telah kami lakukan terhadap sampel tanah asli dengan hasil CBR dibawah 6% yaitu 3,50%.

2. METODE

Secara umum, metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air (w)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dalam contoh tanah dengan berat butiran pada volume tanah yang diselidiki (Das, 2009). Rumus untuk menghitung kadar air adalah sebagai berikut:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

di mana:

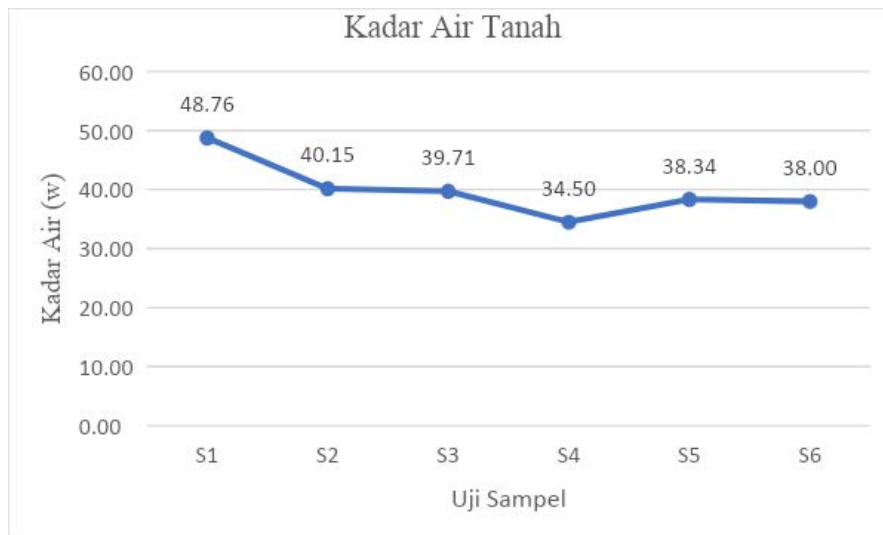
w = Kadar air (%)

W_w = Berat air (gr)

W_s = Berat butiran padat (gr)

Contoh perhitungan: $w = \frac{30,36}{62,27} \times 100\%$

$$w = 48,76\%$$

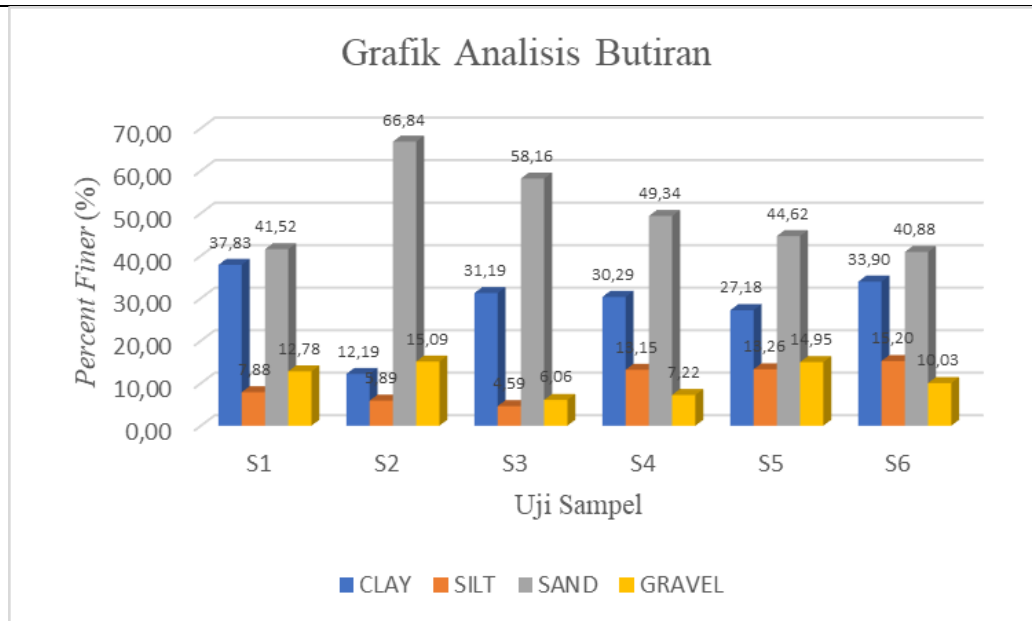


Gambar 4. 1 Grafik Kadar Air Tanah

Kegunaan dari hasil uji Kadar Air Tanah dapat di tetapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya pada tanah kohesif. Konsistensi tanah tergantung dari nilai kadar airnya, maka dari itu berdasarkan Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa tanah asli memiliki kadar air paling tinggi sebesar 48,76%, dan penurunan kadar air paling rendah terjadi pada campuran (TA 80%, FA 15%, K 5%) dengan nilai 34,50%. Semakin kecil kadar air maka karakteristik tanah semakin baik (daya dukung tanah semakin meningkat).

Analisa Saringan dan *Hydrometer*

Pengujian analisis saringan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gradasi butiran pada tanah.



Gambar 4. 8 Grafik Analisis Bultiran Tanah Asli campuran *Fly Ash* dan Kapulr

Berdasarkan Gambar 4.8 terlihat jenis tanah yang mendominasi berdasarkan besarnya butiran adalah tanah pasir.

Berat Jenis Tanah (GS)

Pengujian berat jenis tanah dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai parameter indeks tanah yang berhubungan fungsional meliputi fase udara, air, dan juga butiran dalam tanah. Pengujian dilakukan terhadap tanah asli dan tanah dengan campuran *fly ash* dan kapur yang Hasil perhitungan data dari seluruh sampel pada pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Contoh perhitungan berat jenis tanah asli:

Mencari harga air piknometer

$$\begin{aligned}
 \text{HAP} &= (b-a) t1 \\
 &= (82,08 - 32,22) 1,00485 \\
 &= 50,10
 \end{aligned}$$

Menghitung berat jenis tanah menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}
 \text{GS} &= \frac{c-a}{\text{HAP} - (A-C) t1} \\
 &= \frac{57,23 - 32,02}{50,10 - (95,54 - 57,23) 1,00485} \\
 &= 2,155
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 3 Data pelnguljian Belrat Jelnis Tanah

No Piknometer	Sampel	Piknometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Piknometer (a)	Berat Piknometer + Aquadet (b)	Berat Piknometer + Sampel (c)	Berat Piknometer + Aquades + Sampel (d)	T1	T2	T1	T2
1	Tanah Asli	32,22	82,08	57,23	95,54	32	32	1,00485	1,00485
2	Fly Ash	31,43	81,06	56,43	95,32	31	31	1,00456	1,00456
3	Kapur	30,6	81,21	45,51	89,09	32	32	1,00485	1,00485
Average									
1	Tanah Asli				2,155				
2	Fly Ash				2,317				
3	Kapur				2,111				

Atterberg Limita. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian *Atterberg Limits* dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai kadar air dalam tanah yang merupakan batas antara keadaan cair dan plastis. Analisis hasil perhitungan data *liquid limit*:

$$W = \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$$

$$W = \frac{49,52-33,54}{33,54-6,48} \times 100\%$$

$$W = 59,05\%$$

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kondisi suatu tanah pada saat kadar air minimum. Analisa hasil percobaan data plastic limit

$$W = \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$$

$$W = \frac{11,8-10,8}{10,8-6,81} \times 100\%$$

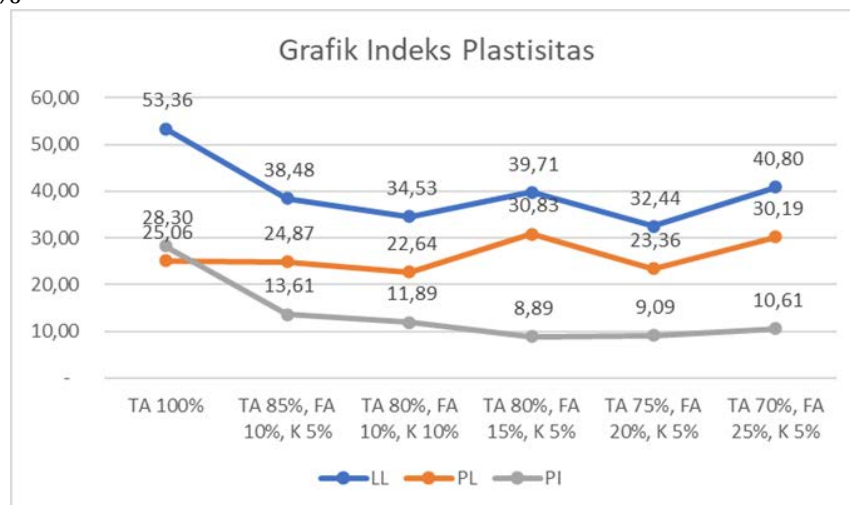
$$W = 25,0\%$$

Setelah diketahui batas cair dan batas plastisnya hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dihitung nilai (*IP*) dan didapat hasil perhitungan sebagai berikut ;

$$IP = LL - PL$$

$$= 53,36 - 25,06$$

$$= 28,30\%$$

**Gambar 4. 16** Grafik ATL Tanah Asli dan Campuran fly ash dan kapulr

Berdasarkan grafik pada gambar 4.16 mempunyai nilai IP tanah semakin menurun yang artinya sifat tanah semakin baik, daya dukung tanah meningkat.

Direct Shear

Uji *Direct Shear* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kohesi tanah dan sudut geser pada sampel yang digunakan. Dari hasil pengujian yang diperoleh, berikut datanya:

Diameter ring = 6,3 cm

Berat ring = 0,0243 kg

Koreksi Beban:

0,8 kg = 0,845 kg

1 kg = 1,69 kg

3 kg = 3,38 kg

Kemudian dianalisis menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Contoh perhitungan:

a. Tegangan normal (σ_n)

$$\sigma_n = \frac{p}{F} \rightarrow F = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 6,3^2$$

$$= 31,156 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_n = \frac{p}{F} \rightarrow F = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{\text{berat beban} + \text{berat ring}}{\text{Luas penampang}}$$

$$= \frac{0,845 + 0,0243}{31,156}$$

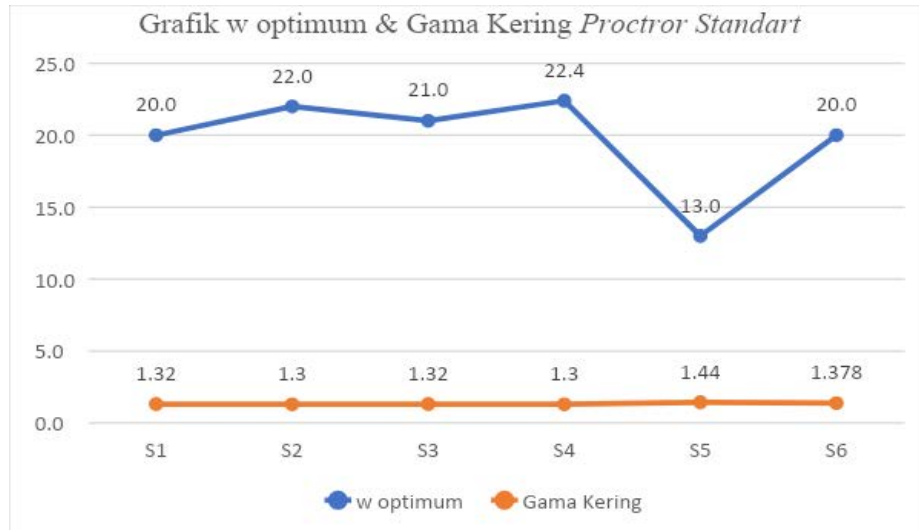
$$= 0,027$$

Tabel 4. 9 Hasil Penggambaran Direct Shear

No	Sampel	Kohesi (c) (Kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (ϕ) ($^\circ$)
1	TA 100%	0,106	11,68
2	TA 85%, FA 10%, K 5%	0,148	15,27
3	TA 80%, FA 10%, K 10%	0,160	15,59
4	TA 80%, FA 15%, K 5%	0,194	18,84
5	TA 75%, FA 20%, K 5%	0,200	20,59
6	TA 70%, FA 25%, K 5%	0,203	21,84

Proctor Standard

Uji *Proctor Standard* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar air optimum (w_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_b), berat volume kering tanah optimum (γ_{dopt}), dan persentase pori / porosity pada tanah sampel. Pada percobaan ini kadar air yang digunakan pada setiap sampel berbeda.

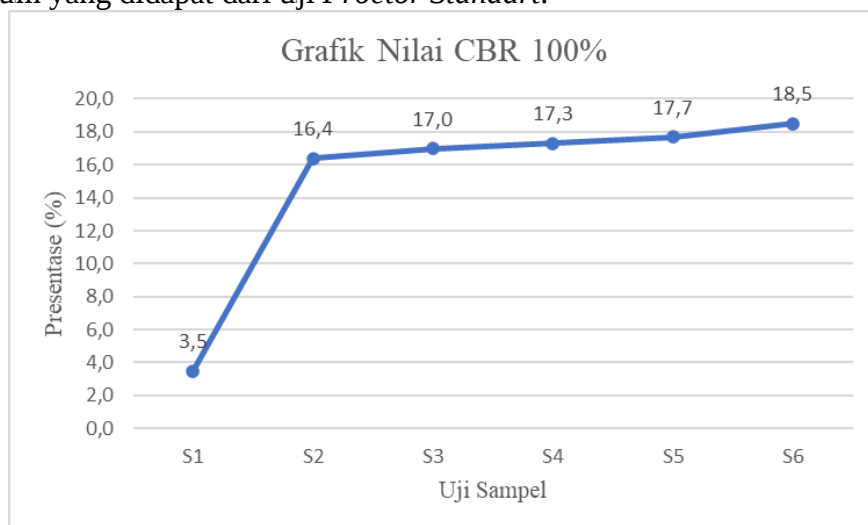


Gambar 4. 31 Grafik Wopt & Gama Kelring Sampell Tanah Asli campuran *Fly Ash* dan Kapur

Dari grafik kadar air optimum *Proctor Standard* di atas diketahui bahwa pada masing-masing sampel memiliki kadar air optimum yang berbeda-beda. Ini menandakan bahwa setiap campuran tanah membutuhkan kadar air yang berbeda-beda untuk mendapatkan kepadatan yang maksimal.

California Bearing Ratio (CBR)

Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai daya dukung tanah pada kerapatan maksimum. Dalam pengujian ini digunakan kadar air optimum yang didapat dari uji *Proctor Standard*.



Gambar 4. 45 Grafik Nilai CBR Tanah asli dan Campuran *Fly ash* dan Kapur

Berdasarkan gambar 4.45 dapat disimpulkan bahwa tanah asli dengan CBR 3,5% mengalami peningkatan yang signifikan menjadi 18,5% pada campuran (TA 70%, FA 25% K 5%).

4. KESIMPULAN

1. Setelah melakukan pengujian di laboratorium, sampel tanah dari Ruas Jalan Kalibening – Gript Dusun Bendawuluh, Desa Beji, Kecamatan Banjarmangu, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah merupakan jenis tanah lempung ekspansif dilihat dari tabel Chen (1975) Indeks Plastisitas tanah 28,30% termasuk tanah ekspansif sedang ke tinggi. Kemudian diketahui juga nilai CBR tanah asli yaitu 3,5% merupakan tanah yang memerlukan stabilisasi karena CBR di bawah 6%.
2. Hasil pengujian di laboratorium dapat mengetahui hasil dari Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Kapur Pada Tanah Lempung Ekspansif dari indeks plastisitasnya (IP) mengalami perbaikan sampai dengan 8,88 pada campuran TA 80%, FA 10%, K 10%. Kemudian untuk kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) juga mengalami peningkatan sehingga tanah menjadi lebih baik dimana nilai kohesi tertinggi yaitu 0,203 dan sudut geser dalam yaitu $21,84^\circ$.
3. Dari pengujian CBR di laboratorium didapatkan hasil data nilai CBR setelah mengalami perbaikan dengan kenaikan maksimal pada sampel TA 70%, FA 25%, K 5% yaitu sebesar 18,50%.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanti, Yayuk, and Roby Hambali. "Pemanfaatan fly ash untuk peningkatan nilai CBR tanah dasar." *Forum Profesional Teknik Sipil*. Vol. 2. No. 2. Bangka Belitung University, 2014.
- Hangge, E. E., Bella, R. A., & Ullu, M. C. (2021). PEMANFAATAN FLY ASH UNTUK STABILISASI TANAH DASAR LEMPUNG EKSPANSIF. Dalam *Jurnal Teknik Sipil* (Vol. 10, Nomor 1).
- Hardiyatmo, CH. (1992) "Mekanika Tanah I". Yogyakarta: UGM Press
- Hardiyatmo, CH. (2006). "Penanganan tanah longsor dan erosi." Yogyakarta: UGM Press
- Hardiyatmo, CH. (2010) "Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan." Yogyakarta: UGM Press
- Karya, J., & Sipil, T. (2017). STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN LARUTAN NaOH 7,5 % (Vol. 6, Nomor 2). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>

MALA, PUSPA DEWI AINUL. "Analisis Penambahan Fly Ash Terhadap Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Ekspansif." *Rekayasa Teknik Sipil Vol. 01 Nomor 01/rekat/17* (2017), 1 12 (2017).

Rifqi Abdurrozak, M., & Nurfathiyah Mufti, D. (2017). STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI DAN KAPUR PADA SUBGRADE PERKERASAN JALAN. *Jurnal Teknisia*, XXII (2).

Rizki, P., Muhammad, M., & Setiawan, F. (t.t.). *Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Disusun Oleh.*

SNI 1744-2012. 2012. Metode Uji CBR laboratorium. Badan Standarisasi Nasional.

SNI 1964-2008. 2008. Cara Uji Berat Jenis Tanah. Badan Standarisasi Nasional

SNI 1967-2008. 2008. Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 3420:2016 tentang Metode uji kuat geser langsung tanah tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase.

SNI 1743-2008. 2008. Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah. Badan Standardisasi Nasional.

SNI 3423-2008. 2008. Cara Uji Analisis Ukuran Butiran Tanah

TALLAMA, Astri Djumarno. *Pemanfaatan bahan limbah coal ash untuk lapisan subgrade*. Diss. Universitas Gadjah Mada, 2010.

WAI, FAH. "LIMIT ANALYSIS AND SOIL PLASTICITY." (1975).

Chen, W. F. "Stability of slopes." *Limit analysis and soil plasticity* (1975): 399-445.

Widhiarto, H., Andriawan, A. H., & Matulessy, A. (2015). STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN ABU-SEKAM DAN KAPUR. Dalam *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya Nopember* (Vol. 01, Nomor 02).

Wulandari, R., Gandi, S., & Sarie, D. F. (t.t.). *PENGARUH PENAMBAHAN SERAT KARUNG PLASTIK PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP UJI CBR.*