

Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah

The Effect Of Adding Sircon Sand, Wood Ash And Fly Ash In Clay To The Structure And Shearing Strength Of Soil

Amania¹, Fatma Sarie², Okrobianus³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, Jln. Yos Sudarso. Email : amaniania313@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, Jln. Yos Sudarso. Email : fatmasarie@jts.upr.ac.id

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, Jln. Yos Sudarso. Email : okrobianus@gmail.com

Abstrak

Tanah lempung yang diteliti berasal dari Desa Mantaren, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Tujuan dari penelitian ini menganalisis pengaruh pasir sirkon, abu kayu dan fly ash sebagai bahan stabilisasi tanah, dengan uji kuat geser dan kuat tekan bebas. Penelitian ini dilakukan uji sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah yaitu uji kuat geser tanah, uji kuat tekan bebas perencanaan campuran dengan persentase pasir sirkon, abu kayu, dan fly ash sekitar 5%, 10% dan 15%. Hasil penelitian sifat fisik tanah didapat nilai, kadar air (w) = 61,28%, berat isi tanah kering (γ_d) = 1,20 g/cm³; berat jenis (G_s) = 2,70, batas cair (LL) = 61,50%, batas plastis (PL) = 53,10%, batas susut (SL) = 21,21%, indeks plastisitas (PI) = 8,4%. Berdasarkan sifat fisik tanah asli, lanau dengan plastisitas sedang tanah ini termasuk ke dalam kelompok MH. Sedangkan berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah tersebut merupakan tanah berlanau kelompok A-5 (4). Pengujian kuat geser yang dilakukan menghasilkan nilai daya dukung tanah (q_{ult}) sebelum distabilisasi sebesar 1,509 kg/cm², setelah distabilisasi sebesar 4,362 kg/cm². Pengujian kuat tekan bebas nilai daya dukung tanah (q_{ult}) sebelum distabilisasi sebesar 0,171 kg/cm², setelah distabilisasi sebesar 0,642kg/cm².

Kata Kunci: Abu kayu; fly ash; kuat geser; kuat tekan bebas; pasir sirkon

Abstract

The clay soil studied came from Mantaren Village, Kahayan Hilir District, Pulang Pisau Regency, Central Kalimantan Province. The purpose of this study was to analyze the effect of sircon sand, wood ash and fly ash as soil stabilizing agents, by testing the shear strength and free compressive strength. This research was conducted to test the physical properties of the soil and the mechanical properties of the soil, namely the soil shear strength test, the free compressive strength test of mixed design with the percentages of sircon sand, wood ash, and fly ash around 5%, 10% and 15%. The results of the research on the physical properties of the soil obtained values, water content (w) = 61,28%; dry soil(γ_d) = 1,20 g/cm³; specific gravity (G_s) = 2,70; liquid limit (LL) = 61,50%; plastic limit (PL) = 53,10%; shrinkage limit (SL) = 21.21%; plasticity index (PI) = 8 ,4%. Based on the physical properties of the original soil, this silt with moderate plasticity belongs to the MH group. Meanwhile, based on the AASHTO classification, the soil is silty soil group A-5 (4). The shear strength test carried out resulted in the value of the soil bearing capacity (q_{ult}) before being stabilized at 1,509 kg/cm², after stabilization of 4,362 kg/cm². The free compressive strength test of the soil bearing capacity (q_{ult}) before stabilization was 0,171 kg/cm², after stabilization was 0,642 kg/cm².

Keywords: Wood ash, fly ash, shear strength, free compressive strength, sircon sand.

PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan tanah lunak, terdapat banyak kekurangan pada tanah lunak yang membuat butuhnya perlakuan khusus seperti salah satunya penambahan bahan tambah aditif pada tanah tersebut. Sifat tanah lunak memiliki kadar air tinggi dan daya dukung tanah yang rendah sehingga dilakukan usaha stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah merupakan metode perbaikan tanah dengan cara menambahkan bahan tambah. Bahan tambah yang digunakan adalah pasir sirkon, abu kayu, dan *fly ash*. Bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah lempung dan untuk mengetahui pengaruh abu kayu, pasir sirkon dan *fly ash* sebagai bahan stabilisasi tanah pada uji kuat geser dan kuat tekan bebas untuk meningkatkan daya dukung tanah. Tanah yang diambil berasal dari Desa Mantaren, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Lempung Tanah lempung merupakan tanah yang bersifat *multi component* yang terdiri dari tiga fase yaitu padat, cair dan udara. Tanah lempung terdiri atas butiran-butiran yang sangat kecil ($<0,002$ mm) dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali kebentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah. Sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat (Wesley, 1977).

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama kedalam kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Braja M. Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah kedalam katagori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisik. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Joseph E. Bowles, 1989).

Kuat Geser (*Direct Shear*)

Kuat geser tanah diukur dengan 2 parameter tanah yaitu kohesi (c) atau gaya tarik-menarik antar partikel parameter ini diperoleh dengan cara melakukan pengujian di laboratorium. Pengujian kuat geser tanah di laboratorium dapat dilakukan dengan memakai berbagai peralatan uji dan sudut geser dalam (ϕ) atau gesekan antara butir tanah. Teori Mohr menguraikan bahwa kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser (Das, 1991).

Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Kuat tekan bebas merupakan pengujian yang umum dilaksanakan dan dipakai dalam proses penyelidikan sifat stabilisasi tanah. Disamping pelaksanaannya yang praktis, sampel yang dibutuhkan juga tidak banyak. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dalam melakukan pengujian kuat tekan bebas tanah kohesif, dengan tujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan bebas tanah, uji kuat tekan ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya, dan juga mengukur regangan tanah akibat tekan tersebut (Hardiyatmo, 2007).

Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah suatu kekuatan tanah untuk menahan beban yang pekerjanya. Daya dukung tanah merupakan tekanan maksimum dapat diterima oleh tanah

akibat beban yang bekerja tanpa menimbulkan kelongsoran geser pada tanah pendukung. Sehingga tujuan perbaikan daya dukung tanah yang utama ialah untuk memadatkan tanah yang memiliki sifat sesuai dengan spesifikasi pekerjaan tertentu (Bowles, 1989).

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah secara prinsip adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat tanah dengan menambahkan sesuatu bahan aditif pada tanah tersebut, sehingga dapat menaikkan kekuatant tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada (Bowles, 1991).

Pasir Sirkon, Abu Kayu, dan Fly Ash

Abu kayu adalah hasil dari pembakaran kayu/limbah dari pengrajin kayu yang berasal dari kota Palangka Raya. *Fly ash* merupakan hasil pembakaran batu bara berasal dari PLTU Desa Mintin, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau. Sedangkan pasir sirkon adalah mineral *zirconium* yang paling banyak di bumi berasal dari Desa Pilang, Kecamatan Jabiren Raya, Kabupaten Pulang Pisau.

Dwitiyono, dkk (2020) meneliti mengenai pengaruh material *fly ash* sebagai bahan stabilisasi tanah dasar untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan hasil bahwa penggunaan *fly ash* sebagai bahan stabilisasi tanah memberikan pengaruh yang nyata terhadap perbaikan daya dukung tanah.

Sedangkan Oktaviana, dkk (2021) meneliti mengenai pengaruh penambahan abu ampas tebu, semen portland dan abu terbang (*fly ash*) terhadap kuat geser tanah dan daya dukung tanah lempung dengan waktu pemeraman 1 hari dan 7 hari dengan hasil semakin lama waktu pemeraman semakin besar kenaikan nilai τ dan q_{ult} .

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang terdiri dari tahapan persiapan bahan dan alat, pemeriksaan sifat fisik dan sifat mekanik tanah asli, metode pencampuran sampel tanah dengan abu kayu, *fly ash* dan pasir sirkon,

pemeriksaan sifat mekanik campuran dan analisis data.

Pengambilan Sampel Tanah Asli

Pengambilan sampel tanah tidak terganggu bertujuan untuk menyelidiki kadar air asli lapangan. Pada tanah tidak terganggu, kadar air dan susunan kimia tanahnya diusahakan tetap sama dengan kondisi lapangan sehingga masih menunjukkan sifat-sifat aslinya. Pengambilan sampel tanah tidak terganggu atau yang benar-benar asli harus dengan pelaksanaan dan pengamatan yang tepat. Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan tabung. Adapun langkah-langkah pengambilan sampel tanah tidak terganggu adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi tanah yang akan diambil.
2. Siapkan terlebih dahulu tabung.
3. Tabung ditekan perlahan-lahan kedalam lapisan tanah permukaan sampai kedalaman kurang lebih 1m.
4. Setelah tabung terisi penuh dengan sampel tanah, tabung diangkat perlahan-lahan ke permukaan.
5. Permukaan mulut tabung dilapisi dengan lilin kemudian tabung ditutup dengan rapat.

Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan Pasir Sirkon, Abu Kayu dan Fly Ash

Pada penelitian ini direncanakan campuran tanah, tanah tersebut dicampurkan dengan pasir sirkon, abu kayu dan *fly ash* dan dengan persentase campuran 5%, 10% dan 15% dengan masa pemeraman selama 3 hari dan 7 hari.

Metode pencampurannya adalah sebagai berikut:

1. Sampel A Tanah asli tanpa campuran
2. Sampel B Tanah asli dengan campuran pasir sirkon 5%, abu kayu 5% dan *fly ash* 10%
3. Sampel C Tanah asli dengan campuran pasir sirkon 10%, abu kayu 5% dan *fly ash* 10%
4. Sampel D Tanah asli dengan campuran pasir sirkon 15%, abu kayu 5% dan *fly ash* 10%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah dilakukan beberapa pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi kadar air, berat volume, berat jenis, analisis saringan, analisis hidrometer dan batas-batas *atterberg*. Pengujian sifat-sifat fisik dilakukan untuk mengklasifikasikan tanah, pengujian ini menggunakan tanah tidak terganggu. Pada pengujian sifat-sifat mekanik tanah asli dilakukan pengujian uji kuat geser (*direct shear test*) dan uji kuat tekan bebas (*unconfined compression test*).

Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat-sifat fisik tanah berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Palangka Raya, terhadap tanah lempung Desa Mantaren, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Didapat hasil sifat-sifat fisik tanah yang terdiri dari kadar air, berat volume, berat jenis, analisis saringan, analisis hidrometer dan batas-batas *atterberg*.

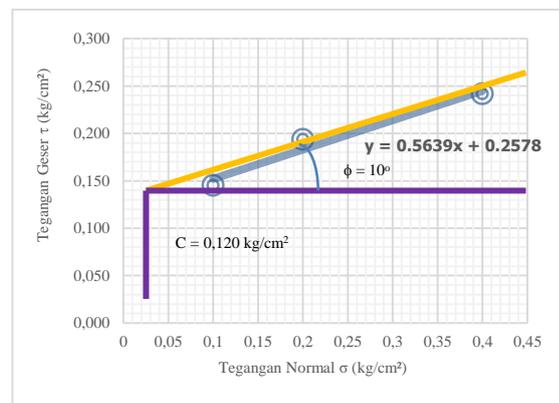
Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Lempung

No.	Pengujian	Nilai
1.	Kadar Air (%)	61,28
2.	Berat Isi Tanah Kering (γ_d)	1,20
3.	Berat Jenis	2,70
4.	Analisis Saringan	
	Persentase Tertahan (%)	48,32
	Persentase Lolos (%)	51,68
5.	Analisis Hidrometer	1,02
6.	Batas-Batas Atterberg	
a.	Batas Cair (LL) (%)	61,50
b.	Batas Plastis (PL) (%)	53,10
c.	Batas Susut (SL) (%)	21,21
d.	Indeks Plastisitas (PI) = LL - PL (%)	8,4

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium didapat nilai kadar air (w) = 61,28%; berat isi tanah kering (γ_d) = 1,20 g/cm³; berat jenis (G_s) = 2,70; batas-batas *atterberg* yaitu batas cair (LL) = 61,50%; batas plastis (PL) = 53,10%; batas susut (SL) = 21,21%; indeks plastisitas (PI) = 8,4%. Berdasarkan sifat fisik tanah asli, termasuk lanau dengan plastisitas sedang kelompok MH karena didapat nilai batas cair (LL) rata-rata sebesar 61,50 > 50% dan indeks plastisitas (IP) sebesar 8,4%. Sedangkan menurut sistem klasifikasi AASHTO tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-5 (4).

Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Uji Kuat Geser (*Direct Shear Test*)

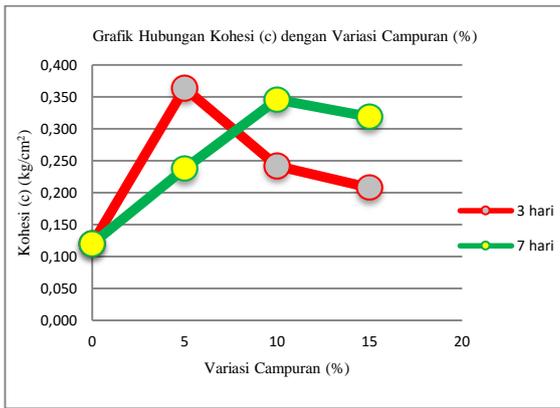


Gambar 1. Grafik Hubungan Tegangan Normal dan Tegangan Geser

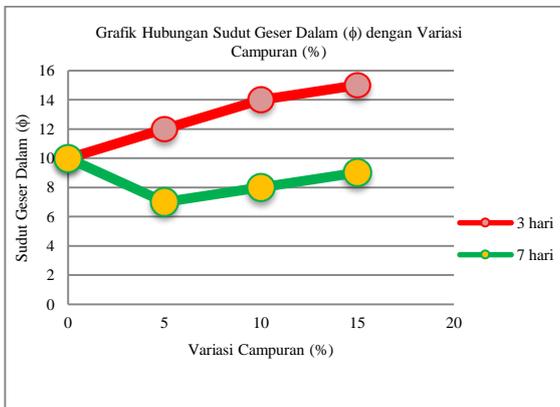
Grafik uji geser langsung (*direct shear test*) untuk tanah lempung asli didapatkan nilai kohesi tanah (c) sebesar 0,120 kg/cm² dan sudut geser dalam (ϕ) = 10°

Tabel 2. Rekapitulasi Uji Kuat Geser Langsung (*direct shear test*) dengan Campuran Abu Kayu, Pasir Sirkon dan *Fly Ash*

Variasi Campuran (%)	Kohesi Tanah c (kg/cm ²)		Sudut Geser Dalam (ϕ)°	
	3 Hari	7 Hari	3 Hari	7 Hari
	Tanah asli	0	0,120	10°
T+P5%+ A5% + F10%	0,364	0,238	12°	7°
T+P10%+ A5% + F10%	0,242	0,346	14°	8°
T+P15%+ A5% + F10%	0,208	0,319	15°	9°



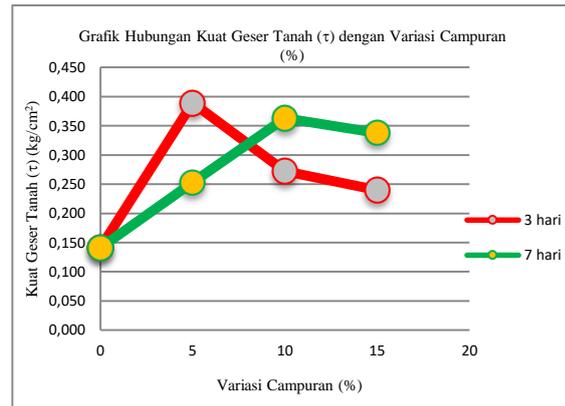
Gambar 2. Grafik Hubungan Kohesi dengan Variasi Campuran (%)



Gambar 3. Grafik Hubungan Sudut Geser Dalam dengan Variasi Campuran

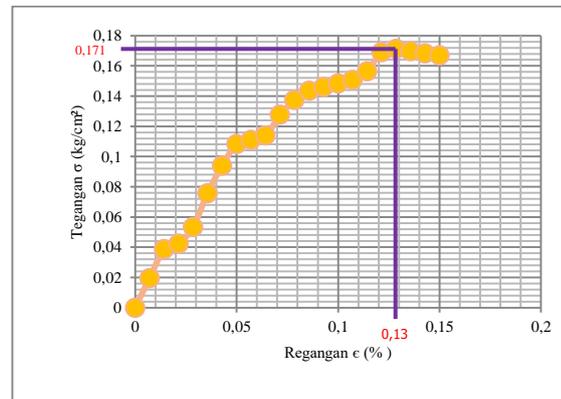
Tabel 3. Hasil Uji Kuat Geser (*direct shear test*) Tanah Asli dengan Campuran Abu Kayu, Pasir Sirkon dan *Fly Ash*

Variasi Campuran (%)	Kohesi Tanah c (kg/cm ²)		Sudut Geser Dalam (φ) ^o		Kuat Geser Tanah (τ) (kg/cm ²)	
	3 Hari	7 Hari	3 Hari	7 Hari	3 Hari	7 Hari
	Tanah asli 0 hari	0,120		10°		0,141
T+P5%+ A5%+F10%	0,36	0,23	12°	7°	0,38	0,25
T+P10%+ A5%+F10%	0,24	0,34	14°	8°	0,27	0,36
T+P15%+ A5%+F10%	0,20	0,31	15°	9°	0,24	0,33



Gambar 4. Grafik Hubungan Kuat Geser (τ) dengan Variasi Campuran (%)

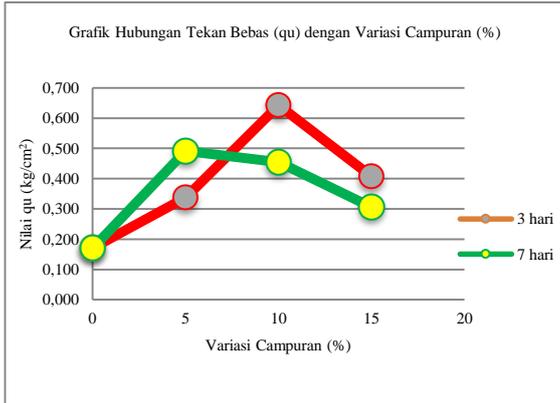
Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfned Compressive Strength*)



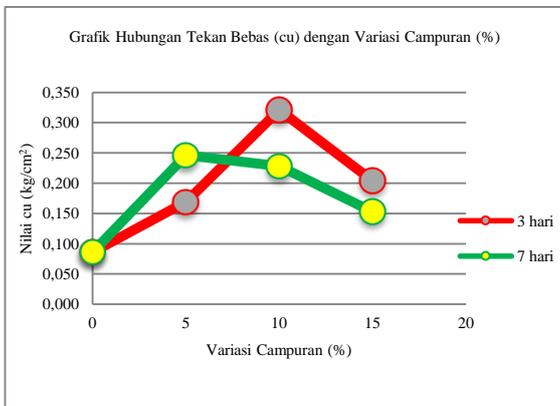
Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Bebas (*Unconfned Compressive Strength*)

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Asli dengan Campuran Abu Kayu, Pasir Sirkon dan *Fly Ash*

Variasi Campuran (%)	Nilai qu (kg/cm ²)		Nilai cu (kg/cm ²)	
	3 Hari	7 Hari	3 Hari	7 Hari
	Tanah asli 0 hari	0,171		0,086
T+P5%+ A5% + F10%	0,337	0,491	0,169	0,246
T+P10%+ A5% + F10%	0,642	0,455	0,321	0,228
T+P15%+ A5% + F10%	0,407	0,306	0,204	0,153



Gambar 6. Grafik Hubungan Kuat Tekan Bebas (qu) dengan Variasi Campuran (%)

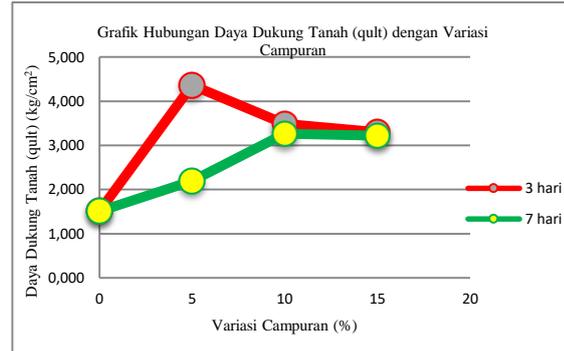


Gambar 7. Grafik Hubungan Kuat Tekan Bebas (cu) dengan Variasi Campuran (%)

Daya Dukung Tanah

Tabel 5. Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Uji Kuat Geser

Variasi Campuran (%)	c (kg/cm ²)		(φ) ^o		q _{ult} (kg/cm ²)	
	3 Hari	7 Hari	3 Hari	7 Hari	3 Hari	7 Hari
Tanah asli 0 hari	0,120		10 ^o		1,509	
T+P5%+ A5% + F10%	0,36	0,23	12 ^o	7 ^o	4,36	2,19
T+P10%+ A5% + F10%	0,24	0,34	14 ^o	8 ^o	3,48	3,26
T+P15%+ A5% + F10%	0,20	0,31	15 ^o	9 ^o	3,30	3,22

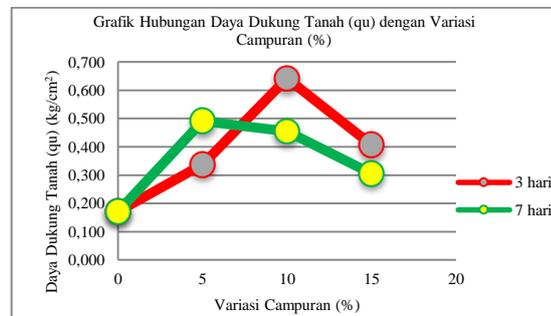


Gambar 8. Grafik Hubungan Daya Dukung Tanah (q_{ult}) dengan Variasi Campuran (%)

Dapat disimpulkan yaitu terjadi peningkatan daya dukung (q_{ult}) dari uji kuat geser langsung dengan tanah asli tanpa campuran dan pemeraman sebesar 1,509 kg/cm². Sedangkan nilai maksimum daya dukung (q_{ult}) didapat dari variasi campuran pasir sirkon 5%, abu kayu 5% dan fly ash 10% pada pemeraman 3 hari dengan nilai sebesar 4,362 kg/cm², peningkatan sebesar 2,853 kg/cm².

Tabel 6. Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah Berdasarkan Uji Tekan Bebas

Variasi Campuran (%)	Nilai qu (kg/cm ²)		Nilai cu (kg/cm ²)	
	3 Hari	7 Hari	3 Hari	7 Hari
Tanah asli 0 hari	0,171		0,086	
T+P5%+ A5% + F10%	0,337	0,491	0,169	0,246
T+P10%+ A5% + F10%	0,642	0,455	0,321	0,228
T+P15%+ A5% + F10%	0,407	0,306	0,204	0,153



Gambar 9. Grafik Hubungan Kuat Tekan Bebas (qu) dengan Variasi Campuran (%)

Dapat disimpulkan yaitu terjadi peningkatan daya dukung (q_u) dari uji kuat tekan bebas dengan tanah asli tanpa campuran dan pemeraman sebesar $0,171 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan nilai maksimum daya dukung (q_u) didapat dari variasi campuran pasir sirkon 10%, abu kayu 5% dan *fly ash* 10% pada pemeraman 3 hari dengan nilai sebesar $0,642 \text{ kg/cm}^2$. Dapat disimpulkan terjadi peningkatan sebesar $0,471 \text{ kg/cm}^2$.

SIMPULAN

1. Hasil pengujian sifat fisik tanah didapat nilai kadar air (w) = 61,28%; berat isi tanah kering (γ_d) = $1,20 \text{ g/cm}^3$; berat jenis (G_s) = 2,70; batas-batas atterberg yaitu batas cair (LL) = 61,50%; batas plastis (PL) = 53,10%; batas susut (SL) = 21,21%; indeks plastisitas (PI) = 8,4%. Berdasarkan sifat fisik tanah asli, lanau dengan plastisitas sedang tanah termasuk ke dalam kelompok MH. Sedangkan berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah tersebut tanah berlanau, kelompok A-5.
2. Dari hasil pengujian geser (*Direct Shear*) terhadap nilai kuat geser dan daya dukung tanah asli dengan masa pemeraman 0 hari didapat nilai kuat geser (τ) sebesar $0,141 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan untuk nilai daya dukung tanah didapat nilai $q_{ult} = 1,509 \text{ kg/cm}^2$. Setelah penambahan campuran nilai tertinggi pada campuran pasir sirkon 5%, abu kayu 5% dan *fly ash* 10% dan masa pemeraman 3 hari didapat nilai kuat geser (τ) $0,389 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan untuk nilai daya dukung tanah didapat nilai $q_{ult} = 4,362 \text{ kg/cm}^2$. Dengan penambahan pasir sirkon, abu kayu dan *fly ash* memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kuat geser dan daya dukung pada tanah lempung.
3. Dari hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) terhadap nilai kuat tekan bebas dan daya dukung tanah asli dengan masa pemeraman 0 hari didapat nilai q_u sebesar $0,171 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai $c_u = 0,086 \text{ kg/cm}^2$. Setelah ditambah campuran nilai tertinggi pada campuran pasir sirkon 10%, abu kayu 5% dan *fly ash* 10% dan masa pemeraman 3 hari didapat nilai q_u sebesar $0,642 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai c_u

= $0,321 \text{ kg/cm}^2$. Sehingga dengan penambahan pasir sirkon, abu kayu dan *fly ash* memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai kuat tekan dan daya dukung pada tanah lempung.

REFERENSI

- Arifin, B. 2009. Penggunaan Abu Batu Bara PLTU MPANAU “*Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung*”. Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 4. Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- Aristianto, E. Gandi, S. & Hendri, O. 2021. “*Pengaruh Penambahan Batu Kapur Terhadap Kuat Geser dan Daya Dukung Tanah Lempung*”. Jurnal Media Ilmiah Teknik Sipil, Vol. 9, No.2. Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
- Das, Braja, M., 1985. “*Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Geoteknis)*”. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja, M., 1998. “*Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*” jilid-1. Jakarta: Erlangga.
- Direktorat Jendral Bina Marga, 1986. “*Pengujian Tanah dan Batuan*”, Jakarta:Departemen Pekerjaan Umum.
- Dwitiyono, M. Sarie, F. & Hendri, O. 2020. “*Pengaruh Pencampuran Fly Ash Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Dasar Didesa Mintin Kabupaten Pulang Pisau*”. Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
- Hermawan, M. I. Afriani, L. & Iswan. 2015. “*Korelasi Kuat Tekan Bebas dengan Kuat Geser Langsung Pada Tanah Lempung yang Dicampur dengan Zeolit*”. JRSDD, Vol. 3, No. 1. ISSN 2303-0011 Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Kusuma, R. I. Mina, E. & Bonar, R. 2015. “*Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Abu Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus Jalan Desa Cibeulah, Pandeglang)*”.

Jurnal Fondasi, Vol. 4 No. 2. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Saleh, R. A. & Harwadi, F. 2017. “*Stabilisasi Tanah Lempung Lunak dengan Abu Sekam Padi (RHA) dan Kapur (CaCO_3) Dikampung Satu Kota Tarakan*”. Jurnal Teknik UBT, Vol. 1, No. 1. Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.

Nugroho, S. A. Putra, A.K. & Ermina, R. 2012. “*Korelasi Parameter Kuat Geser Tanah Hasil Pengujian Triaksial dan Unconfined Compression Strength (UCS)*”. Jurnal Sains dan Teknologi, 11 (1). ISSN 1412-6257 Fakultas Teknik Universitas Riau.

Oktaviana, S. F. Sarie, F. & Hendri, O. 2021. “*Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu, Semen Portland dan Abu Terbang Terhadap Kuat Geser dan Daya Dukung Tanah*”. Jurnal Kacapuri Jurnal Keilmuan Teknik Sipil, Vol. 4, No. 1. Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Zaenuri, M. & Ramadhon. 2019. “*Stabilisasi Tanah Lendut Menggunakan Penambahan Abu Kayu Bakar dan Semen Portland Tipe 1*”. Jurnal CIVILLa, Vol. 4, No. 2. ISSN 2503-2399 Fakultas Teknik Universitas Kediri.