

KAJIAN PENGARUH PENAMBAHAN MIKRO *SILIKA DIOKSIDA* (SiO_2) TERHADAP NILAI KOHESI DAN SUDUT GESER PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF (CIAMPEL, KARAWANG-JAWA BARAT)

¹Ngirtjuk Hirwo ²Ike Oktaviani ³Anilia Sapoetri

¹Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta, ngirtjukhirwo@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta ikeoktaviani21@gmail.com

³Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta aniliasapoetri94@gmail.com

Abstrak

Sifat-sifat tanah lempung ekspansif yang kurang baik untuk bangunan diantaranya adalah kekuatannya rendah dan pengembangannya yang cukup besar, sehingga tanah tersebut secara fisik dan teknis kurang memenuhi persyaratan untuk pekerjaan bangunan. Maka dari itu, untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi musim dan selama umur rencana diperlukan adanya usaha perbaikan sifatsifat fisik dan mekanis tanah untuk mencapai persyaratan teknis tertentu. Cara ini dikenal dengan stabilisasi tanah. Pada penelitian kali ini, digunakan alternatif bahan yang diharapkan dapat meningkatkan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif. Penelitian ini dilakukan dengan cara metode kajian pada tanah lempung ekspansif dengan bahan campuran mikro *Silika Dioksida* (SiO_2) sesuai dengan standar ASTM dan AASTHO campuran mikro *Silika Dioksida* (SiO_2) dengan pengujian utama yaitu Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*). Hasil data yang didapatkan nilai maksimum yang dihasilkan merupakan kenaikan nilai kohesi (c) pada tanah lempung ekspansif dan campuran SiO_2 3% dengan nilai sebesar 41.05 kPa dan kenaikan sudut geser (φ^0) pada tanah lempung ekspansif dan campuran SiO_2 3% dengan nilai sebesar 34.51°. Penambahan *Silika Dioksida* pada tanah lempung ternyata dapat menambahkan kemampuan parameter kuat geser tanah lempung ekspansif.

Kata Kunci: Tanah lempung ekspansif, *Silika Dioksida*, Kohesi, Sudut Geser, *Direct Shear*.

1. PENDAHULUAN

Tanah mempunyai peranan sangat penting dalam pekerjaan bangunan, baik sebagai bahan bangunan seperti tanggul dan bendungan atau sebagai pendukung bangunan seperti jalan raya, jalan rel dan gedung. Salah satu jenis tanah bermasalah dalam konstruksi sipil adalah tanah lempung ekspansif. Sifat-sifat tanah lempung ekspansif yang kurang baik untuk bangunan, diantaranya perkuatannya yang sangat rendah dan kembang susutnya yang cukup besar, sehingga tanah tersebut secara fisik dan teknis kurang memenuhi persyaratan untuk pekerjaan bangunan. Maka dari itu, untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil diperlukan adanya stabilisasi tanah.

Menurut data dari Kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tahun 2016, Indonesia merupakan negara yang memiliki potensial sumber daya panas bumi (geothermal) kedua terbesar di dunia dengan total potensi

energi panas bumi sebesar 29.543,5 MW. Sehingga menghasilkan limbah geothermal yang berlimpah. Oleh karena itu, *Silika Dioksida* (SiO_2) dipilih untuk menjadi bahan campuran untuk penelitian yang bertujuan sebagai bahan stabilisasi tanah.

2. METODOLOGI

2.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian kajian dimana penelitian kajian merupakan prosedur atau cara pemecahan masalah dengan menggunakan langkah-langkah yang telah tersusun secara sistematis untuk mengembangkan, menemukan dan menguji hipotesis. Sehingga penelitian ini dilakukan dengan cara metode kajian pada tanah lempung ekspansif dengan bahan campuran mikro *Silika Dioksida* (SiO_2) sesuai dengan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

Variabel yaitu objek dari penelitian itu sendiri, berikut termasuk indikator-indikator sebagai faktor-faktor yang mempengaruhi variabel tersebut.

- a. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat). Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikro *Silika Dioksida* (SiO_2) dan tanah lempung ekspansif.
- b. Variabel dependen atau terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah dan nilai kohesi dan sudut geser tanah.

Penelitian ini mencoba untuk melihat pengaruh penambahan material mikro *Silika Dioksida* (SiO_2) terhadap nilai kohesi dan sudut geser pada tanah lempung ekspansif. Oleh sebab itu, metodologi yang cocok dengan penelitian ini adalah dengan menggunakan metode kuantitatif.

2.2 Metode Penelitian

2.2.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah data primer. Data primer merupakan data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada, misalnya dengan mengadakan penelitian atau pengujian secara langsung.

2.2.2 Metode Analisis Data

Analisis pada penelitian merupakan analisis data kuantitatif, yaitu analisis yang menghasilkan data berupa angka atau bisa diangkakan. Analisis data didapatkan dalam pengujian sifat fisik dan mekanis pada tanah lempung ekspansif. Pada penelitian ini didapatkan analisis data sebagai berikut.

a. Analisis Perbandingan Persentase Nilai Kohesi Tanah Asli Campuran Mikro *Silika Dioksida* (SiO_2) pada Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*).

Menentukan nilai kohesi (c) tanah dengan pengujian geser langsung (*Direct Shear*). Sehingga hasil data yang diperoleh merupakan perbandingan parameter kohesi

tanah dengan variasi campuran sebagai berikut:

- 1) Nilai kohesi tanah lempung ekspansif.
- 2) Nilai kohesi tanah lempung ekspansif + mikro SiO_2 1%.
- 3) Nilai kohesi tanah lempung ekspansif + mikro SiO_2 2%.
- 4) Nilai kohesi tanah lempung ekspansif + mikro SiO_2 3%.

b. Analisis Perbandingan Persentase Nilai Sudut Geser Tanah Asli Campuran Mikro *Silika Dioksida* (SiO_2) pada Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*).

Menentukan nilai sudut geser (ϕ°) tanah dengan pengujian geser langsung (*Direct Shear*). Sehingga hasil data yang diperoleh merupakan perbandingan parameter sudut geser tanah dengan variasi campuran sebagai berikut:

- 1) Sudut geser tanah lempung ekspansif.
- 2) Sudut geser tanah lempung ekspansif + mikro SiO_2 1%.
- 3) Sudut geser tanah lempung ekspansif + mikro SiO_2 2%.
- 4) Sudut geser tanah lempung ekspansif + mikro SiO_2 3%.

Berikut urutan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Institut Teknologi Budi Utomo untuk mendapatkan hasil dari analisis-analisis diatas yaitu:

1. *Sieve Analysis* (ASTM D 422-02)
2. *Hydrometer Analysis* (AASHTO-T-193-81)
3. *Atterberg Limits* (ASTM D 4318-00)
4. *Specific Gravity* (ASTM D 854-02)
5. *Standard Proctor* (ASTM D 698-07)
6. *Direct Shear* (ASTM D 3080-04)

2.2.3 Metode Pembahasan Hasil Analisis

Dari hasil pengujian dan data yang telah dianalisis kemudian dihubungkan atau dikorelasikan dengan menggunakan penggambaran grafik dan dibandingkan dengan penelitian terdahulu. Korelasi antara parameter tanah yang digambarkan yaitu antara nilai kohesi dan sudut geser tanah asli dengan variasi campuran yang berbeda-beda.

Berdasarkan hasil pengujian tanah dengan penelitian uji geser langsung (*Direct Shear*)

akan diperoleh pembahasan hasil analisis nilai kohesi tanah (c) dan sudut geser tanah (ϕ^0) sebagai berikut:

a. Pembahasan Hasil Analisis Perbandingan Persentase Nilai Kohesi Tanah Asli Campuran Mikro Silika Dioksida (SiO_2) pada Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*).

Perbandingan parameter campuran yang berbeda-beda antara data hasil nilai kohesi yang diperoleh dengan data hasil nilai kohesi penelitian terdahulu.

b. Pembahasan Hasil Analisis Perbandingan Persentase Nilai Sudut Geser Tanah Asli Campuran Mikro Silika Dioksida (SiO_2) pada Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*).

Perbandingan parameter campuran yang berbeda-beda antara data hasil nilai sudut geser yang diperoleh dengan data hasil nilai sudut geser penelitian terdahulu.

3. PEMBAHASAN

3.1 Pembahasan Hasil Analisis Campuran Mikro Silika Dioksida (SiO_2) Terhadap Nilai Kohesi Tanah Lempun Ekspansif dengan Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*).

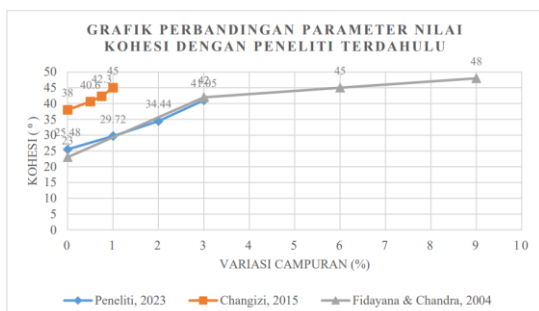
Data hasil perbandingan nilai kohesi dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data hasil perbandingan nilai kohesi dengan penelitian terdahulu

Data Penelitian, 2023		Changizi, 2015		Fridayana & Chandra, 2004	
Sampel	Kohesi (c)	Sampel	Kohesi (c)	Sampel	Kohesi (c)
Tanah Asli	25.48 kPa	Tanah Asli	38.00 kPa	Tanah Asli	23 kPa
Tanah Asli + mikro SiO_2 1%	29.72 kPa	Tanah Asli + nano SiO_2 0.5%	40.60 kPa	Tanah Asli + Semen Putih 3%	42 kPa
Tanah Asli + mikro SiO_2 2%	34.44 kPa	Tanah Asli + nano SiO_2 0.75%	42.30 kPa	Tanah Asli + Semen Putih 6%	45 kPa
Tanah Asli + mikro SiO_2 3%	41.05 kPa	Tanah Asli + nano SiO_2 1%	45.00 kPa	Tanah Asli + Semen Putih 9%	48 kPa

Sumber: Olahan penelitian mandiri

Berikut adalah grafik perbandingan parameter nilai kohesi dengan penelitian terdahulu:



Gambar 1. Grafik perbandingan parameter nilai kohesi dengan penelitian terdahulu
Sumber: Olahan penelitian mandiri

Pada tabel diatas didapatkan hasil dengan penelitian sejenis terdahulu terhadap nilai kohesi tanah antara lain:

a. Pembahasan hasil penelitian mandiri adalah:

Nilai kohesi maksimum diperoleh pada kadar campuran mikro SiO_2 3% dengan nilai 41.05 kPa dan mengalami peningkatan nilai kohesi terhadap tanah asli sebesar 44.13%.

b. Pembahasan hasil menurut peneliti Changizi adalah:

Nilai kohesi maksimum diperoleh pada kadar campuran nano SiO_2 1% dengan nilai 45 kPa dan mengalami peningkatan nilai kohesi terhadap tanah asli sebesar 18.42%.

c. Pembahasan hasil menurut peneliti Fridayana dan Chandra adalah:

Nilai kohesi maksimum diperoleh pada kadar campuran Semen Putih 9% dengan nilai 59 kPa dan mengalami peningkatan nilai kohesi terhadap tanah asli sebesar 108.69%.

3.2 Pembahasan Hasil Analisis Campuran Mikro Silika Dioksida (SiO_2) Terhadap Nilai Sudut Geser Tanah Lempun Ekspansif dengan Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*).

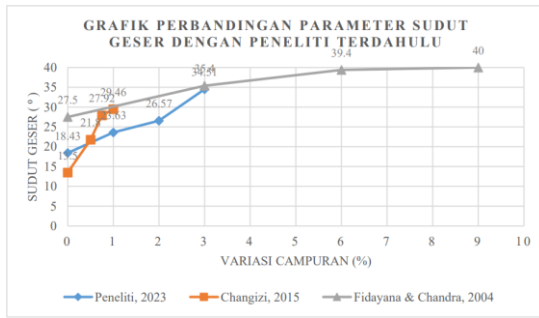
Data hasil perbandingan nilai sudut geser dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data hasil perbandingan nilai sudut geser dengan penelitian terdahulu

Data Penelitian, 2023		Changizi, 2015		Fridayana & Chandra, 2004	
Sampel	Sudut geser (ϕ^0)	Sampel	Sudut geser (ϕ^0)	Sampel	Sudut geser (ϕ^0)
Tanah Asli	18.43°	Tanah Asli	13.50°	Tanah Asli	27.50°
Tanah Asli + mikro SiO_2 1%	23.63°	Tanah Asli + nano SiO_2 0.5%	21.80°	Tanah Asli + Semen Putih 3%	35.40°
Tanah Asli + mikro SiO_2 2%	26.57°	Tanah Asli + nano SiO_2 0.75%	27.92°	Tanah Asli + Semen Putih 6%	39.40°
Tanah Asli + mikro SiO_2 3%	34.51°	Tanah Asli + nano SiO_2 1%	29.46°	Tanah Asli + Semen Putih 9%	40.00°

Sumber: Olahan penelitian mandiri

Berikut adalah grafik perbandingan parameter nilai sudut geser dengan penelitian terdahulu:



Gambar 2. Grafik perbandingan parameter sudut geser dengan penelitian terdahulu
Sumber: Olahan penelitian mandiri

Didapatkan hasil dengan penelitian sejenis terdahulu terhadap nilai sudut geser tanah antara lain:

- Pembahasan hasil penelitian mandiri adalah:
Nilai sudut geser maksimum diperoleh pada kadar campuran mikro SiO₂ 3% dengan nilai 34.51° dan mengalami peningkatan nilai sudut geser terhadap tanah asli sebesar 87.24%.
- Pembahasan hasil menurut peneliti Changizi adalah:
Nilai sudut geser maksimum diperoleh pada kadar campuran nano SiO₂ 1% dengan nilai 29.46° dan mengalami peningkatan nilai sudut geser terhadap tanah asli sebesar 118.2%.
- Pembahasan hasil menurut peneliti Fridayana dan Chandra adalah:
Nilai sudut geser maksimum diperoleh pada kadar campuran Semen Putih 9% dengan nilai 40.00° dan mengalami peningkatan nilai sudut geser terhadap tanah asli sebesar 45.45%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian uji geser langsung (*Direct Shear Test*) terhadap tanah lempung ekspansif dengan campuran bahan *Silika Dioksida* (SiO₂) diperoleh nilai kohesi tanah (*c*) dan nilai sudut geser tanah (ϕ°) sebagai berikut.

- Nilai kohesi (*c*) masing-masing campuran tanah lempung ekspansif:
 - Tanah asli *c* = 25.48 kPa
 - Tanah asli + mikro *Silika Dioksida* (SiO₂) 1% *c* = 29.72 kPa
 - Tanah asli + mikro *Silika Dioksida* (SiO₂) 2% *c* = 34.44 kPa
 - Tanah asli + mikro *Silika Dioksida* (SiO₂) 3% *c* = 41.05 kPa

Dapat disimpulkan bahwa dari hasil penelitian didapatkan nilai maksimum kohesi (*c*) yaitu pada varian tanah lempung + mikro SiO₂ 3% sebesar 41.05 kPa.

- Nilai sudut geser (ϕ°) masing-masing campuran tanah lempung ekspansif:
 - Tanah asli $\phi = 18.43^\circ$
 - Tanah asli + *Silika Dioksida* (SiO₂) 1% $\phi = 23.63^\circ$
 - Tanah asli + *Silika Dioksida* (SiO₂) 2% $\phi = 26.57^\circ$
 - Tanah asli + *Silika Dioksida* (SiO₂) 3% $\phi = 34.51^\circ$

Dapat disimpulkan bahwa dari hasil penelitian didapatkan nilai maksimum sudut geser (ϕ°) yaitu pada varian tanah lempung + mikro SiO₂ 3% sebesar 34.51°.

DAFTAR PUSTAKA

- Changizi, F., & Haddad, A, *Jurnal Mekanika Batuan dan Teknik Geoteknik*. Universitas Semnan, 2015.
- Das, B.M., *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Surabaya: Erlangga, 1993.
- Das, B.M., *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*, Surabaya: Erlangga, 1993.
- Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan Permukiman Kabupaten Kulon Progo, (2023), *Jenis Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Lentur*.
<https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/61/jenis-kerusakan-jalan-pada-perkerasan-lentur>
- Fatma, D., (2018, Januari 13), *Penurunan Muka Tanah: Pengertian, Penyebab, Dampak, Solusi dan Fenomena*.
<https://ilmugeografi.com/fenomena-alam/penurunan-muka-tanah>
- Fridayana, Y., & Chandra, T.K.A, *Peningkatan Kuat Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Batu Gamping dan Semen Putih*, Universitas Islam Indonesia, 2004.
- Hardiyatmo, H.C., *Mekanika Tanah 1*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2002.

Hardiyatmo, H.C., *Tanah Ekspansif: Permasalahan dan Penanganan*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2014.

Hardiyatmo, H.C., *Teknik Fondasi 1*, Jakarta: Gramedia, 1996.

Hartanto, R., & Choirawan, F.R., *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Abu Sekam Padi dan Serbuk Batu Bata Desa Batursari Kecamatan Mranggen Demak*, Universitas Semarang, 2022.

ITBU (2022). *Panduan Penulisan Skripsi*. Jakarta: ITBU, 2022.

Kurniawan, P & Hadimuljono, M.B., *Applied Geotechnics for Engineers*, Yogyakarta: Andi, 2021.

Mujiyanti, D.R, & Ariyani, D., *Kajian Kandungan Silika dari Berbagai Varietas Padi Lokal Kalimantan Selatan*, Universitas Lambung Mangkurat, 2020.

Primadi, F.V., & Indrajid, I.P., *Penambahan Matos Terhadap Stabilisasi Tanah Lunak dengan Semen Sebagai Lapisan Tanah Dasar (Subgrade) Jalan Raya*, Universitas Katolik Soegijapranata, 2017.

Rusdiansyah, *Studi Peningkatan Tahanan Geser Tanah Kohesif Akibat Adanya Perkuatan Tiang-Tiang Vertikal Berdasarkan Pemodelan di Laboratorium*, Surabaya, 2016.

Sudjianto, A.T., *Tanah Ekspansif: Karakteristik dan Pengukuran Perubahan Volume*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2015.

Sunarya, R.S., (2008, November 21), Silikon Dioksida.
<https://risars.wordpress.com/2008/11/21/struktur-padatan-silika/>

Thoengsal, J., (2014, Desember 25), *Masalah Tanah Ekspansif (Expansive Soil)*.
<http://jamesthoeingsal.blogspot.com/p/ekaspantif-soil.html>