

KAJIAN PENGARUH PENAMBAHAN NANO SiO₂ PADA NILAI KOHESI DAN SUDUT GESER DALAM TANAH LEMPUNG EKSPANSIF KARAWANG

Ike Oktaviani¹, Ngirtjuk², Henry Sampurna³, Jon Putra⁴

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta
1,2,3,4

ikeoktaviani@gmail.com1, ngirtjuk@itbu.ac.id2, hendrysam@itbu.ac.id3, jonputra@itbu.ac.id4*

ABSTRAK

Tanah Lempung Ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang tinggi dan mempunyai daya dukung yang baik kondisi tidak jenuh air tetapi buruk pada kondisi jenuh air, Sehingga tanah lempung ekspansif mempunyai sifat tanah yang buruk dan kurang menguntungkan bila digunakan sebagai dasar dari suatu konstruksi bangunan. hasil pengujian analisis data nilai kohesi tanah lempung ekspansif setelah penambahan campuran variasi Nano Silika Dioksida (SiO₂) yaitu Tanah asli + Nano SiO₂ 2% = 33,03 kPa (naik 8,5%), Tanah asli + Nano SiO₂ 3% = 46,26 kPa (naik 21,73%), Tanah asli + Nano SiO₂ 4% = 51,43 kPa (naik 26,9%). Prosentasi campuran Nano Silika Dioksida (SiO₂) berbanding lurus dengan nilai kohesi tanah. Semakin besar prosentase campuran Nano Silika Dioksida (SiO₂), maka semakin besar nilai kohesinya. Nilai kohesi tanah yg paling tinggi terdapat pada campuran Nano Silika Dioksida (SiO₂) 4%. Perubahan nilai sudut geser dalam yaitu Tanah asli + Nano SiO₂ 2% = 26,57°, Tanah asli + Nano SiO₂ 3% = 29,36° Tanah asli + Nano SiO₂ 4% = 32,01°. Disimpulkan prosentasi campuran Nano Silika Dioksida (SiO₂) berbanding lurus dengan nilai sudut geser dalam tanah. Semakin besar prosentase campuran Nano Silika Dioksida (SiO₂), maka semakin besar nilai sudut geser dalamnya.

Kata kunci : Tanah Lempung Ekspansif, Nilai Kohesi Tanah, Nilai Sudut Geser Dalam Tanah.

ABSTRACT

Expansive clay soil is soil that has a high potential for shrinkage expansion and has a good bearing capacity under water-unsaturated conditions but poor under water-saturated conditions. So expansive clay soil has poor soil properties and is less profitable when used as the basis of a building construction. The results of data analysis tests it can be concluded that the cohesion value of expansive clay soil after adding a mixture of variations of Nano Silica Dioxide (SiO₂), namely original soil + Nano SiO₂ 2% = 33.03 kPa (increased 8.5%), original soil + Nano SiO₂ 3% = 46.26 kPa (up 21.73%), Natural soil + Nano SiO₂ 4% = 51.43 kPa (up 26.9%) Percentage of Nano Silica Dioxide (SiO₂) mixture is directly proportional to the soil cohesion value. The greater the percentage of Nano Silica Dioxide (SiO₂) mixture, the greater the cohesion value. The highest soil cohesion value is found in the 4% Nano Silica Dioxide (SiO₂) mixture. Changes in shear angle values in expansive clay soil after adding a mixture of various polyamide fibers, namely original soil + Nano SiO₂ 2% = 26.57°, original soil + Nano SiO₂ 3% = 29.36°, original soil + Nano SiO₂ 4% = 32.01°. concluded that the percentage of Nano Silica Dioxide (SiO₂) mixture is directly proportional to the value of the friction angle in the soil. The greater the percentage of Nano Silica Dioxide (SiO₂) mixture, the greater the value of the internal friction angle. The highest internal shear angle value is found in the 4% Nano Silica Dioxide (SiO₂) mixture.

Keywords: *Expansive Clay Soil, Soil Cohesion Value, Soil Shear Angle Value.*

1. PENDAHULUAN

Tanah Lempung Ekspansif merupakan tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang tinggi dan mempunyai daya dukung yang baik kondisi tidak jenuh air tetapi buruk pada kondisi jenuh air, Sehingga dalam kondisi ini tanah lempung ekspansif mempunyai sifat tanah yang buruk dan kurang menguntungkan bila digunakan sebagai dasar dari suatu konstruksi bangunan. Indonesia sebagai negara tropis memiliki dua musim yaitu musim hujan dan kemarau, kondisi ini berdampak terhadap tanah lempung ekspansif, dimana saat musim kemarau tanah akan mengalami penyusutan dan retakan akibat berkurangnya air, sedangkan pada saat musim hujan tanah akan mengalami pengembangan akibat bertambahnya kadar air pada tanah. Permasalahan pada tanah dapat diatasi dengan melakukan stabilisasi, salah satunya dengan cara menggunakan bahan kimia, dan penelitian kali ini adalah menggunakan nano SiO₂. Dengan harapan dapat meningkatkan stabilisasi pada kekuatan tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Masalah kestabilan tanah antara lain meliputi kemampuan tanah memikul beban pondasi, tekanan tanah pasif dan aktif, serta kestabilan lereng. Stabilisasi tanah lempung yang akan dilakukan di bawah ini adalah dengan menambahkan bahan nano SiO₂ pada tanah lempung tersebut. Curah hujan yang tinggi dianggap sebagai faktor utama kelongsoran karena air dapat mengikis batuan ataupun meningkatkan kadar air tanah lempung sehingga mengurangi kekuatan geser.

Perbaikan stabilitas pada tanah lempung ekspansif yang dilakukan adalah untuk memperbaiki keadaan tanah, dimana tujuannya adalah untuk meningkatkan dan memperbaiki kekuatan kinerja dan kualitas pada tanah. Pengupayaan ini dilakukan menggunakan metode dengan menambahkan bahan material yaitu Silikon Nano Dioksida (SiO₂) pada tanah

lempung ekspansif yang akan diteliti berasal dari kabupaten Karawang. Dengan menggunakan alternatif penambahan bahan material ini sangat diharapkan dapat meningkatkan stabilisasi pada tanah lempung ekspansif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nano silikon dioksida (SiO₂) sebagai bahan stabiliator guna menstabilkan batas cair dan batas plastis pada tanah lempung ekspansif sehingga dilakukan kajian pengaruh penambahan material nano silikon dioksida (SiO₂) terhadap pada tanah lempung ekspansif.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan penelitian jenis kuantitatif. Yang dimaksud dengan penelitian kuantitatif adalah penelitian dengan memperoleh data yang berbentuk angka atau data yang dapat diangkakan untuk mencapai validasi penilaian yang akurat. Variabel pada penelitian ini menggunakan 2 variabel yaitu tanah lempung ekspansif dan campuran serat poliamida.

Pada penelitian ini dilakukan Pengujian *Proctor* (Pemadatan tanah), pengujian ini untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum tanah sebelum dan setelah dicampur serat poliamida. Pengujian *Direct Shear* (kekuatan geser langsung) Pengujian ini untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam dan kohesi tanah sebelum dan setelah dicampur Nano SiO₂.

Dari penelitian kajian pengaruh penambahan material nano silikon dioksida (SiO₂) terhadap pada tanah lempung ekspansif tanah daerah Karawang bertujuan untuk Untuk mengetahui nilai sudut geser tanah lempung ekspansif setelah menambahkan bahan material Nano SiO₂ 2%, 3% dan 4%. Untuk mengetahui kohesi pada tanah ekspansif setelah menggunakan tambahan material Nano SiO₂ 2%, 3% dan 4%.

Teknik analisis data merupakan tahapan proses penelitian yang mengolah data yang terkumpul

untuk menjawab pertanyaan yang ada. Proses pengolahan data ini disebut analisis data. Metode analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis korelasi yaitu suatu teknik untuk menentukan sampai sejauh mana terdapat hubungan antara dua variabel. Dalam penelitian ini akan membandingkan hasil dari pengujian tanah lempung ekspansif dan campuran serat poliamida.

a. Pengujian Proctor (Pemadatan Tanah)

Pengujian pemadatan standar (*Standard Proctor Test*) (ASTM D 698-07) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Tanah dari lapangan ditumbuk lalu disaring dengan saringan no.4
2. Tanah dibagi menjadi 3 bagian @2 kg dan masing-masing ditambahkan air dengan kadar berbeda: 20%, 23% dan 26 %
3. Tanah dicampur dan diaduk secara merata
4. Tanah yang telah homogen dimasukkan ke dalam mould kira-kira 1/3 bagian, lalu ditumbuk 25 kali. Ditambah 1/3 bagian lagi, ditumbuk merata sebanyak 25 kali. Kemudian ditambah 1/3 bagian lagi sampai mould terisi penuh dan ditumbuk merata sebanyak 25 kali
5. Tanah yang berada dalam mould diratakan permukaannya sesuai dengan volume mould, kemudian ditimbang.
6. Menyiapkan 3 (tiga) buah cawan yang telah diketahui beratnya.
7. Contoh tanah dikeluarkan dari mould dengan dongkrak, kemudian dibagi menjadi tiga bagian. Pada masing-masing bagian (atas, tengah dan bawah) diambil contohnya, ditimbang dengan cawan yang telah disiapkan sebelumnya, kemudian dioven selama 24 jam.
8. Kemudian cawan dan tanah yang telah dioven selama 24 jam tadi ditimbang untuk mendapatkan kadar airnya.
9. Setelah mendapatkan data berat tanah oven. Selanjutnya buatlah grafik pemadatan tanah, nilai OMC dan MDD.
10. Lanjutkan pengujian proctor untuk campuran tanah dan serat poliamida

dengan kadar air OMC tanah yg dicampur dengan variasi kadar Nano Silika (SiO_2): 2%, 3% dan 4%

b. Pengujian *Direct Shear* (Uji Geser Langsung)

Pengujian *direct shear* (ASTM 3080-04) dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Persiapkan benda uji atau sampel tanah. Bentuk dengan menekan ring sampel tanah ke dalam tabung sampel. Setelah kedua sisinya dipotong dan dirapikan.
2. Selanjutnya sampel tanah dipindahkan ke dalam *shear box* dengan cara menekan sampel tanah yang ada di dalam ring dengan dolly atau tangan. Sampel tanah dengan kepadatan tertentu dibentuk di dalam ring sampel tanah. Dicari dahulu berat sampel tanah yang harus diisikan agar diperoleh kepadatan yang dimaksudkan.
3. Siapkan semua peralatan yang diperlukan.
4. Keluarkan *shear box* dari tempatnya. Jadikan satu *shear box* bagian atas dan bawah dengan memasang baut penguncinya. Masukkan pelat dasar pada bagian paling bawah dari *shear box* dan di atasnya dipasang batu pori yang sebelumnya telah dicelupkan dalam aquades untuk mengeluarkan udara yang ada di dalam pori-porinya. Diatas batu pori diberi kertas filter yang sebelumnya juga telah dicelupkan dalam aquades. Dan diatas kertas filter ini dimasukkan pelat berlubang yang beralur, alur ini harus menghadap keatas dan arah alurnya harus tegak lurus arah penggeseran, hal ini dimaksudkan agar contoh tanah benar-benar terjepit secara kuat pada waktu dilakukan penggeseran. Masukkan kembali *shear box* ke dalam tempatnya. Dan tempatkan kedudukannya dengan mengencangkan dua buah baut penjepit yang ada.
5. Masukkan sampel tanah ke dalam *shear box*.

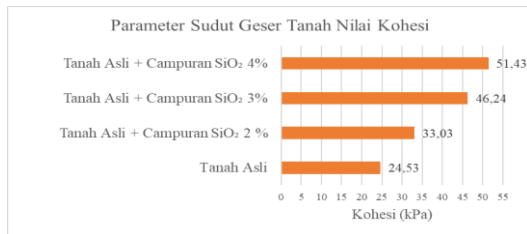
6. Atur agar pelat pendorong tepat menempel pada *shear box* bagian bawah. Cara menggerakkannya ialah: Lepaskan kunci penggerak manual dengan menarik *clutch*, sekarang penggeser dapat digerakkan dengan memutar *handwheel*. Memutar *handwheel* searah jarum jam akan menyebabkan pergeseran ke kanan/maju dan sebaliknya. Setelah penggeser tepat bersinggungan dengan *shear box* bagian bawah, maka kembalikan lagi *clutch* pada kedudukan
 7. Piston *proving ring* diatur agar tepat menyinggung *shear box* bagian atas, ini berarti *proving ring* belum menerima beban. Jadidial *proving ring* juga harus diatur tepat pada nol, demikian jugadial pengukur deformasi horisontal.
 8. Atur kedudukan *loading yoke* dalam posisi kerja, tempatkan juga kedudukan dial untuk mengukur deformasi vertikal. Atur kedudukan dial ini pada posisi tertentu.
 9. Siapkan beban konsolidasinya
 10. Sampel tanah siap digeser, dengan lebih dahulu menentukan kecepatan penggeserannya.
 11. Atur susunan gigi agar kecepatan penggeseran sesuai dengan yang diinginkan. Kecepatan penggeseran yang umumnya dipakai ialah 2 rotasi/detik.
 12. Periksa sekali lagi apakah jarum dial *proving ring* dan dial deformasi horisontal tepat pada posisi normal. Sekarang penggeseran dapat dimulai, tapi jangan lupa melepaskan kedua baut yang menyatukan *shear box* bagian atas dan bawah. Periksa juga *clutch*, apakah sudah terkunci.
 13. Lakukan pencatatan waktu pada saat penggeseran dimulai dan amati bahwa jarum dial *proving ring* dan dial deformasi horisontal mulai bergerak, apabila kedua jarum dial tersebut tidak bergerak berarti ujung dial tersebut belum menyentuh, hentikan dan atur ujung dial pada kedudukan yang tepat. Lakukan pembacaan dan pencatatan dial *proving ring*, dial deformasi vertikal atau dial *settlement*, tiap dial deformasi horisontal bergerak 15 detik. Lakukan pembacaan sampai sampel tanah runtuh, yang dapat diketahui dari dial *proving ring* yang mulai turun. Setelah mencapai maksimum lakukan pembacaan terus sebanyak 3 kali. Atau hentikan penggeseran kalau dial *proving ring* sudah tercapai
 14. Setelah penggeseran selesai, maka kembalikan *shear box* pada posisi sebelum digeser, dengan menggerak mundur secara manual. Lepaskan beban konsolidasi dan keluarkan *shear box* dari tempatnya.
 15. Keluarkan sampel tanah dari *shear box*
 16. Ulangi semua prosedur di atas dengan dua buah sampel tanah lagi, tetapi dengan menggunakan tegangan normal yang berbeda.
 17. Pengujian ini dilakukan pada sampel benda uji tanah asli dan tanah dengan campuran nano (SiO_2) dengan persentase 2%, 3% dan 4% masing-masing sampel diambil sebanyak 3 buah beban normal yang berbeda-beda yaitu 3,2 kg, 6,4 kg dan 9,6 kg.
- 4. HASIL dan PEMBAHASAN**
- a. Analisis Campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2) Terhadap Nilai Kohesi Tanah Lempung Ekspansif dengan Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)**
- Hasil pengujian geser langsung dengan alat *Direct Shear*, dianalisa perbandingan parameter besarnya kohesi (c) pada tanah lempung ekspansif menggunakan rumus $\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \phi$
- Dimana:
- τ = Kuat geser tanah (kPa)
 - c = Kohesi (kPa)
 - σ_n = Tegangan normal (kPa)
 - ϕ = Sudut geser dalam (derajat)

Tabel 1. Data hasil perbandingan parameter nilai kohesi

Parameter Sudut Geser Tanah	
Sampel	Nilai Kohesi (C)
Tanah Asli	24,53 kPa
Tanah Asli + Campuran SiO ₂ 2 %	33,03 kPa
Tanah Asli + Campuran SiO ₂ 3%	46,24 kPa
Tanah Asli + Campuran SiO ₂ 4%	51,43 kPa

Sumber: Olahan penelitian mandiri

Dari tabel diatas dapat diketahui kadar penambahan bahan campuran nano Silika Dioksida (SiO₂) maksimum yang menghasilkan kenaikan nilai kohesi (c) terbesar terdapat pada tanah dan campuran SiO₂ 3% dengan nilai maksimum sebesar 51.43 kPa.

Gambar 1. Grafik nilai kohesi dengan variasi penambahan nano SiO₂

Sumber: Olahan penelitian mandiri

b. Analisis Campuran Nano Silika Dioksida (SiO₂) Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Tanah Lempung Ekspansif dengan Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)

Hasil pengujian geser langsung dengan alat *Direct Shear*, dianalisa perbandingan parameter besarnya kohesi (c) pada tanah lempung ekspansif menggunakan rumus $\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \phi$

Dimana:

 τ = Kuat geser tanah (kPa)

c = Kohesi (kPa)

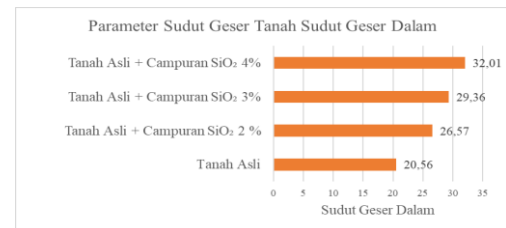
 σ_n = Tegangan normal (kPa) ϕ = Sudut geser dalam (derajat)

Tabel 2. Data hasil perbandingan parameter nilai sudut geser dalam

Parameter Sudut Geser Tanah	
Sampel	Sudut Geser Dalam ϕ
Tanah Asli	20,56°
Tanah Asli + Campuran SiO ₂ 2 %	26,57°
Tanah Asli + Campuran SiO ₂ 3%	29,36°
Tanah Asli + Campuran SiO ₂ 4%	32,01°

Sumber: Olahan penelitian mandiri

Dari Gambar 4.17 dapat diketahui kadar penambahan bahan campuran nano Silika Dioksida (SiO₂) maksimum yang menghasilkan kenaikan nilai sudut geser dalam terbesar terdapat pada tanah dan campuran SiO₂ 4% dengan nilai maksimum sebesar 32,01°.

Gambar 2. Grafik nilai sudut geser dalam dengan variasi penambahan nano SiO₂

Sumber: Olahan penelitian mandiri

c. Hasil Analisis Analisis Campuran Nano Silika Dioksida (SiO₂) Terhadap Nilai Kohesi Tanah Lempung Ekspansif dengan Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)

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

Tabel 2.. Data hasil perbandingan nilai kohesi dengan penelitian terdahulu SiO₂

Data Penelitian, 2023		Changai, 2015		Fridayana & Chandra, 2004		Keterangan
Sampel	Kohesi	Sampel	Kohesi	Sampel	Kohesi	
Tanah Asli	24,53 kPa	Tanah Asli	38,00 kPa	Tanah Asli	23 kPa	Berdasarkan data Perbandingan dapat dilihat nilai maksimum Kohesi (c) yang dihasilkan terdapat pada penelitian milik Fridayana dan Chandra, 2004 dengan varian sampel Tanah Asli + Semen Putih 9 % sebesar 48 kPa karena memiliki sifat Pozzolan pada campuran bahannya.
Tanah Asli + nano SiO ₂ 2%	33,03 kPa	Tanah Asli + nano SiO ₂ 0,5%	40,60 kPa	Tanah Asli + Semen Putih 3%	42 kPa	
Tanah Asli + nano SiO ₂ 3%	46,26 kPa	Tanah Asli + nano SiO ₂ 0,75%	42,30 kPa	Tanah Asli + Semen Putih 6%	45 kPa	
Tanah Asli + nano SiO ₂ 4%	51,43 kPa	Tanah Asli + nano SiO ₂ 1%	45,00 kPa	Tanah Asli + Semen Putih 9%	48 kPa	

Sumber: Olahan penelitian mandiri

d. Hasil Analisis Campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2) Terhadap Nilai Sudut Geser Tanah Lempung Ekspansif dengan Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear*)

Data hasil perbandingan nilai sudut geser dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3.. Data hasil perbandingan nilai sudut geser dengan penelitian terdahulu
Sumber: Olahan penelitian mandiri

Data Penelitian, 2023		Changgi, 2015		Fridayana & Chandra, 2004		Keterangan
Sampel	Sudut Geser	Sampel	Sudut Geser	Sampel	Sudut Geser	
Tanah Asli	20,56°	Tanah Asli	13,50°	Tanah Asli	27,50°	Berdasarkan data Perbandingan dapat dilihat nilai maksimum Sudut Geser yang dihasilkan terdapat pada penelitian milik Fridayana dan Chandra, 2004 dengan varian sampel Tanah Asli + Semen Putih 9 % sebesar 40,00° karena memiliki sifat Pozzolan pada campuran bahannya.
Tanah Asli + nano SiO_2 2%	26,57°	Tanah Asli + nano SiO_2 0,5%	21,80°	Tanah Asli + Semen Putih 3%	35,40°	
Tanah Asli + nano SiO_2 3%	29,36°	Tanah Asli + nano SiO_2 0,75%	27,92°	Tanah Asli + Semen Putih 6%	39,40°	
Tanah Asli + nano SiO_2 4%	32,01°	Tanah Asli + nano SiO_2 1%	29,46°	Tanah Asli + Semen Putih 9%	40,00°	

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian analisis data dan pembahasan yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai kohesi tanah lempung ekspansif setelah penambahan campuran variasi Nano Silika Dioksida (SiO_2):
 - Tanah asli + Nano SiO_2 2% = 33,03 kPa (naik 8,5%)
 - Tanah asli + Nano SiO_2 3% = 46,26 kPa (naik 21,73%)
 - Tanah asli + Nano SiO_2 4% = 51,43 kPa (naik 26,9%)

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa prosentasi campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2) berbanding lurus dengan nilai kohesi tanah. Semakin besar prosentase campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2), maka semakin besar nilai kohesinya. Nilai kohesi tanah yg paling tinggi terdapat pada campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2) 4%.

2. Perubahan nilai sudut geser dalam tanah lempung ekspansif setelah penambahan campuran variasi serat poliamida:

- Tanah asli + Nano SiO_2 2% = 26,57°

- Tanah asli + Nano SiO_2 3% = 29,36°
- Tanah asli + Nano SiO_2 4% = 32,01°

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa prosentasi campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2) berbanding lurus dengan nilai sudut geser dalam tanah. Semakin besar prosentase campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2), maka semakin besar nilai sudut geser dalamnya. Nilai sudut geser dalam yg paling tinggi terdapat pada campuran Nano Silika Dioksida (SiO_2) 4%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo , A, *Jurnal Mekanika Batuan dan Teknik Geoteknik*. Universitas Semnan, 2009.
- Das, B,M *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Surabaya: Erlangga, 2009.
- Wesley., *Mekanika Tanah (Jenis dan Pengelompokan Geoteknis)* ,Surabaya: Erlangga, 1977.
- Melinda (2015, Dinas Pekerjaan Umum Perumahan dan Kawasan. <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/61/jenis-kerusakan-jalan-pada-perkerasan-lentur>
- Fridayana, Y., & Chandra, T.K.A, *Peningkatan Kuat Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Batu Gamping dan Semen Putih*, Universitas IslamIndonesia, 2004.
- Terzaghi Hardiyatmo, H.C., *Mekanika Tanah 1*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 1987.
- Hartanto, R., & Choirawan, F.R., *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Abu Sekam Padi dan Serbuk Batu Bata Desa Batusari Kecamatan Mranggen Demak*, Universitas Semarang, 2022.
- Kurniawan, P & Hadimuljono, M.B., *Applied Geotechnics for Engineers*, Yogyakarta: Andi, 2021.