

Analisis Kuat Geser Tanah Lempung Dengan Tambahan *Fertilizer*

Reinaldo Rembet^{#1}, Steeva G. Rondonuwu^{#2}, Alva N. Sarajar^{#3}

[#]Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹reinaldorembet@gmail.com; ²steeva_rondonuwu@unsrat.ac.id; ³alva.sarajar@unsrat.ac.id

Abstrak

Serangkaian pengujian triaksial dilakukan di laboratorium, terhadap tanah lempung pulutan dengan menambahkan fertilizer. Penelitian ini dilakukan untuk melihat kuat geser tanah sebelum, dan setelah penambahan fertilizer. Parameter yang di analisis adalah: kohesi tanah (c), sudut geser dalam (ϕ), tegangan normal (σ), dan nilai kekuatan geser tanah (τ) itu sendiri. Juga dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanis tanah. Variasi bahan tambahan fertilizer adalah: Pupuk Urea 2%, 5%, 7%, 10%, dan Pupuk NPK 2%, 5%, 7%, 10%. Dari hasil pengujian untuk tanah lempung asli didapat $c = 0.99 \text{ t/m}^2$, $\phi = 4.49^\circ$, $\sigma = 4.02 \text{ t/m}^2$, serta didapatkan nilai kuat geser tanah lempung tanpa bahan campuran, $\tau = 1.65 \text{ t/m}^2$. Pada penambahan 10 % urea, didapat nilai $c = 0.97 \text{ t/m}^2$, $\phi = 8.98^\circ$, $\sigma = 6.73 \text{ t/m}^2$, sedangkan nilai kuat geser $\tau = 1.57 \text{ t/m}^2$. Selanjutnya untuk penambahan 10% pupuk NPK diperoleh nilai parameter $c = 1.07 \text{ t/m}^2$, $\phi = 11.56^\circ$, $\sigma = 6.64 \text{ t/m}^2$, dan nilai kuat geser tanah; $\tau = 1.85 \text{ t/m}^2$. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa kuat geser tanah dengan tambahan fertilizer melalui pengujian triaksial metode Unconsolidated Undrained (UU), terjadi peningkatan pada 10% Pupuk urea dan 10 % pupuk NPK bila dibandingkan dengan tanah tanpa tambahan fertilizer. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa kuat geser lempung lunak dapat diperbaiki/ dinaikan dengan penambahan fertilizer, dalam hal ini pupuk urea dan pupuk NPK.

Kata kunci – lempung lunak, fertilizer, uji triaksial, kuat geser.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah merupakan hal penting dalam dunia keteknik sipil. Dengan semakin berkembangnya teknologi di segala bidang yaitu gedung, jalan, jembatan, bangunan fasilitas umum penunjang kegiatan yang ada, serta pembangunan permukiman penduduk, banyak bangunan yang seiring berjalannya waktu semakin berkembang dan lahan pun semakin sempit untuk dijadikan bangunan, sehingga banyak lahan-lahan

bekas pertanian yang pernah di tabur pupuk berulang dirubah dengan cepat menjadi bangunan tanpa memikirkan kekuatan dari tanah tersebut.

Seiring berjalannya waktu, pekerjaan konstruksi tanah sangat penting diperhatikan dalam pekerjaan teknik sipil. Terdapat beberapa kali pengujian tanah agar tercapai suatu kestabilan tanah yang maksimal di bawah sebagai pendukung kekuatan struktur di atas. Tanah yang dipakai dalam lahan pertanian kebanyakan tanah jenis lempung.

Pekerjaan pembangunan konstruksi khususnya pengujian triaksial, dilakukan untuk mencari parameter nilai kohesi tanah, nilai sudut geser tanah, tegangan normal untuk mendapatkan nilai kuat geser tanah yang sangat berpengaruh terhadap struktur atas bangunan konstruksi. Semakin tinggi nilai parameter kekuatan geser tanah tersebut maka akan semakin stabil tanah penahan struktur bagian atas, untuk itu banyak cara serta usaha untuk menaikkan kondisi tanah melalui parameter pengujian triaxial untuk menjadi stabil.

Dalam penelitian ini digunakan *Fertilizer* yang terbagi atas 2 yaitu Pupuk Urea dan Pupuk NPK untuk dijadikan bahan tambahan karena memiliki kandungan kimia yang cukup untuk membantu mengurangi kembang susut sehingga indeks plastisitas dari tanah tersebut dapat teratasi tergantung dari lamanya waktu proses. Bahan campuran pupuk selain sangat terjangkau dan mudah di dapat di toko pertanian, juga berguna untuk mengurangi limbah bekas dari pupuk urea dan Pupuk NPK, serta dapat memperjelas pemahaman tentang kekuatan tanah dari lahan bekas pertanian yang pernah ditabur pupuk berulang, sehingga peneliti tertarik dengan judul “Analisis Kuat geser tanah lempung dengan tambahan *fertilizer*”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan Penjelasan di atas dapat diambil arti untuk rumusan masalah sebagai berikut: Apa pengaruh nilai kohesi, nilai sudut geser, tegangan terhadap nilai kuat geser tanah lempung dengan masing-masing penambahan Pupuk NPK dan Pupuk Urea?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam kegiatan penelitian ini adalah:

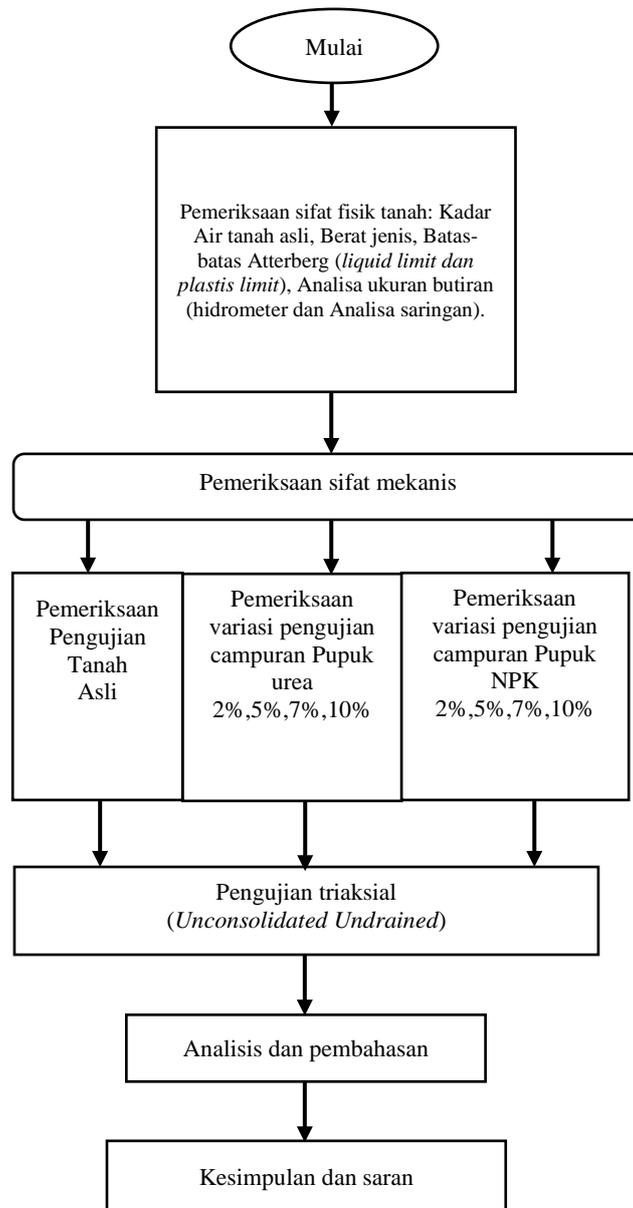
1. Pengujian Batasan variasi yang digunakan pupuk Urea yaitu 2%, 5%, 7%, 10%, dan batasan variasi pupuk NPK yaitu 2%, 5%, 7%, dan 10%.
2. Menggunakan tanah lempung pulutan.
3. Sifat kimia tanah pulutan tidak ditinjau.
4. Parameter kuat geser tanah yang diteliti kohesi, dan sudut geser dalam, tegangan normal, dengan menggunakan uji Triaxial test metode UU.
5. Prosedur pengujian dilakukan di laboratorium universitas sam ratulangi dengan alat tidak diperbaharui.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan kegiatan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku tanah khususnya parameter c , ϕ , σ , dan τ dengan penambahan pupuk urea dan pupuk NPK.

E. Manfaat Penelitian

1. Sebagai ide untuk dikembangkan dalam Pemanfaatan penelitian Pupuk Urea dan Pupuk NPK.
2. Sebagai acuan informasi penting dalam pelaksanaan Konstruksi.
3. Memberikan rekomendasi penting dalam perbaikan, dengan penambahan pupuk urea dan pupuk NPK dengan tanah lempung.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Lokasi Penelitian dengan Titik koordinat $1^{\circ}13'04.7''N$ $124^{\circ}50'04.3''E$

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Sampel tanah yang berdasarkan lokasi yaitu tepatnya di desa Pulutan Kecamatan Remboken, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara, jarak dari Manado sekitar 90 menit dengan berkendara, dan Jarak 5 Km dari wilayah danau tondano, Diketahui bahwa tanah tersebut sering digunakan untuk kerajinan tangan berupa gerabah, jenis tanah yang digunakan adalah tanah lempung pada ketinggian kamera Map 50 ft atau 20meter dengan Titik koordinat $1^{\circ}13'04.7''N$ $124^{\circ}50'04.3''E$.

B. Tahapan Penelitian

Tahap ini yaitu membentuk kegiatan sebelum memulai pengumpulan data dan pengolahan data. dalam fase awal ini disusun hal-hal penting yang harus dilaksanakan dengan maksud untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan.

Adapun taha awal persiapan meliputi:

1. Pada Studi literatur atau studi pustaka digunakan peneliti saat membaca dan menelusuri referensi terkait mengenai penelitian terhadap materi tugas akhir untuk menentukan garis besar permasalahan baik itu dalam buku, jurnal ilmiah, alamat email atau website yang terkait dengan penelitian ini yaitu mengenai istilah Pupuk, Kandungan kimia pupuk, data pengujian di laboratorium, dan referensi mengenai kuat geser tanah yang pernah digunakan pada penelitian sebelumnya.
2. Menentukan pengumpulan data berdasarkan Data Primer dalam penelitian didapat melalui kondisi suatu tanah yang digunakan untuk selanjutnya di uji di laboratorium karena jenis tanah yang digunakan yaitu tanah lempung pulutan. Dari rencana yang dibuat pada data primer Pupuk urea sebanyak 0%, 2%, 5%, 7%, dan 10%, sebagai campuran dengan cara campur langsung dengan tanah selama pemeraman atau disimpan selama 0 hari selanjutnya digunakan tanah tersebut. Sedangkan dari campuran data sekunder Pupuk NPK sebanyak 0%, 2%, 5%, 7%, dan 10%, digunakan campuran dengan cara campur langsung sesuai banyaknya variasi keperluan dengan pemeraman atau disimpan selama 0 hari tanah tersebut.
3. Data sekunder diperoleh dari beberapa sumber internet serta Jurnal atau studi pustaka untuk dijadikan penelitian dan diolah data tersebut kembali serta dijadikan patokan untuk sampel penelitian yang ada. Yang termasuk data sekunder disini adalah:
 - Sifat kimia tanah pulutan yang tidak diuji karena keterbasan alat yang digunakan.
 - Sifat kimia Pupuk urea dan pupuk NPK tidak di uji sendiri.
 - Kepadatan dilakukan berdasarkan kondisi kadar air.
4. Data Pendukung
 - Peta lokasi pada Gambar 2 diperoleh dari aplikasi Google Earth 2021.

- Aturan-aturan dari ASTM D2487 tentang karakteristik tanah dan kondisi tanah.
5. Menggali informasi melalui instansi terkait yang dapat dijadikan sumber pada tokoh pertanian di surveikan seberapa banyak menggunakan Pupuk urea dan seberapa banyak menggunakan Pupuk NPK.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Hasil pengujian sifat fisik tanah lempung pulutan telah dilaksanakan dilaboratorium universitas sam ratulangi, ditampilkan pada Tabel 1.

B. Pengujian Triaksial

Berguna untuk Mengetahui seberapa besar Nilai kuat geser tanah dengan campuran Pupuk urea dan NPK sehingga perlu juga untuk mengetahui parameter dari kuat geser tanah tersebut, dari beberapa metode yang ada sehingga ditentukan melalui satu metode yaitu hasil uji Triaxial.

1. Triaksial dengan bahan tambahan pupuk urea

Hasil pengujian triaksial dengan tambahan pupuk urea ditampilkan pada Tabel 2. Grafik hubungan kohesi, sudut geser, tegangan normal dan kuat geser tanah dengan bahan tambahan pupuk urea ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.

Gambar 3 menunjukkan hubungan nilai kohesi dengan variasi pupuk urea, Melalui pengujian sampel tanah menggunakan alat uji triaxial dengan metode UU (tak terkonsolidasi tak terdrainase). Terjadi penurunan pada nilai kohesi pada sampel 2% = 0,72, 5% = 0,74, dan 7% = 0,77. Hal ini bisa disebabkan karena adanya komponen non organik berupa natrium 46% yang mengurangi sifat non kohesif. Kemudian pada kondisi 10% tambahan pupuk urea, mengalami peningkatan kohesif dimana nilainya mendekati 0,97 hal ini mungkin disebabkan oleh sifat organik berupa kalium 35% yang bersifat kohesif. Faktor lain yang bisa menyebabkan perilaku kohesif dan non kohesif yaitu kepadatan dan kadar air dari sampel uji tanah tersebut. Hasil uji ini menunjukkan tidak terjadi peningkatan nilai kohesi dari tanah awal (tanah asli) setelah diberikan penambahan pupuk tetapi dari hasil grafik menunjukkan cenderung menurunkan kemampuan kohesif tanah.

Gambar 4 menunjukkan nilai sudut geser dalam dengan tambahan pupuk urea, dapat dilihat mengalami peningkatan variasi Pupuk urea itu terjadi pada penambahan 2% = 8.35, 5% = 8.5, 7% = 8.93, dan 10% = 8,98, namun tidak berpengaruh karena sudut geser dalam yang kecil dibawa 10 derajat, menurut beberapa jurnal (Fadrizal,2018) tanah yang sudut geser dalam mengalami peningkatan akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dibebankan terhadapnya.

Grafik gambar 5 menunjukkan terjadi hubungan tegangan normal dengan variasi pupuk urea, melalui pengujian triaxial metode UU didapat tegangan total terbesar terjadi pada penambahan Pupuk urea sampel ketiga yaitu 2 % = 15,59, 5% = 15,62, 7% = 15,65, dan 10% = 16,26. Semakin besar tegangan maka kandungan air dalam tanah untuk kondisi asli akan berkurang, sehingga jika ditambahkan pupuk urea, maka semakin banyak akan meresap air yang dikandung dalam tanah, kandungan kimia berupa kalium juga yang mengandung kapur mungkin akan mempengaruhi kadar air dari kondisi tanah asli tersebut.

Pada Gambar 6, kuat geser tanah dengan hubungan bahan tambahan pupuk urea melalui pengujian triaxial metode UU didapatkan hasil terjadi peningkatan pada sampel ketiga variasi yaitu 2% = 2.97, 5% = 3.10, 7% = 3.09, dan 10% = 3.45. serta terjadi penurunan pada sampel pertama dari kedua variasi 2%, 5%, 7%, 10% pupuk urea dibandingkan dengan tanah asli, penyebab menurunnya karena pupuk tersebut memiliki 40% natrium dapat mengurangi sifat kekuatan dari tanah tersebut, serta memiliki 36% kalium mungkin akan membantu meningkatkan kuat geser dari tanah tersebut, sehingga jika ditambahkan variasi campuran pupuk yang lebih besar lagi cenderung akan lebih mengikat dan lebih besar kuat geser jika dibiarkan dalam masa pemeraman.

2. Triaksial dengan bahan tambahan Pupuk NPK

Hasil pengujian triaksial dengan tambahan pupuk NPK ditampilkan pada Tabel 3. Grafik hubungan kohesi, sudut geser dalam, tegangan normal, dan kuat geser tanah terhadap variasi penambahan Pupuk NPK ditunjukkan pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

Gambar 7 menunjukkan penurunan kohesi pada variasi pupuk urea, yakni sampel 2% = 0,97, 5% = 0,49, dan 7% = 0,77. Hal ini bisa disebabkan karena adanya komponen non organik berupa natrium 15% yang mengurangi sifat non kohesif. Kemudian pada kondisi 10% mengalami peningkatan kohesif dimana nilainya mendekati 0,98 hal ini mungkin disebabkan oleh sifat organik berupa fosfat 10%, kalium 15%, sulfur 10% yang bersifat kohesif.

Pada Gambar 8, melalui pengujian triaxial metode UU, dapat dilihat di grafik mengalami peningkatan variasi sama seperti pupuk urea, yaitu 2% = 7.91, 5% = 8.22, 7% = 8,39, dan 10% = 11,56, dari perbandingan sudut geser dalam tersebut lebih besar yang terjadi pada pupuk NPK. Faktor yang terjadi karena sifat dari kimia pupuk npk non organik berupa natrium hanya 15% sedangkan pupuk urea natrium adalah 40%, diketahui bahwa pupuk yang mengandung kimia non organik akan menurunkan nilai parameter triaxial salah satunya parameter sudut geser dalam. Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 9 menunjukkan terjadi hubungan tegangan Normal dengan variasi pupuk NPK, sama seperti yang terjadi pada pupuk urea, melalui pengujian triaxial metode UU, tegangan total

terbesar terjadi pada penambahan Pupuk urea sampel ketiga yaitu 2 % = 15,58, 5% = 15,62, 7% = 15,58, dan 10% = 16,88. Semakin besar tegangan maka kandungan air dalam tanah akan berkurang, sehingga jika ditambahkan pupuk urea, maka semakin banyak akan meresap air yang dikandung dalam tanah.

Pada Gambar 10 menunjukkan, melalui pengujian triaxial metode UU, hubungan kuat geser tanah dengan bahan tambahan Pupuk NPK sama seperti yang terjadi pada hubungan kuat geser urea, terjadi peningkatan pada sampel ketiga variasi yaitu 2% = 3.08, 5% = 3.10, 7% = 3.45, dan 10% = 4.34, serta terjadi penurunan pada sampel pertama dan kedua variasi pupuk NPK bila dibandingkan dengan tanah non campuran atau tanah asli, hasil ini memberikan arti bahwa pupuk npk memiliki kandungan kimia non organik berupa natrium 15% dan kandungan air sebesar 2% akan menurunkan kuat geser tanah tersebut, serta memiliki kandungan kimia organik berupa kalium 15%, fosfat 15%, sulfur 10% akan menaikkan kekuatan dari tanah tersebut. Faktor lain yang mempengaruhi yaitu kurang merata kepadatan sehingga berat sampel tersebut menjadi ringan karena mengikuti kondisi asli tanah lempung akan juga dapat melemahkan perkuatan dari sampel.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi untuk analisis sampel tanah pulutan dengan cara uji triaxial menggunakan metode UU pada variasi

penambahan fertilizer Pupuk urea 0%, 2%, 5%, 7%, 10 % dan NPK 0%, 2%, 5%, 7%, 10 % dapat disimpulkan:

1. Nilai kohesi, tegangan normal dan sudut geser tanah tidak terjadi peningkatan terhadap nilai parameter dari tanah awal (tanah asli) tetapi dari hasil grafik menunjukkan cenderung menurunkan kemampuan tanah. Beberapa faktor utama yang mempengaruhi yaitu kepadatan, kadar air dan perlakuan sampel dari tanah tersebut menyesuaikan dengan tanah asli.
2. Nilai kuat geser tanah (τ) cenderung mengalami penurunan dari tanah asli untuk sampel pertama dan kedua, sedangkan sampel ketiga terjadi kenaikan dari tanah asli, faktor kepadatan, kadar air dan perlakuan sampel tanah sangat mempengaruhi kekuatan dari tanah tersebut.

B. Saran

1. Perlu dibuat penelitian berulang-ulang tentang campuran pupuk kimia yang lebih banyak variasi dengan kombinasi campuran serta dibuat penelitian pemeraman sehari-hari yang lebih lama dengan campuran tersebut untuk mendapat data yang lebih banyak variasi.
2. Sudah dilihat bahwa kadangkala semua Alat Triaksial harus di servis minimal 3 tahun sekali dan pada saat diperlukan. Hal ini untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan skala, pelaksanaan prosedur pengujian, dan dalam melakukan analisis perhitungan kuat geser dari sampel uji perlu diperhatikan.
3. Perlu dilakukan tes perkuatan tanah dengan alat yang lebih baru dan cepat.

TABEL 1
Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No.	Karakteristik Tanah	Nilai
1.	Kadar air tanah asli (%)	39,20 %
2.	Berat Isi basah γ_b (g/Cm ³)	1,50 (g/cm ³)
3.	Berat Isi kering γ_d (g/Cm ³)	1,08 (g/cm ³)
4.	Batas Cair (LL)	58 %
5.	Batas Plastis (PL)	29,78 %
6.	Index Plastisitas (PI)	28,22 %
7.	Berat Jenis (Gs)	2,6 (g/cm ³)
8.	Klasifikasi Tanah (AASHTO)	A-7-5
9.	Klasifikasi Tanah (USCS)	CH
10.	Klasifikasi Tanah (USDA)	Clay
11.	Lolos saringan NO.200	52,14 %
12.	Distribusi ukuran butiran:	
	Kerikil (<i>gravel</i>)	0,000 %
	Pasir kasar (<i>coarse sand</i>)	1,55 %
	Pasir sedang (<i>medium sand</i>)	4,65 %
	Pasir halus berlanau (<i>fine sand</i>)	41,66 %
	Lanau dan lempung	52,14 %

Sumber: Hasil Penelitian, 2020

TABEL 2
Hasil Pengujian Triaksial Metode UU Dengan Tambahan Pupuk Urea

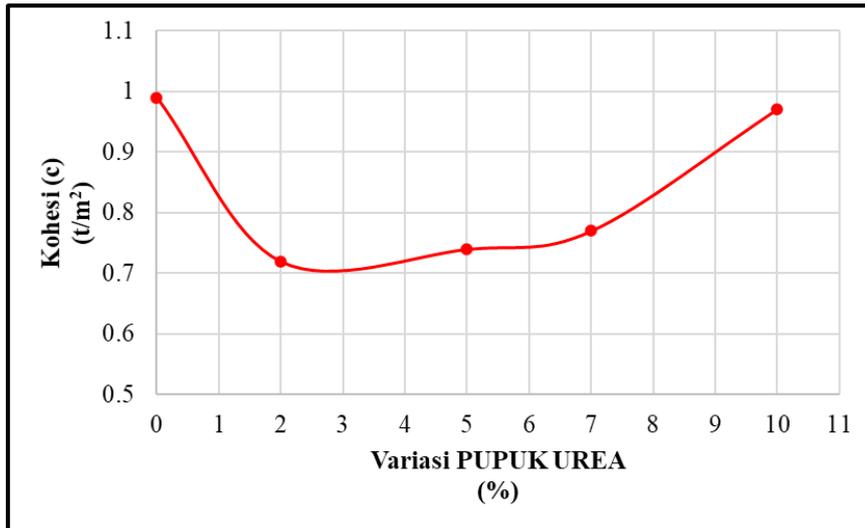
Sampel	Kohesi	Sudut Geser Dalam	Berat Isi	Kuat Geser Tanah
	c	ϕ	γ	τ
	t/m ²	(...°)	t/m ³	t/m ²
Tanah Asli	0.99	4.49	1.581	1.33
				1.75
				1.87
Tanah + UREA 2 %	0.72	8.35	1.481	1.29
				1.50
				2.97
Tanah + UREA 5 %	0.74	8.5	1.489	1.11
				1.26
				3.10
Tanah + UREA 7 %	0.77	8.93	1.500	1.30
				1.24
				3.09
Tanah + UREA 10 %	0.97	8.98	1.583	1.62
				1.51
				3.45

Sumber: Hasil Penelitian, 2020

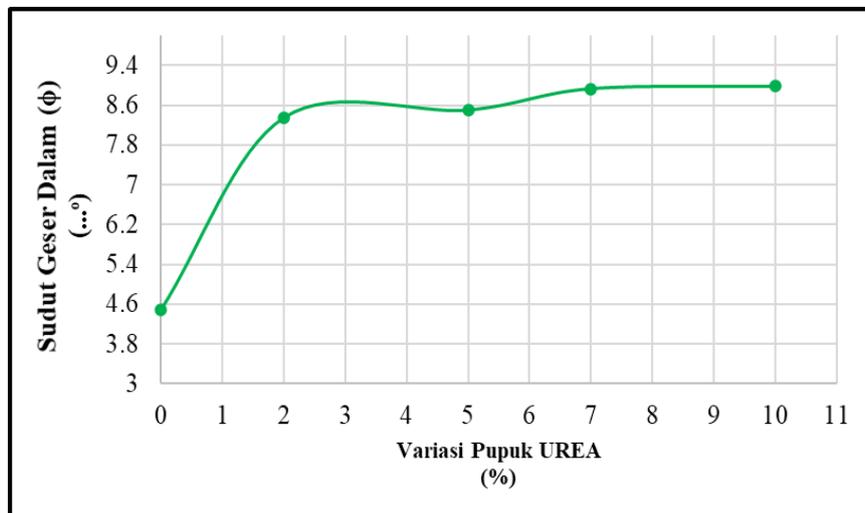
TABEL 3
Hasil Pengujian Triaksial Metode UU Dengan Tambahan Pupuk NPK

Sampel	Kohesi	Sudut Geser Dalam	Berat Isi	Kuat Geser Tanah
	c	ϕ	γ	τ
	t/m ²	(...°)	t/m ³	t/m ²
Tanah Asli	0.99	4.49	1.581	1.33
				1.75
				1.87
Tanah + NPK 2 %	0.97	7.91	1.422	1.29
				1.50
				2.97
Tanah + NPK 5 %	0.49	8.22	1.514	1.11
				1.26
				3.10
Tanah + NPK 7 %	0.77	8.39	1.430	1.30
				1.24
				3.09
Tanah + NPK 10 %	1.07	11.56	1.403	1.62
				1.51
				3.45

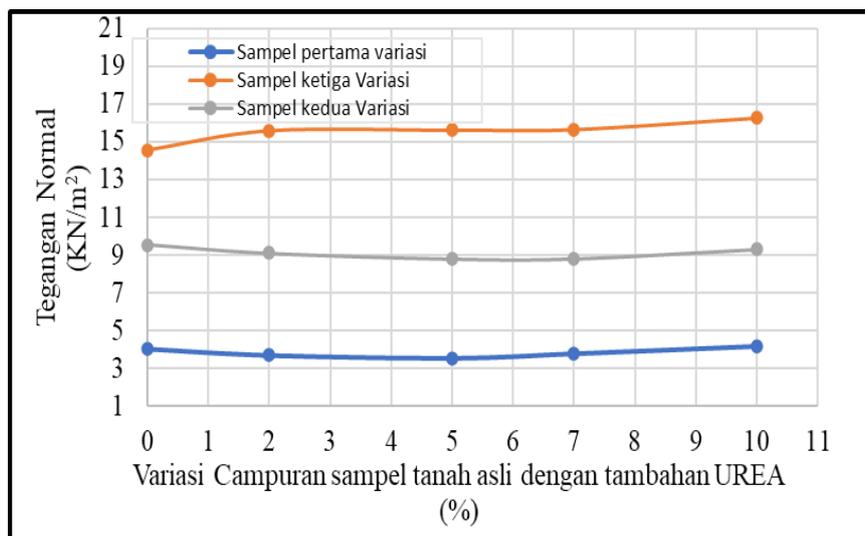
Sumber: Hasil Penelitian, 2020



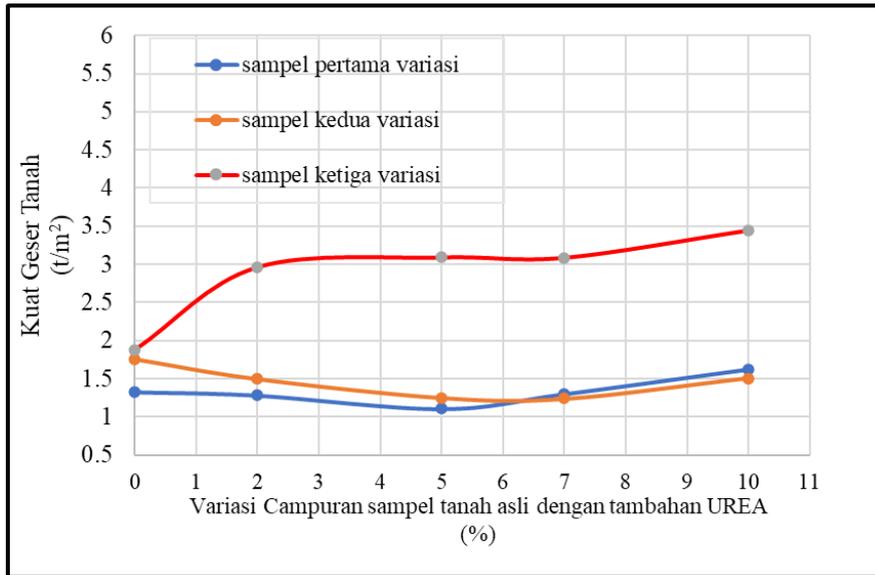
Gambar 3. Grafik Hubungan Kohesi Dan Variasi Pupuk Urea



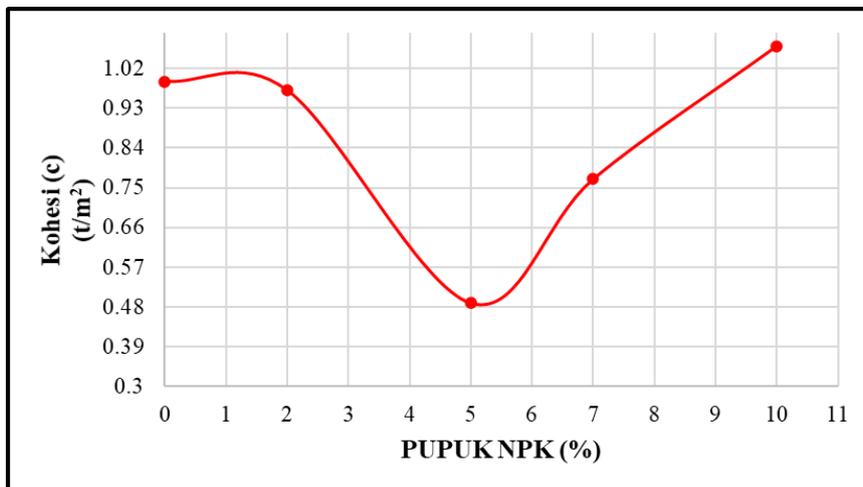
Gambar 4. Grafik Hubungan Sudut Geser Dalam Dan Variasi Pupuk Urea



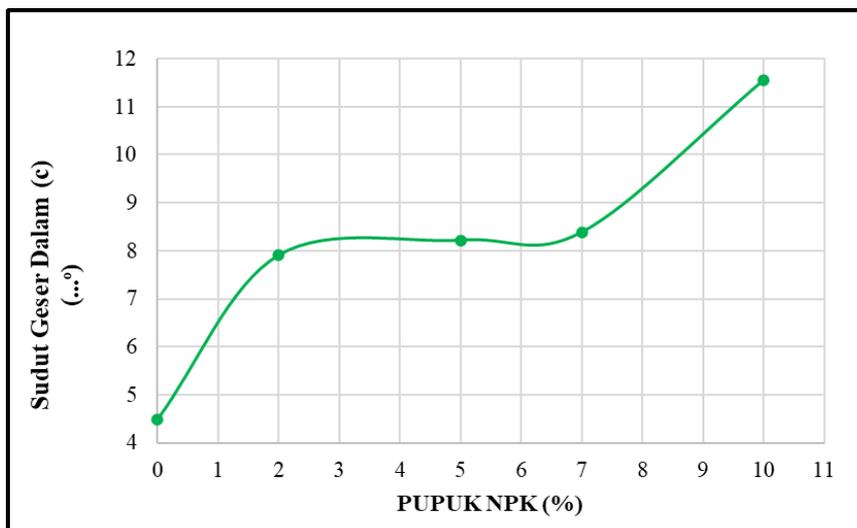
Gambar 5. Hubungan Tegangan Normal Dengan Variasi Campuran Pupuk Urea



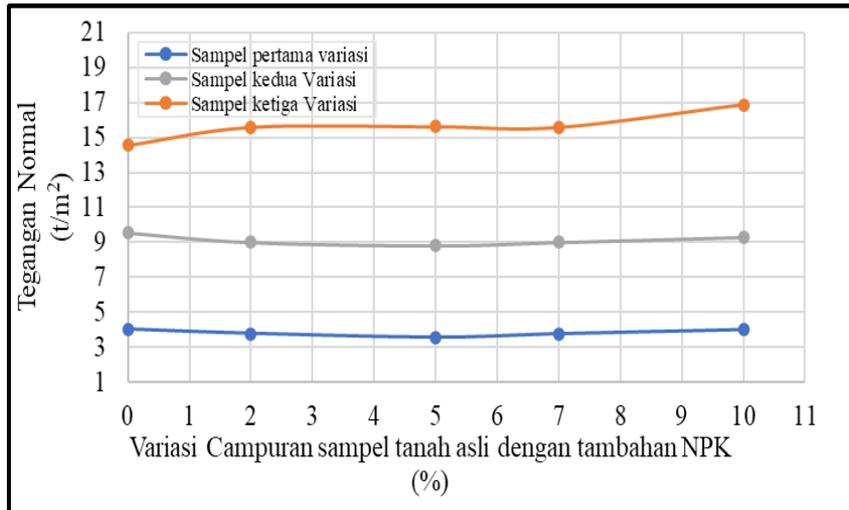
Gambar 6. Grafik Hubungan Kuat Geser Tanah Dan Variasi Pupuk Urea



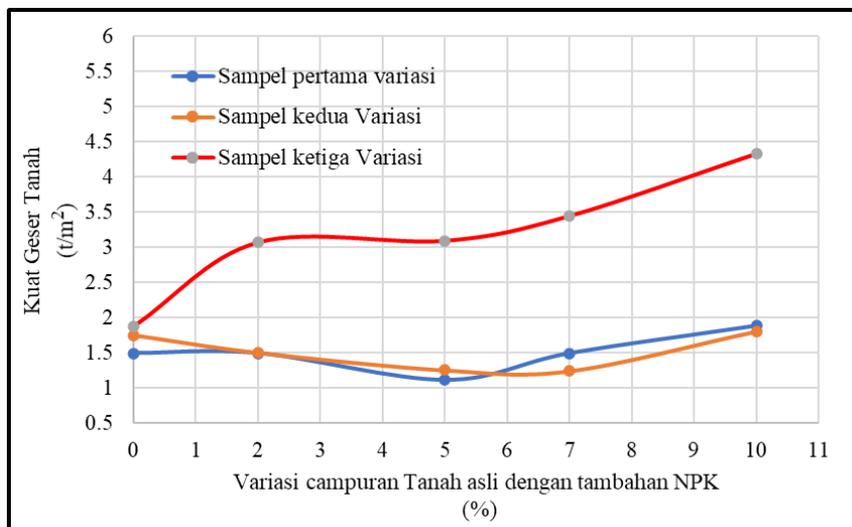
Gambar 7. Grafik Hubungan Koheesi Dan Variasi Pupuk NPK



Gambar 8. Grafik Hubungan Sudut Geser Dalam Dan Variasi Pupuk NPK



Gambar 9. Hubungan Tegangan Normal Dengan Variasi Campuran Pupuk NPK



Gambar 10. Grafik Hubungan Kuat Geser Tanah Dan Variasi Pupuk NPK

KUTIPAN

Buku

- [1] J. E. Bowles, *Sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga, 1991.
- [2] Braja M. Das, *Principle of Geotechnical Engineering*. Boston: PWS Publisher, 1995.
- [3] Muni Budhu, *Soil Mechanics and Foundations, 3rd Edition*. Arizona: Departement of Civil Engineering & Engineering Mechanics, University of Arizona, 2011.
- [4] Braja M. Das, *Mekanika Tanah - Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [5] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah II - Edisi VI*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2007.
- [6] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I - Edisi V*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.

Jurnal

- [7] Brandon W. Lope, Agnes T. Mandagi, Josef. E.R. Sumampouw, “Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Kayu Dan Serat Karung Plastik Terhadap Nilai CBR Laboratorium Tanpa Rendam.” Dalam Jurnal Sipil Statik, 7 (11), 2019.
- [8] Cornelius. D. H. Tumbel, Steeva G. Rondonuwu, Roski R. I. Legrans, “Analisa Kestabilan Lereng Dengan Perkuatan Rumput Vetiver, Studi Kasus Daerah Rawan Longsor Kelurahan Winangun Dua.” dalam Jurnal Tekno, Vol. 17, No. 74, 2020.
- [9] Deo Paskah A. P. Bujung, Arens E. Turangan, Alva N. Sarajar, “Pengaruh Intensitas Curah Hujan

Terhadap Kuat Geser Tanah.” Dalam Jurnal Tekno, Vol. 17, No. 72, 2019.

- [10] V. T. Haris, F. Lubis, Winayanti, “Nilai Kohesi Tanah Dan Sudut Geser Tanah Pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning.” Dalam Jurnal Statik, Pekanbaru, 2018.
- [11] Kharis M. Salle, Hendra Riogilang, O. B. A. Sompie, “Pemeriksaan Kekuatan Tanah Dengan menggunakan Geotextil Berlapis (Studi kasus: Ring Road).” dalam Jurnal Tekno, Vol. 13, No. 63, 2015.
- [12] I. Suratman, M. Asrurifak, “Studi Penurunan Kekuatan Geser Tanah Lempung Indramayu Akibat Pupuk Kimia.” Jurnal Statik 14(1), ITB, Bandung, 2007.
- [13] Sindy N. Polii, O. B. A. Sompie, Lanny D. Manaroinson, “Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung.” dalam Jurnal Tekno Vol. 16, No. 69, 2018.
- [14] Syahreza Setyanto, L. Afriani, “Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Uji Triaxial Dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir.” Dalam Jurnal Statik 3(1), 2015.
- [15] S. Yulandari, “Analisis Pengaruh Campuran Pupuk UREA Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Lunak Dengan Uji Triaxial” Universitas Sriwijaya, Palembang, 4(1), 2015.
- Standar Nasional Indonesia**
- [16] SNI 03-4813-1998, *Cara Uji Triaxial Untuk Tanah Kohesif Dalam Keadaan Tidak Terkonsolidasi Dan Tidak Terdrainase (UU)*, Rev. 2004.