

PENGARUH PENAMBAHAN ABU CANGKANG PENSI TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG

MISBAH¹, FIKY MARTHA²
Institut Teknologi Padang^{1, 2}

Abstract: Land is a place that is usually used to build a foundation or building that supports all the loads of the structure or construction that stands on it, both building construction and road construction. If it is used for roads, it is important to check the soil so that the road construction that is built can last a long time. In some areas, the soil needs to be researched because the soil conditions in the area contain a lot of clay so it is necessary to check the shear strength of the soil. To increase the shear strength of the soil, it is necessary to conduct research using several methods, including using pensi shell ash as an additional material. The pencil material used is passed filter no. 200, with the percentage of pensi shell ash in the soil content of 0%, 6%, 8% and 10%. The tests carried out consisted of testing the physical properties and mechanical properties of the soil. Testing of the physical properties of the soil includes the sieve no. 200 test, the specific gravity (gs) test, the Atterberg limit test. Meanwhile, testing of mechanical properties includes soil density, optimum moisture content, cohesion and internal shear angle. The results showed that the addition of pensi shell ash to the original soil with a treatment period of 3 days, the addition of 6% pensi shell ash had a cohesion value (c) of 13.12 kN/m² and a shear angle of 5.46°, and for the addition of 8% pensi shell ash, the cohesion value (c) is 27.05 kN/m² and the shear angle is 1.66° and for the addition of 10% pensi shell ash, the cohesion value (c) is 12.5 kN/m² and the shear angle is 8.66°. The highest value for shear strength was obtained at the addition of 10% pensi shell ash.

Keywords: Clay, Pensi shell ash, inner shear angle.

Abstrak: Tanah adalah suatu tempat yang biasa digunakan untuk tempat mendirikan suatu pondasi atau bangunan yang mendukung semua beban struktur atau konstruksi yang berdiri di atasnya, baik konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Jika digunakan untuk jalan, pemeriksaan terhadap tanah penting dilakukan agar konstruksi jalan yang dibangun nantinya bisa bertahan lama. Pada beberapa daerah, tanahnya perlu dilakukan penelitian karena kondisi tanah di daerah tersebut banyak mengandung tanah lempung sehingga perlu pengecekan terhadap kuat geser tanah tersebut. Untuk meningkatkan kuat geser tanah tersebut, perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan beberapa metode, diantaranya dengan memakai abu cangkang pensi sebagai bahan tambahan. Bahan pensi yang digunakan adalah lolos saringan no. 200, dengan persentase abu cangkang pensi dalam kandungan tanah sebesar 0%, 6%, 8% dan 10%. Pengujian yang dilakukan terdiri dari uji sifat fisis dan sifat mekanis tanah. Pengujian sifat-sifat fisis tanah meliputi uji saringan no.200, uji specific gravity (gs), uji batas atterberg. Sedangkan pengujian sifat mekanis meliputi uji kepadatan tanah, kadar air optimum, kohesi dan sudut geser dalam. Dari hasil penelitian menunjukkan penambahan abu cangkang pensi pada tanah asli dengan masa perawatan 3 hari, penambahan 6% abu cangkang pensi nilai kohesi (c) 13,12 kN/m² dan sudut geser 5,46°, dan untuk penambahan 8% abu cangkang pensi, nilai kohesi (c) 27,05 kN/m² dan sudut geser 1,66° dan untuk penambahan 10% abu cangkang pensi, nilai kohesi (c) 12,5 kN/m² dan sudut geser 8,66°. Nilai tertinggi untuk kuat geser didapat pada penambahan abu cangkang pensi 10%.

Kata Kunci: Tanah Lempung, Abu cangkang pensi, sudut geser dalam.

A.Pendahuluan

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat penting di suatu daerah. Dimana jalan merupakan faktor untuk akses lalu lintas pada daerah tersebut. Kota Padang merupakan pusat pembangunan di daerah Sumatera Barat. Dimana salah satu bagian dari kota Padang yakni jalan Kampung Baru, Kelurahan Sawahan Timur, Kecamatan Padang Timur, kota Padang merupakan akses yang menghubungkan langsung ke tempat-tempat penting, seperti

pasar dan perumahan, memiliki karakteristik tanah lempung. Karena jalan ini sangat penting, sangat perlu sekali di perhatikan kondisi jalan yang baik untuk stabilitas jalan tersebut dan juga untuk kendaraan yang lewat nantinya.

Pada jalan ini bagian tanah yang kurang baik daya dukungnya, harus di perhitungkan pada saat membangun konstruksi jalan di atasnya, salah satu solusinya adalah dengan menambahkan abu cangkang pensi agar kuat geser tanah lempung yang ada bisa naik untuk perbaikan tanah tersebut. Usaha perbaikan tanah dapat di lakukan dengan dua cara yaitu cara mekanis dan cara kimia. Perbaikan tanah secara mekanis dapat di lakukan dengan penggantian tanah, pemadatan tanah. Perbaikan tanah dengan cara kimia adalah menambahkan zat adiktif, seperti semen, dan cairan kimia (Akbar, AS., 2015).

Pada kesempatan ini penulis mencoba menggunakan abu cangkang pensi untuk melihat pengaruh penambahan abu cangkang pensi terhadap kuat geser tanah lempung, karena ketersediaan bahan yang cukup banyak, berasal dari sisa pembuangan masyarakat dan belum dimanfaatkan. Dari permasalahan di atas, penulis memandang pentingnya untuk melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Pensi terhadap Kuat Geser Tanah Lempung" pada infrastruktur jalan. Setelah dilakukan penelitian nantinya bisa diketahui sampai dimana pengaruh abu cangkang pensi terhadap kuat geser tanah lempung.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Padang. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Jln. Kampung Baru, Kelurahan Sawahan Timur, Kecamatan Padang Timur, dengan kedalaman 20 cm dari muka tanah. Bahan cangkang pensi yang dipakai adalah lolos saringan no. 200, yang di ambil dari daerah Maninjau. Sedangkan persentase yang di pakai untuk campuran abu cangkang pensi terhadap tanah adalah 0%, 6%, 8%, dan 10%. Penelitian pendahuluan ini terdiri dari uji sifat fisis tanah dan sifat mekanis tanah yang terdiri dari :

30. Pengujian *kadar air*, prosedur pengujian mengacu pada ASTM D2216.
31. Pengujian *specific gravity*, prosedur pengujian mengacu pada ASTM D854.
32. Pengujian *batas konsistensi*, prosedur pengujian mengacu pada ASTM D4318
33. Pengujian *distribusi ukuran butiran tanah*, mengacu pada ASTM D421 dan D422.
34. Pengujian *pemadatan*, prosedur pengujian mengacu pada ASTM D698.
35. Pengujian *triaxial UU*, prosedur pengujian mengacu pada ASTM D2850-05.

Penelitian utama adalah sifat fisis tanah dan pengujian sifat mekanis tanah. Untuk mengetahui bagaimana proses dari penelitian stabilisasi tanah ini, maka dapat kita lihat pada bagan alir berikut ini:

C. Hasil Dan Pembahasan

10. Hasil Penelitian Pendahuluan

Hasil dari penelitian pendahuluan yang terdiri dari uji sifat fisis tanah asli, berat jenis abu cangkang pensi dan uji sifat mekanis tanah asli tercantum dalam **Tabel 1**, **Tabel 2**, dan **Tabel 3** :

Tabel 1 Hasil pengujian sifat fisis tanah asli.

No.	Jenis Penelitian	Hasil
1	Berat jenis (<i>Specific gravity, Gs</i>)	2,53
2	Batas cair (<i>Liquid limit, LL</i>)	67,33 %
3	Batas plastis (<i>Plastic limit, PL</i>)	33,86 %
4	Batas susut (<i>Shrinkage limit, SL</i>)	10,94 %
5	<i>Plasticity indeks (PI)</i>	33,47 %
6	Uji saringan dan hydrometer	
	- Lolos saringan No 200	94,80 %
	- Tertahan saringan No 200	5,20 %
	D10	0.015 mm

D30	0.033 mm
D60	0.048 mm
Cc	1,51
Cu	3,20
Gradasi	Buruk

Sumber: Data Hasil Penelitian

Tabel 2 Hasil pengujian berat jenis abu cangkang pensi

No	Jenis Penelitian	Hasil
1	Berat jenis (<i>Specific gravity, G_s</i>)	2.35

Sumber: Data Hasil Penelitian

Tabel 3 Hasil pengujian sifat mekanis tanah asli.

No	Jenis Penelitian	Hasil
1	Berat volume kering maksimum (γ_d) maks	1.28 g/cm ³
2	Kadar air optimum (W_{opt})	37,00 %
3	Kohesi (c)	5,91 kN/m ²
4	Sudut geser dalam	8,25°

Sumber: Data Hasil Penelitian

C. Hasil Penelitian Utama

Hasil Pengujian Utama yang terdiri dari uji sifat fisis dan mekanis tanah yang telah ditambah dengan abu cangkang pensi, tercantum dalam Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4 Hasil uji sifat fisis tanah yang Telah Ditambah Abu Cangkang Pensi

No	Jenis Penelitian	Hasil			
		T. Asli	T. Asli + Abu Cangkang Pensi 6%	T. Asli + Abu Cangkang Pensi 8%	T. Asli + Abu Cangkang Pensi 10%
1	Berat jenis (<i>Specific gravity, G_s</i>)	2,53	2,52	2,52	2,51
2	Batas cair (<i>Liquid limit, LL</i>)	67,33 %	62,72 %	59,53 %	57,04 %
3	Batas plastis (<i>Plastic limit, PL</i>)	33,47 %	36,41 %	34,08 %	30,43 %
4	Batas susut (<i>Shrinkage limit, SL</i>)	10,94 %	19,76 %	19,77 %	19,56 %
5	<i>Plasticity indeks (PI)</i>	33,47 %	26,32 %	25,45 %	26,60 %
6	Uji saringan dan hydrometer				
	- Lolos saringan No 200	94,80 %	93,67 %	95,32 %	94,71 %
	- Tertahan saringan No 200	5,20 %	6,33 %	4,68 %	5,29 %
	D10	0.015 mm	0.014 mm	0.015 mm	0.014 mm
	D30	0.033 mm	0.035 mm	0.024 mm	0.036 mm
	D60	0.048 mm	0.048 mm	0.048 mm	0.050 mm
	Cc	1,50	1.82	1.80	1.85
	Cu	3,20	3.43	3,20	3.57
	Gradasi	Buruk	Buruk	Buruk	Buruk

Sumber: Data Hasil Penelitian

Tabel 5 Hasil pengujian sifat mekanis tanah yang telah diberi Abu Cangkang Pensi

No	Jenis Penelitian	Hasil			
		T. Asli	T. Asli + Abu Cangkang Pensi 6%	T. Asli + Abu Cangkang Pensi 8%	T. Asli + Abu Cangkang Pensi 10%
1	Berat volume kering maksimum (γ_d) maks	1.33 g/cm ³	1.34 g/cm ³	1.36 g/cm ³	1.35 g/cm ³
2	Kadar air optimum (W_{opt})	37,00 %	31,81 %	28,20 %	32,96 %
3	Kohesi	5,91 kN/m ²	13,12 kN/m ²	27,05 kN/m ²	12,50 kN/m ²
4	Sudut Geser	8,25°	5,46°	1,66°	8,66°

Sumber: Data Hasil Penelitian

Pembahasan

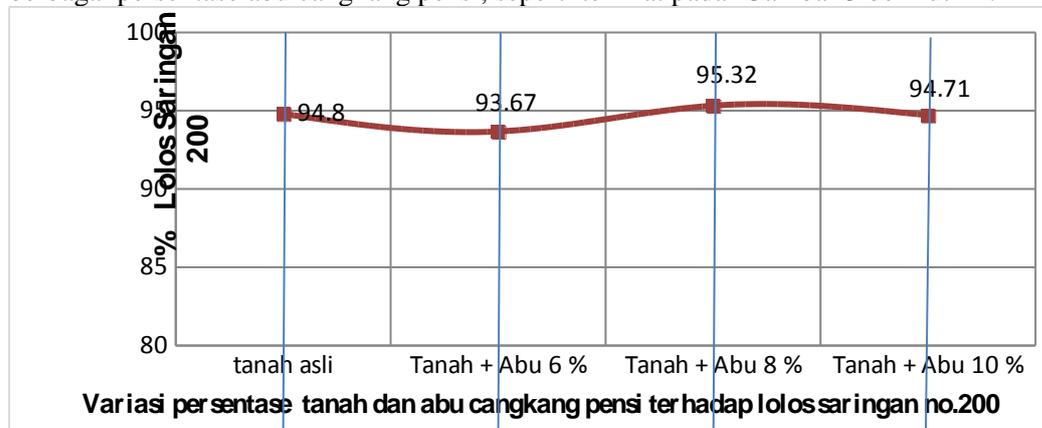
Tanah Asli. Berdasarkan USCS nilai persentase lolos saringan no. 200 sebesar 94,80 % > 50%, maka tanah termasuk jenis tanah berbutir halus, nilai batas cair *Liquid Limit (LL)* adalah 67,33 % > 50% menunjukkan bahwa tanah termasuk lempung dengan platisitas tinggi, dan jika dilihat dari harga *Plasticity Index, (PI)* adalah 33,47 %, jika nilai ini diplot pada kurva platisitas jatuh pada MH berarti tanah adalah lanau tak organik dengan platisitas tinggi (USCS).

Menurut AASHTO persentase lolos saringan no. 200 sebesar 94,80 % > 35%, maka tanah termasuk jenis tanah lanau atau lempung, nilai batas cair (*LL*) adalah 67,33 % > 41% menunjukkan bahwa tanah termasuk A-5, A-7, dari nilai *Plasticity Index, (PI)* adalah 33,47 % > 11% maka tanah termasuk A-7, berdasarkan *Plastic Limit, (PL)* adalah 33,86 > 30% maka tanah termasuk A-7-5. (ASSHTO).

$$\begin{aligned}
 GI &= (94,80 - 35) [0,2 + 0,005 (67,33 - 40)] + 0,01 (94,80 - 15)(33,47 - 10) \\
 &= (59,8) (0,34) + (0,01) (79,8) (23,47) \\
 &= 20,3 + 18,73 \\
 &= 39,03 \text{ dibulatkan menjadi } 39
 \end{aligned}$$

Dilihat dari hasil nilai *GI*, dapat disimpulkan bahwa tanah ini masuk dalam kelompok pada A-7-5 (39) yaitu kelompok tanah buruk jika dimanfaatkan sebagai tanah dasar pada pekerjaan jalan.

Tanah yang telah dicampur abu cangkang pensi. Hasil uji tanah yang telah di campur dengan abu cangkang pensi, seperti di bawah ini: **Butiran lolos saringan no. 200.** Hasil pengujian butiran lolos saringan no. 200 tanah asli dan tanah yang sudah dicampur dengan berbagai persentase abu cangkang pensi, seperti terlihat pada Gambar 3 berikut ini:

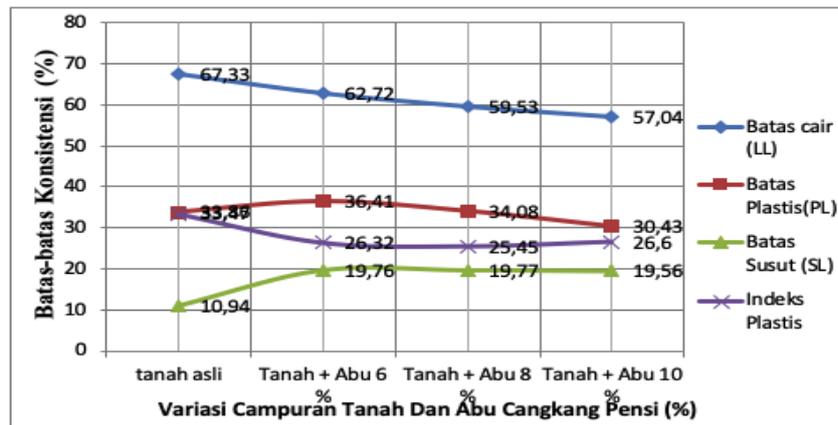


Gambar 3 Grafik pengaruh persentase campuran terhadap % butiran Lolos saringan No. 200

Dari hasil pengujian saringan dan hidrometer terlihat kurva tidak stabil (terjadinya kondisi turun naik), ini menunjukkan bahwa penambahan abu cangkang pensi tidak

menunjukkan perubahan yang yang berarti pada campuran, hal ini disebabkan karena pengikatan yang terjadi antara material tidak berjalan dengan baik. Pada pencampuran tanah dengan abu cangkang pensi 10% nilai persen lolos saringan no. 200 adalah 94,71% jika dibandingkan dengan persen lolos saringan no. 200 tanah asli adalah 94,80%, terjadi penurunan sebesar 0,09% atau 0,095% dari tanah asli. Hal ini disebabkan karena ikatan yang terjadi antara butiran dipengaruhi oleh abu cangkang pensi, dimana pengikatan yang terjadi tidak sempurna, sehingga menyebabkan nilainya menurun.

Batas - batas Atterberg. Hasil pengujian batas-batas *konsistensi* tanah asli dan tanah yang sudah dicampur dengan berbagai persentase abu cangkang pensi, seperti terlihat pada Tabel 1, Tabel 4 dan Gambar 4 dibawah ini:

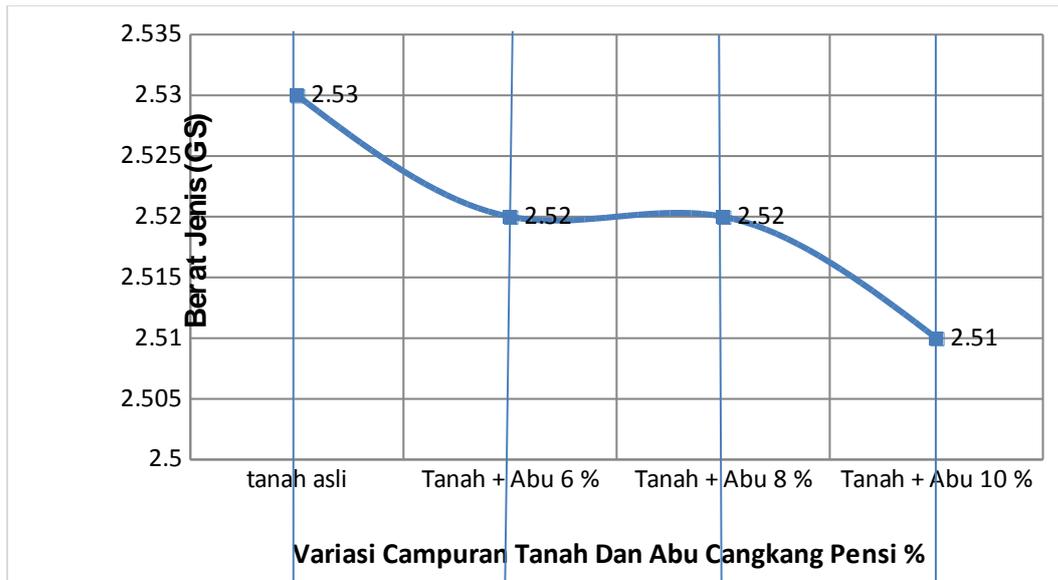


Gambar 4 Grafik pengaruh persentase campuran Abu Cangkang Pensi terhadap nilai batas-batas konsistensi.

Kurva menunjukkan bahwa semakin besar persentase abu cangkang pensi dalam tanah nilai-nilai Batas Cair (LL), Indeks Plastis (PI), Batas Plastis (PL) cenderung menurun, sedangkan nilai Batas Susut (SL) meningkat. Pada pencampuran 10% abu cangkang pensi nilai Batas Cair (LL) adalah 57,04%, jika dibandingkan dengan nilai Batas Cair (LL) tanah asli sebesar 67,33% terjadi penurunan sebesar 10,29% atau 15,28% dari nilai Batas Cair (LL) tanah asli. Ini disebabkan karena keberadaan abu cangkang pensi pada tanah menghalangi ikatan antar butiran sehingga daya ikat menjadi berkurang,. Pada kondisi nilai batas plastis (PL) terjadi penurunan sebesar 3,43% atau 10,13% dari nilai batas plastis (PL) tanah asli. Hal ini disebabkan karena sifat plastis abu cangkang pensi akan menambah plastisitas tanah sehingga tanah membutuhkan sedikit air untuk mempertahankan plastisitasnya.

Pada nilai Indeks Plastis (PI) 10% terjadi penurunan sebesar 6,87% atau 20,52% dari nilai Indeks Plastis tanah asli. Hal ini disebabkan karena akibat pengaruh abu cangkang pensi nilai Batas Cair (LL) turun. Ini disebabkan penambahan abu cangkang pensi mengakibatkan pengikatan yang terjadi antara butiran tidak terjadi dengan baik. Nilai Batas Susut (SL) pada pencampuran abu cangkang pensi 10% adalah 19,56% disini terjadi kenaikan sebesar 8,62% atau 44,07% dari nilai Batas Susut (SL) tanah asli. Kenaikan Batas Susut (SL) disebabkan karena menurunnya Indeks Plastisitas tanah.

Berat Jenis (Specific Gravity) (Gs). Hasil uji *specific gravity* (Gs) tanah asli dengan tanah yang telah dicampur dengan variasi abu cangkang pensi tercantum pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 4, dan Gambar 5.



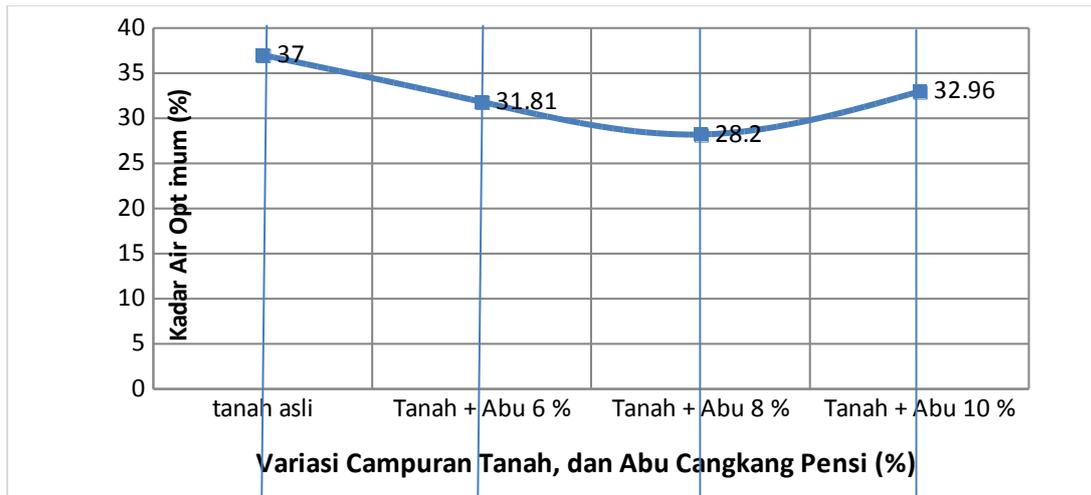
Gambar 5 Grafik pengaruh persentase campuran abu cangkang pensi terhadap nilai Berat Jenis (G_s)

Kurva menunjukkan semakin besar penambahan persentase abu cangkang pensi dalam tanah, nilai semakin menurun. Pada pencampuran tanah + abu pensi sampai 10% terlihat nilai berat jenis adalah 2,51%. Jika di dibandingkan dengan nilai Berat Jenis (G_s) tanah asli nilainya 2,53% terjadi penurunan 0,01%. Hal ini disebabkan karena nilai Berat Jenis (G_s) abu cangkang pensi sebagai bahan pencampur mempunyai nilai Berat Jenis (G_s) yang kecil dari nilai Berat Jenis (G_s) tanah asli, sehingga semakin besar persentase abu cangkang pensi pada campuran tanah akan memperkecil nilai Berat Jenis (G_s) dari tanah.

Pemadatan (*Compaction*). Hasil uji pemadatan standar dari tanah asli dan tanah yang telah dicampur abu cangkang pensi dengan beberapa persentase, tercantum pada Tabel 3, Tabel 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



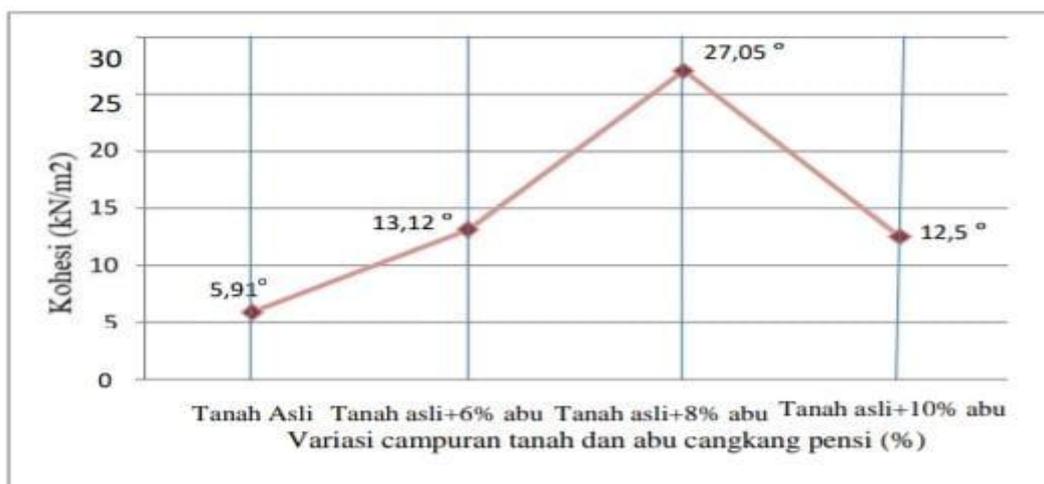
Gambar 6 Grafik pengaruh persentase campuran abu cangkang pensi terhadap nilai berat volume kering maksimum (MDD).



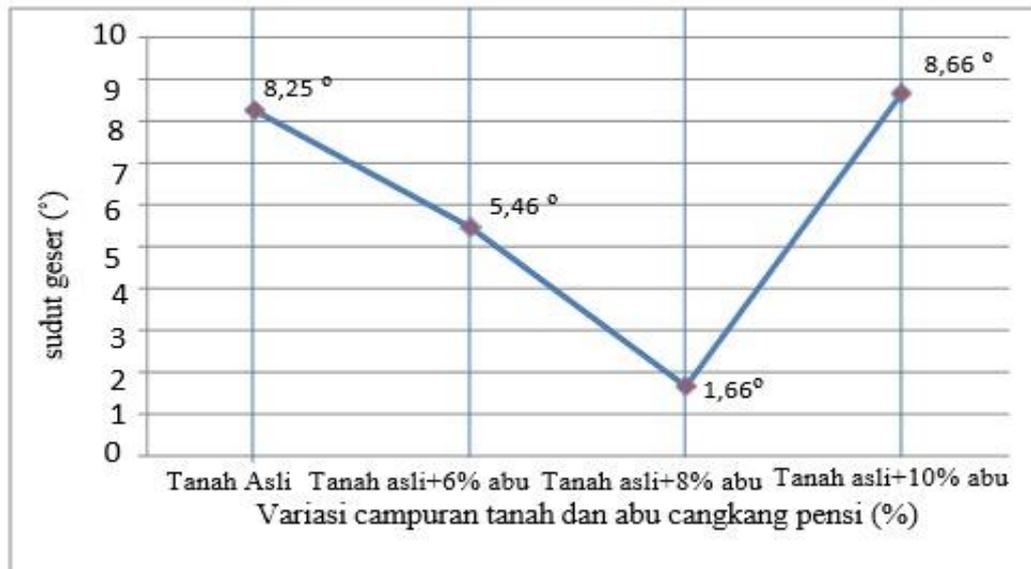
Gambar 7 Grafik pengaruh persentase serbuk batu bata terhadap nilai kadar air optimum (*OMC*)

Hasil uji pemadatan menunjukkan pada awalnya kepadatan meningkat seiring dengan peningkatan persentase abu cangkang pensi nilai kepadatan turun. Sedangkan nilai kadar air optimum awalnya menurun semakin bertambahnya persentase abu cangkang pensi nilai ini cenderung menurun. Kepadatan maksimum dicapai pada pencampuran 8% abu cangkang pensi dalam tanah, dimana terjadi peningkatan sebesar $0,03 \text{ g/cm}^3$ atau 2.26% dari kepadatan tanah asli. Hal ini disebabkan karena sifat fisis tanah asli setelah dicampur abu cangkang pensi mengurangi keplastisan tanah sehingga tanah lebih mudah ditangani dan butiran-butiran masuk kedalam rongga saat proses pemadatan, sehingga rongga menjadi mengecil. Mengecilnya rongga pori menunjukkan kepadatan tanah meningkat. Akibat rongga pori yang mengecil, air pori yang tadinya berada dalam rongga terdesak keluar dan posisinya digantikan oleh butiran tanah. Keluarnya sebagian air pori akan mengurangi kadar air optimum tanah.

Unconsolidated Undrained Triaxial. Hasil pengujian Triaxial dari tanah asli dan tanah yang telah dicampur abu cangkang pensi dengan beberapa persentase, tercantum pada Tabel 3, Tabel 5, Gambar 8, dan Gambar 9.



Gambar 8 Grafik hubungan kohesi (*c*) dengan persentase campuran abu cangkang pensi pada uji Triaxial (UU)



Gambar 9 Grafik hubungan sudut geser dalam dengan persentase campuran abu cangkang pensi pada uji Triaxial (UU)

Pada gambar 8 memperlihatkan nilai kohesi pada penambahan abu cangkang pensi 8% mengalami kenaikan dari $5,91^\circ$ menjadi $27,05^\circ$, terjadi kenaikan sebesar $21,14^\circ$ dari tanah asli. Sebaliknya, nilai kohesi menurun dari penambahan abu cangkang pensi 8% ke penambahan persentase abu cangkang pensi 10%, ini disebabkan karena abu cangkang pensi dapat mengisi rongga pori, sedangkan pada penambahan abu cangkang pensi selanjutnya abu cangkang pensi tidak dapat mengikat campuran dengan baik karena sudah kelebihan abu cangkang pensi tersebut.

Sedangkan pada gambar 9 terlihat nilai sudut geser pada penambahan abu cangkang pensi 8% mengalami penurunan dari $8,25^\circ$ menjadi $1,66^\circ$, terjadi penurunan sebesar $6,59$ dari tanah asli. Sebaliknya, nilai sudut geser meningkat dari penambahan abu cangkang pensi 8% ke penambahan persentase abu cangkang pensi 10%, ini disebabkan meningkatnya persentase abu cangkang pensi mengakibatkan pengikatan tanah pada campuran berkurang, sehingga nilai menurun. Sedangkan penambahan abu cangkang selanjutnya abu cangkang dapat mengikat material yang ada di dalam campuran.

D. Penutup

Dari hasil penelitian dan analisa, penulis dapat simpulkan, yaitu: Menurut kedua klasifikasi tanah yaitu USCS dan AASHTO, tanah yang di uji masuk dalam kategori tanah MH yaitu lanau tak organik dengan plastisitas tinggi (USCS) atau kelompok A-7-5 (39) (AASHTO) yaitu tanah yang buruk jika digunakan untuk tanah dasar pada jalan raya. Hasil pengujian sifat fisis menunjukkan bahwa semakin meningkat persentase abu cangkang pensi di dalam kandungan tanah, nilai Berat Jenis, Batas Cair (LL), Batas Plastis (PL), Indeks Plastisitas (PI), Lolos Saringan no. 200 menurun. Sedangkan nilai Batas Susut (SL) meningkat. Hasil uji sifat mekanis menunjukkan bahwa nilai kepadatan mengalami peningkatan pada 10% abu cangkang pensi pada tanah, kepadatan meningkat $0,03 \text{ g/m}^3$ jika dibandingkan dengan kepadatan tanah asli. Hasil uji Triaxial UU menunjukkan bahwa, penambahan abu cangkang pensi pada tanah asli dengan masa perawatan 3 hari, dengan penambahan 6% abu cangkang pensi nilai kohesi (c) $13,12 \text{ kN/m}^2$ dan sudut geser $5,46^\circ$, dan untuk penambahan 8% abu cangkang pensi, nilai kohesi (c) $27,05 \text{ kN/m}^2$ dan sudut geser $1,66^\circ$ dan untuk penambahan 10% abu cangkang pensi, nilai kohesi (c) $12,5 \text{ kN/m}^2$ dan sudut geser $8,66^\circ$. Nilai tertinggi untuk kuat geser didapat pada penambahan abu cangkang pensi 10%.

Daftar Pustaka

- Anita Widiyanti, 2007. Kekuatan geser campuran tanah kapur-abu sekam padi dengan inklusi kadar serat karung plastik yang bervariasi. Yogyakarta : Jurnal Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Annafi Ramadhan, 2021. Studi pengaruh penambahan abu cangkang lokan terhadap kuat geser tanah lempung
- Gandi Rein Hardi, 2021. Pengaruh penambahan limbah abu ampas kulit kopi terhadap stabilitas tanah lempung
- Hardiyatmo, H.C. 2002 “Mekanika Tanah I Edisi Ke Enam” Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 2002.
- Lengkong, Priska C.L, dkk. 2013. Hubungan kuat geser pada tanah dengan hasil percobaan pada ruas jalan wori – likupang Kabupaten Minahasa Utara. Manado. Universitas Sam Ratulangi
- Munirwan, Reza Pahlevi, dkk (2019). Penambahan serbuk cangkang telur sebagai bahan stabilitas pada tanah lempung. Banda Aceh : Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala.
- Purnama, D., 2020 “Pengaruh penambahan abu ampas tebu dan kapur terhadap stabilitas tanah lempung” Laporan Tugas Akhir (TA) Program Studi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang (ITP).
- Revi A, Elvanisa, 2016. Pengaruh variasi abu cangkang sawai terhadap kembang susut tanah lempung.