
Pemanfaatan Abu Cangkang Sawit Dan Semen Terhadap Tanah Lempung Di Uji Dengan Unconfined Compression Test

Debby Endriani ST
Universitas Amir Hamzah
debby.endriani123@gmail.com

Rika Deni Susanti
Universitas Amir Hamzah
razzanrikadeni@yahoo.com

Husni Thamrin
Universitas Amir Hamzah
arliantha@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat-sifat fisik (index properties) dari tanah yang berasal dari Dusun Paloh 80, Percut Sei Tuan dan mengetahui perbandingan kuat daya tekan tanah yang dicampur dengan abu cangkang sawit dan semen. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengambilan sampel sebanyak 40 sampel tanah dan melakukan uji laboratorium untuk mengetahui nilai index properties dan engineering properties menggunakan uji UCT (Unconfined Compression Test). Dengan tanah asli dan tanah yang sudah distabilisasi menggunakan campuran abu cangkang sawit dan semen dengan persentase 0%, 6%, 12%, 18%, 24%, dan 30% pada kondisi kadar air *optimum*. Pengujian yang dilakukan berdasarkan metode ASTM. Semakin bertambahnya persentase campuran abu cangkang sawit dan semen, maka nilai koefisien semakin kecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas (q_u) pada tanah asli sebesar 0.433 kg/cm². Pada variasi campuran 3% ACS + 3% semen, diperoleh nilai kuat tekan tanah (q_u) maksimum sebesar 0.585 kg/cm². Nilai kuat tekan bebas tanah (q_u) meningkat hingga variasi campuran 15% ACS + 15% semen sebesar 2.150 kg/cm², nilai kuat tekan bebas campuran ACS + Semen masih diatas nilai kuat tekan bebas pada tanah asli.

Kata Kunci: stabilisasi tanah, semen, abu cangkang sawit, UCT (Unconfined Compression Test)

I. PENDAHULUAN

Tanah selalu memiliki peranan yang penting disetiap lokasi pekerjaan konstruksi. Hal ini dikarenakan tanah adalah struktur bawah (pondasi) yang mendukung semua beban bangunan yang akan didirikan di atasnya. Akan tetapi, sering dijumpai beberapa kasus dimana lokasi memiliki daya dukung tanah yang kurang baik, sehingga sulit untuk membangun sebuah konstruksi di atas tanah tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk memperbaiki sifat-sifat mekanis dari contoh tanah yang kurang

baik tersebut sehingga kekuatan dan daya dukung tanah tersebut menjadi lebih baik dan memenuhi persyaratan teknis untuk dapat membangun suatu konstruksi diatas tanah tersebut. Dalam hal ini, dilakukan upaya perbaikan tanah dengan cara distabilisasi.

Pada umumnya, wilayah Indonesia diliputi tanah berbutir halus, dengan iklim tropis yang berubah serta pengaruh dari geologi/alam yang dilintasi garis khatulistiwa, daerah gempa dan pertemuan lempengan-lempengan bumi. Tanah berbutir halus terkenal dengan istilah lempung. Tanah lempung pada umumnya memiliki sifat plastisitas tinggi, artinya tanah tersebut memiliki pengembangan cukup besar, yang akan mengubah volume tanahnya (mengembang) bila bertambah atau berubah kadar airnya.

Perubahan kadar air disebabkan oleh faktor alam yaitu hujan dan kelembaban yang cukup tinggi. Plastisitas tanah adalah sifat tanah dalam keadaan konsistensi, konsistensi yang dimaksud yaitu sifat cair, plastis, semi padat, atau padat bergantung pada kadar airnya. Kebanyakan dari tanah lempung yang ada di permukaan bumi dalam keadaan plastis dikarenakan volume tanah tersebut akan membesar dalam kondisi basah dan akan menyusut bila dalam kondisi kering. Sifat inilah yang akan menyebabkan kerusakan pada konstruksi-konstruksi bangunan, khususnya bagian konstruksi pondasi bangunan yang mendistribusikan beban bangunan langsung ke tanah.

Salah satu cara yang terbaik adalah mengganti tanah dasar tersebut dengan tanah yang cukup baik, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang cukup besar. Para ahli geoteknik mencoba mengatasinya dengan cara merubah sifat-sifat fisiknya untuk menekan biaya. Perbaikan sifat-sifat fisik dan mekanik dari tanah yang kurang baik menjadi tanah yang baik dibidang rekayasa teknik disebut sebagai Stabilisasi Tanah.

Stabilisasi tanah merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk memperbaiki tanah. dengan menambah material tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tanah. Banyak material yang dapat digunakan sebagai stabilisator tanah, salah satunya dengan menggukan bahan tambah, yaitu semen yang dapat digunakan sebagai srabilisator tanah, bahan ini juga mudah diperoleh di pasaran. Dalam penelitian ini digunakan tanah lempung dari Deli Serdang, Desa Percut Sei Tuan. Untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung Desa Percut Sei Tuan maka dilakukan Stabilisasi dengan menambahkan abu cangkang sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kuat tekan terhadap tanah yang sudah distabilisasi menggunakan campuran abu cangkang sawit dan semen pada kondisi kadar air *optimum*.

II. LITERATURE REVIEW

Tanah Lempung (*Clay*)

Tanah merupakan suatu bahan yang susunannya sangat rumit dan beraneka ragam yang pada umumnya terdiri dari kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), atau lempung (clay) (Joseph, E.Bowles,1991.25)

Tanah lempung (Clay) adalah suatu tanah yang berbutir halus, yang memiliki sifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir tidak memiliki sifat kohesif dan plastis (Nurmaidah, Juni 2011). Tanah lempuh mengembang adalah tanah yang berukuran kurang dari 0,002 mm dan mempunyai partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim,1953 dan Das 1993)

Partikel-partikel tanah berukuran yang lebih kecil dari 2 mikron ($=2\mu$), atau <5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung dari pada disebut lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($<1\mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung. Untuk menentukan jenis lempung tidak cukup hanya dilihat dari ukuran butirannya saja akan tetapi perlu diketahui mineral yang terkandung didalamnya. ASTM-D-653 memberikan batasan bahwa secara fisik ukuran lempung adalah partikel yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm.

Abu Cangkang Sawit

Industri pengolahan kelapa sawit saat ini benar-benar memiliki prospek yang cemerlang untuk masa depan seiring dengan tantangan industri masa depan yaitu penggunaan bahan baku yang ramah lingkungan. Kelapa sawit (*Elleis Guinensis*) merupakan sumber minyak nabati yang penting di Indonesia. Kelapa sawit mengandung 80% pericarp dan 20% yang dilapisi cangkang kelapa sawit.

Produk samping dari kelapa sawit adalah cangkang kelapa sawit yang asalnya berasal dari tempurung kelapa sawit, cangkang kelapa sawit merupakan bagian paling keras dari komponen yang terdapat pada kelapa sawit. Saat ini pemanfaatan bahan cangkang kelapa sawit di berbagai industri pengolahan minyak CPO (Crude Palm Oil) belum begitu maksimal.

Tempurung kelapa sawit merupakan bagian salah satu limbah pengolahan minyak yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tempurung buah kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dimanfaatkan oleh berbagai industri, antara lain industri minyak, karet, dan farmasi. Selain itu tempurung kelapa sawit tenaga uap dan bahan pengeras jalan (Fauzi, Yan dkk, 2002)

Dalam pemrosesan buah sawit menjadi ekstrak minyak sawit menghasilkan limbah padat yang sangat banyak dalam bentuk serat, cangkang dan tandan buah kosong, dimana untuk setiap 100 ton tandan buah segar yang diproses akan didapat lebih kurang 20 ton cangkang, 7 ton serat dan 25 ton tandan kosong.

Untuk membantu pembuangan limbah dan pemulihan energi, cangkang dan serat digunakan lagi sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Setelah pembakaran dalam ketel uap akan dihasilkan 5% abu (oil palm ashes) dengan butiran yang halus. Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat dan tidak dimanfaatkan.

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia berkembang pesat, luas areal perkebunan kelapa sawit meningkat menjadi 5,9 juta hektar pada tahun 2006. Wilayah perkebunan sawit terluas terdapat di Sumatera, yaitu provinsi Riau seluas 1,3 juta Ha. (Ditjen Perkebunan, Deptan, 2006)

Tabel 2.1 Komposisi Abu Cangkang Sawit

Unsur/Senyawa	Abu Cangkang Sawit
Silica (SiO_2)	65,3
Aluminium Karbonat (Al_2O_3)	11,3

Besi Oksida (Fe_2O_3)	1,12
Kalsium Oksida (CaO)	6,48
Magnesium Oksida (MgO)	4,28

Sumber : Lab kimia FMIPA USU (2011)

Semen

Semen adalah hasil industri dari paduan bahan baku; batu kapur/gamping sebagai bahan utama dan lempung/tanah liat atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa bahan padat berbentuk bubuk (*bulk*), semen merupakan bahan pengikat antara agregat jika dicampurkan oleh air, semen menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi kimia terjadi dengan air menghasilkan sifat perkerasan pada pasta semen.

Batu kapur/gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa Kalsium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan yang mengandung senyawa Silika Oksida (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Besi Oksida (Fe_2O_3), dan Magnesium Oksida (MgO). Untuk menghasilkan semen bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk *clinkernya*, yang kemudian dihancurkan dan ditambahkan dengan gips (*gypsum*) sesuai dalam jumlah yang sesuai.

Tabel 2.2 Komposisi senyawa kimia Semen

Unsur/Senyawa	Semen (%)
SiO_2	20,9
Al_2O_3	5,2
Fe_2O_3	4,1
CaO	63,7
MgO	1,8
SO_3	2,3
Na_2O	0,14

K ₂ O	0,71
Loss on ignition	1

Sumber : Murdock dan Brook (1999) ; Austin (1984) dan Sukandar Rumidi (2005)

Kuat Tekan Bebas (UCT)

Kuat tekan bebas merupakan pengujian yang umum dilaksanakan dan dipakai dalam proses penyelidikan sifat – sifat stabilisasi tanah. Disamping pelaksanaannya yang praktis, sampel yang dibutuhkan juga tidak banyak. Dalam pembuatan benda uji sebagai dasar adalah kepadatan maksimum yang diperoleh dari percobaan pemadatan

Tabel 2.3 Hubungan Antara Sifat Mekanis Tanah Dengan Tekanan Bebas

Sifat mekanisme tanah	Kuat tekan Bebas (Kg/cm ²)
Sangat Lunak	< 0,25
Lunak	0,25 - 0,50
Sedang	0,50 - 1,00
Kaku	1,00 - 2,00
Sangat kaku	2,00 - 4,00
Keras	> 4

Sumber : Hardiyatmono H.C 1994

Uji kuat tekan bebas ini dilakukan untuk mengetahui unconfined compression strength (UCS). Dalam percobaan ini sudut internal friction ($\phi = 0$) dan lateral support ($\sigma_3 = 0$), jadi hanya ada beban vertical ($\sigma_1 = 0$) dengan memberikan deformasi. Beban vertical yang menyebabkan contoh tanah menjadi retak di bagi dengan satuan luas yang di koreksi (A) di sebut compression strength (q_u).

Dari diagram lingkaran mohr dapat di hitung besarnya kekuatan geser tanah tersebut, yaitu :

$$C_u = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

C_u = Kekuatan geser unconfined

Q_u = Unconfined compression Strenght

Tabel 2.4. Hubungan antar sensitifitas dengan derajat sensitivitas

Kepekaan	Derajat Sensitivitas
2 – 4	Rendah
2-4	Normal
4-8	Sensitif
8	Sangat sensitive

Sumber : Mekanika tanah prinsip – prinsip rekayasa geoteknisi (braja M.das)

III. RESEARCH QUESTIONS

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kuat tekan terhadap tanah yang sudah distabilisasi menggunakan campuran abu cangkang sawit dan semen pada kondisi kadar air *optimum*.

IV. METHOD

Penelitian ini dibagi atas beberapa tahap yaitu: tahap pengujian sifat fisik tanah, sifat mekanis tanah dan pengujian kuat tekan bebas pada tanah. Langkah-langkah pengujian serta pemeriksaan di Laboraturium dilakukan berdasarkan metode-metode standart ASM (*American Society for Testing and Material*) dengan penambahan limbah abu cangkang sawit dan semen dengan variasi 0%, 6%, 12%, 18%, 24% dan 30% dari berat tanah.

Tabel 3.1 Standart Penelitian

SIFAT FISIK TANAH		
No	Item	Standart
1	Kadar Air	ASTM D 2216 - 98
2	Batas Konsistensi (<i>Atterberg Limit</i>) :	ASTM D 4318 - 83
	a. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	ASTM D 423 -66
	b. Batas Plastis (<i>Plactic Limit</i>)	ASTM D 424 -74
3	c. Batas Susut (<i>Shrinkage Limit</i>)	ASTM D 424 - 72
4	Barat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	ASTM D 854 - 72
5	Analisa Saringan	ASTM D 136 - 46
SIFAT MEKANIS TANAH		
1	Pemadatan Tanah (<i>Compaction Test</i>)	ASTM D 698 -12
PENGUIAN YANG DITINJAU		
1	Unconfined Compression Test (UCT)	ASTM D 2166 - 06

Sumber : ASTM

V. DISCUSSION

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboraturium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Medan didapat sifat fisis tanah lempung asli dengan nilai-nilai seperti pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah dan Campuran Abu Cangkang Sawit dan Semen

Sifat-sifat Tanah	Satuan	Tanah Lempung					
		0%	6%	12%	18%	24%	30%
		ACS + S	ACS + S	ACS + S	ACS + S	ACS + S	ACS + S
Berat Jenis (GS)		2,63	2,54	2,48	2,39	2,27	2,15
Liquid Limit (LL)	%	53,88	56,99	58,24	60,56	61,22	62,50
Plastis Limit (PL)	%	35,86	39,87	41,87	45,38	48,53	50,89
Plasticity Indeks (PI)	%	18,02	17,12	16,37	14,73	12,69	11,60
Shrinkage Limit (SL)	%	31,83	30,70	28,73	25,79	23,60	21,49
Analisa Saringan	%	88,83	89,4	89,98	90,37	90,93	91,09
Berat Isi Kering (γ_d maks)	gr/cm ³	1,25	1,23	1,19	1,18	1,16	1,15

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium Politeknik Medan

Berat jenis tanah lempung yang diambil dari lokasi penelitian dari Tabel 4.1 menunjukkan bahwa tanah tergolong tanah lempung organik karena berada diantara (2,58-2,65) gr/cm³ (Mekanika Tanah Jilid I, Hardiyatmo, 2002).

Berdasarkan hasil pengujian nilai batas cair (LL) pada tanah asli adalah 53,88%. Nilai batas plastis (PL) pada tanah asli adalah 35,86%. Dan nilai indeks plastisitas (PI) pada tanah asli adalah 18,02%. Maka dapat disimpulkan bahwa tanah Desa Tanjung Rejo tergolong tanah lempung dengan PI (*Plastic Index*) yang cukup tinggi yaitu 18,02%. Mekanika Tanah Jilid I, Hardiyatmo, 2002). Pada tabel 4.1, berat jenis tanah lempung di Desa Tanjung Rejo menunjukkan bahwa tanah tersebut tergolong tanah lempung organik karena nilainya berada diantara (2,58-2,65) gr/cm³ (Mekanika Tanah Jilid I, Hardiyatmo, 2002).

Menurut AASTHO (*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*), diperoleh batas cair adalah 53,88% dan indeks plastis 18,02%, maka dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-6

Sifat Mekanis Tanah

Sifat mekanis tanah berupa pengujian pemadatan tanah. Pengujian pemadatan tanah ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah dengan cara dipadatkan sehingga rongga-rongga udara pada sampel tanah asli dapat berkurang yang mengakibatkan kepadatan menjadi meningkat. Hal tersebut dilakukan dengan cara memberikan beban yang ditumbuk secara berulang sehingga dapat nilai kadar air optimum dan nilai berat isi kering maksimum.

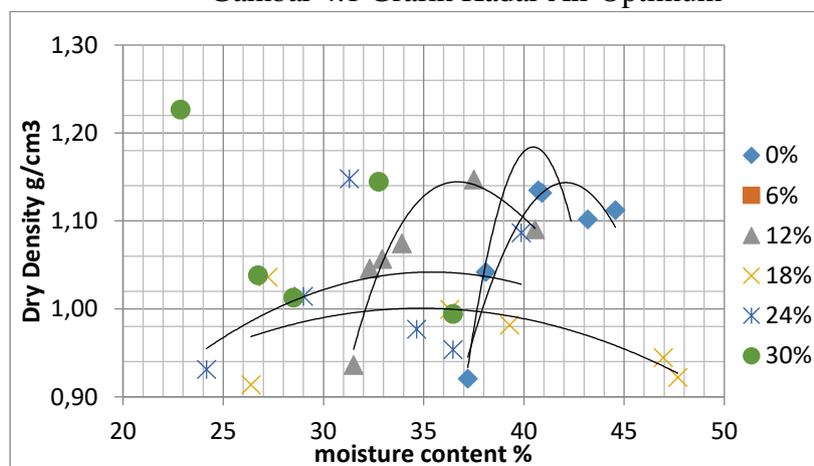
Adapun hasil data pengujian pemadatan tanah yang dilakukan di Laboratorium dengan metode pemadatan standart (*standart proctor*) didapat nilai kadar air optimum (w_{opt}) untuk tanah asli dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1 berikut ini:

Tabel 4.2 Hasil Uji Pemadatan Terhadap Penambahan Abu Cangkang Sawit dan Semen

Variasi Campuran	Kadar Air Optimum (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)
Tanah 100%	41,40%	1,25
Tanah 94% + Abu Cangkang Sawit 3% + Semen 3%	40,40%	1,23
Tanah 88% + Abu Cangkang Sawit 6% + Semen 6%	37,50%	1,19
Tanah 82% + Abu Cangkang Sawit 9% + Semen 9%	36,30%	1,18
Tanah 86% + Abu Cangkang Sawit 12% + Semen 12%	34,64%	1,16
Tanah 70% + Abu Cangkang Sawit 15% + Semen 15%	32,76%	1,15

Sumber : Hasil Penelitian Laboraturium Politeknik Negeri Medan

Gambar 4.1 Grafik Kadar Air Optimum



Sumber: Hasil Penelitian Laboraturium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Medan

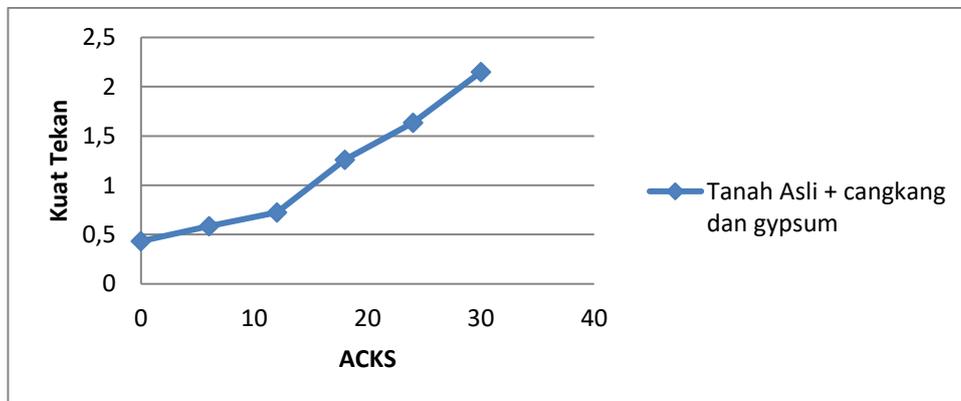
Kuat Tekan Bebas (UCT)

Pada pengujian Unconfined Compression Test yang telah dilakukan menunjukkan nilai kuat tekan yang terus meningkat pada setiap penambahan unsur abu cangkang sawit pada sampel, dapat pada tabel dibawah ini

Tabel 4.3 Hasil uji penambahan abu cangkang sawit dan semen terhadap kuat tekan

Abu Cangkang Sawit (ACS) + Semen %	Kuat Tekan (qu) (Kg/cm ²)
0	0.433
6	0.585
12	0.724
18	1.259
24	1.634
30	2.150

Gambar 4.2 Grafik persentase acks terhadap kuat tekan



Setiap penambahan kadar abu cangkang kelapa sawit, persen kenaikan harga terus meningkat seiring bertambahnya persentase abu cangkang kelapa sawit, dapat dilihat pada tabel 4.3 dan pada gambar 4.2 menunjukkan nilai kuat tekan terus meningkat, dari hasil percobaan di dapat kesimpulan bahwa persentase campuran abu cangkang sawit dan semen harus dilanjutkan lebih dari 15% campuran agar dapat diketahui campuran maksimum abu cangkang sawit dan semen terdapat pada persentase campuran berapa

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan di Politeknik Negeri Medan, kita dapat mengelompokkan hasil data kuat tekan yang telah diperoleh dengan

sifat mekanisme tanah untuk mengetahui hubungan antar sifat mekanisme tanah dengan kuat tekan bebas dapat dilihat pada table berikut

Tabel 4.4 Hubungan antara sifat mekanisme tanah dengan kuat tekan bebas

Sifat mekanisme tanah	Kuat tekan Bebas (Kg/cm ²)
Lunak	0.433
Sedang	0.585
Sedang	0.724
Kaku	1.259
Kaku	1.634
Sangat Kaku	2.150

Dapat kita lihat pada gambar diatas dari grafik hasil Hubungan Antara Sifat Mekanisme Tanah Dengan Kuat Tekan Bebas yang dicampur dengan abu cangkang sawit dan semen dengan dengan variasi 0%, 6%, 12%, 18%, 24% dan 30% terjadi perubahan mekanisme tanah yang meningkat seiring bertambahnya abu cangkang sawit dan semen.

VI. CONCLUSIONS

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dianalisa dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

Hasil uji kadar air tanah pada tanah asli sebesar 74,46%. Sedangkan untuk sampel tanah campuran, kadar air mengalami penurunan seiring bertambahnya bahan campuran, kadar air terendah pada tanah campuran abu cangkang sawit 15% dan semen 15% sebesar 63,05%. Uji pemadatan tanah menggunakan *Standart Proctor*, hasil uji yang didapat berat volume kering aksimum pada tanah asli sebesar 1,25 gr/cm³ dengan kadar air optimum 41,40%, sedangkan untuk tanah campuran didapat berat volume kering maksimum tertinggi terjadi pada tanah campuran abu cangkang sawit 3% dan semen 3% sebesar 1,23 gr/cm³ dengan kadar air optimum 40,40% dan berat volume maksimum terendah terjadi pada tanah campuran abu cangkang sawit 15% dan semen 15% sebesar 1,19 gr/cm³ dengan kadar air optimum 32,76%.

Dari hasil penelitian Kuat tekan tanah Mengalami kenaikan dengan ada penambahan Abu cangkang Sawit dan semen dengan kenaikan cukup signifikan.

Hasil dari uji kuat tekan bebas tanah asli bersifat tanah yang lunak dan memiliki kuat tekan antara 0,25-0,5. Sedangkan di pencampuran 15% abu cangkang sawit dan 15% semen memiliki mekanisme tanah yang sangat kaku yaitu antara 2,0-4,0.

Dari hasil pengujian yang didapat bahwa bahan campuran abu cangkang sawit dan semen baik digunakan untuk perkerasan jalan di Desa Tanjung Rejo, Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang tersebut.

REFERENCES

- ASTM D 4318-00, 2000. Standard Test Method For Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils, *Annual Book of ASTM Standards*, Philadelphia, PA.
- Bowles J.E. 1992. *Engineering Properties of Soils and Their Measurements*. McGraw-hill Book. USA.
- Das, B. M. 1994. *Mekanika Tanah Jilid I Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah Jilid II Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Fatoni, M. 2014. Tinjauan Kuat Tekan Bebas Dan Permeabilitas Terhadap Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur Dan Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Sipil USM*.
- Hardiyatmo, H. C. 2002, *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2006. *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Holtz, W.G. dan Gibbs, H.J. 1956-1962 *Engineering Properties of Expansive Clay Transactions*. ASCE.
- Endriani, Debby. 2012, *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawi Terhadap Daya Dukung Dan Daya Kuat Tekan Pada Tanah Lempung Ditinjau Dari Uji UCT Dan CBR Laboratorium*. Medan: Universitas Sumatera Utara Wordpress
- Akhyar (2018). *Pengaruh Abu Cangkang Sawit Dan Mineral Gypsum Terhadap Tanah Lempung Ditinjau Dari Uji Unconfined Compression Test*, Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Medan (ITM). Medan.
- Nala, Tri (2019). *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Dan Semen Pada Tanah Lempung Desa Tanjung Rejo Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas*, Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Medan (ITM). Medan.
- Nala, Tri (2019). *Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Dan Semen Pada Tanah Lempung Desa Tanjung Rejo Terhadap Nilai Koefisien Permeabilitas*, Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Medan (ITM). Medan.