



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Pengaruh Penambahan *Palm Oil Fuel Ash* terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah berdasarkan Hasil Uji UCT

Puspa Ningrum^{a*}, Muhammad Toyeb^b, Muhamad Auliandi^c

^{a,b,c} Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrah, Jl. Riau Ujung No.73, Pekanbaru 28292, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 29 Desember 2023

Revisi Akhir: 31 Desember 2023

Diterbitkan Online: 31 Desember 2023

KATA KUNCI

Palm Oil Fuel Ash (POFA)

Unconfined Compressive Strength

Unconfined Compression Test (UCT)

KORESPONDENSI

Telepon: 081537435568

E-mail: puspa.ningrum@univrab.ac.id

ABSTRACT

In general, problematic soil needs to be repaired so that the basic soil becomes better and can be requirements for a construction base. In this research, an alternative soil stabilization was carried out by adding Palm Oil Fuel Ash (POFA). POFA has pozzolanic properties which are very useful in the soil stabilization process because it can increase the binding force between stabilized soil particles. In this research, POFA was used as a mixture in basic soil with percentages of 20%, 30%, and 40%. The age of curing was carried out for 0, 7, 14, and 28 days. Based on the research results, it was found that adding POFA was effective for increasing soil strength, namely at percentages of 20%. If the percentage content of POFA is too much, the binder contained in the mixed soil can affect the behavior of the soil when it reacts with water. By increasing the POFA content by 20%, the maximum plasticity index (PI) decrease was obtained, namely 8.52% and the maximum unconfined compressive strength value was 240.82 kN/m² at a curing age of 28 days.

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi yang seringkali menimbulkan masalah. Sehingga perlu adanya upaya perbaikan agar tanah dasar tersebut menjadi lebih baik dan memenuhi syarat untuk dasar perkuatan konstruksi [1]. Salah satu contoh kondisi tanah yang memiliki daya dukung rendah, serta permeabilitas tinggi yaitu jenis tanah lunak, sehingga cenderung dapat menyebabkan terjadinya keruntuhan geser [2].

Beberapa alternatif perbaikan tanah yang sering dilakukan yaitu dengan menambahkan bahan kimia pada tanah dasar, diantaranya menggunakan limbah sisa pembakaran batu bara dan kelapa sawit. Menurut para ahli, limbah sisa pembakaran yang mengandung senyawa silika (SiO₂) dan zat kapur (CaO) dapat dijadikan sebagai bahan stabilisasi tanah [3]. Dalam penelitian ini, stabilisasi tanah dilakukan dengan penambahan abu limbah kelapa sawit atau sering dikenal dengan sebutan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA).

Sejauh ini pemanfaatan POFA di bidang teknik sipil sudah sering dilakukan. Aplikasi pemanfaatan POFA diantaranya yaitu sebagai *filler* pada campuran beton dan aspal, selain itu juga digunakan untuk stabilisasi tanah. Pemanfaatan POFA yang tepat dapat mengurangi volume limbah sehingga menjadi ramah lingkungan [4]. Untuk karakteristik fisis dan mekanis POFA telah diteliti oleh [4] yang menghasilkan kesimpulan bahwa POFA tergolong kedalam kategori bahan pozzolan tipe F.

Pada umumnya POFA memiliki sifat *pozzolanic*, yaitu bahan halus yang mengandung senyawa *silica* dan alumina yang dapat bereaksi dan membentuk bahan semen. Sifat *pozzolanic* ini sangat bermanfaat pada proses stabilisasi tanah, karena dapat meningkatkan daya ikat antar partikel tanah yang distabilisasi [5].

Penelitian menggunakan POFA sebagai bahan campuran pada tanah dasar, diantaranya telah dilakukan oleh [6] dengan cara menambahkan abu cangkang kelapa sawit dengan persentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% pada tanah dasar. Diperoleh kesimpulan bahwasanya

penambahan abu cangkang kelapa sawit dapat memperbaiki daya dukung tanah dan membuatnya menjadi lebih baik. Selanjutnya penelitian tentang pengaruh penambahan POFA pada tanah dasar berdasarkan hasil dari uji geser langsung, memiliki kesimpulan bahwasanya POFA dapat meningkatkan kohesi dan perubahan nilai sudut geser [7]. Beberapa peneliti juga ada yang mengkombinasikan POFA dengan bahan tambah kimia ke tanah asli diantaranya yaitu [8] melakukan penelitian tentang nilai CBR akibat pengaruh penambahan abu tandan sawit sebesar 7,5% dengan 5%, 7,5%, 10% semen pada tanah lempung. Dan [9] melakukan penelitian dengan variasi persentase campuran yang sama dengan [8] namun terhadap nilai kuat tekan bebas.

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan, perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang bagaimana nilai kuat tekan bebas tanah akibat pengaruh penambahan POFA pada tanah asli, serta pengaruh lamanya pemeraman campuran tanah tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Pada umumnya tanah terbentuk akibat proses pelapukan batuan. Sifat-sifat fisik tanah ditentukan oleh kandungan mineral yang menyusun partikel-partikel tanah, serta dipengaruhi oleh batuan asal tersebut [10]. Tanah yang umumnya dikenal yaitu kerikil, pasir, lanau, ataupun lempung, tergantung pada ukuran partikel utama di dalam tanah. Untuk mendeskripsikan tanah berdasarkan ukuran partikelnya, beberapa organisasi telah mengembangkan klasifikasi ukuran butiran tanah. Sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan oleh para ahli yaitu sistem klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) dan sistem klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Officials System* (AASHTO). Dimana kedua sistem tersebut sama-sama memperhitungkan distribusi ukuran butir tanah dan batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*). Jika ditinjau dari ukuran butiran, secara umum tanah dibagi menjadi dua kelompok yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Sedangkan jika ditinjau dari struktur tanah, dibedakan menjadi tanah kohesi (*cohesive soil*) dan tanah non kohesi (*cohesionless soil*) atau tanah bergranular [11].

2.2. Palm Oil Fuel Ash (POFA)

POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) atau yang dikenal juga dengan limbah abu sawit merupakan sisa hasil proses pembakaran limbah padat kelapa sawit pada suhu 800°C - 1.000°C. Limbah padat dari hasil pembakaran ini berupa serat, cangkang, dan tandan kosong. Perkembangan industri kelapa sawit yang kian meningkat khususnya di negara ASEAN, berdampak pada limbah yang dihasilkan. Pemanfaatan POFA dewasa ini mulai banyak dilakukan salah satunya yaitu sebagai bahan stabilisasi tanah [12].

Namun kenyataannya, POFA masih belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Sebagian besar POFA dibuang sebagai limbah di tempat pembuangan sampah, sehingga menyebabkan masalah lingkungan dan masalah lain seperti masalah kesehatan [4]. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya pemanfaatan limbah tersebut. Penelitian ini dilakukan menggunakan POFA yang sebagaimana telah dikemukakan memiliki kemampuan perbaikan tanah cukup baik sebagai bahan campuran stabilisasi tanah dengan harapan mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya.

2.3. Kuat Tekan Bebas Tanah

Kuat tekan bebas (q_u) merupakan nilai tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji berbentuk silindris (dalam hal ini sampel tanah) sebelum mengalami keruntuhan geser akibat pembebanan. Adapun pengujian yang dilakukan untuk memperoleh nilai kuat tekan bebas tanah yaitu dengan *Unconfined Compression Test* (UCT). Uji kuat tekan bebas ini merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk mengukur seberapa besar kuat dukung tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran – butirannya. Pada percobaan laboratorium, pemberian tekanan aksial di atas benda uji berangsur-angsur ditambah hingga benda uji mengalami keruntuhan [11].

3. METODOLOGI

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrah. Selain memiliki tujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas tanah yang ditambahkan POFA, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui sifat plastisitas tanah. Langkah awal dimulai dengan studi literatur terdahulu sebagai rujukan dalam melakukan penelitian.

Adapun benda uji yang digunakan yaitu tanah yang berasal dari lokasi Pondok Pesantren Al-Kautsar, Jl. Hangtuah Ujung, Sail, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru, Riau. Selanjutnya untuk limbah abu sawit (POFA) yang digunakan diperoleh dari Pabrik Kelapa Sawit di Jalan Lintas Timur Km.55 Kelurahan Lubuk Ogong, Kecamatan Bandar Sekijang, Kabupaten Pelalawan, Riau. Penambahan POFA pada penelitian ini yaitu sebesar 20%, 30%, 40% dari berat volume kering tanah yang merujuk pada penelitian sejenis [13]. Durasi pemeraman benda uji dilakukan selama 0, 7, 14, dan 28 hari. Menurut [13], penambahan kadar POFA yang efektif yaitu sebesar 15% dapat meningkatkan kekuatan tanah, namun dengan menggunakan tambahan alkali aktivator. Untuk itu penelitian ini dilakukan dengan penambahan kadar POFA yang lebih besar, karena tanpa menggunakan bahan tambah kimia.

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi sifat fisik tanah (kadar air, berat jenis, analisa saringan, batas cair, batas plastis, uji hidrometer), pengujian pemadatan (*compaction test*), dan uji kuat tekan (*Unconfined Compression Test*). Semua pengujian dilakukan sesuai dengan pedoman Standar Nasional Indonesia (SNI). Untuk desain campuran benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi dan Jumlah Campuran Benda Uji

Deskripsi Tanah Campuran	Jumlah benda uji untuk pemeraman				Total benda uji (buah)
	0 hari	7 hari	14 hari	28 hari	
100% Tanah Asli	3	-	-	-	3
80% Tanah Asli + 20% POFA	3	3	3	3	12
70% Tanah Asli + 30% POFA	3	3	3	3	12
60% Tanah Asli + 40% POFA	3	3	3	3	12

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah Asli

Hasil pengujian karakteristik tanah asli (tanpa tambahan POFA) dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah Asli

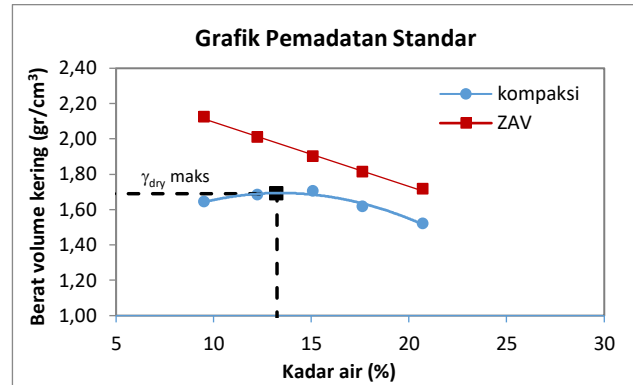
Parameter	Hasil Uji	Satuan
Kadar air (<i>w</i>)	12,28	%
Berat volume (γ_{wet})	1,50	gram/cm ³
Berat volume tanah kering (γ_{dry})	1,38	gram/cm ³
Berat jenis (<i>G_s</i>)	2,66	-
Batas cair (<i>LL</i>)	31,59	%
Batas plastis (<i>PL</i>)	20,39	%
Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	11,20	%
Persentase lanau-lempung (lolos saringan No.200)	5,12	%
Persentase pasir (lolos saringan No.4)	94,80	%
Persentase kerikil	0	%
Koefisien keseragaman tanah, <i>C_u</i>	4,81	-
Koefisien gradasi tanah, <i>C_c</i>	1,31	-

Berdasarkan klasifikasi tanah menurut USCS tanah tersebut masuk kedalam kelompok SC (pasir berlempung, campuran pasir-lempung). Sedangkan berdasarkan AASTHO tanah tersebut masuk kedalam kelompok A-2-6 yaitu material granuler.

Untuk berat jenis POFA yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 2,44 dimana nilai ini mendekati dengan nilai berat jenis yang digunakan pada penelitian terdahulu [4]. Selanjutnya POFA dalam penelitian ini memiliki persentase lolos saringan No.200 sebesar 23,68%.

4.2. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah Asli

Berdasarkan pengujian pemadatan standar (*proctor*) untuk tanah asli, diperoleh nilai OMC sebesar 13,24% dan nilai MDD sebesar 1,69 gram/cm³ seperti pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Grafik hasil pemadatan standar tanah asli

4.3. Hasil Pengujian Plastisitas Tanah Campuran

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian *atterberg limit* tanah asli dengan penambahan POFA sebesar 20%, 30%, dan 40%. Untuk rekapitulasi hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Plastisitas Tanah Campuran

Deskripsi Tanah Campuran	Batas cair (LL) %	Batas plastis (PL) %	Indeks plastisitas (PI) %
100% Tanah Asli	31,59	20,39	11,20
80% Tanah Asli + 20% POFA	20,54	15,14	8,52
70% Tanah Asli + 30% POFA	16,01	26,56	10,55
60% Tanah Asli + 40% POFA	13,62	40,84	27,22

Berdasarkan hasil diatas, terlihat bahwa penurunan nilai indeks plastisitas maksimum terjadi pada penambahan POFA dengan kadar 20% yaitu sebesar 8,52%. Nilai indeks plastisitas cenderung mengalami peningkatan pada penambahan POFA dengan kadar yang lebih besar dari sampel sebelumnya. Sehingga sesuai dengan penelitian-penelitian terdahulu, penambahan kadar POFA yang efektif yaitu berkisar 10-20% untuk dapat meningkatkan kekuatan tanah. Hal ini dikarenakan jika kandungan POFA terlalu banyak, maka bahan pengikat yang terdapat pada tanah campuran dapat mempengaruhi perilaku tanah saat bereaksi dengan air [14].

4.4. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Campuran

Pada pengujian pemadatan tanah dengan *standard proctor* akan diperoleh nilai kadar air optimum (*w_{opt}*) tanah

campuran dan nilai berat volume kering maksimum ($\gamma_{d maks}$). Nilai ini nantinya akan digunakan pada saat pembuatan benda uji UCT. Hasil pemadatan standar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pemadatan Standar Tanah Campuran

Deskripsi Tanah Campuran	OMC (w_{opt}) %	MDD ($\gamma_{d maks}$) gram/cm ³
100% Tanah Asli	13,24	1,69
80% Tanah Asli + 20% POFA	16,17	1,57
70% Tanah Asli + 30% POFA	17,12	1,54
60% Tanah Asli + 40% POFA	13,55	1,42

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai OMC cenderung mengalami kenaikan seiring dengan penambahan POFA pada tanah asli. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan pada berat volume kering tanah campuran.

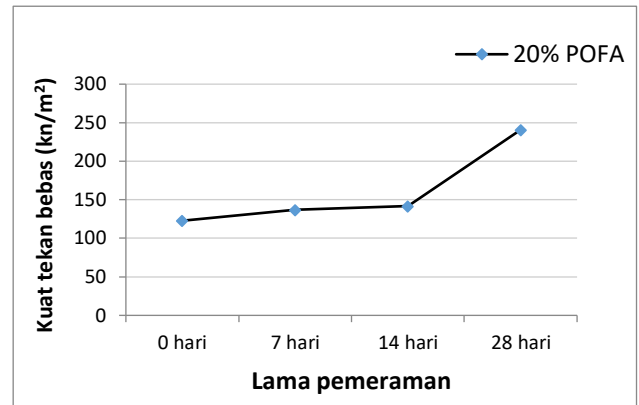
4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Campuran

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian UCT pada campuran benda uji dengan perlakuan usia pemeraman 0, 7, 14, dan 28 hari. Berikut hasil rekapitulasi dari pengujian UCT pada tanah campuran.

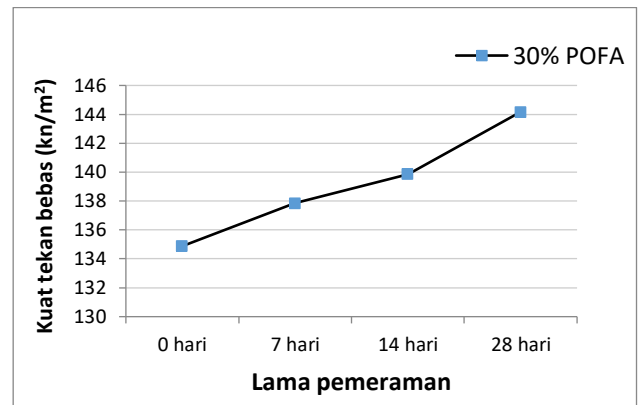
Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Uji UCT Tanah Campuran

Deskripsi Tanah Campuran	Nilai kuat tekan bebas (kN/m ²)			
	0 hari	7 hari	14 hari	28 hari
100% Tanah Asli	228	-	-	-
80% Tanah Asli + 20% POFA	122,80	136,80	141,85	240,82
70% Tanah Asli + 30% POFA	134,88	137,85	139,86	144,17
60% Tanah Asli + 40% POFA	133,35	135,86	138,84	143,85

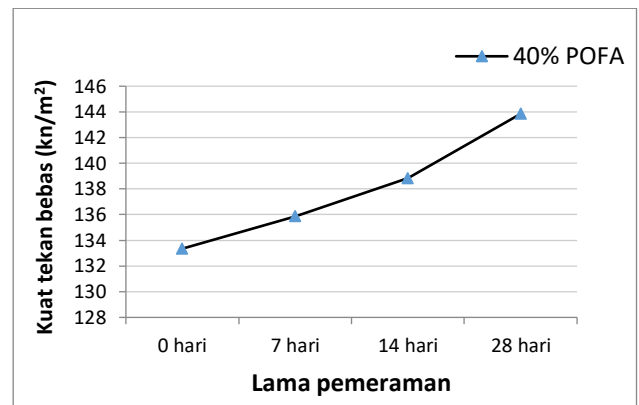
Berdasarkan hasil dari rekapitulasi uji UCT pada Tabel 5, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan bebas tanah pada usia pemeraman 0 dan 7 hari memiliki kecenderungan yang sama, yaitu meningkat pada penambahan kadar POFA 30%. Namun untuk usia pemeraman 14 dan 28 hari, nilai kuat tekan bebas terbesar dihasilkan pada penambahan kadar POFA sebesar 20%.



Gambar 2. Grafik Hasil UCT pada Penambahan POFA 20%



Gambar 3. Grafik Hasil UCT pada Penambahan POFA 30%



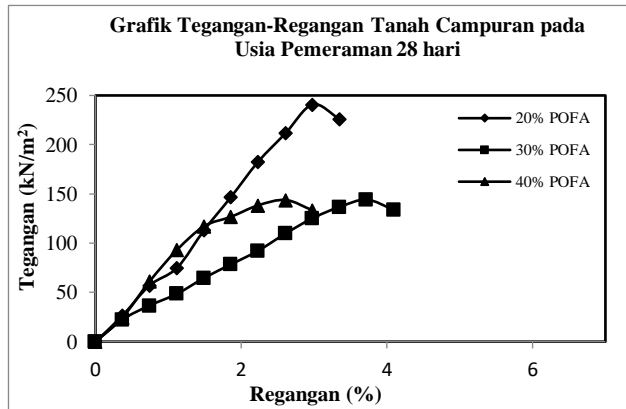
Gambar 4. Grafik Hasil UCT pada Penambahan POFA 40%

Dari Gambar 2 hingga Gambar 4 diatas terlihat bahwa semakin lama usia pemeraman pada tanah campuran, maka nilai kuat tekan bebas semakin meningkat untuk masing-masing kadar penambahan POFA.

Selanjutnya, dapat diketahui nilai kuat tekan bebas maksimum tanah yaitu sebesar 240,82 kN/m² terjadi pada penambahan POFA dengan kadar 20% di umur pemeraman 28 hari. Nilai ini lebih tinggi dari pada nilai kuat tekan bebas tanah asli.

4.6. Hubungan Tegangan dan Regangan Tanah Campuran

Dari hasil pengujian nilai kuat tekan bebas (uji UCT), dapat diperoleh grafik hubungan antara regangan dan tegangan aksial pada tanah campuran. Tegangan dan regangan aksial pada setiap benda uji dengan penambahan POFA sesuai variasi masing-masing pada usia pemeraman 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Hasil UCT pada Penambahan POFA 40%

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai tegangan tertinggi dialami oleh tanah asli dengan penambahan kadar POFA sebesar 20%. Dimana tanah mengalami keruntuhan pada tegangan 240,82 kN/m² dengan nilai regangan sebesar 2,98%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar POFA yang optimal untuk mengisi pori-pori tanah untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang tinggi dengan umur pemeraman 28 hari yaitu sebesar 20%. Jika penggunaan kadar POFA pada tanah campuran melebihi 20%, maka kekuatan tanah dapat dikatakan mengalami penurunan dikarenakan butiran POFA yang cenderung halus.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Tanah asli pada pengujian ini diklasifikasikan kedalam kelompok SC (pasir berlempung, campuran pasir-lempung) berdasarkan USCS. Sedangkan berdasarkan AASTHO tanah tersebut masuk kedalam kelompok A-2-6 yaitu material granuler.
2. Penurunan nilai indeks plastisitas (PI) maksimum terjadi pada penambahan POFA dengan kadar 20% yaitu sebesar 8,52%.
3. Nilai kuat tekan bebas maksimum terjadi pada penambahan kadar POFA sebesar 20% yaitu 240,82 kN/m² pada umur pemeraman 28 hari.

DAFTAR PUSTAKA

[1] P. Ningrum, Husnah, H. Mubarak, dan ade restu, "Pengaruh Penambahan Abu Tandan Sawit pada Tanah Lempung berdasarkan Nilai

Kuat Geser," *J. APTEK Vol*, vol. 14, no. 1, hal. 6–12, 2020, [Online].

[2] P. Ningrum, S.A Nugroho, dan Muhardi, "Pengaruh Penambahan Air Diatas Kadar Air Optimum Terhadap Nilai CBR Dengan dan Tanpa Rendaman pada Tanah Lempung yang dicampur Abu Terbang," *Jom FTEKNIK*, hal. 1–5, 2014.

[3] H. Yudhistira, "Analisis Pengaruh Substitusi Abu Tandan Sawit dan Gypsum terhadap Nilai CBR pada Tanah Lempung Lunak," *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 2, no. 2, hal. 264–271, 2014.

[4] R. Yuliana, Muhardi, dan F. Fatnanta, "Karakteristik Fisis Dan Mekanis Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) Dalam Geoteknik," *Syria Stud.*, vol. 7, no. 1, pp. 37–72, 2015, [Online].

[5] C. AN, F. Fatnanta, and Muhardi, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA)," *Jom FTEKNIK*, vol. 2, no. 1, hal. 1–13, 2015.

[6] E. Arbina, "Stabilitas Tanah Lempung Dengan Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit," *J. Tugas Akhir Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, hal. 80–90, 2020.

[7] C. A. Makupiola, R. Rachman, dan I. L. K. Wong, "Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit pada Tanah Lempung dengan Uji Direct Shear," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 2, hal. 267–275, 2021.

[8] M. Anggraini dan A. Saleh, "Penambahan Abu Tandan Kelapa Sawit dan Semen Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio) Pada Tanah Lempung," *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, hal. 49–55, 2020.

[9] M. Anggraini dan A. Saleh, "Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Semen Terhadap Kuat Tekan Bebas," *Sainstek (e-Journal)*, vol. 9, no. 2, hal. 108–115, 2021.

[10] D. Braja M dan So. Khaled, *Principles of Geotechnical engineering, Eight Edition*, vol. 5, no. 1. 2014.

[11] H. C. Hardiyatmo, "Mekanika Tanah 1." hal. 1–399, 2002.

[12] W. Tangchirapat dan C. Jaturapitakkul, "Strength, drying shrinkage, and water permeability of concrete incorporating ground palm oil fuel ash," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 32, no. 10, hal. 767–774, 2010..

[13] M. Toyeb, H. Mubarak, P. Ningrum, dan T. Gunawan, "Penurunan Kekuatan Tanah Terstabilisasi Palm Oil Fuel Ash," *Racic*, vol. 8, no. 1, hal. 148–157, 2023.

[14] Y. Apriyanti, H. Hidayatussa'diah, dan F. Fahriani, "Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Sawit (Pofa) Terhadap Nilai

California Bearing Ratio (Cbr) Untuk
Stabilisasi Tanah Lempung” *FROPIL*
(*Forum Prof. Tek. Sipil*), vol. 8, no. 2, hal.
102–109, 2021.