Pemanfaatan Limbah Sawit untuk Infrastruktur:

POFA sebagai Material Teraktivasi Alkali

Penulis :

Muhammad Toyeb
Harsini

UNILAK PRESS

Halaman Kolofon

KDT

Pemanfaatan Limbah Sawit untuk Infrastruktur : POFA sebagai Material Teraktivasi Alkali
Copyright ©2025

Penulis: Muhammad Toyeb, Harsini
Editor: Eko Saputra Utama
Ilustrator: Mudir Johan

Cetakan Pertama, Juni 2025
viii, 86 Halaman.; 15,5 X 24 cm.
ISBN: -

Penerbit:

Unilak Press
Jalan Yos Sudarso Km. 08 Rumbai, Pekanbaru.
Whatshapp: 0853-7869-2035
Email: unilakpress@unilak.ac.id
Homepage: https://press.unilak.ac.id

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang.
Dilarang memperbanyak sebagian atas seluruh isi buku ini tanpa izin penulis dan penerbit.

RINGKASAN

Perlu dikembangkan material alternatif yang ramah lingkungan dan sesuai dengan prinsip pembangunan berkelanjutan untuk perbaikan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa Palm Oil Fuel Ash (POFA) yang diaktivasi menggunakan larutan alkali, atau dikenal sebagai Alkali-Activated POFA (AAP) untuk bahan perbaikan tanah.

Material yang digunakan terdiri dari tanah asli dengan nilai California Bearing Ratio (CBR) kurang dari 6%, dan POFA, serta larutan alkali yang terdiri dari sodium silika (Na_2SiO_3) dan sodium *hidroksida (NaOH). Desain campuran dirancang dengan komposisi 20% POFA, dan menggunakan larutan NaOH molaritas 10M dan dengan rasio alkali aktivator (Si/Al) 2.5. Pengujian laboratorium yang dilakukan mencakup karakteristik tanah dasar, pemadatan standar dan uji CBR untuk kondisi rendaman dan non-rendaman.*

Menurut Unified Soil Classification System (USCS), tanah asli tergolong dalam kelompok SP-SC (pasir berlempung bergradasi buruk), dan menurut klasifikasi AASHTO, termasuk dalam kategori A-2-6 yaitu pasir berlempung. Perbaikan tanah dengan campuran AAP rasio 2.5 juga menunjukkan peningkatan nilai CBR secara signifikan, dari 3,95% menjadi 39,0%, yang memenuhi standar teknis minimum nilai CBR 12% dan masuk dalam kategori sangat baik.

Formulasi AAP pada rasio 2.5 dapat dikategorikan sebagai komposisi paling efektif secara teknis dalam perilakunya sebagai pengikat (binder) modern antar butir-butir tanah yang memenuhi standar teknis, dan menjadi salah satu unsur kebaruan dari penelitian ini. Meskipun telah memenuhi persyaratan, penerapannya secara luas masih perlu mempertimbangkan aspek efisiensi biaya agar dapat bersaing dengan bahan-bahan perbaikan tanah konvensional.

KATA PENGANTAR

Assalamu álaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis senantiasa diberikan kesehatan dan kekuatan dalam menjalankan berbagai aktivitas, termasuk dalam penyusunan buku monograf ini.

Buku Monograf ini disusun sebagai sumber referensi ilmiah yang ditujukan bagi kalangan akademisi, khususnya para dosen dan peneliti, yang tertarik untuk mengembangkan pengetahuan tentang pemanfaatan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) berbasis material teraktivasi alkali dalam usaha perbaikan tanah. Pembahasan dalam buku ini diharapkan dapat memperkaya literatur di bidang geoteknik dan rekayasa infrastruktur berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan buku ini masih memiliki keterbatasan dan belum mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu, saran, masukan, dan kritik yang membangun dari para pembaca sangat diharapkan guna perbaikan isi dan peningkatan kualitas ilmiah publikasi ini di masa yang akan datang.

Penulis

DAFTAR ISI

RINGKASAN IV

KATA PENGANTAR V

DAFTAR ISI VI

DAFTAR TABEL IX

DAFTAR GAMBAR X

DAFTAR SINGKATAN XI

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. LATAR BELAKANG 1

1.2. RUMUSAN MASALAH 2

1.3. NILAI KEBARUAN 3

1.4. BATASAN PENELITIAN 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1. PERBAIKAN TANAH 5

2.2. ALKALI-*ACTIVATED* MATERIALS 9

2.2.1. POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) 10

2.2.2. Alkali Aktivator 15

2.2.3. Reaksi Kimiawi Alkali-Aktivator 15

2.3. FAKTOR PENDUKUNG KINERJA PERBAIKAN TANAH 18

2.3.1. Tanah 18

2.3.2. Kadar Alkali Aktivator 21

2.3.3. Kadar POFA 23

2.4. PENGUJIAN KEPADATAN RINGAN 26

2.5. PENGUJIAN CBR 26

BAB III BAHAN DAN METODOLOGI 29
3.1. BAHAN PERBAIKAN TANAH 29
3.2. METODOLOGI 30
3.2.1. Lokasi Sumber Bahan 30
3.2.2. Alat Penelitian 30
3.2.3. Tahapan Penelitian 31
3.3. PENGUMPULAN DATA 31
3.3.1. Prosedur Persiapan 32
3.3.2. Desain Campuran 32
3.3.3. Tahapan Pengujian Laboratorium 34
3.4. ANALISIS DATA 34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 35
4.1. GAMBARAN UMUM 35
4.2. PENGUJIAN LABORATORIUM 35
4.2.1. Properties Tanah 35
4.2.2. Klasifikasi Jenis Tanah 40
4.2.3. Properties POFA 45
4.2.4. Konsistensi Tanah Asli-POFA 47
4.2.5. Kepadatan Tanah-POFA 48
4.2.6. Daya Dukung Nilai CBR 50
4.2.7. Hubungan Nilai CBR dan Densitas Kering 51
4.2.8. Pengaruh Pemeraman pada Nilai CBR 65
4.2.9. Pengaruh Rendaman pada Nilai CBR 67
4.2.10. Pengembangan Tanah 69
4.2.11. Karakteristik Nilai CBR tanah dasar 71

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 73

5.1. KESIMPULAN 73

5.2. SARAN..... 73

DAFTAR PUSTAKA..... 74

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Petunjuk awal pemilihan bahan campuran 5
Tabel 2. Indeks plastisitas dan berat jenis tanah 7
Tabel 3. Komposisi kimia POFA 13
Tabel 4. Tingkat Kerapatan Tanah Berbutir 18
Tabel 5. Angka pori dan berat volume kering 19
Tabel 6. Porositas, berat volume basah dan kadar air 20
Tabel 7. Batasan-batasan ukuran butiran tanah 20
Tabel 8. Pengaruh Rasio Si/Al pada Kuat Tekan 22
Tabel 9. Pengaruh POFA untuk Kuat Tekan 24
Tabel 10. Kriteria tingkat pengembangan tanah 27
Tabel 11. Kriteria CBR tanah dasar 28
Tabel 12. Alat-alat penelitian 30
Tabel 13. Desain campuran benda uji CBR 34
Tabel 14. Hasil uji sifat fisis tanah asli 37
Tabel 15. Sistem klasifikasi *Unified* 43
Tabel 16. Sistem klasifikasi AASHTO 44
Tabel 17. Hasil uji pemadatan ringan 49
Tabel 18. Proporsi campuran untuk benda uji CBR 51
Tabel 19. Nilai CBR nonrendaman dan rendaman 53
Tabel 20. Rekapitulasi nilai CBR desain 64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tipikal Struktur Perkerasan 8
Gambar 2. Struktur Geopolimer 9
Gambar 3. *Palm Oil Fuel Ash* (POFA)..... 10
Gambar 4. Produksi Sawit Indonesia (2015-2020) 11
Gambar 5. Limbah Padat Kelapa Sawit 12
Gambar 6. Struktur Kimia Alkali Activator 16
Gambar 7. Proses Reaksi Kimia Alkali Aktivator..... 17
Gambar 8. Kurva Distribusi Ukuran Butiran Tanah..... 21
Gambar 9. Palm Oil Fuel Ash (POFA) 29
Gambar 10. Alkali Aktivator 29
Gambar 11. Pengeringan Tanah Asli..... 36
Gambar 12. Penentuan Batas Cair Tanah Asli 38
Gambar 13. Distribusi Butiran Tanah Asli 39
Gambar 15. Distribusi Butiran Tanah Asli dan POFA 45
Gambar 16. Perubahan Warna dan Tekstur POFA..... 46
Gambar 14. Konsistensi Tanah Asli-POFA 47
Gambar 17. Hubungan OMC dan MDD 48
Gambar 18. Proses Pemeraman Benda Uji CBR..... 52
Gambar 19. Proses Rendaman Benda Uji CBR 52
Gambar 20. Penentuan nilai CBR Desain 64
Gambar 21. Nilai CBR Berdasarkan Pemeraman 65
Gambar 22. Perubahan Nilai CBR 67
Gambar 23. Pengembangan Benda Uji CBR 70
Gambar 24. Nilai CBR Rendaman 71

DAFTAR SINGKATAN

AA	= *Alkali Activator*
AAM	= *Alkali Activated Material*
AAP	= *Alkali Activated* POFA
AASHTO	= *American Association of State Highway and Transport*
ASTM	= *American Standard Testing and Material*
CBR	= *California Bearing Test*
CO_2	= Karbon dioksida
CPO	= *Cruide Palm Oil*
C-S-H	= *Calcium Silicate Hydrate*
M	= Molaritas
MDD	= *Maximum Dry Density*
Na_2SiO_3	= Sodium hidroksida
NaOH	= Sodium silika
N-A-S-H	= Sodium *Aluminate Silicate Hydrate*
OMC	= *Optimum Moisture Content*
PI	= *Plasticity Index*
POFA	= *Palm Oil Fuel Ash*
SNI	= Standar Nasional Indonesia
UCT	= *Unconfined Compression Test*
USCS	= *Unified Soil Classification System*