

EFEKTIVITAS CAMPURAN *PALM OIL FUEL ASH*-MgO (POFA-MgO) SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DITINJAU PADA NILAI CBR

MUHAMMAD ATHOURROHMAN



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Efektivitas Campuran *Palm Oil Fuel Ash*-MgO (POFA-MgO) sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Ditinjau pada Nilai CBR” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Muhammad Athourrohman
F4401221056



ABSTRAK

MUHAMMAD ATHOURROHMAN. Efektivitas Campuran *Palm Oil Fuel Ash-MgO* (POFA-MgO) sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Ditinjau pada Nilai CBR. Dibimbing oleh HERIANSYAH PUTRA dan ERIZAL.

Tanah lempung ekspansif memiliki potensi kembang-susut yang tinggi dan daya dukung yang rendah sehingga berpotensi menurunkan kinerja lapisan tanah dasar jalan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh campuran *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) dan Magnesium Oksida (MgO) terhadap sifat tanah lempung ekspansif, mengevaluasi perubahan indeks plastisitas dan nilai *California Bearing Ratio* (CBR), serta menentukan kadar optimum campuran yang efektif sebagai material *subgrade*. Penelitian dilakukan pada tanah lempung ekspansif sedang dan tinggi dengan penambahan POFA sebesar 15% dan variasi MgO sebesar 0,25%, 0,50%, dan 0,75%. Pengujian meliputi batas Atterberg, *swelling*, CBR rendaman, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran POFA-MgO mampu menurunkan indeks plastisitas dan potensi pengembangan tanah serta meningkatkan nilai CBR rendaman. Komposisi optimum diperoleh dengan kadar POFA tetap 15% dengan penambahan 0,25% MgO dengan nilai *swelling* terendah sebesar 1,41% pada tanah ekspansif sedang dan 1,97% pada tanah ekspansif tinggi, serta nilai CBR rendaman masing-masing sebesar 13,80% dan 15,21%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa campuran POFA-MgO berpotensi menjadi alternatif bahan stabilisasi yang efektif dan berkelanjutan untuk meningkatkan kinerja tanah lempung ekspansif.

Kata kunci: CBR, lempung ekspansif, magnesium oksida, POFA, stabilisasi tanah

ABSTRACT

MUHAMMAD ATHOURROHMAN. The Effectiveness of Palm Oil Fuel Ash-MgO (POFA-MgO) Mixtures as a Stabilising Agent for Expansive Clay Soils as Assessed by CBR Values. Supervised by HERIANSYAH PUTRA and ERIZAL.

Expansive clay has a high potential for expansion and contraction and low bearing capacity, which may compromise the performance of the road sub-base layer. This study aims to analyse the effect of mixtures of Palm Oil Fuel Ash (POFA) and Magnesium Oxide (MgO) on the properties of expansive clay, to evaluate changes in the plasticity index and California Bearing Ratio (CBR) values, and to determine the optimum mixture content that is effective as a subgrade material. The study was conducted on medium- and high-expansive clay soils with a 15% addition of POFA and MgO variations of 0.25%, 0.50% and 0.75%. Tests included Atterberg limits, swelling, saturated CBR, and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results showed that the POFA-MgO mixture was able to reduce the plasticity index and swelling potential of the soil, whilst increasing the saturated CBR value. The optimum composition was obtained with a fixed POFA content of 15% and the addition of 0.25% MgO, yielding the lowest swelling values of 1.41% for moderately expansive soil and 1.97% for highly expansive soil, as well as saturated CBR values of 13.80% and 15.21%, respectively. These results indicate that the POFA-MgO mixture has the potential to serve as an effective and sustainable alternative stabilisation material for improving the performance of expansive clay soils.

Keywords: CBR, expansive clay, magnesium oxide, POFA, soil stabilization



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

EFEKTIVITAS CAMPURAN *PALM OIL FUEL ASH*-MgO (POFA-MgO) SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DITINJAU PADA NILAI CBR

MUHAMMAD ATHOURROHMAN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU., ASEAN Eng.
- 2 Zainab Ramadhanis, S.T., M.S.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Skripsi : Efektivitas Campuran *Palm Oil Fuel Ash-MgO* (POFA-MgO) sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Ditinjau pada Nilai CBR

Nama : Muhammad Athourrohman
NIM : F4401221056

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd., M. Eng.
NIP. 19900209 201803 1 001

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 19650106 199002 1 001



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan
Ir. Tri Sudibyo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.
NIP. 19840530 201404 1 001



Tanggal Ujian:
19 Juni 2026

Tanggal Lulus: 01 JUL 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan Juni 2026 ini ialah stabilisasi tanah, dengan judul “Efektivitas Campuran *Palm Oil Fuel Ash*-MgO (POFA-MgO) sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Ditinjau pada Nilai CBR”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak yang telah berperan dalam proses penelitian dan penyelesaian skripsi ini, khususnya kepada:

1. Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng., dan Dr. Ir. Erizal, M.Agr. IPU., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing serta memberikan masukan dalam penelitian dan penyusunan skripsi.
2. Ir. Tri Sudibyo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah membantu dalam memberikan arahan serta saran dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Yusdi, Ibu Erni Susanti, Meutia Azzahra, Pandu Suwandi, Fathiya Alfattunisa atas dukungan dan doa yang senantiasa diberikan.
4. Fazila Yasmin Maulana yang telah membersamai selama perkuliahan dan memberikan dukungan.
5. Rekan-rekan satu bimbingan, Windy Dwi Aryanti, Meindika Rafi Praditya, Muhammad Alfa Ibnu Munawar, Muhammad Faishal Faiq, Fitri Wannisha Bilqist, Avrill Khayyira, Inggar Fidela Anggarini, Linlin Asri Ayuna, Vincent Novaldo P, Sri Inayah, Muhammad Rizwal, Bang Reza, Bang Taopiq, Kak Vega, Kak Atika, Kak Yunan, Kak Herlina, Bang Ady, Bang Gen, Bang Banjar M. Caturandy, atas bantuan dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Rekan-rekan Donut Genk, Nathanael Jordan, Harley Dearmanson, Achmad Raihan Nurdin, Alya Noorisya, Azmya Prasetyaningtyas, Desy Nurul Fitria.
7. Rekan-rekan tuti gasa, Fayyad Pietya, Rafi Hadiansyah, Wanda, Farel Hariansyah, Shaquila Allishia, Tri Suryawati, Nifa Nakita, Mutiara Fadhila, Debora Violindini
8. Rekan-rekan tim PKM VGK-GFT 2025, Akma, El Jalaludin, Aji, Ning, Mirlan, Alifa, Elia, Vanessa, Agnan, Hilmi, Aiman, Hacan
9. Teman-teman Cawa Semua, Ichan, Rehan, Ilham, Nadine, Aura, Adel, Cristina
10. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan angkatan 59 (Zenikata Gatatirta) yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Muhammad Athourrohman



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tanah Lempung Ekspansif	6
2.2 <i>Palm Oil Fuel Ash</i> (POFA)	7
2.3 Magnesium Oksida (MgO)	7
2.4 California Bearing Ratio (CBR)	8
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Properties Tanah	15
4.2 Pengaruh Penambahan POFA-MgO Terhadap Indeks Plastisitas	16
4.3 Potensi Pengembangan (<i>Swelling</i>)	19
4.4 Nilai California Bearing Ratio (CBR)	22
4.5 Analisis Morfologi	27
V SIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 Simpulan	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN	36
RIWAYAT HIDUP	39



DAFTAR TABEL

1	Tingkat ekspansivitas tanah berdasarkan indeks plastisitas	6
2	Pengujian sifat fisik tanah	12
3	Variasi pengujian CBR	13
4	<i>Properties</i> tanah ekspansif	15

DAFTAR GAMBAR

1	Kembang susut pada tanah lempung	6
2	Produksi POFA	7
3	Prosedur pelaksanaan penelitian	10
4	Skema pembuatan tanah lempung ekspansif	11
5	Skema pengujian CBR <i>Untreated</i>	13
6	Skema pengujian CBR <i>Treated</i>	13
7	Pengaruh penambahan POFA-MgO terhadap indeks plastisitas	16
8	Pengaruh waktu <i>curing</i> penambahan POFA-MgO terhadap indeks	18
9	Perubahan nilai <i>swelling</i> tanah ekspansif akibat POFA-MgO	19
10	Nilai MDD dan OMC pada tanah ekspansif sedang dan tinggi	22
11	Kurva karakteristik CBR rendaman <i>untreated</i> dan <i>treated</i> : (a) tanah ekspansif sedang; dan (b) tanah ekspansif tinggi	23
12	Pengaruh POFA-MgO terhadap peningkatan nilai CBR	24
13	Hasil analisis citra SEM lempung <i>untreated</i>	27
14	Hasil analisis (a) citra SEM lempung-POFA dan (b) citra SEM lempung-POFA-MgO	28

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data hasil uji pengaruh penambahan POFA-MgO terhadap batas	37
2	Data pengaruh <i>curing</i> penambahan POFA-MgO terhadap indeks	37
3	Dokumentasi pengujian selama penelitian	37