STABILISASI TANAH MODERN:
Bahan Campuran Modern dari Pozzolan Lokal

Penulis:

MUHAMMAD TOYEB

UNILAK PRESS

Stabilisasi Tanah Modern: Bahan Campuran Modern dari Pozzolan Lokal
Copyright ©2025

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

Cetakan Pertama, November 2025
v, 57 halaman : ilustrasi ; 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.

KATA PENGANTAR

Buku ini menghadirkan perspektif baru dalam dunia rekayasa geoteknik dengan menekankan pentingnya keberlanjutan, efisiensi material, dan inovasi teknologi lokal. Di tengah meningkatnya tuntutan global terhadap konstruksi ramah lingkungan, bidang geoteknik ditantang untuk tidak hanya menghadirkan struktur yang kuat, tetapi juga berwawasan hijau dan berdaya guna tinggi.

Melalui pendekatan ilmiah dan aplikatif, buku ini mengulas secara mendalam potensi dan karakteristik bahan pozzolanik lokal seperti *Palm Oil Fuel Ash* (POFA), *fly ash*, dan abu vulkanik sebagai bahan campuran modern pengganti sebagian semen dalam konstruksi dan stabilisasi tanah dasar. Ketiga material tersebut tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis, tetapi juga menjadi bentuk nyata dari pemanfaatan limbah industri dan sumber daya alam lokal dalam kerangka *circular economy* dan pembangunan berkelanjutan.

Isi buku mencakup pembahasan lengkap mulai dari karakteristik fisik dan kimia pozzolan, konsep alkali activation dan geopolimerisasi, hingga evaluasi performa campuran melalui uji laboratorium dan lapangan. Disertai pula dengan ulasan tentang tantangan implementasi, arah pengembangan material hijau. Buku ini memberikan panduan komprehensif bagi akademisi, peneliti, mahasiswa, dan praktisi di bidang teknik sipil dan geoteknik.

Melalui karya ini, penulis berupaya menegaskan bahwa inovasi dalam geoteknik tidak hanya bertujuan memperkuat tanah, tetapi juga memperkuat komitmen terhadap bumi yang menjadikan sains rekayasa sebagai bagian dari solusi, bukan sumber permasalahan.

Pekanbaru, November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **i**
DAFTAR ISI ..... **ii**
DAFTAR TABEL ..... **iv**
DAFTAR GAMBAR ..... **v**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. LATAR BELAKANG 1
1.2. PERMASALAHAN TANAH DASAR PADA INFRASTRUKTUR 2
1.3. URGENSI PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI 3
1.4. PRINSIP KEBERLANJUTAN DALAM TEKNIK SIPIL 4
BAB II DASAR-DASAR GEOTEKNIK **7**
2.1. KARAKTERISTIL FISIK DAN MEKANIK TANAH 7
2.1.1. Ukuran Butiran Tanah 7
2.1.2. Kadar Air, Porositas dan Berat Volume Tanah 8
2.1.3. Indeks Plastisitas dan Berat Jenis Tanah 9
2.1.4. Kerapatan Tanah 9
2.2. CBR DAN MODULUS ELASTISITAS TANAH 10
2.2.1. California Bearing Ratio (CBR) 10
2.2.2. Modulus Elastisitas Tanah 11
BAB III TEKNOLOGI STABILISASI TANAH **13**
3.1. PRINSIP DASAR STABILISASI TANAH 13
3.2. METODE MEKANIK DAN KIMIAWI 13
3.2.1. Metode Mekanik 13
3.2.2. Metode Kimiawi 15
3.3. BAHAN CAMPURAN TRADISIONAL DAN MODERN 15
3.4. KRITERIA PEMILIHAN METODE STABILISASI 17
3.5. KRITERIA PENGEMBANGAN TANAH 18
3.6. EVALUASI KINERJA STABILISASI TANAH 19
BAB IV MATERIAL POZZOLAN UNTUK STABILISASI TANAH **21**
4.1. DEFINISI DAN KLASIFIKASI POZZOLAN 21
4.2. POZZOLAN ALAMI DAN BUATAN 21

4.3. REAKSI POZZOLAN DAN AKTIVASI ALKALI 22
4.4. KONSEP ALKALI-*ACTIVATED* MATERIAL (AAM) 24
4.5. PERAN NaOH dan Na_2SiO_3 DALAM AKTIVASI 26
BAB V KARAKTERISTIK POFA, *FLY ASH*, DAN ABU VULKANIK 28
5.1. ASAL USUL DAN PROSES PRODUKSI POFA 28
5.2. ASAL USUL DAN KLASIFIKASI *FLY ASH* 30
5.3. ASAL USUL DAN KARAKTERISTIK ABU VULKANIK 31
BAB VI EVALUASI KINERJA CAMPURAN 34
6.1. UJI KEPADATAN 34
6.2. UJI KEKUATAN MEKANIS 35
6.3. UJI KEKUATAN MODEL FISIK 36
6.4. UJI KEKUATAN CARA LAPANGAN 38
6.5. MIKROSKOPI SEM DAN KOMPOSISI XRF/XRD 40
BAB VII DAMPAK LINGKUNGAN DAN KEBERLANJUTAN 45
7.1. KONTRIBUSI MATERIAL POZZOLAN 45
7.2. STRATEGI IMPLEMENTASI INFRASTRUKTUR HIJAU 46
7.3. *ROADMAP* PENGEMBANGAN MATERIAL LOKAL 46
7.4. PERMASALAHAN GEOTEKNIK DAN LINGKUNGAN 47
7.5. URGENSI PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI 48
7.6. TANTANGAN DAN REKOMENDASI KEDEPAN 49
DAFTAR PUSTAKA 52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Batasan-batasan ukuran butiran tanah 7
Tabel 2. 2. Nilai porositas, kadar air tanah dan berat volume basah tanah..... 8
Tabel 2. 3. Rentang indeks plastisitas dan berat jenis tanah..... 9
Tabel 2. 4. Tingkat Kerapatan Tanah Berbutir..... 10
Tabel 2. 5. Kriteria CBR tanah dasar (*subgrade*) 11
Tabel 2. 6. Perkiraan modulus elastisitas tanah 12
Tabel 3. 1. Petunjuk awal untuk pemilihan cara stabilisasi 18
Tabel 3. 2. Kriteria tingkat pengembangan tanah..... 19
Tabel 3. 3. Parameter evaluasi 19
Tabel 3. 4. Kuat geser lempung lunak 20
Tabel 3. 5. Indikator kuat geser tak terdrainase tanah lempung lunak 20
Tabel 4. 1. Klasifikasi pozzolan..... 21
Tabel 4. 2. Perbandingan pozzolan alami dan buatan..... 22
Tabel 5. 1. Komposisi kimia POFA..... 29
Tabel 5. 2. Komposisi kimia *fly ash* kelas C dan F 31
Tabel 5. 3. Komposisi kimia abu vulkanik 32
Tabel 5. 4. Komposisi kimia POFA..... 33
Tabel 6. 1. Kuat tekan bebas campuran tanah, pozzolan dan aktivator..... 36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Emisi Karbon Dunia Dari Produksi Semen Tahun 1928-2018..... 1
Gambar 1. 2. Produksi Kelapa Sawit Indonesia Tahun 2015-2020..... 4
Gambar 1. 3. Konsep Tiga Pilar Keberlanjutan..... 6
Gambar 3. 1. Alat Pemadat Mekanis..... 13
Gambar 3. 2. Percepatan Konsolidasi..... 14
Gambar 3. 3. Drainase Vertikal Dangkal..... 14
Gambar 3. 4. Stabilisasi Cara Kimiawi..... 16
Gambar 4. 1. Ilustrasi Rupa Pozzolan..... 22
Gambar 4. 2. Struktur Kimia Alkali Aktivator..... 23
Gambar 4. 3. Tabel Periodik Kimia..... 23
Gambar 4. 4. Struktur Geopolimer menurut Davidovits..... 25
Gambar 4. 5. Konsep Reaksi Kimia AAM..... 27
Gambar 5. 1. Limbah Padat Kelapa Sawit..... 28
Gambar 5. 2. Ilustrasi Tungku Boiler..... 29
Gambar 5. 3. Ilustrasi Pengendali Emisi *Fly Ash*..... 30
Gambar 6. 1. Kurva Proctor Tanah-Pozzolan-Alkali..... 34
Gambar 6. 2. Peralatan Uji Tekan Bebas..... 35
Gambar 6. 3. Skema Pengamatan Deformasi Skala Laboratorium..... 37
Gambar 6. 4. Uji CBR Lapangan..... 38
Gambar 6. 5. Alat Berat Membantu Uji Lapangan..... 39
Gambar 6. 6. Sketsa Jenis Uji Lapangan..... 40
Gambar 6. 7. Mikroskopis (a) *Fly Ash*; (b) POFA; (c) Abu Vulkanik..... 42
Gambar 6. 8. Kristalisasi (a) *Fly Ash*; (b) POFA; (c) Abu Vulkanik..... 44