



Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.
Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.

PERBAIKAN 'TANAH LUNAK'

Pemanfaatan Serat Tandan Kosong
Kelapa Sawit

PERBAIKAH TANAH LUNAK

Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Buku ini ditulis untuk memberikan pemahaman mengenai potensi serat alami sebagai bahan perbaikan tanah khususnya tanah lunak. Diawali dengan membahas masalah stabilisasi dan perkuatan tanah, serat alam apa saja yang telah digunakan sebagai material stabilisasi, dan mekanisme interaksi tanah dan serat juga dibahas secara rinci. Mempertimbangkan potensi yang besar limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang sebagian besarnya adalah serat, maka buku ini juga membahas mengenai sifat fisik, kimia, dan mekaniknya. Komponen-komponen penting seperti kuat tarik dan gesekan antara tanah dan serat juga dibahas mulai metode pengujinya sampai kepada nilainya yang dikumpulkan dari banyak referensi. Sebagai bahan organik, serat TKKS memiliki kelemahan yaitu ketahanannya di dalam tanah. Buku ini juga menyajikan informasi kerusakan yang terjadi pada serat dan penyebabnya yang dibahas sampai ke ukuran mikroskopiknya. Di akhir setiap bab, buku ini menyajikan bahan evaluasi untuk meningkatkan pemahaman pembaca terhadap materi yang disampaikan.

Tentang Penulis



Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T. lahir di Banjarmasin, 19 Juli 1975. Dia menyelesaikan pendidikan S1 di bidang Teknik Sipil tahun 1998 dari Universitas Lambung Mangkurat, S2 di bidang Geoteknik tahun 2001 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, dan S3 di bidang Geoteknik tahun 2008 dari Bauhaus Universitaet Weimar Jerman. Di tahun 2018, dia menyelesaikan Pendidikan Profesi Insinyur dari Universitas Lambung Mangkurat. Sejak tahun 2001, dia mengajar di Program Studi S1 dan S2 Teknik Sipil Unviersitas Lambung Mangkurat. Beberapa matakuliah yang diajar adalah Mekanika Tanah, Desain Pondasi, Penyelidikan Tanah, dan Perkuatan Tanah Lunak. Sejak tahun 2010, dia mulai meneliti penggunaan material sisa sebagai bahan stabilisasi tanah khususnya tanah lunak dan telah mempublikasikan hasil-hasil penelitiannya di beberapa jurnal internasional bereputasi. Pada organisasi profesi, dia menjabat pengurus Persatuan Insinyur Indonesia (PPI) Cabang Banjarbaru, anggota ASEAN Engineering Register (AER), dan ketua Komda Kalsel Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI).



Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T. lahir di Tapin, 26 Agustus 1972. Dia menyelesaikan pendidikan S1 di bidang Teknik Sipil tahun 1997 dari Universitas Lambung Mangkurat, S2 di bidang Manajemen dan Rekayasa Transportasi tahun 2002 dan S3 di bidang Ilmu Teknik Sipil tahun 2021 dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Saat ini, dia mengajar di Program Studi Sarjana dan Magister Teknik Sipil untuk mata kuliah Geometrik Jalan Raya, Perencanaan Bangunan Rekayasa Sipil, Bahan Konstruksi Jalan, Ekonomi Transportasi, Rekayasa Lalu Lintas. Dia banyak melakukan penelitian dan publikasi di jurnal international bereputasi mengenai perkuatan tanah lunak dan penggunaan material setempat sebagai bahan timbunan. Dia juga berpengalaman dalam penggunaan alat-alat uji lapangan untuk timbunan. Sebagai profesional, dia menjabat sebagai pengurus wilayah Kalsel di dua organisasi Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI) dan Persatuan Insinyur Indonesia (Pii).



0858 5343 1992

eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362



ECK02022110639



PERBAIKAN TANAH LUNAK: PEMANFAATAN SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.

Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.



PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**PERBAIKAN TANAH LUNAK:
PEMANFAATAN SERAT TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT**

Penulis : Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.
Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.

Editor : Debi Eka Putri, S.E., M.M.

Desain Sampul : Eri Setiawan

Tata Letak : Endar Widi Sugiyo

ISBN : 978-623-487-474-7

No. HKI : EC002022110639

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, DESEMBER 2022**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2022

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Buku ini ditulis untuk siapa saja yang tertarik untuk mengembangkan serat sebagai bahan dasar stabilisasi maupun dalam bentuk jadi menjadi perkuatan tanah.

Buku ajar ini dibagi dalam lima bab, Bab I membahas mengenai prinsip-prinsip peningkatan daya dukung tanah yang diawali dengan defini stabilisasi dan perkuatan tanah. Bab II membahas mengenai konsep perkuatan tanah dengan serat alam termasuk serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang menjadi fokus buku ini. Salah satu komponen yang berperan dalam perkuatan tanah dengan serat adalah kuat tariknya. Pada Bab III, buku ajar ini juga membahas pengembangan alat uji tarik dan implementasinya meliputi bagian-bagian alat, kalibrasi, dan hasil uji serat TKKS. Pemadatan tanah lunak salah satu tantangan dalam pekerjaan teknik sipil. Penggunaan serat memungkinkan dilakukan yang dibahas pada Bab IV buku ajar ini. Pada Bab V, kuat geser tanah yang dicampurkan dengan serat dibahas meliputi uji *unconfined compressive strength*, *California Bearing Ratio*, *vane shear test*, serta durabilitas serat dalam tanah dilihat dari kuat tarik dan foto morfologi permukaan serat juga dibahas.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Sehingga buku ini bisa hadir di hadapan pembaca. Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran pembaca demi kesempurnaan buku ini kedepannya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, mudah-mudahan buku ini bermanfaat bagi para pembaca.

Banjarbaru, November 2022

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PRINSIP-PRINSIP PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Istilah-Istilah dalam Perbaikan Tanah.....	1
C. Stabilisasi Tanah.....	3
D. Perkuatan Tanah.....	12
E. Fungsi Geotekstil.....	16
F. Penutup	19
G. Evaluasi	20
BAB 2 SERAT ALAMI DAN KONSEP PERKUATAN TANAH DENGAN SERAT	21
A. Pendahuluan.....	21
B. Serat Alami.....	21
C. Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	30
D. Mekanisme Interaksi Tanah dan Serat	33
E. Penutup	36
F. Evaluasi	37
BAB 3 KUAT TARIK SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT	39
A. Pendahuluan	39
B. Peran Kuat Tarik Serat	39
C. Alat Uji Tarik Serat.....	40
D. Kalibrasi Alat Uji Tarik	42
E. Kuat Tarik Serat TKKS.....	43
F. Penutup	48
G. Evaluasi	49
BAB 4 PEMADATAN CAMPURAN TANAH DAN SERAT.....	51
A. Pendahuluan.....	51
B. Pemadatan Tanah.....	51
C. Penggunaan Serat TKKS dan Cangkang Kelapa Sawit	54

D. Teknik Pemadatan Campuran Bahan Alam dan Tanah di Laboratorium	55
E. Lempung Lunak dengan Serat TKKS.....	56
F. Lempung Lunak dengan Cangkang Kelapa Sawit	59
G. Penutup.....	61
H. Evaluasi.....	61
BAB 5 SIFAT FISIK DAN TEKNIS CAMPURAN TANAH DAN SERAT TKKS	62
A. Pendahuluan	62
B. Penggunaan Serat pada Konstruksi	63
C. Sifat-Sifat Tanah dan Serat TKKS	64
D. Sifat-Sifat Campuran Tanah dan Serat.....	68
E. Penutup.....	81
F. Evaluasi.....	81
DAFTAR PUSTAKA	83
GLOSARIUM	94
INDEKS.....	104
TENTANG PENULIS	106

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Interaksi tanah dan geogrid (a) stabilisasi tanah, dan (b) perkuatan tanah (Gee, 2020).....	3
Gambar 1.2 Kriteria pemilihan material stabilisasi berdasarkan PI dan ukuran butiran disarankan Houben dan Guillaud (Hall et al., 2012).	5
Gambar 1.3 Mekanisme dasar perkuatan tanah dan kurva keruntuhan (Gofar, 2008)	14
Gambar 1.4 Mekanisme tranfer tegangan antar muka tanah- perkuatan (Gofar, 2008).....	15
Gambar 1.5 Bukaan pada geogrid menghasilkan interlocking tanah di sekitarnya (Das, 2011).	16
Gambar 1.6 Geotekstil sebagai pemisah (Wu et al., 2020)	16
Gambar 1.7 Ilustrasi geotekstil sebagai filter (Wu et al., 2020).....	17
Gambar 1.8 Ilustrasi geotekstil sebagai drainase (Wu et al., 2020).....	17
Gambar 1.9 Ilustrasi geotekstil sebagai perkuatan (Wu et al., 2020).....	18
Gambar 2.1. Struktur kimia selulosa, hemiselulosa, dan lignin....	22
Gambar 2.2. Pengaruh komponen utama dalam serat.....	23
Gambar 2.3. Geotekstil alami umum yang digunakan saat ini (a) jute (goni) geotekstil dan (b) coir (sabut kelapa) geotekstil (Wu et al., 2020)	24
Gambar 2.4. Sketsa buah kelapa sawit (Rama Rao & Ramakrishna, 2022).....	31
Gambar 2.5. (a) Potongan melintang serat TKKS, dan (b) foto memanjang serat TKKS.....	31
Gambar 2.6. Foto serat secara acak dalam tanah	33
Gambar 2.7. Interaksi permukaan serat dengan tanah (Tang et al., 2010)	34
Gambar 2.8. Detil interaksi serat dan tanah (Ayeldeen et al., 2022).....	35
Gambar 2.9. Distribusi serat dalam sampel 3D (kiri), dan potongan 2D (kanan) (Danso et al., 2017)	35

Gambar 2.10. Interaksi serat dengan tanah disekitarnya (Vincenzini et al., 2021)	36
Gambar 2.11. Interaksi tanah dan serat pada kondisi tegak dan miring (Hejazi et al., 2012)	36
Gambar 3.1. Deskripsi alat dan penjepit serat.....	41
Gambar 3.2. Mekanisme putus serat saat pengujian	42
Gambar 3.3. Hubungan berat dengan gaya yang terukur	42
Gambar 3.4. Hubungan waktu dengan deformasi vertikal	43
Gambar 3.5. Diameter sampel yang diuji	44
Gambar 3.6. Hubungan tegangan tarik dan regangan uji tarik serat TKKS (Arifin et al., 2022)	44
Gambar 3.7. Kuat tarik serat TKKS	45
Gambar 3.8. Regangan maksimum uji tarik serat TKKS	46
Gambar 3.9. (a) Kuat tarik, dan (b) tegangan maksimum sebagai fungsi diameter serat	46
Gambar 3.10. Kuat tarik serat sebagai fungsi waktu setelah diperam dalam tanah (Arifin dkk, 2022).....	47
Gambar 4.1. Foto hasil SEM permukaan material (a) serat TKKS dan (b) cangkang kelapa sawit (Arifin et al., 2020) ...	55
Gambar 4.2. Kepadatan sebagai fungsi kadar serat (Arifin et al., 2020).....	58
Gambar 4.3. Foto tanah lunak yang dipadatkan pada kadar serat (a) 5, (b) 6%, (c) 7%, dan (d) 8% (Arifin et al., 2020) ..	58
Gambar 4.4. Kepadatan sebagai fungsi kandungan cangkang.....	59
Gambar 4.5. Foto tanah lunak yang dipadatkan pada kadar cangkang (a) 2.5%, (b) 5%, (c) 10%, (d) 15%, (e) 20%, and (f) 25%	60
Gambar 5.1. Serat TKKS (a) Bahan dasar, (b) Foto SEM pembesaran 500×, dan (c) Foto serat pembesaran 1500× (Arifin et al., 2019)	66
Gambar 5.2. Kadar air sampel dan berat volume kering sebagai fungsi persentase serat (Arifin et al., 2019)	69
Gambar 5.3. Foto sampel campuran tanah dan serat pada kadar serat berbeda (a) 5% TKKS, (b) 6% TKKS, (c) 7% TKKS, dan (d) 8% TKKS (Arifin et al., 2019)	70

Gambar 5.4. Kuat tekan tanah sebagai fungsi kadar serat (Arifin et al., 2019)	71
Gambar 5.5. CBR sebagai fungsi persentase serat (Arifin et al., 2019)	71
Gambar 5.6. Kuat geser tak terdrainase sebagai fungsi persentase serat (Arifin et al., 2019)	72
Gambar 5.7. (a) Modifikasi alat uji tarik serat dengan geser serat, dan (b) sampel uji tahanan gesek serat dan tanah (Arifin et al., 2022).....	73
Gambar 5.8. Gesekan tanah dan serat sebagai fungsi waktu (Arifin et al., 2022)	74
Gambar 5.9. Hasil uji UCT tanah yang dicampur serat TKKS pada kondisi (a) terbuka, dan (b) tertutup (Arifin et al., 2022)	76
Gambar 5.10. Kuat tekan dan berat sampel sebagai fungsi waktu (Arifin et al., 2022).....	78
Gambar 5.11. Potongan melintang serat TKKS yang diperam selama (a) 1 hari, (b) 28 hari, (c) 90 hari, dan (d) 360 hari (Arifin et al., 2022).....	79
Gambar 5.12. Permukaan serat TKKS yang diperam dalam tanah selama (a) 1 hari, (b) 28 hari, (c) 90 hari, dan (d) 360 hari (Arifin et al., 2022).....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Rekomendasi Jenis Bahan Pengikat (DPU, 2007)	5
Tabel 1.2	Persyaratan kekuatan dan durabilitas tanah yang telah distabilisasi untuk jalan (DPU, 2007)	10
Tabel 1.3	Nilai Tipikal Kekuatan dan <i>Flexural Modulus</i> untuk Perencanaan Jalan dengan Material yang telah distabilisasi (DPU, 2007).....	11
Tabel 2. 1.	Komposisi dan sifat serat alami bahan dasar geotekstil (Wu et al., 2020).....	23
Tabel 2. 2.	Tipe geotekstil dan aplikasinya (Wu et al., 2020).....	25
Tabel 2.3.	Penggunaan geotekstil alami untuk perkuatan tanah (Wu et al., 2020).....	27
Tabel 2. 4.	Studi perbaikan performa geotekstil alami (Wu et al., 2020)	28
Tabel 3.1.	Kuat tarik dan regangan serat TKKS.....	40
Tabel 3.2.	Kuat tarik serat sebagai fungsi waktu dengan dua kondisi pemeraman berbeda (Arifin dkk, 2022)	48
Tabel 4. 1.	Ringkasan karakteristik tanah lunak yang digunakan	54
Tabel 4.2.	Ringkasan sifat serat tandan kosong kelapa sawit yang digunakan.....	55
Tabel 4.3.	Hasil uji pemadatan tanah dan serat.....	61
Tabel 5.1.	Karakteristik tanah lunak yang digunakan	65
Tabel 5.2.	Karakteristik TKKS yang digunakan (Arifin et al., 2019)	65
Tabel 5.3.	Distribusi serat dalam sampel	67
Tabel 5.4.	Penentuan kadar serat optimum (Arifin et al., 2019) ...	68
Tabel 5.5.	Tahanan gesek tanah dan serat sebagai fungsi waktu (Arifin et al., 2022).....	75



**PERBAIKAN TANAH LUNAK:
PEMANFAATAN SERAT TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT**

Dr. Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.

Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.



BAB

1

PRINSIP-PRINSIP PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH

A. Pendahuluan

Bab ini disusun agar pembaca mampu memahami definisi istilah-istilah dalam perbaikan tanah, menjelaskan masing-masing metodenya, dan penelitian terbaru dalam penggunaan material alam sebagai perbaikan tanah.

Beberapa hal detil juga dijelaskan dalam bab ini sehingga pembaca:

1. Mampu menjelaskan dan membedakan istilah stabilisasi dan perkuatan tanah.
2. Mampu menyebutkan dan menjelaskan metode-metode stabilisasi tanah.
3. Mampu menyebutkan dan menjelaskan metode-metode perkuatan tanah.
4. Mampu menyebutkan dan menjelaskan fungsi geotekstil pada perkuatan tanah.
5. Mampu menjelaskan bahasan pokok penelitian terbaru mengenai penggunaan serat pada peningkatan daya dukung tanah.

B. Istilah-Istilah dalam Perbaikan Tanah

Ada beberapa istilah yang digunakan dalam upaya meningkatkan daya dukung tanah. Istilah-istilah tersebut dalam penggunaannya sering tertukar. Istilah tersebut adalah perkuatan tanah dan stabilisasi tanah. Misalnya istilah stabilisasi

BAB

2 | SERAT ALAMI DAN KONSEP PERKUATAN TANAH DENGAN SERAT

A. Pendahuluan

Bab ini disusun agar pembaca mampu memahami dan mengetahui serat alami yang dapat digunakan sebagai perkuatan tanah, mengetahui potensi serat dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan interaksi tanah dengan serat.

Pada bab ini, beberapa hal detil mengenai serat alami yang telah dikembangkan sebagai material perkuatan tanah juga dijabarkan agar pembaca:

1. Mampu menyebutkan komponen serat alami yang berperan dalam penggunaannya sebagai perkuatan tanah.
2. Mampu menyebutkan jenis serat yang telah digunakan sebagai perkuatan tanah.
3. Mampu menjelaskan fungsi utama geotekstil alami
4. Mampu menjelaskan bagian serat TKKS yang dapat diambil seratnya, morfologi seratnya dan menjelaskan sifat fisik, kimia, dan mekanik serat alami termasuk TKKS
5. Mempu menjelaskan mekanisme interaksi tanah dan serat

B. Serat Alami

Geotekstil paling banyak terbuat dari *polypropylene* (PP), *polyethylene terephthalate* (PET), dan *polyethylene* (PE) yang merupakan polimer tak terdegradasi. Dalam penggunaan jangka panjang, karena faktor lingkungan eksternal, polimer tersebut akan rusak menghasilkan akumulasi mikroplastik di lingkungan. Perilaku geotekstil yang terbuat dari serat alami

BAB

3

KUAT TARIK SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

A. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan mengenai kuat tarik serat khususnya TKKS dan cara pengujinya agar pembaca mampu menjelaskan komponen alat uji tarik serat, kalibrasi, dan parameter-parameter yang diukur serta yang mempengaruhi hasilnya. Sehingga secara lebih rincin pembaca:

1. Mampu menyebutkan dan menjelaskan fungsi komponen-komponen alat uji tarik.
2. Mampu menjelaskan kalibrasi-kalibrasi yang dilakukan.
3. Mampu menjelaskan parameter-parameter yang dapat dianalisis dari data uji kuat tarik serat.
4. Mampu menjelaskan penyebab perbedaan hasil kuat tarik yang didapat jika dibandingkan pengujian yang lain.
5. Mampu menjelaskan efek pemeraman dalam tanah terhadap kuat tarik serat.

B. Peran Kuat Tarik Serat

Kuat tarik adalah salah satu komponen penting dalam penggunaannya sebagai meterial perkuatan atau stabilisasi tanah disamping tahanan gesek antara tanah dan serat. Banyak kuat tarik serat telah dilaporkan dalam literatur termasuk kuat tarik serat TKKS. Diantara kuat tarik serat TKKS yang dilaporkan di literatur diurut berdasarkan yang tertinggi sampai yang terendah terlihat pada Tabel 3.1. kuat tarik serat TKKS sangat bervariasi dari yang paling tinggi 52–283 MPa. Nilai

BAB

4

PEMADATAN CAMPURAN TANAH DAN SERAT

A. Pendahuluan

Bab ini disusun agar pembaca mempu menjelaskan tahapan-tahapan uji yang dilakukan untuk memadatkan campuran tanah dengan serat alami khususnya tanah lempung lunak di laboratorium. Secara detil, pembaca diharapkan:

1. Mampu menjelaskan persiapan benda uji sebelum proses pemedatan dilakukan.
2. Mampu menjelaskan proses dan tahapan pemedatan untuk mendapatkan kurva hubungan kadar serat dan berat volume kering.
3. Mampu menganalisis kurva mendapatkan kadar serat optimum dan berat volume kering maksimum campuran tanah dan serat.
4. Mampu menjelaskan proses dan tahapan pemedatan untuk mendapatkan kurva hubungan berat volume kering dan CBR.
5. Mampu menganalisis dan menghubungkan kurva pada poin (3) dan poin (4) untuk mendapatkan nilai CBR

B. Pemedatan Tanah

Pemedatan tanah merupakan masalah yang serius dibidang pertanian modern khususnya yang diakibatkan oleh alat berat pada tanah dengan kandungan lempung yang tinggi (Ziyae & Zarmehri, 2014). Kondisi *hydromorphic* dan/atau

BAB

5

SIFAT FISIK DAN TEKNIS CAMPURAN TANAH DAN SERAT TKKS

A. Pendahuluan

Bab ini disusun agar pembaca mampu menjelaskan pengaruh penambahan serat terhadap sifat fisik dan mekanik tanah terutama tanah lunak.

Beberapa materi penting mengenai sifat fisik dan teknis campuran tanah dan serat TKKS yang dipadatkan dijelaskan secara detil agar pembaca:

1. Mampu menjelaskan pengaruh serat terhadap kadar air tanah lunak.
2. Mampu menjelaskan pengaruh serat terhadap kuat tekan tanah lunak.
3. Mampu menjelaskan efek penambahan serat terhadap CBR tanah lunak yang dipadatkan.
4. Mampu menjelaskan kuat geser tak terdrainase tanah lempung lunak yang ditambahkan serat.
5. Mampu menjelaskan pengaruh waktu terhadap hambatan gesek serat dan tanah dan hubungannya dengan kuat tekan tanah.
6. Mampu menjelaskan pengaruh waktu terhadap mikrostuktur serat yang diperam dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO-T180. (2018). Moisture-Density Relations of Soils using a 4.54 kg (10 lb) Rammer and a 457 mm (18 in.) Drop. *American Association of State Highway Transportation Official*.
- AASHTO-T99. (2019). Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils: using A 2.5 kg (5.5lb) Rammer and A 305 mm (12 in.) Drop. *American Association of State Highway Transportation Official*.
- Abdullah, C. I., Azzahari, A. D., Rahman, N. M. M. A., Hassan, A., & Yahya, R. (2019). Optimizing Treatment of Oil Palm-Empty Fruit Bunch (OP-EFB) Fiber: Chemical, Thermal and Physical Properties of Alkalized Fibers. *Fibers and Polymers*, 20(3), 527–537. <https://doi.org/10.1007/s12221-019-8492-0>
- Agus, S. S., Arifin, Y. F., Tripathy, S., & Schanz, T. (2013). Swelling pressure-suction relationship of heavily compacted bentonite-sand mixtures. *Acta Geotechnica*, 8(2), 155–165. <https://doi.org/10.1007/s11440-012-0189-0>
- Ahmed, A., & Naggar, M. H. E. (2018). Effect of cyclic loading on the compressive strength of soil stabilized with bassanite-tire mixture. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 525–532. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0617-1>
- Ali, M. (2012). Natural fibres as construction materials. *Journal of Civil Engineering and Construction Technology*, 3(3), 80–89. <https://doi.org/10.5897/jcect11.100>
- Angel, M., Rodríguez, R., Anguas, P. G., & Luis, R. P. (2016). *Compaction and mechanical properties of soils compacted in the gyratory compactor*. 20–29.
- Anggraini, V., Asadi, A., Huat, B. B. K., & Nahazanan, H. (2015). Performance of Chemically Treated Natural Fibres and Lime in Soft Soil for the Utilisation as Pile-Supported Earth Platform. *International Journal of Geosynthetics and Ground*

Engineering, 1(3), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s40891-015-0031-5>

Arifin, Y. F., Agustina, E., Andhi, F., & Agus, S. S. (2021). The role of additives in soil-cement subjected to wetting-drying cycles. *Infrastructures*, 6(48), 1–18. <https://doi.org/10.3390/infrastructures6030048>

Arifin, Y.F., Misnawati, & Normelani, E. (2019). The use of natural fiber from oil palm empty fruit bunches for soft soil stabilization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 669(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/669/1/012026>

Arifin, Y.F., Misnawati, & Ridha, M. (2020). Laboratory Compaction Method of Soft Clay and Natural Plant Fiber/Shell Mixtures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 499(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/499/1/012002>

Arifin, Y.F., & Sambelum. (2019). Bentonite Enhanced Soil as an Alternative Landfill Liner in Rikut Jawu, South Barito. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 239(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/239/1/012003>

Arifin, Y. F., & Rahman, G. (2019). Stabilization of Soft Soil with Cement and Palm Kernel Shell Ash Admixture. *MATEC Web of Conferences*, 280, 04011. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201928004011>

Arifin, Y. F., Arsyad, M., Pangestu, A. A., & Pratama, D. (2021). the Permeability and Shear Strength of Compacted Claystone-Bentonite Mixtures. *International Journal of GEOMATE*, 21(84), 48–61. <https://doi.org/10.21660/2021.84.j2141>

Arifin, Y. F., Arsyad, M., Siswanto, R., Astawa, I. K. T. F., Ridha, M. H., & Ramadhani, M. R. (2022). Tensile Strength and Durability of Oil Palm Empty Fruit Fiber in Soft Soil. *International Journal of GEOM*, 23(99), 72–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.21660/2022.99.3610>

- Arifin, Y. F, & Sambelum. (2019). Bentonite Enhanced Soil as an Alternative Landfill Liner in Rikut Jawu, South Barito. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 239 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/239/1/012003>
- Ashour, T., & Wu, W. (2010). The influence of natural reinforcement fibers on erosion properties of earth plaster materials for straw bale buildings. *Journal of Building Appraisal*, 5(4), 329–340. <https://doi.org/10.1057/jba.2010.4>
- Asmani, D., Hafez, M. A., & Shakri, M. S. (2013). Comparison between Static and Dynamic Compaction for California Bearing Ratio (CBR). *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 18, 5857–5869.
- ASTM-D3379-75. (1989). Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus for High-Modulus Single-Filament Materials. *ASTM International, West Conshohocken, PA, www.Astm.Org*, 75(Reapproved 1989), 1–5.
- ASTM-D4318. (2018). Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. *ASTM International*, 20. <https://doi.org/10.1520/D4318-17E01>
- ASTM-D5321-08. (2008). Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil and Geosynthetic or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method. *ASTM International, West Conshohocken, PA*, 1–7.
- ASTM-D698-07. (2007). Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort. *ASTM International, West Conshohocken, PA*, 13.
- ASTM D1557. (2013). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56 , 000 ft-lbf / ft³ (2 , 700 kN·m / m³))* 1. 3. <https://doi.org/10.1520/D1557-12.1>
- Athanasopoulou, A. (2014). *Addition of Lime and Fly Ash to Improve Highway Subgrade Soils*. 26(April), 773–775. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0000856](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000856).

Ayeldeen, M., Azzam, W., & Arab, M. G. (2022). The Use of Fiber to Improve the Characteristics of Collapsible Soil Stabilized with Cement. *Geotechnical and Geological Engineering*, 40(4), 1873–1885. <https://doi.org/10.1007/s10706-021-01997-4>

Bakar, A. A., Hassan, A., & Mohd Yusof, A. F. (2006). Mechanical and Water-Absorption Properties of Sisal Fiber (Agave Sisalana)-Reinforced Polyester C. *International Journal of Polymeric Materials*, 55(9), 627–641.

Bateni, F., Ahmad, F., Yahya, A. S., & Azmi, M. (2011). Performance of oil palm empty fruit bunch fibres coated with acrylonitrile butadiene styrene. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1824–1829.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.080>

Bhat, I.-H., Abdul Khalil, H. P. S., Ismail, H., & Alshammari, T. (2011). Morphological, Spectroscopic, and Thermal Properties of Alkali-Treated and Chemically Modified Oil Palm Empty Fruit Bunch Fibers and Oil Palm Frond Fibers: A Comparative Study. *BioResources*, 6(4), 4673–4685.

Brahmachary, T. K., Ahsan, M. K., & Rokonuzzaman, M. (2019). Impact of rice husk ash (RHA) and nylon fiber on the bearing capacity of organic soil. *SN Applied Sciences*, 1(3), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0275-0>

Brahmachary, T. K., & Rokonuzzaman, M. (2018). Investigation of random inclusion of bamboo fiber on ordinary soil and its effect CBR value. *International Journal of Geo-Engineering*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-018-0079-x>

Chinkulkijniwat, A., Man-koksung, E., Uchaipichat, A., & Horpibulsuk, S. (2010). Compaction Characteristics of Non-Gravel and Gravelly Soils Using a Small Compaction Apparatus. *Journal of ASTM International*, 7(7), 1–14.

Chore, H. S., & Vaidya, M. K. (2015). Strength Characterization of Fiber Reinforced Cement–Fly Ash Mixes. *International Journal*

of Geosynthetics and Ground Engineering, 1(4), 1–8.
<https://doi.org/10.1007/s40891-015-0032-4>

Danso, H. (2017). Properties of Coconut, Oil Palm and Bagasse Fibres: As Potential Building Materials. *Procedia Engineering*, 200, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.002>

Danso, H., Martinson, D. B., Ali, M., & Williams, J. B. (2017). Mechanisms by which the inclusion of natural fibres enhance the properties of soil blocks for construction. *Journal of Composite Materials*, 51(27), 3835–3845. <https://doi.org/10.1177/0021998317693293>

Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering* (Seventh). Cengage Learning.

Dash, S. K., Ph, D., Hussain, M., & Ph, D. (2012). *Lime Stabilization of Soils : Reappraisal*. June, 707–714. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT)

Diambra, A., & Ibraim, E. (2014). Modelling of fibre-cohesive soil mixtures. *Acta Geotechnica*, 9(6), 1029–1043. <https://doi.org/10.1007/s11440-013-0283-y>

DJP. (2021). *Produksi Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia , 2017-2021*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia. <https://www.pertanian.go.id/>

DPU. (2007). *Perencanaan stabilisasi tanah dengan bahan serbuk pengikat untuk konstruksi jalan*. Departemen Pekerjaan Umum.

Forssblad, L. (1967). New Method for Laboratory Soil Compaction by Vibration. *Symposium on Compaction of Earthwork and Granular Bases*, 177, 219–225.

Gao, L., Zhou, Q., Yu, X., Wu, K., & Mahfouz, A. H. (2017). Experimental study on the unconfined compressive strength of carbon fiber reinforced clay soil. *Marine Georesources and Geotechnology*, 35(1), 143–148.

<https://doi.org/10.1080/1064119X.2015.1102184>

Gee, B. (2020). *Stabilization vs Reinforcement : What ' s the Difference ?* Tensar Americas Blog.
<https://info.tensarcorp.com/stabilization-vs-reinforcement-whats-the-difference>

Gofar, N. (2008). *Ground improvement & stabilization.* 180.

Gupta, D., & Kumar, A. (2016). Strength Characterization of Cement Stabilized and Fiber Reinforced Clay-Pond Ash Mixes. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 2(4), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40891-016-0069-z>

Gurtug, Y., & Sridharan, A. (2004). *Compaction behaviour and prediction of its characteristics of fine grained soils with particular reference to compaction energy COMP A : C1 ' ION BEHAVIOUR AND PREDICTION OF ITS CHARACTERISTICS OF FINE GRAINED SOILS WITH PARTICULAR REFERENCE TO COMPACTION.* September 2018.
<https://doi.org/10.3208/sandf.44.5>

Hall, M. R., Najim, K. B., Keikhaei, P., & Dehdezi. (2012). Soil stabilisation and earth construction: material, properties, and techniques. In M. R. HALL, R. LINDSAY, & M. KRAYENHOFF (Eds.), *Modern earth buildings: Materials, engineering, construction and applications* (Issue February 2012, pp. 34-57). Woodhead Publishing Limited.

Hejazi, S. M., Sheikhzadeh, M., Abtahi, S. M., & Zadhoush, A. (2012). A simple review of soil reinforcement by using natural and synthetic fibers. *Construction and Building Materials*, 30, 100-116. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.11.045>

Iqbal, S., Ali, I., Room, S., Khan, S. A., & Ali, A. (2019). Enhanced mechanical properties of fiber reinforced concrete using closed steel fibers. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 52(3). <https://doi.org/10.1617/s11527-019-1357-6>

- Kézdi, Á. (1979). *Development in Geotechnical Engineering* 19: Stabilized Earth Roads. Elsevier Scientific.
- Khan, A. J., Huq, F., & Hossain, S. Z. (2014). *Application of Jute Geotextiles for Rural Road Pavement Construction*. March, 370-379. <https://doi.org/10.1061/9780784413401.037>
- Komuraiah, A., Kumar, N. S., & Prasad, B. D. (2014). Chemical Composition of Natural Fibers and its Influence on their Mechanical Properties. *Mechanics of Composite Materials*, 50(3), 359-376. <https://doi.org/10.1007/s11029-014-9422-2>
- Kroehong, W., Jaturapitakkul, C., Pothisiri, T., & Chindaprasirt, P. (2018). Effect of Oil Palm Fiber Content on the Physical and Mechanical Properties and Microstructure of High-Calcium Fly Ash Geopolymer Paste. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(10), 5215-5224. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-3059-0>
- Kuttah, D. (2019). Strong correlation between the laboratory dynamic CBR and the compaction characteristics of sandy soil. *International Journal of Geo-Engineering*. <https://doi.org/10.1186/s40703-019-0102-x>
- Mancilla-leyto, J. M. (2016). *Soil compaction and water availability affect growth and survival of Quercus ilex subsp . ballota seedlings*. 621-633. <https://doi.org/10.1007/s11056-016-9534-8>
- Medina-Martinez, C. J., Sandoval-Herazo, L. C., Zamora-Castro, S. A., Vivar-Ocampo, R., & Reyes-Gonzalez, D. (2022). Natural Fibers: An Alternative for the Reinforcement of Expansive Soils. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15). <https://doi.org/10.3390/su14159275>
- Mitchell, J. K., & Soga, K. (2005). *Fundamental of Soil Behavior* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Mohammed, L., Ansari, M. N. M., Pua, G., Jawaid, M., & Islam, M. S. (2015). A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. *International Journal of*

Polymer Science, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/243947>

Nawaz, M. F., Bourrié, G., Trolard, F., Ranger, J., Gul, S., & Niazi, N. K. (2016). *Early detection of the effects of compaction in forested soils: evidence from selective extraction techniques*. 2223–2233. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1434-1>

Norul Izani, M. A., Paridah, M. T., Anwar, U. M. K., Mohd Nor, M. Y., & H'Ng, P. S. (2013). Effects of fiber treatment on morphology, tensile and thermogravimetric analysis of oil palm empty fruit bunches fibers. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 1251–1257. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.07.027>

Omar, F. N., Mohammed, M. A. P., & Baharuddin, A. S. (2014a). Effect of silica bodies on the mechanical behaviour of oil palm empty fruit bunch fibres. *BioResources*, 9(4), 7041–7058. <https://doi.org/10.15376/biores.9.4.7041-7058>

Omar, F. N., Mohammed, M. A. P., & Baharuddin, A. S. (2014b). Microstructure modelling of silica bodies from oil palm empty fruit bunch (OPEFB) fibres. *BioResources*, 9(1), 938–951. <https://doi.org/10.15376/biores.9.1.938-951>

Peponi, L., Biagiotti, J., Torre, L., Kenny, J. M., & Mondragon, I. (2008). Statistical Analysis of the Mechanical Properties of Natural Fibers and Their Composite Materials. I. Natural Fibers. *Polymer Composites*, 29(3), 313–320. <https://doi.org/10.1002/pc>

Rama Rao, P., & Ramakrishna, G. (2021). Experimental Investigation on Mechanical Properties of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber Reinforced Cement Mortar. *Materials Today: Proceedings*, 46, 471–477. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.269>

Rama Rao, P., & Ramakrishna, G. (2022). Oil palm empty fruit bunch fiber: surface morphology, treatment, and suitability as reinforcement in cement composites- A state of the art review. *Cleaner Materials*, 6(September), 100144.

<https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100144>

- Ramlee, N. A., Jawaid, M., Zainudin, E. S., & Yamani, S. A. K. (2019). Tensile, physical and morphological properties of oil palm empty fruit bunch/sugarcane bagasse fibre reinforced phenolic hybrid composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(4), 3466–3474. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.06.016>
- Ramli, M., & Dawood, E. T. (2010). Effects of Palm Fiber on the Mechanical Properties of Lightweight Concrete Crushed Brick. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(2), 489–493. <https://doi.org/10.3844/ajeassp.2010.489.493>
- Santi, L. P., Kalbuadi, D. N., & Geonadi, D. H. (2018). Empty Fruit Bunches As a Potential Source for Biosilica Fertilizer for Oil Palm. *Semnas Biologi Tropika: Pemanfaatan Biodiversitas Tropika Untuk Mewujudkan Bio-Based Economy*, July, 1–12.
- Schanz, T., Arifin, Y. F., Khan, M. I., & Agus, S. S. (2010). Time effects on total suction of bentonites. *Soils and Foundations*, 50(2). <https://doi.org/10.3208/sandf.50.195>
- SNI-1743. (2008). Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah. *Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional*, 1–20.
- SNI1742. (2008). Cara uji kepadatan ringan untuk tanah. *Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional*, 1–20.
- Soto, D. P., Donoso, P. J., Salas, C., & Puettmann, K. J. (2015). Light availability and soil compaction influence the growth of underplanted *Nothofagus* following partial shelterwood harvest and soil scarification. 1005(August 2014), 998–1005.
- Sridharan, A., & Nagaraj, H. B. (2005). Plastic limit and compaction characteristics of fine-grained soils. *Ground Improvement*, 9(1), 17–22.
- Sudhakaran, S. P., Sharma, A. K., Ph, D., Asce, A. M., Kolathayyar, S., & Ph, D. (2018). *Soil Stabilization Using Bottom Ash and Areca*

Fiber: Experimental Investigations and Reliability Analysis. 30(2006), 1–10. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002326](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002326).

Talukdar, P., & Sharma, B. (2014). DETERMINATION OF COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL BY STATIC COMPACTION METHOD. *North East Student Geo-Congress on Advances in Geotechnical Engineering, January*, 1–9.

Tang, C. S., Shi, B., & Zhao, L. Z. (2010). Interfacial shear strength of fiber reinforced soil. *Geotextiles and Geomembranes*, 28(1), 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2009.10.001>

Tomšić, B., Marković, D., Janković, V., Simončić, B., Nikodinovic-Runic, J., Ilic-Tomic, T., & Radetić, M. (2022). Biodegradation of cellulose fibers functionalized with CuO/Cu₂O nanoparticles in combination with polycarboxylic acids. *Cellulose*, 29(1), 287–302. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04296-6>

Van Hofsten, B., & Edberg, N. (1972). Estimating the rate of degradation of cellulose fibres in water. *Oikos*, 23(1), 29–34. <https://doi.org/10.2307/3543924>

Vanapalli, S. K. (2010). Shear strength of unsaturated soils and its applications in geotechnical engineering practice. In Buzzi, Fityus, & Sheng (Eds.), *Unsaturated Soils* (Issue December, pp. 579–598). Taylor & Francis.

Vincenzini, A., Augarde, C. E., & Gioffrè, M. (2021). Experimental characterization of natural fibre-soil interaction: lessons for earthen construction. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 54(3). <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01703-z>

Witayakran, S., Kongtud, W., Boonyarat, J., Smithipong, W., & Chollakup, R. (2017). Development of oil palm empty fruit bunch fiber reinforced epoxy composites for bumper beam in automobile. *Key Engineering Materials*, 751 KEM, 779–784.

- <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.751.779>
- Wu, H., Yao, C., Li, C., Miao, M., Zhong, Y., Lu, Y., & Liu, T. (2020). Review of application and innovation of geotextiles in geotechnical engineering. *Materials*, 13(7), 1–21. <https://doi.org/10.3390/MA13071774>
- Xiang, L. Y., Hanipah, S. H., Mohammed, M. A. P., Baharuddin, A. S., & Lazim, A. M. (2015). Microstructural, mechanical, and physicochemical behaviours of alkali pre-treated oil palm stalk fibres. *BioResources*, 10(2), 2783–2796. <https://doi.org/10.15376/biores.10.2.2783-2796>
- Xing, H., Yang, X., Xu, C., & Ye, G. (2009). Strength characteristics and mechanisms of salt-rich soil-cement. *Engineering Geology*, 103(1–2), 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.07.011>
- Xiong, F., Xing, H., & Li, H. (2019). Experimental study on the effects of multiple corrosive ion coexistence on soil-cement characteristics. *Soils and Foundations*, 59(2), 398–406. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.12.001>
- Ye, W., Zhang, Y., Chen, B., & Zhang, S. (2009). Characteristics of shear strength of unsaturated weak expansive soil. *International Symposium on Geoenvironmental Engineering*, 505.
- Yew, M. K., Mahmud, H. Bin, Ang, B. C., & Yew, M. C. (2014). *Effects of Oil Palm Shell Coarse Aggregate Species on High Strength Lightweight Concrete*. 2014.
- Yusoff, M. Z. M., Salit, M. S., & Ismail, N. (2009). Tensile properties of single oil palm empty fruit bunch (OPEFB) fibre. *Sains Malaysiana*, 38(4), 525–529.
- Ziyaei, A., & Zarmehri, M. R. (2014). *A survey study on Soil compaction problems for new methods in agriculture*. August 2012.

GLOSARIUM

- Absorbsi : penyerapan adalah fenomena fisika atau kimia atau suatu proses di mana atom, molekul atau ion memasuki fase ruang-bahan cair atau padat
- Abutmen : bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar-pilar jembatan yang berfungsi sebagai penahan tanah dan juga sebagai pemikul seluruh beban baik itu beban hidup (kendaraan, angin, dan lain-lain) maupun beban mati (beban gelagar, dan lain-lain) pada sebuah jembatan
- Aditif : bahan-bahan yang biasanya ditambahkan pada material tertentu dalam proses pengolahan atau penyimpanan dengan tujuan untuk menguatkan, mengawetkan, dan lain-lain.
- Aerob : respirasi yang memerlukan oksigen
- Alfa selulosa : selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP (derajat polimerisasi) 600 - 1500. Alfa selulosa dipakai sebagai penduga dan atau penentu tingkat kemurnian selulosa.
- Anoxic : suatu pengolahan yang kondisinya sudah tidak terdapat oksigen terlarut lagi (oksidigen bebas lagi), sehingga mikroorganisme yang akan mengolah air limbah perlu melepaskan oksigen terikat dalam bentuk senyawa nitrat atau nitrit.

TENTANG PENULIS



Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T. lahir di Banjarmasin, 19 Juli 1975. Dia menyelesaikan pendidikan S1 di bidang Teknik Sipil tahun 1998 dari Universitas Lambung Mangkurat, S2 di bidang Geoteknik tahun 2001 dari Institut Teknologi Sepuluh Novermber Surabaya, dan S3 di bidang Geoteknik tahun 2008 dari Bauhaus Universitaet Weimar Jerman. Di tahun 2018, dia menyelesaikan Pendidikan Profesi Insinyur dari Universitas Lambung Mangkurat. Sejak tahun 2001, dia mengajar di Program Studi S1 dan S2 Teknik Sipil Unviersitas Lambung Mangkurat. Beberapa matakuliah yang diajar adalah Mekanika Tanah, Desain Pondasi, Penyelidikan Tanah, dan Perkuatan Tanah Lunak. Sejak tahun 2010, dia mulai meneliti penggunaan material sisa sebagai bahan stabilisasi tanah khususnya tanah lunak dan telah mempublikasikan hasil-hasil penelitiannya di beberapa jurnal internasional bereputasi. Pada organisasi profesi, dia menjabat pengurus Persatuan Insinyur Indonesia (PPI) Cabang Banjarbaru, anggota ASEAN Engineering Register (AER), dan ketua Komda Kalsel Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI). Saat ini dia juga menjabat sebagai ketua Pusat Studi Material Berbasis Lahan Basah di Universitas Lambung Mangkurat.



Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T. lahir di Tapin, 26 Agustus 1972. Dia menyelesaikan pendidikan S1 di bidang Teknik Sipil tahun 1997 dari Universitas Lambung Mangkurat, S2 di bidang Manajemen dan Rekayasa Transportasi tahun 2002 dan S3 di bidang Ilmu Teknik Sipil tahun 2021 dari Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Saat ini, dia mengajar di Program Studi Sarjana dan Magister Teknik Sipil untuk mata kuliah Geometrik Jalan Raya, Perencanaan Bangunan Rekayasa Sipil, Bahan Konstruksi Jalan, Ekonomi Transportasi, Rekayasa Lalu Lintas. Dia banyak melakukan penelitian dan publikasi di jurnal international bereputasi mengenai perkuatan tanah lunak dan penggunaan material setempat sebagai bahan timbunan. Dia juga berpengalaman dalam penggunaan alat-alat uji lapangan untuk timbunan. Sebagai profesional, dia menjabat sebagai pengurus wilayah Kalsel di dua organisasi Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI) dan Persatuan Insinyur Indonesia (PII).

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka pelindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC002022110639, 21 Desember 2022

Pencipta

Nama : Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T. dan Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.

Alamat : Jl. A. Yani Km 35,5 Banjarbaru 70714, Banjarbaru, KALIMANTAN SELATAN, 70714

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T. dan Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.

Alamat : Jl. A. Yani Km 35,5 Banjarbaru 70714, Banjarbaru, KALIMANTAN SELATAN, 70714

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : Buku

Judul Ciptaan : Perbaikan Tanah Lunak: Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 13 Desember 2022, di Purbalingga

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000426383

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto
NIP.196412081991031002

Disclaimer:
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.