

REPUBLIC INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan 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.



## PERBAIKAN TANAH LUNAK

Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Buku ini ditulis untuk memberikan pemahaman mengenai potensi serat alam sebagai bahan perbaikan tanah khususnya tanah lunak. Diawali dengan membahas masalah stabilisasi dan kekuatan 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 pengujian 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 mikroskopisnya. 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 Universität 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 Universitas Lambung Mangkurat. Beberapa matakuliah yang diajarkan 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 Geometri Jalan Raya, Perencanaan Bangunan Rekayasa Sipil, Bahan Konstruksi Jalan, Ekonomi Transportasi, Rekayasa Lalu Lintas. Dia banyak melakukan penelitian dan publikasi di jurnal internasional 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 (PPI).



eureka  
media utama

☎ 0852 5343 1992

✉ surekamediaakara@gmail.com

📍 Jl. Banjaran RT20 RW10

Bojongsari - Perbalingga 83362

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.

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

**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.



**eureka**  
**media aksara**

**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

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 defeni 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 ujit tarik dan implementasinya meliputi bagian-bagian alat, kalibrasi, dan hasil uji serat TKKS. Pematatan 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

<b>PRAKATA</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PRINSIP-PRINSIP PENINGKATAN DAYA DUKUNG</b>	
<b>TANAH</b> .....	<b>1</b>
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
<b>BAB 2 SERAT ALAMI DAN KONSEP PERKUATAN TANAH</b>	
<b>DENGAN SERAT</b> .....	<b>21</b>
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
<b>BAB 3 KUAT TARIK SERAT TANDAN KOSONG KELAPA</b>	
<b>SAWIT SERAT</b> .....	<b>38</b>
A. Pendahuluan.....	38
B. Peran Kuat Tarik Serat.....	38
C. Alat Uji Tarik Serat.....	39
D. Kalibrasi Alat Uji Tarik.....	41
E. Kuat Tarik Serat TKKS.....	42
F. Penutup.....	47
G. Evaluasi.....	47
<b>BAB 4 PEMADATAN CAMPURAN TANAH DAN SERAT</b>	
<b>SERAT</b> .....	<b>49</b>
A. Pendahuluan.....	49
B. Pemadatan Tanah.....	49

C. Penggunaan Serat TKKS dan Cangkang Kelapa Sawit.....	52
D. Teknik Pemasakan Campuran Bahan Alam dan Tanah di Laboratorium .....	53
E. Lempung Lunak dengan Serat TKKS.....	54
F. Lempung Lunak dengan Cangkang Kelapa Sawit .....	57
G. Penutup.....	59
H. Evaluasi.....	59
<b>BAB 5 SIFAT FISIK DAN TEKNIS CAMPURAN TANAH DAN SERAT TKKS SERAT .....</b>	<b>60</b>
A. Pendahuluan .....	60
B. Penggunaan Serat pada Konstruksi .....	61
C. Sifat-Sifat Tanah dan Serat TKKS .....	62
D. Sifat-Sifat Campuran Tanah dan Serat.....	65
E. Penutup.....	77
F. Evaluasi.....	77
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>90</b>
<b>INDEKS.....</b>	<b>100</b>
<b>TENTANG PENULIS .....</b>	<b>102</b>

## 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)	34
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).....	35
Gambar 2.11 Interaksi tanah dan serat pad kondisi tegak dan miring (Hejazi et al., 2012).....	36
Gambar 3.1 Deskripsi alat dan penjepit serat.....	40
Gambar 3.2 Mekanisme putus serat saat pengujian .....	41
Gambar 3.3 Hubungan berat dengan gaya yang terukur.....	41
Gambar 3.4 Hubungan waktu dengan deformasi vertikal.....	42
Gambar 3.5 Diameter sampel yang diuji.....	43
Gambar 3.6 Hubungan tegangan tarik dan regangan uji tarik serat TKKS (Arifin et al., 2022) .....	43
Gambar 3.7 Kuat tarik serat TKKS .....	44
Gambar 3.8 Regangan maksimum uji tarik serat TKKS .....	44
Gambar 3.9 (a) Kuat tarik, dan (b) tegangan maksimum sebagai fungsi diameter serat.....	45
Gambar 3.10 Kuat tarik serat sebagai fungsi waktu setelah diperam dalam tanah (Arifin dkk, 2022) .....	46
Gambar 4.1 Foto hasil SEM permukaan material (a) serat TKKS dan (b) cangkang kelapa sawit (Arifin et al., 2020) ...	53
Gambar 4.2 Kepadatan sebagai fungsi kadar serat (Arifin et al., 2020).....	56
Gambar 4.3 Foto tanah lunak yang dipadatkan pada kadar serat (a) 5, (b) 6%, (c) 7%, dan (d) 8% (Arifin et al., 2020).....	56
Gambar 4.4 Kepadatan sebagai fungsi kandungan cangkang.....	57
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% .....	58
Gambar 5.1 Serat TKKS (a) Bahan dasar, (b) Foto SEM pembesaran 500×, dan (c) Foto serat pembesaran 1500× (Arifin et al., 2019).....	64
Gambar 5.2 kadar air sampel dan berat volume kering sebagai fungsi persentase serat (Arifin et al., 2019) .....	67

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) .....	67
Gambar 5.4 Kuat tekan tanah sebagai fungsi kadar serat (Arifin et al., 2019) .....	68
Gambar 5.5 CBR sebagai fungsi persentase serat (Arifin et al., 2019) .....	68
Gambar 5.6 Kuat geser tak terdrainase sebagai fungsi persentase serat (Arifin et al., 2019) .....	69
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).....	70
Gambar 5.8 Gesekan tanah dan serat sebagai fungsi waktu (Arifin et al., 2022) .....	71
Gambar 5.9 Hasil uji UCT tanah yang dicampur serat TKKS pada kondisi (a) terbuka, dan (b) tertutup (Arifin et al., 2022) .....	73
Gambar 5.10 Kuat tekan dan berat sampel sebagai fungsi waktu (Arifin et al., 2022).....	74
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).....	75
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).....	77

## 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 Flexural Modulus 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.....	39
Tabel 3.2 Kuat tarik serat sebagai fungsi waktu dengan dua kondisi pemeraman berbeda (Arifin dkk, 2022) .....	47
Tabel 4.1 Ringkasan karakteristik tanah lunak yang digunakan...	52
Tabel 4.2 Ringkasan serat tandan kosong kelapa sawit yang digunakan.....	53
Tabel 4.3 Hasil uji pemadatan tanah dan serat.....	59
Tabel 5.1 Karakteristik tanah lunak yang digunakan .....	63
Tabel 5.2 Karakteristik TKKS yang digunakan (Arifin et al., 2019).....	63
Tabel 5.3 Distribusi serat dalam sampel .....	65
Tabel 5.4 Penentuan kadar serat optimum (Arifin et al., 2019).....	66
Tabel 5.5 Tahanan gesek tanah dan serat sebagai fungsi waktu (Arifin et al., 2022) .....	71



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

Dr. Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin  
Dr. Muhammad Arsyad

