

Analisis Karakteristik Tanah Gambut Berserat dan Dampaknya Terhadap Infrastruktur

Dewi Amalia¹⁾, Elrich Gratiawan WD Gulo²⁾, Faisal Estu Yulianto³⁾, Yusmiati Kusuma⁴⁾, Ery Radya Juarti⁵⁾, Apip Pudin⁶⁾

^{1, 2)} Program Studi Magister Terapan Rekayasa Infrastruktur, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung

³⁾ Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Madura

^{4, 5)} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung

⁶⁾ Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung

Email: dewi.amalia@polban.ac.id¹⁾, elrich.gratiawan.mtri22@polban.ac.id²⁾, faisal.estu@unira.ac.id⁴⁾, eryradya@polban.ac.id⁴⁾, metty@polban.ac.id⁵⁾, apipp055@gmail.com⁶⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i1.1008>

(Received: 23 August 2023 / Revised: 16 December 2023 / Accepted: 01 February 2024)

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sebaran lahan gambut yang luas. Gambut dikenal sebagai tanah yang bermasalah dalam pekerjaan konstruksi karena memiliki daya dukung yang rendah sehingga tidak dapat menopang pondasi infrastruktur. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik tanah gambut di Kalimantan, sehingga penanganan yang tepat dapat ditentukan untuk mengatasi permasalahannya. Studi kasus pada penelitian ini adalah tanah gambut di Bereng Bengkel, Palangkaraya. Karakteristik tanah gambut diidentifikasi melalui serangkaian pengujian tanah berdasarkan *Peat Testing Manual 1979*. Selain itu, dilakukan juga pengujian *Scanning Electron Microscopy* untuk melihat morfologi tanah gambut, serta pengujian *Fourier Transform Infra-Red* untuk mengidentifikasi jenis senyawa yang terdapat di dalamnya. Hasil pengujian tanah di laboratorium menunjukkan bahwa tanah gambut memiliki sifat yang buruk secara geoteknik. Dari hasil pengujian SEM, diketahui adanya makropori dan mikropori pada tanah gambut yang sebagian besar ditempati oleh air. Kemudian, berdasarkan hasil pengujian FTIR, diketahui bahwa tanah gambut memiliki senyawa yang bersifat hidrofilik.

Kata kunci: *tanah gambut, serat gambut, infrastruktur*

Abstract

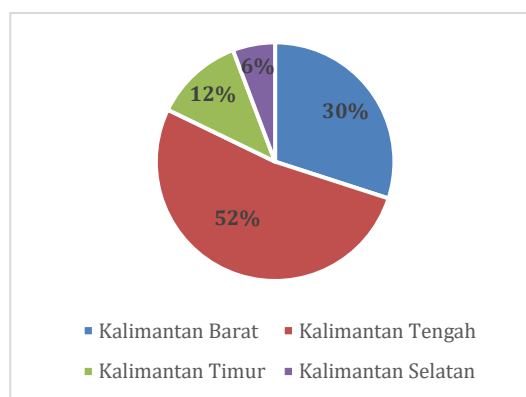
Indonesia is one of the countries with a wide distribution of peatlands. Peat is known as a problematic soil in construction work because it has a low bearing capacity that cannot support infrastructure foundations. The objective of this research is to analyze the characteristics of peat soils in Kalimantan, so that appropriate treatments can be determined to overcome the problem. A case study of this research is the peat soil in Bereng Bengkel, Palangkaraya. The characteristics of the peat soil were identified through a series of soil tests based on the *Peat Testing Manual 1979*. In addition, *Scanning Electron Microscopy* testing was carried out to look at the morphology of the peat soil, as well as *Fourier Transform Infra-Red* testing to identify the types of compounds contained therein. The results of soil testing in the laboratory showed that the peat soil had poor geotechnical properties. SEM testing revealed macropores and micropores in the peat soil, most of which were occupied by water. FTIR testing showed that peat soil has hydrophilic compounds.

Keywords: *peat soil, peat fiber, infrastructure*

1. Latar Belakang

Lahan gambut terbentuk akibat penambahan bahan organik (*organic matters*) seperti sisa-sisa tanaman, daun, batang dan akar (Kolay and Taib, 2018) dalam jumlah besar secara terus menerus melebihi laju penguraiannya (Masganti et al., 2017). Hal ini kemudian menyebabkan penumpukan bahan organik yang masih belum terurai dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, tanah gambut memiliki kandungan organik yang terbilang sangat tinggi sebagai hasil dari dekomposisi vegetasi tanaman (Handali et al., 2014). Tanah gambut sangat berbeda dengan tanah lempung. Tanah gambut memiliki ciri-ciri berwarna coklat kehitaman, berserat, dan bertekstur kasar, sedangkan tanah lempung berwarna abu kehitaman, bertekstur halus, dan berpasir (Muliadi et al., 2019). Tanah gambut umumnya berwarna gelap akibat dari kandungan organik yang tinggi dan kondisi tanah yang lembab dan basah (Hikmatullah and Sukarman, 2014).

Lahan gambut Indonesia terluas di wilayah tropis (Palamba et al., 2018), diperkirakan mencapai 21 juta hektar atau setara dengan 70% lahan gambut di wilayah Asia Tenggara (Lesmana, 2022). Berdasarkan data Wetlands International (2004), lahan gambut Indonesia tersebar luas terutama di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Kalimantan adalah wilayah dengan lahan gambut terluas kedua di Indonesia setelah Sumatera. Berdasarkan data sebaran lahan gambut, hampir seluruh daerah di Kalimantan memiliki lahan gambut dengan luas yang sangat signifikan. Gambar 1 memperlihatkan data penyebaran lahan gambut di Pulau Kalimantan. Lahan gambut di Indonesia memiliki kandungan serat yang sangat tinggi sehingga disebut tanah gambut berserat (Mochtar and Yulianto, 2014). Pada umumnya lahan gambut dimanfaatkan untuk perkebunan/pertanian (*agriculture*) (Masganti et al., 2017). Selain itu, lahan gambut yang tersebar begitu luas di Indonesia memiliki peranan penting dalam menyimpan cadangan karbon dan emisi gas rumah kaca yang berdampak pada pemanasan global (Hikmatullah and Sukarman, 2014). Hanya saja, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan hunian/tempat tinggal dan transportasi, pembangunan infrastruktur di atas lahan gambut tidak dapat dihindari.



Gambar 1 Sebaran lahan gambut di Pulau Kalimantan

Saat ini, pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN) tengah dilaksanakan di wilayah Kalimantan. Hanya saja, ketidaktersediaan lahan selain lahan gambut menyebabkan pembangunan infrastruktur terpaksa dilakukan di atas lahan gambut,

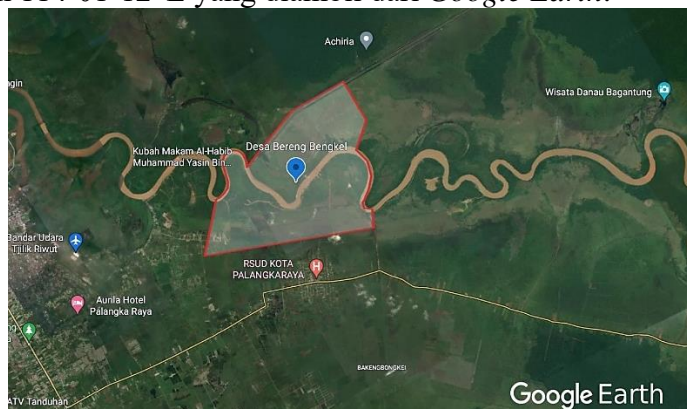
sehingga bangunan infrastruktur rentan terhadap kerusakan akibat daya dukung tanah gambut berserat yang sangat rendah (Gulo et al., 2023a). Tanah gambut berserat dikenal sebagai tanah yang bermasalah secara geoteknik karena memiliki kadar serat yang tinggi menyebabkan kompresibilitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, dan pemampatan dalam jangka waktu yang lama (Gofar and Sutejo, 2007; Yusof et al., 2018). Hasil penelitian terdahulu menunjukkan tanah gambut berserat memiliki daya dukung yang sangat rendah (Jelusic and Leppänen, 2017). Bukan hanya itu saja, perilaku kompresi yang tidak biasa, menyebabkan tanah gambut berserat sangat rentan akan penurunan (*settlement*) (Handali et al., 2014). Karena daya dukung yang sangat rendah, tanah gambut berserat tidak dapat menopang pondasi infrastruktur (Zulaika et al., 2022). Permasalahan konstruksi di atas tanah gambut berserat tentunya menjadi tantangan yang bersifat kompleks dalam pembangunan infrastruktur di Ibu Kota Nusantara.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah gambut berserat yang berasal dari Desa Bereng Bengkel, Kota Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah. Karakteristik tanah gambut sebenarnya telah banyak dianalisis pada penelitian terdahulu. Hanya saja, penelitian tersebut menyajikan hasil analisis karakteristik tanah gambut (*peat soil*) yang tidak mengandung serat (Dengiz et al., 2009; Long et al., 2022; Tunar Özcan et al., 2020; Wang et al., 2021). Tanah gambut tanpa kandungan serat ini biasanya terdapat di benua Eropa, Amerika dan Australia (Yulianto, 2017). Adapun beberapa penelitian terdahulu yang memaparkan kajian karakteristik tanah gambut berserat (*fibrous peat soil*) yang biasanya ditemukan di wilayah tropis (Devangsari et al., 2022; Hikmatullah and Sukarman, 2014; Kolay and Taib, 2018; Santi et al., 2022). Hanya saja, penelitian tersebut hanyalah berfokus pada karakteristik tanah gambut tanpa menghiraukan pengaruh serat terhadap perilaku tanah gambut berserat. Makalah ini menyajikan informasi mutakhir dan terbaru mengenai karakteristik tanah gambut berserat yang keseluruhan perilakunya dipengaruhi oleh serat gambut.

2. Metode Penelitian

2.1 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah gambut berserat dilakukan di Desa Bereng Bengkel, Kota Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah. Lokasi pengambilan sampel tanah seperti diperlihatkan dalam Gambar 2, terletak pada koordinat 2°21'26"S dan 114°01'12"E yang diambil dari *Google Earth*.



Gambar 2 Lokasi pengambilan sampel tanah gambut

Sebelum pengambilan sampel tanah, terlebih dahulu dilakukan pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) di lapangan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah gambut berserat dengan metode DCP di lapangan. Pengujian DCP dipilih karena kemudahan mobilisasi alat serta pengujiannya yang mudah dan cepat. Hanya saja, pada saat pengujian dilakukan, alat DCP yang telah dirakit di lapangan langsung masuk 1 m ke dalam tanah bahkan sebelum dilakukan pemukulan beban. Dari hasil pengujian DCP, diketahui bahwa nilai CBR lapangan tanah gambut berserat adalah sebesar 0%.

Sampel tanah gambut diambil dengan cara menggali tanah pada kedalaman 0,5-1 m, seperti diperlihatkan dalam Gambar 3. Dalam praktiknya, terdapat dua jenis sampel tanah yang diambil, antara lain sampel tidak terganggu (*undisturbed sample*) dan sampel terganggu (*disturbed sample*). Sampel tidak terganggu adalah tanah dengan struktur asli masih terjaga, sedangkan sampel terganggu adalah tanah dengan struktur asli yang telah termodifikasi. Pengambilan sampel tidak terganggu di lapangan mengacu pada ASTM D 7015-04. Sampel tidak terganggu diambil dengan menggunakan tabung PVC (*Polyvinyl Chloride*) berukuran 4 inci dengan panjang 20 cm, seperti diperlihatkan dalam Gambar 4a. Tabung PVC digunakan sebagai pengganti tabung sampel *boring* karena tekstur tanah gambut berserat yang sangat lunak dan berair yang tidak memungkinkan alat *sample extruder* mengeluarkan spesimen tanah dalam bentuk yang utuh sehingga dapat merusak struktur tanah asli. Metode pengambilan sampel tidak terganggu ini juga telah banyak diterapkan pada penelitian terdahulu (Muslikah and Yuliana, 2021). Sementara, pengambilan sampel terganggu dilakukan dengan menggunakan *polybag* yang dilapis sebanyak 2 (dua) untuk mencegah sampel terganggu kehilangan kandungan airnya. Kemudian *polybag* yang telah diisi dengan sampel terganggu dimasukkan ke dalam karung, seperti diperlihatkan dalam Gambar 4b.



Gambar 3 Penggalian awal lokasi pengambilan sampel tanah



Gambar 4a Sampel tidak terganggu



Gambar 4b Sampel terganggu

2.2 Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Gambut Berserat

Pengujian sifat fisik dan mekanik tanah gambut berserat dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Bandung. Pengujian sifat fisik tanah gambut terdiri atas pengujian kadar air, berat jenis, berat isi, tingkat keasaman tanah kadar organik, kadar abu, kadar serat, dan distribusi ukuran serat. Sedangkan pengujian sifat mekanik tanah gambut berserat terdiri atas pengujian geser langsung (*direct shear test*) dan konsolidasi dengan alat oedometer standar.

2.3 Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi tanah gambut berserat. Uji SEM dilakukan di Laboratorium SEM Politeknik Negeri Bandung. Pengujian SEM mengacu pada *Manual Book SEM Hitachi SU3500 with EDAX Octane Pro*.

2.4 Pengujian *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Pengujian *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui kandungan zat atau jenis senyawa yang terdapat pada tanah gambut berserat. Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Institut Teknologi Bandung.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Gambut Berserat

Berdasarkan hasil pengamatan secara visual, diketahui bahwasannya tanah gambut dari Desa Bereng Bengkel, Kota Palangkaraya mengandung serat. Hal ini terlihat dari tanahnya yang berwarna coklat tua kehitaman, tekstur yang lembab, serta serat yang terlihat jelas, seperti diperlihatkan dalam Gambar 5. Kemudian, diketahui juga bahwa pada lapisan atas atau permukaan, tanah gambut lebih matang atau sudah terdekomposisi bila dibandingkan pada lapisan bawahnya.



Gambar 5 Tanah gambut berserat Bereng Bengkel

Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tanah gambut berserat di laboratorium diperlihatkan dalam Tabel 1. Dari data tersebut, diketahui bahwa sifat fisik dan mekanik tanah gambut berserat yang ditinjau sesuai dengan hasil pada penelitian-penelitian sebelumnya (Kolay and Taib, 2018; Mochtar and Yulianto, 2014; Pratama et al., 2022; Rismantojo and Ningsih, 2021; Sartika et al., 2022; Stevani and Makarim, 2021; Yulianto, 2017).

Tabel 1 Properti fisik dan mekanik tanah gambut berserat Bereng Bengkel

No	Parameter	Satuan	Nilai	Nilai dari Penelitian Sebelumnya
Properti Fisik				
1	Kadar air	%	704,02	450-1500
2	Berat jenis	-	1,46	1,4-1,7
3	Berat isi (γ)	gr/cm ³	1,14	0,9-1,25
4	Berat isi kering (γ_d)	gr/cm ³	0,14	0,14
5	Angka pori (e)	-	9,30	6,89-11,09
6	Tingkat keasaman (pH)	-	3,2	3-7
7	Kadar organik	%	97,53	62,5-98
8	Kadar abu	%	2,47	2-37,5
9	Kadar serat	%	61,14	39,5-61,3
	-Serat kasar	%	45,08	35,35-49,69
	-Serat sedang	%	31,69	31,94-35,84
	-Serat halus	%	23,23	18,37-29,00
Properti Mekanik				
1	<i>Direct shear</i>			
	Sudut geser ϕ	°	29,19	12-30
	Kohesi (c)	kPa	0,029	-
2	Pemampatan (<i>compressibility</i>)	mm	5,5	-

a) Kadar air (*water content*)

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa tanah gambut berserat Bereng Bengkel memiliki kadar air sebesar 704,02%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah gambut berserat dapat menyerap air sebanyak 6-7 kali bobot keringnya. Oleh karena itu, dipastikan bahwa sebagian besar pori-pori tanah gambut berserat terisi oleh air. Sifat ini menyebabkan tanah gambut berserat sangat sensitif terhadap beban yang bekerja di atasnya (Yulianto, 2017). Hal ini juga dilaporkan oleh Handali et al. (2014), bahwa bangunan yang didirikan di atas tanah gambut berserat sangat rentan mengalami penurunan. Tingginya kemampuan menyerap air pada tanah gambut berserat disebabkan oleh adanya mikropori dan makropori yang terdapat pada tanah gambut yang memiliki kandungan serat (Mochtar and Yulianto, 2014). Kedua pori-pori ini dapat menyerap air sehingga menjaga tanah gambut berserat tetap dalam kondisi jenuh. Kadar air yang lebih tinggi juga mengindikasikan bahwa proses dekomposisi pada tanah gambut berserat masih terus berlangsung.

b) Berat jenis (*specific gravity*)

Dari hasil pengujian berat jenis pada tanah gambut berserat, diperoleh nilai sebesar 1,6. Hal ini menunjukkan bahwa berat jenis tanah gambut berserat sangat kecil.

c) Berat isi (*bulk density*)

Tanah gambut berserat Bereng Bengkel memiliki nilai berat isi (γ) sebesar 1,14 gr/cm³ dan nilai berat isi kering (γ_d) sebesar 0,14 gr/cm³. Berdasarkan (Hikmatullah and Sukarman, 2014), nilai berat isi dipengaruhi oleh derajat dekomposisi serat gambut. Dilaporkan pada penelitian terdahulu, bila kandungan serat didalam tanah gambut semakin sedikit, maka nilai berat isi

semakin meningkat. Biasanya, tanah yang memiliki nilai berat isi yang kecil, juga memiliki kapasitas daya dukung yang rendah (Stevani and Makarim, 2021).

d) Angka pori (*void ratio*)

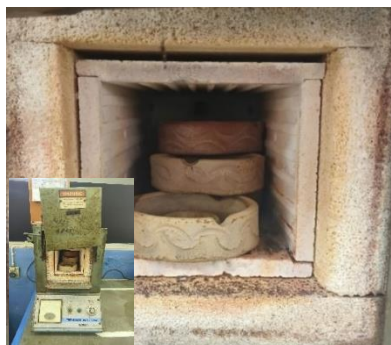
Hasil perhitungan angka pori tanah gambut berserat Bereng Bengkel menunjukkan angka yang cukup besar, yaitu 9,3. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa tanah gambut berserat memiliki angka pori yang berkisar antara 5-15 (Yulianto, 2017). Hal inilah yang menyebabkan tanah gambut berserat memiliki nilai berat isi (γ) yang kecil (Stevani and Makarim, 2021). Besarnya angka pori pada tanah gambut berserat mempengaruhi kemampuannya dalam menyerap/menahan air. Semakin besar angka pori tanah gambut berserat, maka semakin tinggi pula kandungan airnya. Akibatnya, tanah gambut berserat selalu berada dalam kondisi jenuh air (*saturated condition*) yang membuat lingkungannya menjadi anaerob (miskin oksigen). Bahkan pada saat musim kemarau sekalipun, tanah gambut berserat tidak mudah kehilangan kandungan airnya. Dalam praktik pengujian tanah yang telah dilakukan, dibutuhkan setidaknya waktu 3-4 hari untuk mengeringkan tanah gambut berserat di bawah sinar matahari. Johari et al. (2016) melaporkan bahwa angka pori tanah gambut berserat dipengaruhi oleh tingginya kadar serat tanah gambut. Semakin tinggi kadar seratnya, maka angka pori semakin besar. Hal tersebut disebabkan karena pada serat gambut sendiri terdapat pori yang dikenal sebagai mikropori (Rismantojo and Ningsih, 2021).

e) Tingkat keasaman (*acidity level*)

Tingkat keasaman tanah gambut berserat diuji dengan menggunakan pH meter digital. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa tanah gambut berserat Bereng Bengkel memiliki tingkat keasaman yang sangat tinggi, yaitu 3.2 pH. Dari parameter ini, tanah gambut berserat Bereng Bengkel diklasifikasikan berdasarkan ASTM D-4427-07. Ditinjau dari tingkat keasaman, tanah gambut berserat Bereng Bengkel diklasifikasikan sebagai gambut sangat asam (*highly acidic peat*) karena tingkat keasaman tanahnya $< 4,5$ pH.

f) Kadar abu (*ash content*)

Pengujian kadar abu dilakukan dengan mengoven sampel tanah gambut berserat dalam oven pada suhu 750°C selama 3 jam, seperti diperlihatkan Gambar 7. Dari hasil pengujian, diketahui bahwa tanah gambut berserat Bereng Bengkel memiliki kadar abu sebesar 2,47%. Menurut ASTM D-4427-07, tanah gambut berserat Bereng Bengkel diklasifikasikan sebagai gambut berkadar abu rendah (*low ash peat*) karena memiliki kadar abu $< 5\%$.



Gambar 7 Pengujian kadar abu tanah gambut berserat Bereng Bengkel

g) Kadar organik (*organic content*)

Kadar organik tanah gambut berserat dapat diperoleh setelah kadar abunya diketahui. Dari hasil perhitungan, diketahui bahwa kadar organik tanah gambut berserat Bereng Bengkel mencapai 97,53%. Tingginya kandungan organik tanah gambut ini sangat wajar mengingat bahwa tanah gambut terbentuk dari hasil akumulasi pelapukan bahan-bahan organik tumbuhan (Kolay and Taib, 2018; Yusof et al., 2018).

h) Kadar serat (*fiber content*)

Hasil pengujian tanah menunjukkan bahwa tanah gambut berserat Bereng Bengkel, Palangkaraya memiliki kandungan serat sebesar 61,14%. Menurut ASTM D-4427-07, tanah gambut berserat tersebut termasuk dalam klasifikasi gambut hemik (*hemic peat*), karena memiliki kadar serat yang berkisar antara 33-67%. Tingginya kadar serat membuat tanah gambut Indonesia disebut sebagai *fibrous peat* atau tanah gambut berserat (Mochtar and Yulianto, 2014; Yulianto, 2017). Tingginya kadar serat pada tanah gambut dipengaruhi oleh derajat dekomposisinya. Semakin tinggi derajat dekomposisi, maka semakin sedikit serat pada tanah gambut dan begitu sebaliknya. Tingginya kadar serat pada tanah gambut, membuatnya dapat menyerap dan menahan air dalam jumlah yang besar karena serat gambut itu sendiri memiliki dua jenis pori yang disebut sebagai mikropori dan makropori (Rismantojo and Ningsih, 2021). Berdasarkan hal ini, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar serat pada tanah gambut, maka semakin banyak air yang dikandung oleh tanah gambut berserat.

i) Distribusi ukuran serat (*fiber size distribution*)

Pengujian distribusi ukuran serat dilakukan untuk mengetahui ukuran serat yang ada pada tanah gambut berserat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa distribusi ukuran serat tanah gambut berserat Bereng Bengkel adalah sebagai berikut:

- 1) Kadar serat kasar = 45,08%.
- 2) Kadar serat sedang = 31,69%.
- 3) Kadar serat halus = 23,23

Dari hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa kadar serat kasar memiliki persentase tertinggi. Dalam artian, derajat dekomposisi tanah gambut berserat Bereng Bengkel sangat kecil.

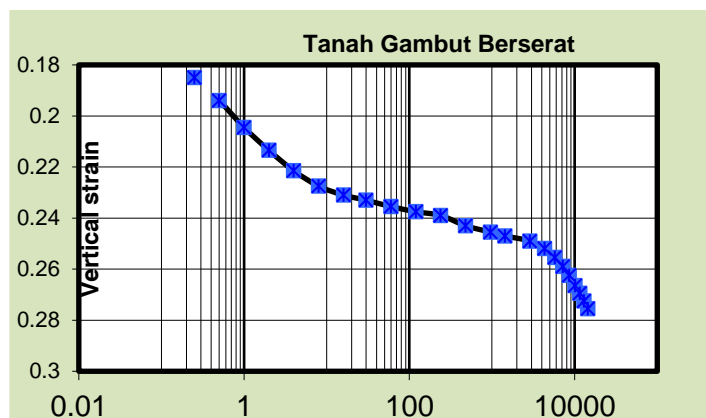
j) Kuat geser (*shear strength*)

Dari hasil pengujian *direct shear test*, diperoleh nilai kohesi geser (c) tanah gambut berserat Bereng Bengkel sebesar 0,029 kg/cm² dengan sudut geser (*shear angle*) sebesar 29,19°. Hasil temuan ini sejalan dengan hasil penelitian terdahulu dimana Pratama et al. (2022) melaporkan bahwa nilai kohesi geser (c) tanah gambut berserat Bereng Bengkel adalah sebesar 0,046 kg/cm² dengan sudut geser 12°. Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa tanah gambut berserat memiliki nilai kuat geser yang rendah (Gofar and Sutejo, 2007; Yusof et al., 2018). Rendahnya kuat geser pada tanah gambut berserat dipengaruhi oleh besarnya angka pori. Terlebih lagi, tanah gambut berserat Bereng Bengkel memiliki 2 macam pori, sehingga kekuatan geser antar partikel tanah sangat kecil.

k) Pemampatan (*compressibility*)

Berdasarkan hasil pengujian konsolidasi tanah gambut berserat Desa Bereng Bengkel dengan alat oedometer standar, diperoleh nilai pemampatan sebesar 5,5

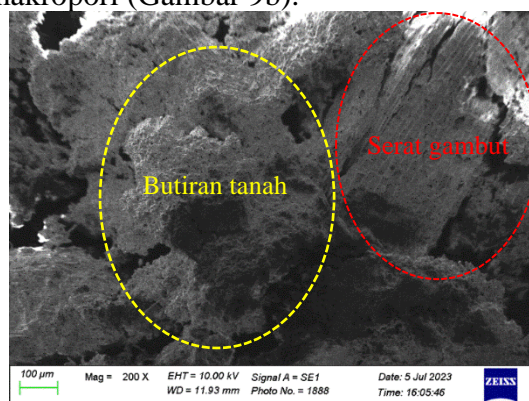
mm. Grafik konsolidasi tanah gambut berserat diperlihatkan dalam Gambar 8. Dalam praktik geoteknik, tanah gambut berserat telah dikenal sebagai tanah yang memiliki penurunan tidak biasa, akibat dari indeks kompresibilitasnya yang sangat tinggi (Johari et al., 2016). Indeks kompresibilitas gambut sangat dipengaruhi oleh tingginya kandungan serat. Semakin tinggi kandungan seratnya, nilai indeks kompresibilitasnya juga semakin meningkat. Terdapat 4 tahap pemampatan yang terjadi pada tanah gambut berserat (*fibrous peat soil*), yaitu: (1) pemampatan segera (Si) yang adalah pemampatan segera dan terjadi sangat cepat, (2) pemampatan primer (Sp) adalah proses keluarnya air dalam makropori, (3) pemampatan sekunder (Ss) adalah keluarnya air dalam mikropori gambut berserat, dan (4) pemampatan tersier (St) yang merupakan proses pelapukan serat gambut akibat sangat berkurangnya air yang ada dalam pori gambut (Yulianto, 2017). Hal ini berujung pada waktu pemampatan yang sangat lama pada tanah gambut berserat karena kompresi awal terjadi seketika setelah penerapan beban, sementara pemampatan primer, pemampatan sekunder dan pemampatan tersier bergantung pada waktu (Gofar and Sutejo, 2007).



Gambar 8 Grafik konsolidasi tanah gambut berserat

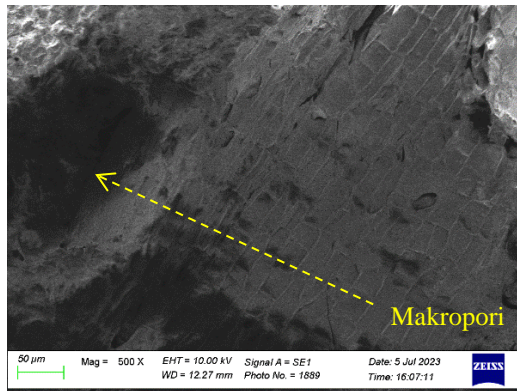
3.2 Analisis Hasil Pengujian SEM

Identifikasi bentuk morfologi tanah gambut berserat dilakukan melalui uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gambar 9 memperlihatkan hasil SEM tanah gambut berserat, dimana dapat dilihat adanya dua jenis pori-pori, yaitu makropori (Gambar 9a), dan makropori (Gambar 9b).

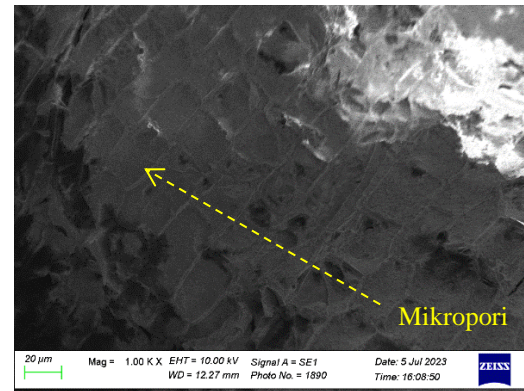


Gambar 9 Hasil SEM tanah gambut berserat Bereng Bengkel

Makropori adalah pori-pori di antara butiran tanah (soil granules ataupun antara serat gambut (peat fiber), sedangkan mikropori adalah pori-pori yang terdapat pada serat gambut (Rismantojo and Ningsih, 2021).



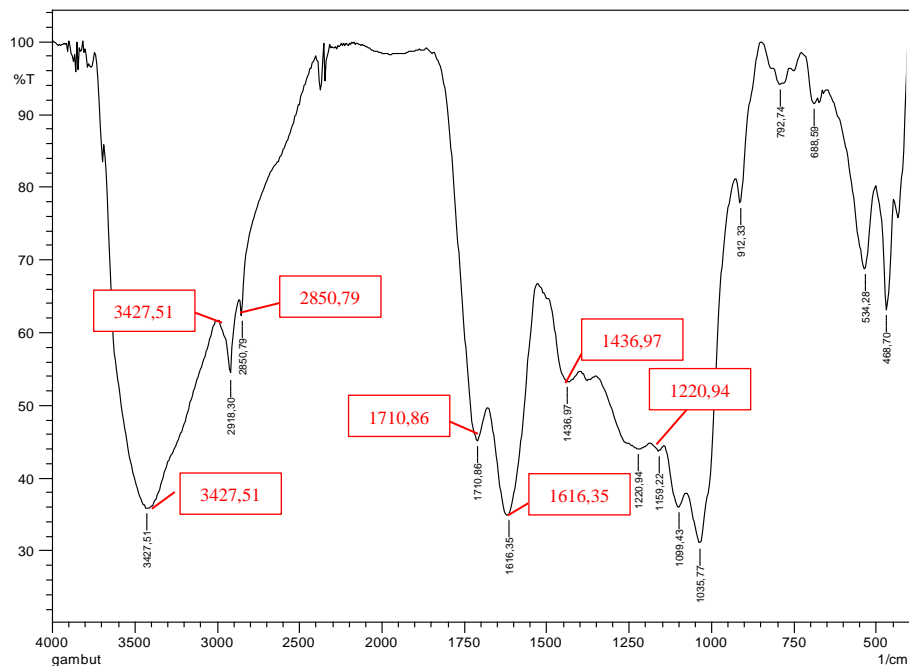
Gambar 9.a Makropori



Gambar 9.b Mikropori

3.3 Analisis Hasil Pengujian FTIR

Pengujian *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui jenis senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanah gambut berserat. Spektrum inframerah atau spektrum FTIR sudah lama digunakan oleh para ahli sebagai alat untuk mengkarakterisasi asam humat dan asam fulvat. Identifikasi kedua jenis asam organik ini didasarkan pada hasil observasi yang ditunjukkan oleh adanya perbedaan intensitas serapan cahaya inframerah oleh kedua jenis asam tersebut pada "pita" serapan tertentu (Nuryani et al., 2009). Gambar 10 memperlihatkan hasil pengujian FTIR dalam bentuk grafik. Hasil uji FTIR ini diinterpretasikan ke dalam Tabel 2.



Gambar 10 Spektrum FTIR tanah gambut berserat Bereng Bengkel

Tabel 2 Susunan gugus tanah gambut berserat Bereng Bengkel

No	Puncak (cm^{-1})	Gugus	Luas Area (%)
1	1220,94	C-O dari ester, eter, fenol	44,003
2	1436,97	Gugus alifatik C-H deformasi	53,263
3	1616,35	C=C dalam komponen siklik dan asiklik, cincin bensen	35,000
4	1710,86	Keton dan quinon	45,052
5	2850,79	Ion karboksilat	62,325
6	2918,30	Gugus alifatik C-H, C-H ₂ , C-H ₃	54,195
7	3427,51	Ikatan H OH grup, OH bebas	35,827

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa pada puncak 3427,51 cm^{-1} menandakan adanya keberadaan ikatan hidrogen, yaitu gugus OH grup dan OH bebas, dengan persentase luas area yang terbilang besar yaitu > 35%. Gugus ini diidentifikasi sebagai pembawa sifat hidrofilik pada tanah gambut. Sifat hidrofilik merupakan sifat senyawa yang tertarik pada air (Nehls and Wessolek, 2011). Selain itu, sifat hidrofilik juga dimiliki ion karboksilat pada puncak 2850,79 cm^{-1} dan gugus-gugus alifatik C-H, C-H₂ dan C-H₃ pada puncak 2918,30 cm^{-1} , dimana persentase luas area sangat besar dibandingkan gugus lainnya (Nuryani et al., 2009). Banyaknya gugus pembawa sifat hidrofilik, menyebabkan tanah gambut Bereng Bengkel memiliki kadar air yang sangat tinggi, yaitu mencapai 704,2%. Oleh karena itu, tanah gambut berserat Bereng Bengkel termasuk ke dalam jenis tanah hidrofilik.

3.4 Permasalahan Infrastruktur di Atas Tanah Gambut Berserat

Gambut berserat merupakan jenis tanah yang bermasalah dalam pekerjaan konstruksi karena perilaku kompresibilitasnya yang tidak biasa. Karena kompresibilitasnya yang tinggi dan kekuatan gesernya yang rendah, tanah ini dianggap sebagai tanah yang bermasalah secara geoteknik, sehingga tidak layak dijadikan sebagai material tanah dasar untuk konstruksi bangunan (Yusof et al., 2018). Hal yang sama juga disampaikan oleh Zulaika et al. (2022) bahwa tanah gambut berserat tidak dapat menopang pondasi infrastruktur karena daya dukungnya yang rendah. Selain itu, kadar air yang sangat tinggi pada tanah gambut berserat menyebabkan laju infiltrasi (proses masuknya air ke dalam tanah) menjadi terbatas. Akibatnya, air hujan menggenang di permukaan tanah dan menyebabkan banjir yang dapat merusak bangunan infrastruktur (Giarto and Kiptiah, 2023).

Salah satu parameter yang sering digunakan dalam menentukan kemampuan tanah dasar untuk pembangunan konstruksi perkerasan jalan raya adalah nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Berdasarkan hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* (DCP) di lokasi tinjauan, diperoleh nilai CBR lapangan tanah gambut berserat sebesar 0%. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa tanah gambut berserat memiliki nilai CBR yang sangat rendah. Sementara, dalam Manual Desain Perkerasan Jalan (MDPL) 2017, untuk pekerjaan konstruksi perkerasan lentur, material subgrade harus memiliki nilai CBR minimal sebesar 6% (Dewi dkk., 2023). Tanah yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah yang memiliki nilai CBR lapangan $\geq 3\%$ dan nilai CBR laboratorium $\geq 6\%$ (Sartika dkk., 2022). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tanah gambut berserat tidak dapat

dijadikan sebagai material subgrade perkerasan jalan raya sehingga pembangunan infrastruktur pada daerah dengan kuantitas sebaran gambut yang tinggi dapat terhambat. Hal ini bersesuaian dengan hasil observasi yang telah dilakukan terhadap jalan di Kota Palangkaraya, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 11, terjadi penurunan jalan raya yang tidak serentak (*differential settlement*). Permasalahan infrastruktur yang dibangun di atas tanah gambut berserat sudah seharusnya ditangani secara tepat agar infrastruktur tidak mengalami kerusakan setelah dibangun di atasnya.



Gambar 11 Kerusakan jalan di Kota Palangkaraya, Kalimantan Tengah

3.5 Solusi Permasalahan Tanah Gambut Berserat

Pada uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa keseluruhan perilaku tanah gambut berserat sangat dipengaruhi oleh kandungan serat yang dimilikinya. Semakin tinggi kandungan seratnya, maka kadar air, angka pori, indeks kompresibilitasnya semakin besar. Selain itu, semakin tinggi kandungan seratnya, maka nilai berat jenis, berat isi, dan kuat gesernya semakin kecil. Biasanya, semakin tinggi derajat pelapukan tanah gambut, semakin tinggi pula nilai berat isinya (Hikmatullah and Sukarman, 2014). Oleh karena itu, diperlukan upaya percepatan proses dekomposisi tanah gambut (Gulo et al., 2023b, 2023a, 2024; Zulaika et al., 2022). Percepatan proses dekomposisi juga dilakukan agar proses pemadatan tanah gambut dapat terjadi dalam waktu yang tidak lama. Sehingga, apabila diberikan beban di atasnya, tanah gambut tidak akan memampat (Mochtar and Yulianto, 2014).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Tanah gambut berserat di Desa Bereng Bengkel, Kota Palangkaraya, Provinsi Kalimantan Tengah diklasifikasikan sebagai “*hemic peat with low ash content and highly acidic*”. Tanah gambut tersebut memiliki warna coklat tua kehitaman karena disebabkan oleh adanya senyawa humik berwarna gelap yang muncul sebagai hasil dari dekomposisi serat gambut. Secara keseluruhan, perilaku tanah gambut berserat dipengaruhi oleh tingginya kandungan serat (*peat fiber*) yang dimilikinya, sehingga tanah gambut tersebut disebut sebagai tanah gambut berserat (*fibrous peat*). Oleh karena tingginya kandungan serat, baik properti fisik dan mekanik tanah gambut terbilang sangat buruk.

4.2 Saran

Dalam mengatasi permasalahan infrastruktur di atas tanah gambut berserat, sebaiknya dilakukan upaya percepatan proses dekomposisi serat gambut, sehingga baik properti fisik maupun mekanik dapat mengalami peningkatan.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada P3M Politeknik Negeri Bandung yang telah mendanai penelitian ini dengan Skema Penelitian Terapan (PT) dengan Nomor Kontrak: B/92.26/PL1.R7/PG.00.03/2023.

Daftar Kepustakaan

- Dengiz, O., Ozaytekin, H.H., Cayci, G., Baran, A., 2009. Characteristics, genesis and classification of a basin peat soil under negative human impact in Turkey. *Environmental Geology* 56, 1057–1063. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1206-3>
- Devangsari, I.M., Nurudin, M., Sartohadi, J., Karmila, Y.A., 2022. Characteristics of peat functional group in Padang Island, Indonesia, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1005/1/012022>
- Giarto, R.B., Kiptiah, M., 2023. Pengaruh Variasi Lubang Resapan Biopori Berbahan Organik Rumah Tangga Terhadap Laju Infiltrasi Pada Daerah Rawan Banjir Di Kota Balikpapan. *TERAS JURNAL* 13, 13. <https://doi.org/10.29103/tj.v13i1.797>
- Gofar, N., Sutejo, Y., 2007. Long Term Compression Behavior of Fibrous Peat. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 19, 104–116. <https://doi.org/10.11113/mjce.v19.15751>
- Gulo, E.G.W., Amalia, D., Mase, L.Z., Yulianto, F.E., 2023a. Pengaruh Usia Stabilisasi Tanah Gambut Melalui Bioaugmentasi Oleh Bakteri *Pseudomonas taiwanensis*. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil* 9, 135–151. <https://doi.org/10.31849/siklus.v9i2.16064>
- Gulo, E.G.W., Amalia, D., Mase, L.Z., Yulianto, F.E., Kusuma, Y., Juarti, E.R., Suyono, A., 2023b. Bacteria *Pseudomonas taiwanensis* as a decomposing agent of peat fiber. *Edubiotik : Jurnal Pendidikan, Biologi dan Terapan* 8, 89–105. <https://doi.org/10.33503/ebio.v8i02.3539>
- Gulo, E.G.W.D., Amalia, D., Mase, L.Z., Yulianto, F.E., Juarti, E.R., Kusuma, Y., Suyono, A., 2024. Accelerating peat fiber decomposition by bacteria *Pseudomonas taiwanensis* and its impact on the physical properties and shear strength of fibrous peat in Palangkaraya. *E3S Web of Conferences* 479, 06006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447906006>
- Handali, S., Royano, R.B., Teknik, J., Universitas, S., Yogyakarta, K.I., 2014. Karakteristik Geoteknik Tanah Gambut di Tumbang Nusa, Kalimantan Barat. *Majalah Ilmiah UKRIM* 12–24.

- Hikmatullah, Sukarman, 2014. Physical and Chemical Properties of Cultivated Peat Soils in Four Trial Sites of ICCTF in Kalimantan and Sumatra, Indonesia. *Journal of Tropical Soils* 19, 131–141.
- Jelusic, N., Leppänen, M., 2017. Mass stabilization of peat in road and railway construction. pp. 59–63. <https://doi.org/10.1201/9781315141466-8>
- Johari, N.N., Bakar, I., Razali, S.N.M., Wahab, N., 2016. Fiber Effects on Compressibility of Peat, in: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/136/1/012036>
- Kolay, P.K., Taib, S.N.L., 2018. Physical and Geotechnical Properties of Tropical Peat and Its Stabilization, in: Peat. InTech, pp. 93–105. <https://doi.org/10.5772/intechopen.74173>
- Lesmana, R., 2022. Identifikasi Kenampakan Fisik Tanah Gambut (Peat Soil) di Kelurahan Tanjung Selor Timur Kabupaten Bulungan Provinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Pendidikan Tambusai* 6, 13688–13693. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jptam.v6i3.4492>
- Long, M., Paniagua, P., Grimstad, G., Trafford, A., Degago, S., L’Heureux, J.S., 2022. Engineering properties of Norwegian peat for calculation of settlements. *Eng Geol* 308. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2022.106799>
- Masganti, K., Anwar, M., Aries, S., Balai, P., Pertanian, L., Rawa, J.K., Karet, L., Utara, B. 70712, 2017. Potensi dan Pemanfaatan Lahan Gambut Dangkal untuk Pertanian Potential and Utilization of Shallow Peatland for Agriculture. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 11, 43–52.
- Mochtar, N.E., Yulianto, F.E., 2014. Pengaruh Usia Stabilisasi pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO₃ dan Pozolan. *Jurnal Teknik Sipil* 21, 57–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jts.2014.21.1.6>
- Muliadi, M., Zulfian, Z., Muhardi, M., 2019. Identifikasi Ketebalan Tanah Gambut Berdasarkan Nilai Resistivitas 3D: Studi Kasus Daerah Tempat Pembuangan Akhir Batu Layang Kota Pontianak. *POSITRON* 9, 86–94. <https://doi.org/10.26418/positron.v9i2.34821>
- Muslikah, S., Yuliana, I., 2021. Karakteristik Sifat Fisik Tanah Gambut Ogan Komerling Ilir. *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil* 10, 79–84. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v10i2.107>
- Nehls, T., Wessolek, G., 2011. Hydrophobicity of Soil, in: *Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer Netherlands, pp. 941–942. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1>
- Nuryani, S., Utami, H., Maas, Azwar, Radjaguguk, Bostang, Purwanto, Benito Heru, Utami, S.N.H., Maas, A, Radjaguguk, B, Purwanto, B H, 2009. Sifat Fisik, Kimia dan FTIR Spektrofotometri Gambut Hidrofobik Kalimantan Tengah Nature on Soil Phisical, Chemical and Ftir Spectrophotometry of Hydrophobic Peat From Central Kalimantan. *J. Tanah Trop* 14, 159–166.
- Palamba, P., Ramadhan, M.L., Pamitran, A.S., Prayogo, G., Kosasih, E.A., Nugroho, Y.S., 2018. Drying kinetics of Indonesian Peat. *International Journal of Technology* 9, 1006–1014. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i5.805>

- Pratama, M.Y., Aleksander, S., Sarie, F., 2022. Identifikasi Perubahan Nilai Kuat Geser dan Permeabilitas dengan Penambahan Jamur *Rhizopus Oligosporus* pada Tanah Gambut. *Jurnal Teknika* 5, 73–78. <https://doi.org/https://doi.org/10.52868/jt.v5i2.7652>
- Rismantojo, E., Ningsih, N.N., 2021. Pengaruh Penambahan Mikroorganisme Terhadap Sifat Fisik dan Kuat Geser Tanah Gambut Palembang. *Jurnal Teknik Sipil* 28, 269–280. <https://doi.org/10.5614/jts.2021.28.3.4>
- Santi, I.N., Hayata, H., Bangun, B., 2022. Characteristics of Peat with Different Depths in Supporting Growth and Productivity of Oil Palm. *JOURNAL OF TROPICAL SOILS* 28, 17. <https://doi.org/10.5400/jts.2023.v28i1.17-22>
- Sartika, T., Sepani, U., Putri, S.A., Apriyanti, Y., 2022. Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Campuran Serbuk Cangkang Kerang dan Fly Ash Ditinjau dari Nilai CBR Tanah dan Tingkat Keasaman Tanah. *POTENSI* 24, 15–22.
- Stevani, A., Makarim, C.A., 2021. Analisis Perbandingan Penurunan Fondasi Dangkal di Tanah Gambut Dengan Stabilisas Kapur dan Abu Sekam Padi. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil* 4, 233–248. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmts.v0i0.11099>
- Tunar Özcan, N., Ulusay, R., Işık, N.S., 2020. Geo-engineering characterization and an approach to estimate the in-situ long-term settlement of a peat deposit at an industrial district. *Eng Geol* 265. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105329>
- Wang, Y., Jiang, N., Han, X., 2021. A Preliminary Study of Carbonate Sand Stabilization by Bio-Stimulation Based MICP Method. *Japanese Geotechnical Society Special Publication* 9, 282–286. <https://doi.org/10.3208/jgssp.v09.cpeg039>
- Wetlands International, 2004. Maps of Area of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan. *Wetlands International - Indonesia Programme*, Bogor, pp. 1–17.
- Yulianto, F.E., 2017. Perilaku Tanah Gambut Berserat Permasalahan dan Solusinya, in: *Konferensi Nasional Teknik Sipil Dan Infrastruktur - I. Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember*, Jember, pp. 1–10.
- Yusof, N.Z., Samsuddin, N.S., Hanif, M.F., Syed Osman, S.B., 2018. Peat soils stabilization using Effective Microorganisms (EM), in: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Institute of Physics Publishing, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012088>
- Zulaika, E., Solikhah, F., Utomo, M.A.P., Endah, N., Assavalapsakul, W., 2022. Cellulose degrading bacteria isolated from Palangkaraya, Central Kalimantan, Indonesia as peat fiber decomposer to accelerate peat soil compression. *Biodiversitas* 23, 1648–1654. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230356>