

Geofisika dan Geokimia Lahan Gambut Terdegradasi Tanah Timbun

T N Manik^{1*}, S C Purba¹, Y S Khayati¹, N H Haryanti¹, Rusdiansyah², Sudarningsih¹, S S Siregar¹

¹Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

*E-mail: tetti.manik@ulm.ac.id

Abstrak. Telah dilakukan penelitian tentang karakteristik geofisika dan geokimia lahan gambut ditimbun tanah urug di daerah Liang Anggang Kalimantan Selatan. Karakteristik geofisika diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik 2D dengan konfigurasi Wenner pada empat lintasan yang dinyatakan dalam nilai resistivitas tanah. Karakteristik geokimia tanah menggunakan alat FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dari sampel tanah yang diambil dari satu titik pada lintasan 2, pada kedalaman 100 cm dan 150 cm. Interpretasi tanah di lokasi penelitian terdiri dari tiga lapisan: lapisan tanah urug, terdiri dari pasir, kerikil, dan batu pecah dengan nilai resistivitas berkisar antara 208–425 Ωm ; gambut dengan nilai resistivitas berkisar antara 24,7–209 Ωm ; dan lempung berkisar antara 2,9 sampai 12,1 Ωm . Lapisan tanah gambut tersebut telah mengalami degradasi sebagaimana ditunjukkan oleh hasil FTIR. Terdapat penurunan intensitas gugus fungsi pada senyawa gambut, khususnya pada gugus fungsi C=C, C=O, C–H, dan O–H, yang mengindikasikan adanya peningkatan oksidasi dan dekomposisi, serta penurunan sifat hidrofobik. Gugus fungsi pada kisaran 520–1300 cm^{-1} mengindikasikan adanya komponen mineral tanah gambut akibat gambut mengalami proses disolusi dan presipitasi. Hasil ini mengindikasikan bahwa tanah gambut di lokasi penelitian telah mengalami degradasi dan pemadatan.

Kata kunci: geofisika, geokimia, hidrofobik

Abstract. Research on the geophysical and geochemical characteristics of peatlands filled with fill soil has been conducted in the Liang Anggang of South Kalimantan. Geophysical characteristics were obtained using a 2D Geoelectric instrument with a Wenner configuration at four tracks, expressed in terms of soil resistivity values. Geochemical characteristics of the soil using the FTIR (Fourier Transform Infra-Red) from soil samples taken from one point on track 2 at a depth of 100 cm and 150 cm. Soil interpretation at the research location consists of three layers: a fill soil layer consisting of sand, gravel, and crushed stone with resistivity values ranging from 208 to 425 Ωm ; peat with resistivity values ranging from 24.7 to 209 Ωm ; and clay with resistivity values ranging from 2.9 to 12.1 Ωm . The peat soil layer has been degraded, as indicated by the FTIR results. There is a decrease in the intensity of functional groups in peat compounds, particularly in the functional groups C=C, C=O, C–H, and O–H, indicating an increase in oxidation and decomposition, as well as a decrease in hydrophobic properties. Functional groups in the range of 520–1300 cm^{-1} indicate the presence of peat soil mineral components due to peat undergoing dissolution

and precipitation processes. These results indicate that the peat soil at the research location has experienced degradation and compaction.

Keywords: geophysical, geochemical, hydrophobic

1. Pendahuluan

Pesatnya pertumbuhan penduduk Kalimantan Selatan, menyebabkan fungsi alih lahan gambut menjadi pemukiman dan industri tidak dapat dihindari. Lahan gambut kurang cocok untuk fondasi konstruksi bangunan, karena bersifat lunak dan memiliki karakteristik geofisika dan geokimia yang bervariasi bergantung pada lingkungan pembentuknya [1]. Tanah gambut memiliki kompresibilitas tinggi dan daya dukung rendah menyebabkan penurunan tanah, serta lapisan lempung di bawah lapisan gambut menyebabkan kurang stabil saat terbebani [2]. Dengan demikian peningkatan stabilitas dan drainase tanah perlu dilakukan sebelum melakukan alih fungsi lahan.

Wilayah Kalimantan Selatan merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan luas lahan gambut terbesar selain Sumatera dan Papua [3]. Pemerintah provinsi memfokuskan perluasan kota ke daerah Gambut-Liang Anggang untuk perluasan kota provinsi, dimana daerah tersebut merupakan lahan gambut [4, 5]. Alih fungsi lahan gambut berdampak buruk terhadap lingkungan, termasuk dampak ekologi dan banjir. Pada tahun 2021, Kota Banjarmasin dan sekitarnya mengalami banjir besar akibat alih fungsi lahan gambut dan pasca kebakaran lahan gambut [6]. Beberapa bangunan runtuh telah terjadi di Banjarmasin [7, 8] akibat kurangnya pertimbangan dan perencanaan. Alih fungsi lahan gambut yang baik memerlukan perencanaan yang matang yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan untuk memastikan pengelolaan yang berkelanjutan dan keseimbangan ekologi.

Salah satu metode untuk meningkatkan kestabilan tanah gambut adalah dengan menimbun tanah gambut dengan material lain, misalnya tanah merah, memiliki kemampuan menahan beban karena teksturnya padat, tanah kapur memiliki kemampuan mengikat sehingga memperkuat struktur tanah dan tanah pasir memiliki daya drainase yang sangat baik, sesuai dengan karakter tanah gambut di daerah tersebut [9]. Gambut murni memiliki kandungan organik tinggi, kadar air tinggi, porositas tinggi, kepadatan rendah, kekuatan geser rendah dan daya dukung rendah menyebabkan lahan sulit sebagai fondasi struktur dalam keadaan alamnya [10]. Lahan gambut terdiri dari empat komponen, yaitu bahan organik, mineral, air, dan udara. Perubahan keadaan bahan organik, mineral, air, dan udara menyebabkan perubahan geologi lahan gambut. Perubahan kadar air akibat alih fungsi gambut dapat mengubah sifat fisiknya, sehingga memengaruhi terjadinya penurunan tanah [11]. Pemberian tanah timbun pada lahan gambut memerlukan pertimbangan drainase [12,13] untuk mengurangi dampak negatif musim hujan yang berkepanjangan.

Pemberian tanah urug menyebabkan penurunan kadar air pada tanah gambut, akibatnya tanah gambut mudah beroksidasi dengan udara yang menyebabkan pelepasan karbon C ke udara yang menyebabkan emisi rumah kaca. Selain itu, dekomposisi bahan organik meningkat sehingga mudah terurai [14, 15]. Penurunan kadar air pada gambut juga menyebabkan gambut bersifat hidrofobik yang mengakibatkan gangguan pada sistem drainase. Hal ini menyebabkan lahan mudah kering, menolak air dan mudah terbakar [16]. Dengan demikian, perlu dilakukan kajian awal untuk mempertimbangkan pemilihan material urug, teknik penimbunan dan kedalaman tanah urug yang dilakukan. Penurunan tanah gambut akibat pembebanan, yang menyebabkan keretakan pada tanah, dinding dan lantai bangunan, bahkan amblesnya jalan, berdampak buruk jika hal-hal tersebut diabaikan.

Indonesia memiliki dua musim, dan saat ini, akibat perubahan iklim global, fenomena El Nino dan La Nina serta pengaruh topografi dan kelembaban, menyebabkan lamanya musim hujan dan musim kemarau tidak stabil [17, 18]. Kondisi fisik lahan gambut terdegradasi, pada musim kemarau akan mudah kering, menyebabkan penyusutan bahan organik pada lapisan gambut, yang menyebabkan kepadatan dan porositas tanah berubah. Kondisi tersebut akan menyebabkan terjadinya penurunan tanah gambut. Sementara itu, pada musim hujan, tanah gambut menjadi jenuh air [19] yang berdampak pada volume lahan yang akan membengkak. Hal ini juga menyebabkan terjadinya perubahan waktu penguraian bahan organik tanah gambut, sehingga mengubah siklus unsur hara dalam tanah [20].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keadaan bawah permukaan tanah gambut yang telah ditimbun berdasarkan metode geofisika dan mendapatkan karakteristik geokimia tanah gambut timbun pada kedalaman 100 – 150 cm berdasarkan metode spektroskopi *infrared*. Lokasi penelitian telah ditimbun selama satu tahun dengan ketebalan tanah urug lebih dari 100 cm. Penggunaan metode geofisika dan geokimia menjadi salah satu solusi untuk mengetahui informasi geologi dan kimia penyusun tanah di bawah permukaan tanah [19, 20, 21] sebelum dilakukan fungsi alih lahan. Informasi dari penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam memilih tanah urug dan ketebalan tanah urug yang diberikan, supaya tercapai kestabilan tanah dan memperoleh drainase yang baik saat tanah dialihfungsikan.

2. Metode

Lokasi penelitian berada di daerah Liang Anggang Kalimantan Selatan seperti ditunjukkan oleh Gambar 1. Pengukuran sifat geofisika menggunakan alat geolistrik 2D konfigurasi Wenner pada 4 lintasan (*line*). Lintasan 1 pada koordinat $3^{\circ}24'18''\text{S}$ $114^{\circ}42'5,1''\text{E}$ – $3^{\circ}24'17,8''\text{S}$ $114^{\circ}42'8,2''\text{E}$, lintasan 2: $3^{\circ}24'19,2''\text{S}$ $114^{\circ}42'8,3''\text{E}$ – $3^{\circ}24'19,3''\text{S}$ $114^{\circ}42'5,8''\text{E}$, lintasan 3: $3^{\circ}24'20,2''\text{S}$ $114^{\circ}42'8,4''\text{E}$ – $3^{\circ}24'21,9''\text{S}$ $114^{\circ}42'5,5''\text{E}$ dan lintasan 4: $3^{\circ}24'17,5''\text{S}$ $114^{\circ}42'6,9''\text{E}$ – $3^{\circ}24'20,9''\text{S}$ $114^{\circ}42'6,9''\text{E}$. Pengambilan data geolistrik tanah untuk tiap lintasan diambil dari 41 elektroda yang ditancapkan di tanah. Masing-masing jarak elektroda 2 meter untuk panjang lintasan 80 m (*line* 2) dan 2,5 m untuk panjang lintasan 100 m (*line* 1, 3 dan 4).



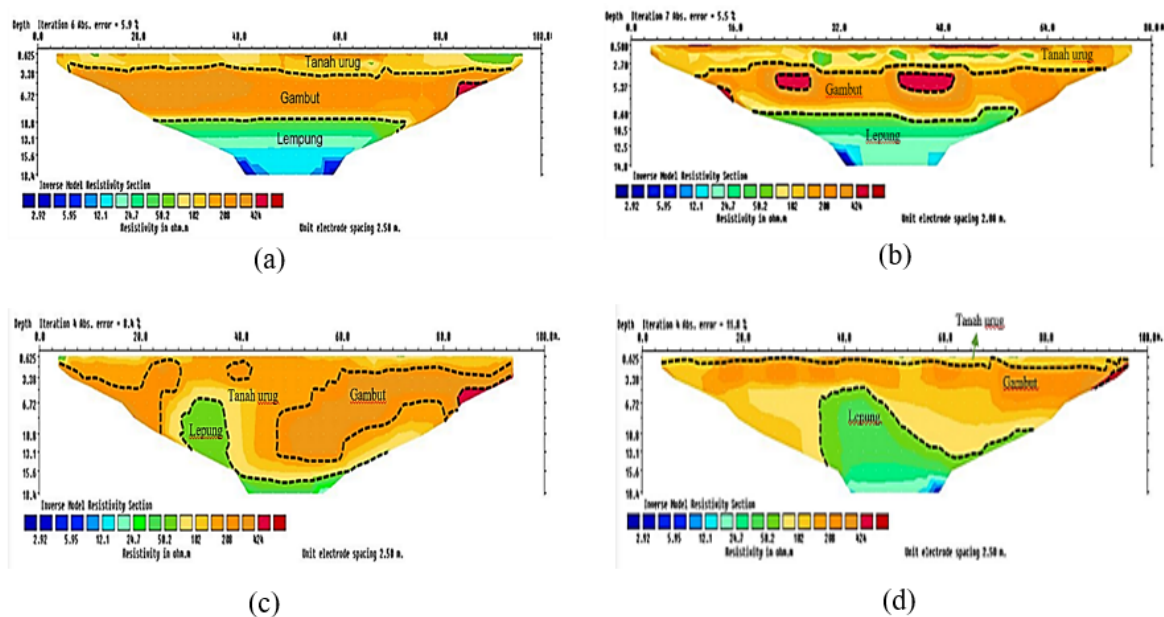
Gambar 1. Lokasi Penelitian

Pengambilan data geokimia tanah gambut terdegradasi tanah timbun diambil pada *Line* 2 di titik B untuk kedalaman 100 cm dan 150 cm. Sampel tanah diambil dengan menggunakan bor tanah model *Eijkelkamp*. Sampel-sampel dimasukkan dalam plastik sampel untuk dipreparasi di laboratorium untuk pengujian gugus fungsional dengan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

model Bruker Alpha RT-DLaTGS yang dilengkapi dengan plate *Attenuated Total Reflection* (ATR) pada rentang panjang gelombang $500 - 4000 \text{ cm}^{-1}$.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Geofisika lahan gambut dijabarkan dengan kondisi geologi tanah berdasarkan sifat resistivitas tanah. Pemetaan geologi lapisan bawah permukaan tanah gambut pada lokasi penelitian ditunjukkan oleh Gambar 2. Interpretasi data geolistrik berupa nilai resistivitas listrik ditunjukkan oleh Tabel 1. Tampak bahwa tanah di daerah Liang Anggang tersusun dari tiga lapisan, yaitu lapisan tanah urug, gambut dan lempung. Lapisan tanah urug memiliki resistivitas antara dari $208 - 425 \Omega m$, gambut $24,7 - 209 \Omega m$ dan lempung $2,9 - 12,1 \Omega m$. Berdasarkan Gambar 2 dan interpretasi data, keberadaan tanah urug pada *line* 1 dan 2 berada pada kedalaman yang sama yaitu kurang dari 3 meter, tanah gambut pada kedalaman $> 3 - 10 \text{ m}$ dan lempung lebih dari 10 m . Berbeda pada *line* 3 dan 4, tampak bahwa tanah urug terpenetrasi ke dalam lapisan gambut. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan tanah gambut tidak homogen, lunak dan sangat jenuh air, sehingga tanah urug mudah menyerap air dan mengisi bagian renggang lapisan gambut. Lapisan tanah urug tersusun atas pasir, kerikil dan batu pecah sesuai dengan resistivitasnya, yaitu sekitar $1 - 1000 \Omega m$ [24]. Tanah urug ini merupakan tanah mineral, yaitu tanah merah berpasir, cocok untuk menimbun lahan gambut ini, karena memiliki kepadatan tinggi sehingga volume tanah urug dapat perkiraan, stabilitas tinggi dan mampu memperbaiki drainase yang buruk pada lahan gambut.



Gambar 2. Penampang Resistivitas 2D pada: (a) Lintasan 1, (b) Lintasan 2, (c) Lintasan 3 dan (d) Lintasan 4

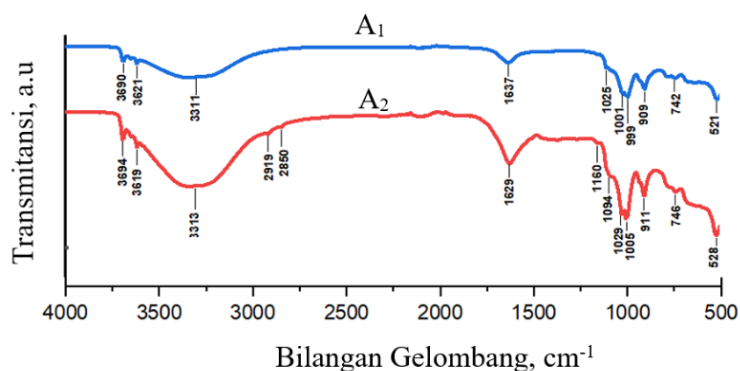
Umumnya resistivitas tanah gambut sekitar $40 - 709,6 \Omega m$ bergantung kepada kondisi tanahnya. Pada lokasi penelitian, lapisan gambut terindikasi tersusun atas gambut jenuh air ($10 - 40 \Omega m$), gambut tak jenuh air ($40 - 276 \Omega m$) dan gambut terkonsolidasi atau gambut yang sudah mengalami pemadatan dengan tanah urug ($40 - 709,6 \Omega m$). Nilai resistivitas tanah gambut yang lebih tinggi mengindikasikan tanah gambut telah terdegradasi sehingga lebih kering dan juga kemungkinan telah terisi dengan mineral tanah urug disebut mineral gambut (*peaty soil*) [11]. Dalam hal ini, gambut mengalami proses disolusi dan presipitasi [25]. Lapisan bawah gambut

memiliki resistivitas sekitar $2,9 - 12,1 \Omega m$. Lapisan ini berupa tanah lempung, lanau dan air, bersifat lunak dan impermeabel. Nilai ini lebih rendah dari daerah gambut jenuh kota samarinda yaitu sekitar $4,26 - 29,7 \Omega m$ [26].

Tabel 1. Resistivitas tanah berdasarkan interpretasi data survei geolistrik

Lintasan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ωm)	Geologi
Line 1	1 – 3	209,0 – 425,0	Tanah urug
	> 3 – 10	24,7 – 209,0	Gambut
	> 15	2,9 – 12,1	Lempung
Line 2	1 – 3	208,0 – 424,0	Tanah urug
	> 3 – 10	24,7 – 208,0	Gambut
	> 15	2,9 – 12,1	Lempung
Line 3	1 – 6	208,0 – 424,0	Tanah urug
	> 3 – 15	24,7 – 208,0	Gambut
	> 15	2,9 – 12,1	Lempung
Line 4	1 – 3	208,0 – 424,0	Tanah urug
	> 3 – 15	24,7 – 208,0	Gambut
	> 15	2,9 – 12,1	Lempung

Karakteristik geokimia tanah gambut terdegradasi ditunjukkan dari gugus fungsional penyusun tanah gambut berdasarkan spektrum FTIR seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Tanda A_1 dan A_2 adalah gugus fungsional tanah gambut pada lokasi *Line 2* untuk kedalaman 100 cm dan 150 cm. Gugus fungsi tanah gambut pada A_1 dan A_2 terdiri dari senyawa-senyawa organik. Senyawa alifatik C-H dan amina N-H yang diduga muncul pada bilangan gelombang $700 - 909 \text{ cm}^{-1}$, kelompok eter C-O-R pada $1000 - 1030 \text{ cm}^{-1}$, aromatik $C = C$ dan $C = O$ pada $1620 - 1640 \text{ cm}^{-1}$ yang berhubungan dengan karakteristik senyawa humik, kelompok hidroksil O-H berada pada $3300 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ dan senyawa O-H dan Si-OH pada $3619 - 3690 \text{ cm}^{-1}$. Keberadaan tanah timbun diduga berada pada bilangan gelombang $520 - 1300 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus material tanah, yaitu keberadaan mineral Aluminium, Al (III) dan mineral lempung yang tersusun dari gugus Si-O, O-H, Mg (II) dan Fe (II) [27], serta pengurangan intensitas gugus fungsi senyawa organik.



Gambar 3. Spektrum FTIR tanah gambut pada *line 2*: A_1 pada kedalaman 100 cm dan A_2 pada kedalaman 150 cm

Pada lapisan tanah yang lebih dalam 50 cm dari A_1 yaitu A_2 (kedalaman 150 cm) terlihat keberadaan senyawa hidrokarbon alifatik C-H yang berada pada bilangan gelombang $2850 - 2919 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus fungsi siloksan (Si-O-Si atau ester pada bilangan gelombang 1160 cm^{-1} . Keberadaan $C = C$, $C - H$, $C = O$ menunjukkan keberadaan senyawa gambut pada tanah. Peningkatan intensitas $C = C$ dan $C = O$ dan penurunan intensitas $C - H$ menunjukkan peningkatan oksidasi dan dekomposisi bahan organik tanah gambut serta menunjukkan kehilangan komponen hidrofobik [16]. Kehilangan komponen hidrofobik juga ditandai dengan berkurangnya intensitas senyawa O-H pada bilangan gelombang $3300 - 3500 \text{ cm}^{-1}$. Kondisi ini mengakibatkan, pada musim kemarau lahan mudah kering dan terbakar, serta menyebabkan lahan gambut mudah banjir di saat musim penghujan. Lapisan gambut telah terdegradasi dengan tanah timbun, ditandai dengan berkurangnya intensitas dan lebar tiap-tiap gugus fungsi senyawa humik. Demikian juga pergeseran bilangan gelombang, menunjukkan tanah urug telah berikatan atau tersubstitusi dengan tanah urug [28].

Berdasarkan karakteristik geofisika dan geokimia di daerah penelitian, penimbunan lahan gambut dengan tanah urug selama satu tahun telah menyebabkan tanah gambut terdegradasi. Kepadatan lapisan gambut dan lempung tidak merata atau heterogen, sehingga informasi ini dapat dijadikan pertimbangan dalam perlakuan penimbunan lahan dengan tanah urug, baik pemilihan jenis material tanah urug dan volume tanah urug.

4. Simpulan

Tanah gambut yang telah ditimbun dengan tanah urug di daerah Liang Anggang Banjarbaru telah mengalami konsolidasi atau kemampatan yang ditunjukkan oleh karakteristik geofisika dan geokimia. Berdasarkan interpretasi data geolistrik, tanah gambut daerah Liang Anggang secara keseluruhan memiliki karakterisasi yang berbeda-beda, terbukti dari hasil penurunan atau peresapan tanah urug yang tidak sama pada *line* 1 dan 2 terhadap *line* 3 dan 4. Resistivitas tanah gambut antara $24,7 - 208 \Omega m$, yang merupakan gambut jenuh dan mineral gambut. Berdasarkan data spektrum FTIR, terjadi peningkatan gugus $C = C$ dan $C = O$ dan penurunan gugus $C - H$ yang menyatakan bahwa terjadi peningkatan oksidasi dan dekomposisi bahan organik dan penurunan sifat hidrofobik. Hal ini menunjukkan jika terjadi musim kemarau, maka lahan mudah kering dan terbakar, serta kurangnya sifat hidrofobik menyebabkan lahan gambut mudah banjir. Sehingga disarankan, jika hendak mengonversi lahan gambut menjadi fasilitas umum, sebaiknya mempertimbangkan sifat geofisika dan geokimia, selain faktor lainnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberi bantuan dana penelitian melalui dana Hibah Program Dosen Wajib Meneliti (PDWM)

Daftar Pustaka

- [1] Kurlov D and Marcovic T 2023 Experimental Study Of Improving The Physical Properties Of Peat Soil Using Sand And Bio-Grouting Techniques With The Assistance Of Bacillus Subtilis Bacteria *J. Geosci. Eng. Environ. Technol.* **8**(1) p 69–76 doi: 10.25299/jgeet.2023.8.1.13464
- [2] Fabius M, Bo M W, and Fabius K 2008 Peat unit weight effects on embankment stabilization *GeoEdmonton* p 272–279
- [3] Gambut I P 2018 Luas dan sebaran | Pantau Gambut *Pantau Gambut* [Online]. Available: <https://pantaugambut.id/pelajari/luas-dan-sebaran>
- [4] Radar Banjarmasin 2021 Gambut, Penyangga Pangan atau Penyangga Kota
- [5] Helmi M 2021 Gambut Bakal Jadi Kota Tanah Pertanian Akan Dipindahkan *Radar Banjarmasin*

- [6] Putsanra 2021 Dampak Banjir Kalsel 2021 Jalan Putus, Ribuan Rumah Terendam [Online]. Available: tirto.id - Sosial budaya
- [7] Mediakita.co.id and 20 Des 2021 Senin, “Penyebab Rumah di banjarmasin amblas”
- [8] Maulida 2022 Bukan Hanya Sekali, Ini Daftar Bangunan di Kalimantan Selatan yang Tiba-Tiba Roboh *Peristiwa Online*
- [9] Panduan Memilih Jenis Tanah Urugan Yang Tepat Untuk Proyek Anda. [Online]. Available: <https://mdskontraktor.co.id/dnews/60138/panduan-memilih-jenis-tanah-urugan-yang-tepat-untuk-proyek-anda.html>
- [10] Abdel-Salam A E 2018 Stabilization of peat soil using locally admixture *HBRC J.* **14**(3) p 294-299 doi: 10.1016/j.hbrcj.2016.11.004.
- [11] Ritung W S dan Subagio H 2004 Peta Sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon di Kalimantan / Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Kalimantan, 2000 – 2002 *Wetlands International - Indonesia Programme & Wildlife Habitat Canada (WHC)*
- [12] Slater L D and Reeve A 2002 Investigating peatland stratigraphy and hydrogeology using integrated electrical geophysics *Geophysic* **67**(2) p 365–378 doi: 10.1190/1.1468597
- [13] Comas X, Slater L, and Reeve A 2005 Geophysical and hydrological evaluation of two bog complexes in a northern peatland: Implications for the distribution of biogenic gases at the basin scale *Global Biogeochem. Cycles* **19**(4) doi: 10.1029/2005GB002582
- [14] Maftu’Ah E, Fahmi A, and Hayati A 2019 Changes in degraded peat land characteristic using FTIR-spectroscopy *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* **393**(1) doi: 10.1088/1755-1315/393/1/012091
- [15] Maftuah E and Nurzakiah S 2018 Pemulihan dan Konservasi Lahan Gambut *Agroekologi Rawa* **10** p 471–501
- [16] Obeng A S, Dunne J, Giltrap M, and Tian F 2023 Soil organic matter carbon chemistry signatures, hydrophobicity and humification index following land use change in temperate peat soils *Heliyon* **9**(9) p e19347 doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e19347
- [17] C. Indonesia 2025 Masuk Musim Kemarau tapi Masih Hujan, Apa Penyebabnya
- [18] Monika A 2025 Masuk Musim Kemarau Tetapi Masih Di Musim Hujan, Kenapa Suara Nanggroe
- [19] Sinclair A L *et al.* 2020 Effects of distance from canal and degradation history on peat bulk density in a degraded tropical peatland *Sci. Total Environ.* **699** p 134199
- [20] Könönen M, Jauhiainen J, Laiho R, Kusin K, and Vasander H 2015 Physical and chemical properties of tropical peat under stabilised land uses *Mires Peat* **16** no. October
- [21] Isbiantoro R and Zulfian Z 2021 Aplikasi Metode Geolistrik 3D untuk Mengetahui Struktur Bawah Permukaan (Studi Kasus : Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak , Provinsi Kalimantan Barat) **9**(2) p 132–137
- [22] Rahmawati D and Zulfian Z 2020 Identifikasi Lapisan Tanah Keras pada Lahan Gambut Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis *Prism. Fis.* **8**(1) p 45
- [23] Manik T N, Wahyuni S, Hikmah N, Bakri A, and Siregar S S 2023 Effect of Soil Geochemical on The Chemical Properties of Lignocellulosic Oil Palm Fibers *J. Fis. Flux J. Ilm. Fis. FMIPA Univ. Lambung Mangkurat* **20**(3) p 239, doi: 10.20527/flux.v20i3.16068
- [24] Telford W M, Geldart L P & Sheriff R E 1991 Applied geophysics (second edition) In C. University (Ed.) *Cambridge University Pres*
- [25] Minnesota Pollution Control Agency 2022 Soil chemical properties and processes. [Online]. Available: https://stormwater.pca.state.mn.us/index.php?title=Soil_chemical_properties_and_processes

- [26] Arifin A, Sm I, Tahrir M, Wicaksono H, and Artati D Y 2024 Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Survei Geolistrik dan Geoteknik untuk Perencanaan Pembangunan Infrastruktur Areal Selatan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda *J. Tek. Sipil dan Lingkung.* **9**(1) p 105–114 doi: 10.29244/jsil.9.1.105-114
- [27] Stuart B H 2005 *Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications* doi: 10.1002/0470011149
- [28] Kennedy-Blundell O J, Shuttleworth E L, Rothwell J J, and Clay G D 2024 Physical and chemical characteristics of pyrogenic carbon from peatland vegetation fires differ across burn severities, *Front. Earth Sci.* **12** no. January p 1–17 doi: 10.3389/feart.2024.1492624