

## SIFAT KIMIA BIOCHAR PELEPAH KELAPA SAWIT DARI NEGERI LAMA SEBERANG, KABUPATEN LABUHANBATU

### The Chemical Properties of Oil Palm Found Biochar from Negeri Lama Seberang, Labuhanbatu District

Bayu Reynaldi, Ika Ayu Putri Septyani\*, Hilwa Walida, Khairul Rizal

Program studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Labuhanbatu, Rantauprapat

\*Penulis korespondensi : Ikaayuputriseptyani@gmail.com

#### Abstrak

Pelepah kelapa sawit merupakan limbah perkebunan kelapa sawit yang tidak dimanfaatkan, padahal pelepah kelapa sawit dapat dikonversi menjadi biochar untuk memperbaiki kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat kimia biochar yang dihasilkan dari pelepah kelapa sawit. Percobaan pot dilakukan di Desa Negeri Lama Seberang, Kecamatan Labuhanbatu, Rantauprapat. Formulasi biochar terdiri atas dua formulasi, yaitu A = biochar murni (biochar dalam bentuk aslinya) dan B = biochar granul (biochar + tepung tapioka). Setiap bentuk biochar diulang lima kali untuk mendapatkan sepuluh sampel. Hasil analisis laboratorium biochar dilanjutkan dengan uji statistik berdasarkan uji-t dependen pada taraf 5% menggunakan Microsoft Excel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biochar granul memiliki karakteristik kimia seperti C organik 32,78%, sifat kimia yang lebih baik dibandingkan biochar murni.

**Kata kunci:** *biochar, pelepah kelapa sawit, sifat kimia*

#### Abstract

Oil palm fronds are waste products of oil palm plantations that are not utilized, yet oil palm fronds can be converted to biochar to improve soil fertility. This study aimed to analyze the chemical properties of the biochar generated from oil palm fronds. A pot experiment was conducted in Negeri Lama Seberang Village, Labuhanbatu District, Rantauprapat. The biochar formulation consisted of two formulations, i.e., A = pure biochar (biochar in its original form) and B = granule biochar (biochar + tapioca flour). Each biochar form was repeated five times to obtain ten samples. The results of the biochar laboratory analysis were continued with statistical tests based on the dependent t-test at the 5% level using Microsoft Excel. The results showed that biochar granules had chemical characteristics such as organic C of 32.78%, N of 2.39%, P of 0.18, K of 0.75%, and pH of 8.07. These values showed that granule biochar has better chemical characteristics than pure biochar.

**Keywords:** *biochar, chemical properties, oil palm fronds*

#### Pendahuluan

Luas lahan kelapa sawit di Sumatera Utara pada saat ini mencapai 441 399,52 ha, dan untuk hasil panen TBS 7 199 750,00 ton, jika di lihat dari hasil panennya dapat disimpulkan bahwa jumlah limbah padat yang dihasilkan cukup besar, salah satu limbah padatnya yakni pelepah kelapa sawit, limbah pelepah kelapa sawit yang tidak digunakan akan menjadi sumber hama karena tidak dibersihkan dan

diolah dengan baik (BPS, 2020). Pelepah kelapa sawit mengandung N = 2,6-2,9(%), P = 0,16-0,19(%), K = 1,1-1,3(%) dan lignin = 21,71%. Kandungan lignin yang tinggi pada pelepah kelapa sawit tidak dapat terdekomposisi dalam waktu yang singkat, sehingga limbah pelepah kelapa sawit tidak dapat dijadikan sumber hara dalam bentuk biochar bagi perakaran kelapa sawit (Anggraini *et al.*, 2022). Kandungan lignin yang tinggi pada pelepah sawit dan N yang rendah berpotensi untuk dijadikan

biochar karena biochar pada proses pembuatannya melalui pembakaran, sehingga dapat meningkatkan daya ikat air (*water holding capacity*) menjadi lebih tinggi bagi perakaran kelapa sawit itu sendiri (Anggraini *et al.*, 2022). Selain itu, biochar merupakan arang hayati yang memiliki kandungan karbon tersimpan tinggi dan bersifat *recalcitrant* dan memiliki C/N tinggi sehingga dapat menyumbang karbon dalam waktu yang cukup panjang (Qambrani *et al.*, 2017; Malyan *et al.*, 2021).

Biochar adalah bahan padat kaya karbon hasil konversi dari limbah organik (biomas pertanian) melalui pembakaran tidak sempurna atau pasokan oksigen terbatas (*pyrolysis*). Pembakaran tidak sempurna dapat dilakukan dengan alat pembakaran atau pirolisator dengan suhu 250-350 °C selama 1-3,5 jam, tergantung pada biomas atau alat pembakaran yang digunakan (Wang *et al.*, 2017). Manfaat biochar adalah sebagai salah satu alternatif dalam pengolahan limbah yang belum dimanfaatkan dan sulit didekomposisi. Biochar dapat berfungsi sebagai pembenah tanah, dan sebagai bentuk sekuestrasi (penambatan) karbon sehingga juga berfungsi untuk pelestarian lingkungan. Secara empirik penggunaan biochar dapat meningkatkan kesuburan dan N, P, K, dan C organik tanah (Endriani dan Kurniawan, 2018). Peningkatan kesuburan tanah tentu saja berkorelasi positif terhadap upaya pengurangan deforestasi, mencegah masyarakat merambah hutan karena kesuburan tanah meningkat yang akan meningkatkan produksi hasil meningkat sehingga masyarakat lebih suka mengolah tanah mereka sendiri.

Biochar atau arang hayati tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan amelioran atau pembenah tanah. Namun, biochar juga dapat dijadikan sebagai media tanam. Hal ini karena biochar memiliki sifat menahan air yang baik, tidak mudah lapuk dan dapat meretensi kelebihan hara bagi tanaman. (Andalasari *et al.*, 2017). Biochar memiliki keunggulan yakni dapat meningkatkan serapan unsur hara, mengurangi pencucian hara, menambah daya tampung air, mengurangi cucian hara dan degradasi kesehatan tanah, meningkatkan KTK, meningkatkan biomassa dan kelimpahan mikro organisme, dan membantu menetralkan pH tanah (Agviolita *et al.*, 2021). Biochar memiliki kelemahan yaitu pada perbedaan bentuk; perbedaan bentuk biochar akan berpengaruh terhadap kualitas pembenah tanah dan kemampuannya dalam memperbaiki kualitas tanah dan media tanam terutama dalam ketersediaan hara, retensi hara dan retensi air. Jika bentuk biochar semakin kecil luas

permukaannya maka akan semakin besar daya serap penyimpan cadangan air (Agviolita *et al.*, 2021).

Perbedaan bentuk biochar akan berpengaruh terhadap kualitas pembenah tanah dan kemampuannya dalam memperbaiki kualitas tanah dan media tanam terutama dalam ketersediaan hara, retensi hara dan retensi air. Jika bentuk biochar semakin kecil luas permukaannya maka akan semakin besar daya serap penyimpan cadangan air. Pengaruh dari bentuk biochar baik dalam bentuk granular dan serbuk dalam menyediakan ketersediaan hara, retensi air dan menjadi media tanam yang optimal bagi pertumbuhan tanaman pekarangan dan tanaman pertanian sehingga dapat menghasilkan tanaman yang lebih berkualitas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisikokimia biochar dari pelepah kelapa sawit dari Desa Negeri Lama Seberang, Kabupaten Labuhanbatu, Rantauprapat.

## Bahan dan Metode

### *Waktu dan tempat*

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan di mulai dari 29 November 2022 sampai 29 Februari 2023, di Desa Negeri Lama Seberang, Kabupaten Labuhanbatu, Rantauprapat. Kota ini berada antara 99°33' BT - 100°22' BT dan 01°41' LU - 02°44' LU. Penelitian dilakukan di lahan pekarangan kemudian dilanjutkan dengan analisis biochar di Laboratorium Dasar, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Labuhanbatu, Rantauprapat.

### *Alat dan bahan*

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah pelepah kelapa sawit dan tepung. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah drum kaleng pembuatan biochar. Penelitian ini juga menggunakan alat-alat laboratorium sebagai uji kimia biochar, seperti unit pH meter, *furnace* (oven tanah), unit destilasi, unit destruksi dan unit titrasi.

### *Rancangan percobaan*

Penelitian ini dilakukan dengan percobaan pot di lahan pekarangan. Masing-masing pot percobaan merujuk pada penelitian Septyani *et al.* (2020) yaitu menggunakan 200 g biochar sebagai media tanam. Percobaan dilakukan berdasarkan dua perlakuan dan lima ulangan, sehingga diperoleh sepuluh satuan percobaan. Perlakuan yang diuji adalah A = biochar murni (biochar dalam bentuk aslinya)

dan B = biochar granul yang sudah dicetak dengan komposisi 60% biochar + 40% tepung tapioka.

**Pembuatan biochar**

Pembuatan biochar dilakukan secara pembakaran sempurna atau *pyrolysis*. Pelepah kelapa sawit yang telah diperoleh kemudian dicincang sekitar 5 cm dan setelah itu dijemur selama 5 hari. Kemudian dibakar dalam drum secara *pyrolysis* pada suhu 300 °C selama 2 jam. Setelah dua jam, drum yang berisi arang kelapa sawit disiram dengan air supaya tidak menjadi abu. Setelah itu, ditunggu hingga dingin.

**Proses pembuatan biochar granul**

Biochar yang sudah jadi dibentuk menjadi granul dengan cetakan sederhana. Biochar dicampur dengan anti semut dan tepung dengan perbandingan 60:40 kemudian ditambah aktivator EM-4 dan air. Fungsi tepung dalam pembuatan granul adalah sebagai lem biochar agar mudah dibentuk. Setelah dicampur hingga homogen, campuran dimasukkan ke dalam alat pembuat granul. Hasil yang sudah dicetak dioven selama 1 jam agar biochar yang sudah jadi tidak mudah berjamur.

**Analisis sifat kimia biochar**

Analisis sifat kimia biochar yang dilakukan meliputi pH (H<sub>2</sub>O) dengan metode elektrometri (1:5), C organik dengan metode Walkley dan Black dengan Spektrofotometer, N dengan metode Kjeldahl dengan Spektrofotometer, P dengan metode *dry ashing* HNO<sub>3</sub> dengan spektrofotometer, unsur K dengan metode *dry Ashing* HCL dengan AAS.

**Analisis statistik**

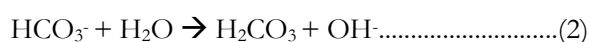
Setelah uji laboratorium di lanjutkan dengan uji fisik secara statistik menggunakan uji t-berpasangan (dependent t-test) pada taraf 5% dengan Microsoft Excel. Uji t adalah suatu uji yang menunjukkan seberapa jauh pengaruh variabel independen (formulasi biochar murni dan granul) secara

individual dalam menerangkan variabel dependen (sifat kimia biochar). Jika nilai signifikansi >5% maka secara parsial formulasi biochar murni dan granul berpengaruh nyata terhadap sifat kimia biochar pelepah kelapa sawit.

**Hasil dan Pembahasan**

**pH biochar**

Biochar murni berbeda nyata dengan biochar granul menurut uji t pada taraf 5% (Tabel 1). pH tertinggi terdapat pada biochar granul sebesar 8,07 unit dan pada biochar murni sebesar 6,70 unit. Penambahan formulasi tepung pada biochar granul dapat meningkatkan pH biochar sebesar 1,348 unit. Namun, dari kedua biochar ini memiliki nilai pH yang mendekati netral sehingga keduanya dapat dijadikan sebagai sumber amelioran pada tanah. Hal ini sesuai dengan penelitian Sukmawati (2020) bahwa biochar memiliki pH mendekati netral hingga alkali karena proses pembakaran pirolisis. Proses pirolisis dapat menyebabkan penguraian selulosa dan hemiselulosa yang menghasilkan zat volatil. Penguraian ini dapat membentuk gugus karboksil pada permukaan biochar. Setelah proses pembuatan biochar dengan penambahan air, maka dapat mengurai gugus karboksil dan asam karbonat sehingga menyumbangkan OH pada biochar dengan reaksi sebagai berikut (Septyani *et al.*, 2020; Septyani *et al.*, 2022).



Tabel 1 dapat dilihat bahwa biochar granul memiliki nilai pH lebih tinggi dibanding biochar murni. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi biochar yang ditambahkan tepung tapioka dapat berfungsi untuk meningkatkan pH bahan amelioran dan mengurangi efek merugikan (Habi *et al.*, 2018).

Tabel 1. Sifat kimia biochar murni dan biochar granul.

Parameter	Biochar Murni	Biochar Granul	d	SD	t-tabel (5%)	t-hitung	Keterangan
pH	6,706	8,054	1,348	0,035	2,776	15,870	*
C organik (%)	28,890	34,784	5,894	1,692	2,776	2,791	*
N total (%)	1,614	2,398	0,784	0,099	2,776	4,213	*
P total (%)	0,257	0,182	-0,075	0,034	2,776	2,223	tn
K total (%)	1,016	0,880	-0,136	0,102	2,776	1,723	tn

Keterangan : d = selisih biochar granul dan biochar murni; sd = standar deviasi, \*= berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5%; tn = tidak berbeda nyata menurut uji t pada taraf 5%.

Penggunaan tepung sebagai perekat biochar pelepah kelapa sawit mampu mengadsorpsi air lebih tinggi dibandingkan dengan kitosan sehingga tepung mampu menyumbangkan OH<sup>-</sup> akibat proses adsorpsi air pada permukaan biochar (Rengga *et al.*, 2019).

### **C organik biochar**

Data yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan C organik biochar murni berbeda nyata dengan biochar granul. Kandungan C organik tertinggi dijumpai pada biochar granul sebesar 32,78%, sedangkan C organik pada biochar murni sebesar 29,75%. Kandungan C organik pada biochar pelepah kelapa sawit tergolong tinggi namun lebih rendah jika dibandingkan dengan tandan kosong dan cangkang kelapa sawit. Hal ini karena pelepah kelapa sawit memiliki lebih sedikit biomassa jika dandingkan cangkang dan tandan kosong kelapa sawit (Lehman *et al.*, 2011). Evans *et al.* (2017) dan Guo *et al.* (2020) melaporkan bahwa biochar memiliki C organik yang tinggi akibat proses pirolisis dengan suhu 400 °C menyumbangkan karbon.

Biochar granul memiliki jumlah C organik tertinggi. Tingginya jumlah C organik ini karena pada pembuatan biochar granul dilakukan penambahan air dan tepung tapioka sebagai bahan perekat, tepung tapioka merupakan tambahan yang terbuat dari singkong. Singkong merupakan bahan yang mengandung karbohidrat, komponen utama karbohidrat terdiri atas karbon, sehingga C organik pada biochar bertambah dan sangat berpengaruh dalam penambahan bahan C organik pada biochar. Semakin besar kadar tepung maka semakin tinggi pula kadar C organik pada biochar (Yanti dan Kusuma, 2022).

### **N biochar**

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa biochar murni berbeda nyata dengan biochar granul, pada Tabel 1 dapat kita lihat bahwa dari kandungan unsur N total tertinggi ialah biochar granul sebesar 2,39% dan untuk jumlah unsur N pada biochar murni sebesar 1,61%. Peningkatan N total setelah mengalami penambahan formulasi biochar yang terjadi sebesar 0,78%. Hal ini karena biochar granul telah dilakukan penambahan bahan baku dari tepung sehingga dapat mempercepat reaksi mineralisasi di dalam biochar. Hal ini karena biochar telah mengalami dekomposisi sehingga melepaskan unsur hara yang penting bagi tanaman (Fadillah *et al.*, 2020). Selanjutnya, Hastuti (2011) melaporkan bahwa bahan awal yang memiliki unsur

C, H, O dan N berubah menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O serta N berubah menjadi nitrit ataupun nitrat.

### **P biochar**

Berdasarkan Tabel 1 dapat di lihat bahwa biochar murni tidak berbeda nyata dengan biochar granul, pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari kandungan unsur P tertinggi ialah biochar murni sebesar 0,25% dan untuk jumlah P total pada biochar granul sebesar 0,18%. Kedua biochar ini memiliki persentase yang tidak signifikan. Hal ini karena unsur P dalam amelioran dapat terbentuk akibat proses mineralisasi yang dibantu oleh enzim fosfatase. Biochar merupakan bahan amelioran yang memiliki pH tinggi yang harusnya dapat meningkatkan aktivitas enzim fosfatase. Namun, pada penambahan tepung tidak berpengaruh dalam meningkatkan aktivitas enzim fosfatase karena sedikitnya substrat P organik pada biochar murni itu sendiri (Evans *et al.*, 2017). Rendahnya jumlah P pada biochar granul karena tepung tapioka tidak mempengaruhi dalam meningkatkan jumlah unsur P, karena peningkatan unsur P di sebabkan oleh banyaknya jumlah bahan organik yang digunakan pada bahan baku biochar itu sendiri.

### **K biochar**

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa biochar murni tidak berbeda nyata dengan biochar granul. Tabel 1 dapat dilihat bahwa dari kandungan unsur K tertinggi ialah biochar murni sebesar 1,01% dan untuk jumlah unsur pada biochar granul sebesar 0,78%. Hal ini sesuai dengan Sakiah *et al.* (2018) bahwa pelepah kelapa sawit memiliki persentase K sebesar 1,1%-1,3%. Pembuatan biochar konsentrasi K lebih kecil karena proses pembakaran. Selanjutnya Rizali *et al.* (2018) melaporkan bahwa pelepah kelapa sawit yang mengalami proses pengolahan dan penambahan bahan lain yang mengandung karbon seperti bahan organik mampu menurunkan persentase K. Hal ini karena pelepah kelapa sawit memiliki kandungan lignin tinggi yaitu 20,7% dan hemiselulosa 81% sehingga pelepah kelapa sawit sulit didekomposisi dan mengalami penambahan K.

Tabel 1 juga dapat dilihat bahwa biochar murni memiliki jumlah K tertinggi dan biochar granul memiliki jumlah K yang rendah karena penambahan air ketika pembuatan formulasi, yang di mana semakin tinggi kadar air dalam biochar maka nilai K semakin rendah dapat dilihat dari proses pembuatan biochar granul yang ditambahkan air dalam proses pembuatannya (Prasetyo *et al.*, 2020). Biochar murni tidak



mengalami penambahan tepung tapioka, sehingga semakin banyak jumlah pelepah kelapa sawit yang digunakan maka semakin besar nilai unsur K yang terkandung pada biochar.

## Kesimpulan

Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pelepah kelapa sawit dapat dijadikan sumber bahan amelioran karena memiliki karakteristik kimia yang mendukung sebagai sumber bahan amelioran. Biochar granul memiliki karakteristik kimia lebih tinggi dibandingkan biochar murni, seperti C organik = 32,78%, N = 2,39%, P = 0,18, K = 0,75%, dan pH = 8,07. Peningkatan karakteristik kimia pada biochar granul disebabkan oleh adanya penambahan bahan pada formulasi yang dilakukan.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Labuhanbatu yang membantu penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Agviolita, P., Yushardi, Y. dan Anggraeni, A. 2021. Pengaruh perbedaan biochar terhadap kemampuan menjaga retensi pada tanah. *Jurnal Fisika Unand* 10(2):267-273, doi:10.25077/jfu.10.2.267-273.2021.
- Andalasari, T.D., Yafisham, Y. dan Nuraini, N. 2017. Respon pertumbuhan anggrek *Dendrobium* terhadap jenis media tanam dan pupuk daun. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 14(3):167-173, doi:10.25181/jppt.v14i3.156.
- Anggraini, S., Gusrizal, dan Yudiansyah, Y. 2022. Karakterisasi biochar dari tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *E-Jurnal Kimia Khatulistiwa* 10(1):9-14, doi:10.24252/al-kimia.v10i1.25723.
- BPS (Badan Pusat Statistik) Indonesia. 2020. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia Tahun 2020*. Jakarta.
- Endriani, E. dan Kurniawan, A. 2018. Konservasi tanah dan karbon melalui pemanfaatan biochar pada pertanaman kedelai. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi* 2(2):93-106, doi:10.22437/jiituj.v2i2.5980.
- Evans, M.R., Jackson, B.E., Popp, M. and Sandaka, S. 2017. Chemical properties of biochar materials manufactured from agricultural products common to the Southeast United States. *Hortechology* 27(1):16-23, doi:10.21273/HORTTECH03481-16.
- Fadillah, U., Gusnidar, G. dan Yasin, S. 2020. Pengaruh aplikasi kompos granul dengan perekat liat terhadap sifat kimia Regosol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 8(1):83-90, doi:10.21776/ub.jtsl.2021.008.1.11.

- Guo, X., Liu, H.T. and Zhang, J. 2020. The role of biochar in organic waste composting and soil improvement: a review. *Waste Management* 102(1):884-899, doi:10.1016/j.wasman.2019.12.003.
- Habi, M., Nendissa, J.I., Marasabessy, D. dan Kalay, A.M. 2018. Ketersediaan fosfat, serapan fosfat, dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat pemberian kompos granul ela sagu dengan pupuk fosfat pada Inceptisols. *Agrologia* 7(1):42-52, doi:10.30598/a.v7i1.356.
- Hastuti, P.Y. 2011. Nitrifikasi dan denitrifikasi di tambak. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 10(1):89-98, doi:10.19027/jai.10.89-98.
- Lehman, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, C.A., Hockaday, W.C. and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota. *Soil Biology and Biochemistry* 43(9):1812-1836, doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.022.
- Malyan, S.K., Kumar, S., Fagodiya, R.K., Ghosh, P., Kumar, K., Singh, R. dan Singh, L. 2021. Biochar for environmental sustainability in the energy water agroecosystem nexus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 149(1):1-20, doi:10.1016/j.rser.2021.111379.
- Prasetyo, Y., Hidayat, B. dan Sitrorus, B. 2020. Karakteristik kimia biochar dari beberapa biomasa dan metode pirolisis. *Jurnal Agrium* 23(1):17-20.
- Qambrani, N.A., Rahman, M.M., Won, S., Shim, S. and Ra, S. 2017. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: a review. *Renewable and Sustainable Energy Review* 27(1):255-273, doi:10.1016/j.rser.2017.05.057.
- Rengga, W.D.P., Mubarak, M.A. and Cahyarini, N.S. 2019. Phosphate release from slow-release fertilizer using a mixture of chitosan and potato flour as a coating. *Jurnal Bahan Alam Terbaharukan* 8(1):34-40, doi:10.15294/jbat.v8i1.15289.
- Rizali, A., Fachrianto, F., Ansari, M. H. dan Wahdi, A. 2018. Pemanfaatan limbah pelepah dan daun kelapa sawit melalui fermentasi *Trichoderma* sp. sebagai pakan sapi potong. *EnviroScientae* 14(1):1-7, doi:10.20527/es.v14i1.4886.
- Sakiah, S., Dibisono, Y.M. dan Susanti, S. 2018. Uji kadar hara nitrogen, fosfor dan kalium pada pelepah kelapa sawit dengan pemberian *Trichoderma* dan kotoran sapi. *Jurnal Agroindustri Perkebunan* 7(2):87-95, doi:10.25181/jaip.v7i2.1118.
- Septyani, I.A.P. dan Syawal, F.H. 2022. Pengaruh kompos biochar dalam meningkatkan ketersediaan hara dan pertumbuhan tanaman padi (*Oryza sativa*) di tanah sawah intensif. *Jurnal Tanah dan Iklim* 46(2):133-144, doi:10.21082/jti.v46n2.2022.133-144.
- Septyani, I.A.P., Yasin, S. dan Gusmini, G. 2020. Pemanfaatan blotong dan pupuk sintetis dalam memperbaiki sifat kimia Ultisol dan pertumbuhan bibit kelapa sawit. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan* 7(1):21-30, doi:10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.4.
- Sukmawati, S. 2020. Karakteristik sifat kimia biochar dari tongkol jagung, cangkang dan tandan kosong

kelapa sawit bahan organik menjanjikan dari limbah pertanian. *AGROPLANTAE: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan* 9(2):25-37, doi:10.51978/agro.v9i2.223.

Wang, N., Chang, Z.Z., Chang, Z.Z., Xue, X.M., Yu, J.G. and Shi, X.X. 2017. Biochar decreases nitrogen oxide and enhances methane emissions via altering microbial community composition of anaerobic paddy soil. *Science of the Total Environment* 96(581-582):689, doi:10.1016/j.scitotenv.2016.1.181.

Yanti, I. dan Kusuma, Y.R. 2022. Pengaruh kadar air dalam tanah terhadap kadar C organik dan keasaman (pH) tanah. *Indonesian Journal of Chemical Research* 6(2):92-97, doi:10.20885/ijcr.vol6.iss2.art5.