

Perubahan Karakteristik Kimia Tanah Aluvial Akibat Pemberian *Biochar* Tandan Kosong Kelapa Sawit dan *Fly Ash* Batu Bara

Beny Setiawan*, Rika Fitry Ramanda, dan Nurhayati

Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Jurusan Pertanian dan Bisnis

Politeknik Negeri Ketapang

Jl. Rangka Sentap, Kec. Delta Pawan, Kota Ketapang 78813

*Alamat korespondensi: beny.setiawan780@politap.ac.id

INFO ARTIKEL	ABSTRACT/ABSTRAK
Diterima: 10-12-2024 Direvisi: 20-03-2025 Dipublikasi: 31-05-2025	Changes of alluvial chemist characteristic due to biochar oil palm empty bunch biochar and coal fly ash application
Keywords: Alluvial, Biochar, Oil Palm Empty Bunch, Fly ash	Alluvial soil when used for agriculture has disadvantages such as low pH value, poor soil structure, low cation exchange capacity (CEC) and low permeability. One of method to overcome alluvial soil characteristic can be done by implementing amelioration. Materials that can be used as a source of amelioration are oil palm empty bunch <i>biochar</i> (OPEB) and coal <i>fly ash</i> . This research aims to determine the effect of giving OPEB biochar and coal fly ash on the chemical properties of alluvial soil. The research method used Factorial Randomized Completely Design with 3 replications that consisting of 2 factors, i.e., the treatment of fly ash (a_0 =without fly ash, a_1 =fly ash 25% and a_3 =fly ash 50%) and biochar treatment (b_0 =without biochar, b_1 = biochar 5% and b_2 = biochar 10%). The research results showed that interaction between fly ash and biochar occur at a dose fly ash of 50% and biochar 10% which can be increasing the chemical characteristic on pH (6.76); P_2O_5 amount (38.29 mg/kg), CEC (23.65 cmol/kg) and copper amount (0.21%). The addition of ameliorants such as oil palm empty bunch biochar and coal fly ash has been proven to improve the quality of alluvial soil, making it suitable to support optimal plant growth.
Kata Kunci: Aluvial, <i>Biochar</i> , <i>Fly ash</i> , Tandan kosong kelapa sawit	Tanah aluvial dalam bidang pertanian memiliki kekurangan seperti nilai pH yang rendah, struktur tanah yang jelek, kapasitas tukar kation dan permeabilitas tanah yang rendah. Upaya mengatasi kendala pada tanah aluvial tersebut salah satunya dapat dilakukan dengan penerapan ameliorasi. Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai sumber ameliorasi yaitu <i>biochar</i> tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan <i>fly ash</i> batu bara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian <i>biochar</i> TKKS dan <i>fly ash</i> batu bara terhadap sifat kimia tanah aluvial. Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 3 ulangan yang terdiri dari 2 faktor yakni penggunaan <i>fly ash</i> (a_0 =tanpa <i>fly ash</i> , a_1 = <i>fly ash</i> 25% dan a_3 = <i>fly ash</i> 50%) dan pemberian <i>biochar</i> (b_0 =tanpa <i>biochar</i> , b_1 = <i>biochar</i> 5% dan b_2 = <i>biochar</i> 10%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan <i>fly ash</i> dan pemberian <i>biochar</i> . Interaksi <i>fly ash</i> 50% dan <i>biochar</i> TKKS 10% memberikan perubahan sifat kimia tanah yang paling baik yakni dapat meningkatkan pH tanah (6,76), meningkatkan kandungan P_2O_5 (38,29 mg/kg), meningkatkan KTK tanah (23,65 cmol/kg) dan menurunkan kandungan Cu (0,21%). Penambahan ameliorasi <i>biochar</i> TKKS dan <i>fly ash</i> batubara terbukti dapat memperbaiki kualitas tanah aluvial sehingga dapat digunakan untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

PENDAHULUAN

Alih fungsi lahan yang menyebabkan semakin berkurangnya lahan pertanian dan perkebunan memungkinkan penggunaan lahan suboptimal dijadikan lahan untuk budi daya tanaman. Penggunaan lahan suboptimal menurut Mulyani & Sarwani (2013) memerlukan inovasi teknologi yang sesuai dengan karakteristik dan tipologi lahannya. (BPS, 2019) menyebutkan tanah aluvial merupakan salah satu jenis tanah yang luas penyebarannya mencapai 1.495.033 ha atau 10,29% dari luas seluruh Kalimantan Barat.

Aluvial merupakan tanah yang berasal dari endapan yang terbentuk dari pasir dan lumpur halus akibat erosi tanah (Apostolou *et al.*, 2024). Tingkat kesuburan aluvial dapat seragam dan dapat pula tidak seragam tergantung dari jenis bahan induknya (Bahrami & Ghahraman, 2019). Ketika digunakan sebagai lahan pertanian, tanah aluvial memiliki kekurangan seperti memiliki nilai pH yang rendah, struktur tanah dengan kandungan liat yang tinggi (Liu *et al.*, 2015; Bahrami & Ghahraman, 2019; Gayo dkk., 2022), kejenuhan basa kurang dari 50% (Gayo dkk., 2022) dan permeabilitas yang buruk (Salim dkk., 2019). Upaya mengatasi kendala aluvial dapat dilakukan dengan penerapan amelioran. Hasil penelitian Sumarsono *et al.* (2023) menyebutkan bahwa berat kering tajuk dan berat kering biji tanaman padi pada tanah yang diberi amelioran berbeda nyata dari tanah yang tidak diberi amelioran. Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai sumber amelioran di antaranya abu terbang (*fly ash*) batu bara dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit (TKKS).

Abu terbang (*fly ash*) merupakan bahan sisa hasil pembakaran batu bara. Kebutuhan batu bara PLTU Sukabangun, Ketapang-Kalbar pada tahun 2020 adalah sebesar 66.683.391 ton, sehingga limbah hasil pembakaran batubara yang dihasilkan sekitar 3.334.169 ton (PLN, 2020). Limbah tersebut jika tidak dimanfaatkan akan mencemari lingkungan. Di bidang pertanian, pemanfaatan limbah tersebut terutama yang berupa *fly ash* dapat dijadikan sebagai amelioran. Penggunaan *fly ash* bersama *bottom ash* sebesar 50% pada top soil tanah bekas tambang yang dicampur bokasi (20%) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kayu putih (Ferdian dkk., 2023). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa *fly ash* dapat menurunkan tingkat keasaman tanah, dan meningkatkan kandungan unsur hara makro (K, Na, Ca, Mg) dan hara mikro (Fe, Cu, Zn, Mn) yang

mampu mendukung pertumbuhan tanaman (Damayanti, 2018). Akan tetapi, unsur hara mikro jika berlebihan dapat menjadi racun bagi tanaman. Menurut Firman dkk. (2020) tembaga (Cu) di dalam *fly ash* merupakan salah satu unsur yang perlu mendapat perhatian karena konsentrasinya melebihi ambang batas.

Pembuatan *biochar* dengan bahan baku dari tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu solusi dalam mempercepat pengolahan limbah padatan serta menjadi alternatif lain dalam pemanfaatan limbah. Tandan kosong kelapa sawit jika dimanfaatkan tanpa melalui proses pengolahan memiliki tingkat C/N ratio tinggi (belum terurai) sehingga tidak bisa dimanfaatkan oleh tanaman. Untuk itu diperlukan teknologi yang dapat mengkonversi TKKS menjadi produk yang bernilai tinggi dan bermanfaat yaitu teknologi pirolisis. Proses pirolisis dilakukan dengan pemberian suhu tinggi dan tanpa kehadiran oksigen yang nantinya akan menghasilkan arang hayati atau *biochar* (Febriyanti dkk., 2019). Penggunaan *biochar* dalam hal ini juga dimaksudkan untuk mengikat logam berat yang mungkin terkandung dalam *fly ash* (Wang *et al.*, 2022). Berdasarkan uraian di atas, perlu kajian untuk mengetahui potensi TKKS yang dijadikan *biochar* dan pemanfaatan *fly ash* batu bara dalam memperbaiki kesuburan tanah khususnya aluvial.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Politeknik Negeri Ketapang Desa Sungai Awan Kiri, Kecamatan Muara Pawan, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat. Percobaan dilaksanakan dari Bulan Mei 2023 sampai dengan Bulan November 2023.

Penyiapan *Fly Ash* dan *Biochar* Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Fly ash diambil dari sisa pembakaran batu bara pada instalasi pembangkit listrik tenaga uap PT PLN Nusantara Power Services PLTU Ketapang, Kelurahan Sukabangun Dalam, Kecamatan Delta Pawan, Kabupaten Ketapang (Gambar 1). *Fly ash* diambil dari silo penampungan. Karakteristik dari *fly ash* yang digunakan memiliki warna coklat muda dengan tekstur debu halus (tepung) dan memiliki pH rata-rata 7,68.



Gambar 1. Proses pengambilan *fly ash* dari silo penampungan (a) dan *fly ash* yang diambil (b).

Biochar dibuat dengan bahan dasar tandan kosong kelapa sawit. Pembuatan *biochar* dilakukan menggunakan alat pirolisis dengan ukuran diameter 50 cm dan tinggi 60 cm. Pembakaran tandan kosong selama 4 jam dengan suhu 500°C untuk menjadi bentuk arang. Proses pembuatan dilakukan di Laboratorium Rekayasa Jurusan Pertanian dan Bisnis Politeknik Negeri Ketapang (Gambar 2). Karakteristik *biochar* yang digunakan berwarna hitam dan tekstur remah serta memiliki pH rata-rata 7,55.



Gambar 2. Pembuatan *biochar* TKKS dengan metode pirolisis. Tandan kosong kelapa sawit dimasukkan ke dalam alat (kiri) kemudian ditutup dan dipanaskan (kanan).

Percobaan dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama yaitu dosis *fly ash* dengan 3 taraf perlakuan yaitu: 1) tanpa *fly ash* (a₀), 2) *fly ash* 25% (a₁), dan 3) *fly ash* 50% (a₂). Faktor kedua yaitu dosis *biochar* TKKS dengan 3 taraf perlakuan yaitu: 1) tanpa *biochar* TKKS (b₀), 2) *biochar* 5%(b₁), dan 3) *biochar* 10% (b₂). Banyaknya perlakuan dalam percobaan ini ada 9 kombinasi (Tabel 1) yaitu a₀b₀, a₀b₁, a₀b₂, a₁b₀, a₁b₁, a₁b₂, a₂b₀, a₂b₁, a₂b₂ dan diulang sebanyak 3 kali. Setiap ulangan terdiri dari tiga sampel sehingga terdapat 81 unit percobaan.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan *fly ash* dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit (TKKS)

Perlakuan	<i>Fly Ash</i> (%)	<i>Biochar</i> TKKS (%)
a ₀ b ₀	0	0
a ₀ b ₁	0	5
a ₀ b ₂	0	10
a ₁ b ₀	25	0
a ₁ b ₁	25	5
a ₁ b ₂	25	10
a ₂ b ₀	50	0
a ₂ b ₁	50	5
a ₂ b ₂	50	10

Tanah aluvial diambil pada kedalaman 0–20 cm dari Kebun Percobaan Program Studi Teknologi

Produksi Tanaman Perkebunan Desa Sungai Awan Kiri, Kecamatan Muara Pawan, Kabupaten Ketapang, Kalimantan Barat. Karakteristik media aluvial yang digunakan berwarna kelabu sampai coklat tua dan memiliki tekstur tanah liat berpasir dan memiliki pH rata-rata 4,48. Tanah aluvial selanjutnya dikeringanginkan dan dibersihkan dari serasah dan kotoran lainnya. Kemudian diayak dengan ayakan berdiameter 0,50 cm, lalu ditimbang sebanyak 2 kg untuk masing-masing unit percobaan dan dicampur dengan *biochar* dan *fly ash* batu bara sesuai perlakuan. Tanah yang sudah tercampur *biochar* dan *fly ash* batu bara diaduk rata dan dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 35 x 40 cm kemudian disiram hingga mencapai kadar air kapasitas lapang dan selanjutnya diinkubasi selama 21 hari dengan ditutup terpal agar kelembaban terjaga (Gambar 3).



Gambar 3. Proses inkubasi tanah aluvial setelah diberi *fly ash* dan *biochar*.

Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan terdiri atas perubahan beberapa sifat kimia tanah yaitu: 1) pH dengan metode ekstraksi H₂O (Balai Penelitian Tanah 2005), 2) P₂O₅ dengan metode Bray, 3) KTK dengan metode ekstraksi NH₄OAc 1N pH:7 dan 4) kandungan Cu dengan metode ekstraksi NHO₃ + HClO₄. Pengamatan dilakukan setelah inkubasi yaitu dengan melakukan analisis sampel tanah di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura, Pontianak Kalimantan Barat.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) 5% memakai aplikasi DSASTAT. Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH tanah merupakan parameter penting dalam melihat apakah suatu tanah dapat menyediakan unsur hara bagi tanaman. Salah satu usaha dalam menaikkan pH tanah asam adalah dengan penambahan amelioran. Aplikasi *fly ash*, pemberian *biochar* tandan kosong kelapa sawit dan interaksi antara *fly ash* dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap nilai pH tanah aluvial pada $\alpha = 5\%$.

Tabel 2. Pengaruh pemberian *fly ash* dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap nilai pH tanah aluvial.

Dosis <i>Biochar</i>	Dosis <i>Fly ash</i>		
	a ₀ (Tanpa <i>Fly ash</i>)	a ₁ (<i>Fly ash</i> 25%)	a ₂ (<i>Fly ash</i> 50%)
b ₀ (Tanpa <i>Biochar</i>)	4,34 b C	6,28 a A	5,83 b B
b ₁ (<i>Biochar</i> 5%)	4,41 b B	6,36 a A	6,56 a A
b ₂ (<i>Biochar</i> 10%)	4,67 a C	5,36 b B	6,76 a A

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara *biochar* pada dosis *fly ash* yang sama. Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara dosis *fly ash* pada dosis *biochar* yang sama.

Berdasarkan data pada Tabel 3 perlakuan *fly ash* dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit pada hasil pengamatan pH tanah menunjukkan adanya interaksi. Hasil terbaik ditunjukkan pada perlakuan *fly ash* 50% dengan penambahan *biochar* 5% dan 10% yang memberikan nilai pH tertinggi dengan masing-masing nilai rata-rata 6,56 dan 6,76. Perlakuan *fly ash* 50% dengan penambahan

mengindikasikan adanya respon positif dari *fly ash* dalam menaikkan pH tanah aluvial. pH tanah yang rendah menggambarkan muatan negatif tanah yang rendah (koloid tanah bermuatan positif) sehingga kation hara lebih mudah tercuci sedangkan anion hara tidak tersedia karena terjerap koloid tanah. Hasil penelitian Ilham dkk. (2021) menunjukkan amelioran yang berasal dari *fly ash* dapat

meningkatkan derajat keasaman (pH) pada tanah gambut dan ultisol dikarenakan *fly ash* bersifat alkalis. Sifat alkalis tersebut disebabkan *fly ash* batu bara yang menurut Utami (2018), Firman dkk. (2020) dan Asof dkk. (2022) mengandung senyawa CaO maupun MgO dengan komposisi yang berbeda tergantung jenis batu bara yang digunakan. Ca dan Mg mengalami hidrolisis sehingga meningkatkan ion OH⁻ sehingga muatan negatif tanah meningkat dan ion H⁺ dalam larutan tanah digantikan ion OH⁻ melalui proses deprotonisasi. Terjadinya deprotonisasi ion H⁺ ini diindikasikan dengan terjadinya peningkatan pH tanah.

Peningkatan pH juga terjadi karena pertukaran kation dalam tanah. Salim (2019) menemukan salah satu jenis tanah yang mendominasi daerah aliran sungai (DAS) adalah tanah aluvial. Lebih lanjut Salim (2019) menjelaskan sifat tanah aluvial yakni memiliki aerasi dan drainase yang buruk sehingga mudah tergenang. Kondisi tanah tergenang menyebabkan terjadinya pelepasan ion H⁺ sehingga meningkatkan kandungan ion H⁺ dalam tanah seperti hasil penelitian Kususma & Yanti (2021) yang menyebutkan tanah dengan kadar air lebih tinggi memiliki pH tanah yang lebih rendah. Perlakuan *fly ash* sebesar 50% telah mampu menambah kation berupa Ca dan Mg pada tanah sehingga ion H⁺ pada mineral liat tanah digantikan oleh Ca²⁺ maupun Mg²⁺.

Penambahan *biochar* pada tanah aluvial sebesar 5-10% dapat menaikkan pH tanah. Hasil

penelitian ini sejalan dengan penelitian Nurida (2014), Putri dkk. (2017) dan Antonius dkk. (2018) yang menunjukkan bahwa *biochar* mampu meningkatkan pH tanah. Salah satu faktor yang menentukan kualitas *biochar* adalah bahan bakunya. Penelitian ini menggunakan *biochar* yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit. Menurut Septiana dkk. (2018) kandungan Mg *biochar* tandan kosong kelapa sawit lebih tinggi dibanding *biochar* lain.

pH tanah mempengaruhi ketersediaan hara untuk diserap tanaman. Salam (2020) menegaskan bahwa tanaman akan berproduksi pada tanah dengan rentang pH 5.5-8.3 tergantung jenis tanamannya. Rendahnya pH tanah akan diikuti oleh rendahnya ketersediaan unsur hara terutama unsur hara makro seperti unsur N, K, Ca, Mg dan S. Hal ini sesuai dengan hasil uji tanah yang telah dilakukan **Tampinongkol dkk. (2021)** menunjukkan pada pH 6,4 kandungan N total tanah sebesar 0,09% lebih besar dibanding tanah dengan pH 3,91 yakni hanya 0,02%. Kandungan P tersedia dan K juga lebih tinggi pada pH 6,4 dibanding ketersediaan P dan K pada tanah dengan pH 3,91.

P₂O₅ Tanah

Hasil sidik ragam menunjukkan pemberian *fly ash*, *biochar* serta interaksi *fly ash* dan *biochar* berpengaruh nyata terhadap P₂O₅ tanah. Hasil DMRT 5% P₂O₅ tanah aluvial akibat pemberian *fly ash* dan perlakuan *biochar* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh pemberian *fly ash* dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap P₂O₅ (mg/kg) tanah aluvial.

Dosis <i>Biochar</i>	Dosis <i>Fly ash</i>		
	a ₀ (Tanpa <i>Fly ash</i>)	a ₁ (<i>Fly ash</i> 25%)	a ₂ (<i>Fly ash</i> 50%)
b ₀ (Tanpa <i>Biochar</i>)	31,24 b C	33,47 b B	33,65 c A
b ₁ (<i>Biochar</i> 5%)	27,54 c C	29,51 c B	33,82 b A
b ₂ (<i>Biochar</i> 10%)	33,61 a C	35,45 a B	38,29 a A

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara *biochar* pada dosis *fly ash* yang sama. Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara dosis *fly ash* pada dosis *biochar* yang sama.

Hasil analisis statistik pada Tabel 4 menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan *fly ash* dan *biochar* TKKS terhadap nilai P₂O₅ dengan hasil terbaik yakni perlakuan *fly ash* 50% dan *biochar* 10% dengan nilai rata-rata P₂O₅ sebesar 38,29 mg/kg. Perlakuan *fly ash* 50% pada dosis *biochar* 10% berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Ketersediaan fosfor (P) di dalam tanah berkorelasi dengan pH tanah. Tanah dengan pH rendah dapat menyebabkan ketersediaan unsur P juga rendah. Hasil ini menunjukkan konsentrasi P₂O₅ tertinggi terdapat pada perlakuan *fly ash* 50% yang bila dilihat dari parameter pH tanah, perlakuan *fly ash* 50% memiliki pH yang terbaik yaitu 6,38.

Fly ash menurut Wardhani dkk. (2012) mengandung P_2O_5 kategori sedang dan dapat digunakan sebagai campuran media tanam sebesar 50% untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. Kandungan P_2O_5 *fly ash* sebesar 0,06% juga dapat dijadikan campuran pupuk organik karena kemampuannya dalam menahan air meski tidak mempengaruhi kandungan N, P dan K pupuk (Wardhani dkk., 2012; Firman dkk., 2018; Utami, 2018). Hasil penelitian ini menunjukkan kandungan P_2O_5 tanah yang diberi 50% *fly ash* lebih tinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 4).

Tingginya kandungan P_2O_5 pada tanah yang diberi perlakuan *biochar* 10% disebabkan adanya sumbangan P_2O_5 dari *biochar*. *Biochar* tandan kosong kelapa sawit menurut Septiana dkk. (2018) mengandung P_2O_5 sebesar 0.12%. *Biochar* adalah salah satu bahan pembenah tanah yang menurut Nurida (2014) sangat potensial untuk diterapkan terutama pada lahan yang terdegradasi ataupun lahan suboptimal. Selain dapat memperbaiki pH tanah, *biochar* juga dapat menyumbang unsur hara. Khusus untuk *biochar* yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit menurut Septiana dkk. (2018) memiliki kandungan unsur hara makro lebih tinggi khususnya P dan K, dibanding *biochar* dari bahan lain seperti sekam padi atau tongkol jagung. Selain unsur P dan K, menurut Sarwono (2016) *biochar* juga berperan dalam menambah karbon tanah dan nitrogen total. Hasil penelitian Setiawan dkk. (2022) menyebutkan bahwa *biochar* yang diberikan pada tanah subsoil dapat meningkatkan pertumbuhan stek lada.

Kombinasi *fly ash* 50% dan *biochar* 10% dapat dikatakan merupakan kombinasi perlakuan yang saling menunjang dalam perbaikan sifat kimia tanah dan penambahan unsur hara terutama P pada tanah aluvial. Hasil penelitian terdahulu juga melaporkan bahwa *biochar* tandan kosong kelapa sawit terbukti

dapat meningkatkan hasil tanaman jagung (Tarigan & Nelvia, 2020) dan pertumbuhan tanaman sengan sampai 1,2 kali lipat (Rafly dkk., 2022). Agar pemanfaatan *biochar* segera terlihat dalam meningkatkan hasil pertanian, Evizal & Prasmatiwi (2023) menyarankan untuk dilakukan pencampuran dengan bahan pupuk dalam penerapannya ke tanaman. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa penggunaan *biochar* bersama *fly ash* juga dapat dijadikan alternatif dalam memperbaiki sifat kimia tanah khususnya kandungan P_2O_5 tanah.

KTK Tanah Aluvial

Penggunaan *fly ash* dan *biochar* serta interaksi antara keduanya menunjukkan pengaruh nyata terhadap nilai KTK tanah aluvial. Hasil uji DMRT 5% interaksi *fly ash* dan *biochar* dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil pengamatan pada KTK tanah menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan *fly ash* dan *biochar* dengan hasil terbaik yaitu perlakuan *fly ash* 50% dan *biochar* 10% dengan nilai rata-rata KTK tanah sebesar 23,65 cmol/kg. Perlakuan *fly ash* 50% pada *biochar* 10% berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Tanah aluvial merupakan tanah mineral yang memiliki KTK rendah. Upaya untuk meningkatkan KTK tanah mineral menurut Salam (2020) adalah dengan penambahan bahan organik. Perlakuan *fly ash* menurut Priatmadi dkk. (2014) mampu meningkatkan nilai KTK tanah pada lahan kering dan lahan sawah. Kemampuan *fly ash* dalam memperbaiki KTK tanah juga telah dilaporkan oleh Priatmadi dkk. (2014) dimana *fly ash* dengan dosis 25-75 ton per hektar mampu meningkatkan KTK tanah masam. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Faoziah dkk. (2022) dimana *fly ash* mampu meningkatkan KTK tanah berpasir secara signifikan.

Tabel 4. Pengaruh pemberian *fly ash* dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap KTK (cmol/kg) tanah aluvial.

Dosis <i>Biochar</i>	Dosis <i>Fly ash</i>		
	a ₀ (Tanpa <i>Fly ash</i>)	a ₁ (<i>Fly ash</i> 25%)	a ₂ (<i>Fly ash</i> 50%)
b ₀ (Tanpa <i>Biochar</i>)	11,23 c C	17,19 b B	18,24 c A
b ₁ (<i>Biochar</i> 5%)	13,27 b C	19,34 a B	20,76 b A
b ₂ (<i>Biochar</i> 10%)	17,40 a C	19,34 a B	23,65 a A

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara *biochar* pada dosis *fly ash* yang sama. Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara dosis *fly ash* pada dosis *biochar* yang sama.

KTK menurut Salam (2020) merupakan kemampuan tanah dalam menyerap kation per satuan massa tanah. Tinggi rendahnya nilai KTK menunjukkan kekuatan tanah dalam menyerap kation. Perlakuan *fly ash* 50% dan *biochar* 10% mampu menaikkan nilai KTK tanah alluvial lebih dari 2 dibanding perlakuan tanpa *fly ash* dan *biochar*. Kemampuan *fly ash* dalam menaikkan nilai KTK telah diuji juga oleh Ferdian dkk. (2023) dimana nilai KTK tanah pasca tambang batu bara yang diberi perlakuan 50% *fly ash* juga mengalami peningkatan.

Tanah dengan nilai KTK tinggi berarti pertukaran ion-ion hara antara tanah dan akar dapat berlangsung baik sehingga kebutuhan tanaman akan unsur hara terpenuhi. Nilai KTK tanah berhubungan dengan penyerapan dan retensi hara di dalam tanah. Salah satu unsur hara yang dipengaruhi oleh KTK tanah adalah unsur nitrogen (N). Hasil penelitian Sitohang & Utomo (2018) menunjukkan sekitar 84% peningkatan nitrogen dalam tanah dipengaruhi oleh KTK tanah.

Tanah yang memiliki KTK tinggi menurut Taisa dkk. (2021) dianggap lebih subur karena mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menahan unsur hara dalam bentuk kation dan tercermin dari pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Sitohang & Utomo (2018) juga menunjukkan tinggi tanaman dan jumlah daun pada jagung manis ditemukan lebih baik

pada tanah dengan KTK lebih tinggi. Produktivitas tanah dengan nilai KTK menurut Sahfitra (2023) memiliki hubungan yang erat dimana tanah dengan KTK tinggi cenderung memiliki potensi produktivitas lebih baik. Hasil penelitian Angelita dkk. (2020) menunjukkan tanah dengan KTK yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil pada tanaman jagung. KTK tanah 23,65 cmol/kg pada penelitian ini termasuk kategori sedang (Sutarman & Miftakhurrohmat, 2019). Tanah dengan kondisi ini sudah dianggap subur dan produktif untuk ditanami.

Kandungan Tembaga (Cu) Tanah Alluvial

Tembaga merupakan salah satu unsur hara mikro yang diperlukan dalam jumlah sedikit. Salisbury & Ross (1995) menyatakan bahwa konsentrasi unsur Cu sebesar $6 \times 10^{-4}\%$ sudah mencukupi kebutuhan tanaman. Unsur Cu juga berperan sebagai gugus prostetik pada enzim (Lakitan, 2015). Apabila konsentrasi Cu berlebih maka dapat meracuni tanaman. Beberapa tanaman seperti tembakau dapat menoleransi kandungan logam Cu pada konsentrasi rendah (Rosidah dkk., 2014) namun keberadaan Cu yang berlebih dapat berbahaya bagi tanaman yang sensitif dan dapat mencemari air. Rerata kandungan Cu pada tanah alluvial akibat pemberian *fly ash* dan *biochar* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh pemberian *fly ash* dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap kandungan Cu tanah aluvial.

Dosis Biocar	Dosis <i>Fly ash</i>		
	a ₀ (Tanpa <i>Fly ash</i>)	a ₁ (<i>Fly ash</i> 25%)	a ₂ (<i>Fly ash</i> 50%)
b ₀ (Tanpa <i>Biochar</i>)	0,15 b B	0,16 c B	0,44 a A
b ₁ (<i>Biochar</i> 5%)	1,46 a A	1,26 b A	0,35 a B
b ₂ (<i>Biochar</i> 10%)	1,70 a A	1,61 a A	0,21 a B

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut Uji Lanjut Duncan pada taraf nyata 5%. Huruf kecil dibaca arah vertikal, membandingkan antara *biochar* pada dosis *fly ash* yang sama. Huruf kapital dibaca arah horizontal, membandingkan antara dosis *fly ash* pada dosis *biochar* yang sama.

Berdasarkan data pada Tabel 5 terlihat adanya interaksi antara perlakuan *fly ash* dan *biochar* terhadap kandungan Cu pada tanah alluvial. Hasil terbaik ditunjukkan oleh kombinasi perlakuan *fly ash* 50% dan dosis *biochar* 10%. Penggunaan dosis *fly ash* 50% menghasilkan kandungan Cu tanah terendah dan berbeda nyata dengan dosis *fly ash* lainnya. Kombinasi perlakuan yang ditambahkan dengan *biochar* menunjukkan kandungan Cu tanah lebih besar kecuali pada perlakuan yang ditambahkan *fly*

ash 50 %. Hal ini menunjukkan *biochar* merupakan sumber Cu dan hanya bisa dikurangi dengan penambahan *fly ash* minimal 50%. Berdasarkan hasil analisis laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura kandungan Cu pada *biochar* sebesar 0,54 mg/kg sementara *fly ash* sebesar 0,13 mg/kg.

Cu merupakan unsur hara mikro namun jika keberadaannya berlebihan di dalam tanah akan bersifat toksik pada tanaman. Kandungan Cu yang

masih bisa ditolerir atau dianggap sebagai unsur mikro menurut Nufus dkk. (2023) pada tanaman bunga kol yaitu 100 mg/kg atau sekitar 0,01% masih bisa memberikan pertumbuhan panjang akar dan jumlah daun terbaik sedangkan kandungan di atas 0,01% dapat menghambat pertumbuhan bunga kol.

Berdasarkan analisis hasil interaksi, perlakuan *biochar* yang disertakan *fly ash* memiliki kandungan Cu lebih rendah dibanding perlakuan *biochar* tanpa *fly ash*. Dapat dikatakan bahwa keberadaan *fly ash* dapat mengurangi kandungan Cu dalam tanah. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa *fly ash* dapat digunakan sebagai *adsorbent* logam berat seperti timbal/Pb (Puspitarini dkk., 2018), kadmium/Cd (Puspitarini dkk. 2019) dan tembaga/Cu (Simangunsong & Manalu, 2022). Oleh karena itu pemanfaatan *biochar* sebaiknya dilakukan bersama-sama dengan penggunaan *fly ash* sehingga kandungan Cu yang berasal dari *biochar* dapat dikurangi.

KESIMPULAN

Perlakuan *fly ash* batu bara dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit berpengaruh terhadap perbaikan sifat kimia tanah aluvial. Perlakuan *fly ash* 50% dapat meningkatkan pH tanah, kandungan posfor tanah dan KTK tanah serta menurunkan kandungan Cu tanah. Pemberian *biochar* 10% dapat meningkatkan pH tanah, kandungan posfor, dan KTK serta kandungan Cu tanah aluvial. Perlakuan terbaik dalam meningkatkan kualitas tanah aluvial yaitu kombinasi antara *fly ash* batu bara 50% dan *biochar* 10%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Ketapang karena telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan riset ini melalui hibah dana internal Politeknik dengan nomor 20/PL39.6/PG/K/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelita, TK, B Rasyid, dan R Neswati. 2020. Perbaikan kualitas tanah purna tambang nikel dengan penggunaan mikoriza dan *biochar* tandan kosong kelapa sawit. Jurnal Ecosolum. 9(1): 28-45. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v9i1.7250>
- Antonius, S, RD Sahputra, Y Nuraini, dan TK Dewi. 2018. Manfaat pupuk organik hayati, kompos dan *biochar* pada pertumbuhan bawang merah dan pengaruhnya terhadap biokimia tanah pada percobaan pot menggunakan tanah ultisol. Jurnal Biologi Indonesia. 14(2): 243-250. DOI: 10.47349/jbi/14022018/243
- Apostolou, G, A Mayoral, K Venieri, S Dimaki, A Garcia-Molsosa, M Georgiadis, dan HA Orengo. 2024. Holocene alluvial dynamics, soil erosion and settlement in the uplands of Macedonia (Greece: new geoarchaeological insights from Xerolakkos in Grevena). Quaternary Science Advances. 15:100206. <https://doi.org/10.1016/j.qsa.2024.100206>
- Asof, M, S Arita, Mukiat, Luthfia, W Andalia, dan M. Naswir. 2022. Analisis karakteristik, potensi dan pemanfaatan *fly ash* dan *bottom ash* PLTU Industri Pupuk. Jurnal Teknik Kimia. 28(1): 44-50. DOI: 10.36706/jtk.v28i2.977
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. Provinsi Kalimantan Barat dalam Angka. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Barat.
- Bahrami, S, and K Ghahraman. 2019. Geomorphological controls on soil fertility of semi-arid alluvial fans: A case study of the Joghatay Mountains, Northeast Iran. Catena. 176: 145-158. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.016>
- Balai Penelitian Tanah. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Departemen Pertanian. Hal. 2-24.
- Damayanti, R. 2018. Abu batu bara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara. 14(3): 213-231. DOI: 10.30556/jtmb.Vol14.No3.2018.966
- Evizal, R, dan FE Prasmatiwati. 2023. *Biochar*: Pemanfaatan dan aplikasi praktis. Jurnal Agrotropika. 22(1): 1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/ja.v22i1.7151>
- Faoziah, N, Iskandar, dan G Djajakirana. 2022. Pengaruh penambahan kompos kotoran sapi dan *Fly Ash*-Bottom Ash (FABA) terhadap karakteristik kimia pada tanah bertekstur pasir dan pertumbuhan tomat. Jurnal Ilmu Tanaman Lingkungan. 24(1): 1-5. DOI: 10.29244/jitl.24.1.1-5
- Febriyanti, F, N Fadila, AS Sanjaya, Y Bindar, dan A Irawan. 2019. Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi *biochar*, bio-oil dan gas dengan metode pirolisis. Jurnal Chemurgy. 3(2): 12-17. DOI: <http://dx.doi.org/10.30872/cmg.v3i2.3578>
- Ferdian, I, HM Faizal, dan Hasanudin. 2023. Potensi *fly ash* dan *bottom ash* sebagai sumber

- alternatif top soil di lahan reklamasi pasca tambang batubara. Jurnal Penelitian Sains. 25: 81-88. DOI: 10.56064/jps.v25i1.793
- Firman, M Rizhan, dan AA Sahidi. 2020. Analisis kandungan logam berat abu batubara PLTU Bangko Barat Kabupaten Muara Enim Sumatera Selatan. Journal of Science and Engineering. 3(1): 10-16. DOI: <https://doi.org/10.33387/josae.v3i1.2070>
- Gayo AAP, Zainabun, dan T Arabia. 2022. Karakteristik morfologi dan klasifikasi alluvial menurut sistem soil taxonomy di Kabupaten Aceh Besar. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian. 7: 503-508
- Ilham F, A Maulana, B Hasiholan, I Ilham, dan FY Negsih. 2021. Pengaruh aplikasi amelioran dari formulasi limbah batu bara (*fly ash* dan *bottom ash*) dan sampah pasar dengan kapur terhadap pH, KTK dan P tersedia ultisol dan gambut. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 8: 239-247
- Kususma, YR, dan I Yanti. 2021. Pengaruh kadar air dalam tanah terhadap kadar C-organik dan keasaman (pH) tanah. Indonesian Journal of Chemical Research. 6(2): 92-97. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss2.art5>
- Lakitan, B. 2015. Fisiologi Tumbuhan. Rajawali Pers-Bandung. Hal. 69.
- Liu, HT, BG Li, and TS Ren. 2015. Soil profile characteristic of high-productivity cambisols in the North China Plain. Journal of Integrative Agriculture. 14: 765-773. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60789-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60789-9)
- Mulyani, A, dan M Sarwani. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. Jurnal Sumberdaya Lahan. 7: 47-55. DOI: 10.2017/jsdl.v7n1.2013.%p
- Nufus, H, A Rosyidah, dan A Sholihah. 2023. Respon pertumbuhan dan kandungan Cu daun tanaman bunga kol (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) akibat aplikasi beberapa dosis logam berat tembaga (Cu). Jurnal Agronisma. 11: 116-123
- Nurida, NL. 2014. Potensi pemanfaatan *biochar* untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. Jurnal Sumberdaya Lahan. 8(3): 57-68.
- PLN. 2020. Statistik PLN 2020. PT PLN (Persero), Jakarta.
- Priatmadi, BJ, AR Saidy dan M Septiana. 2014. Pengaruh abu batubara terhadap perbaikan sifat kimia tanah di Kalimantan Selatan. Buana Sains. 14: 1-6.
- Puspitarini, R, SNA Kurniawan, dan H Winarno. 2018. Pengaruh ukuran partikel, zat aktivator, waktu aktivasi dan waktu serap adsorben *fly ash* untuk mendegradasi logam timbal (Pb) pada air lindi. University Research Colloquium. 7:75-86.
- Puspitarini, R, SNA Kurniawan, dan AR Rukmini. 2019. Pengaruh ukuran partikel, zat aktivator, waktu aktivasi dan waktu kontak adsorben *fly ash* untuk mengurangi kadar kadmium (Cd) pada air lindi di tempat pembuangan akhir Purworejo, Jawa Tengah. Sains dan Terapan Kimia. 13: 109-118. DOI: 10.20527/jstk.v13i2.6459
- Putri, VI, Mukhlis, dan B Hidayat. 2017. Pemberian beberapa jenis *biochar* untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. Jurnal Agroekoteknologi. 5: 824-828. DOI: <https://doi.org/10.32734/ja.v5i4.2496>
- Rafly, NM, M Riniarti, W Hidayat, H Prasetya, BA Wijaya, A Niswati, U Hasanudin, dan IS Banuwa. 2022. Pengaruh pemberian *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap pertumbuhan sengon (*Falcataria moluccana*). Journal of Tropical Upland Resources. 4: 1-10
- Rini, H, Nurdin, H Suyani, dan TB Prasetyo. 2009. Pemberian *fly ash* (abu sisa boiler pabrik *pulp*) untuk meningkatkan pH tanah gambut. Jurnal Riset Kimia. 2: 132-139
- Rosidah, S, YU Anggraito, dan KK Pukan. 2014. Uji toleransi tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) terhadap cekaman kadmium (Cd), timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada kultur cair. Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences. 37: 7-15.
- Sahfitra, AA. 2023. Variasi Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan Kejenuhan Basa (Kb) pada tanah *hemic haplosaprist* yang dipengaruhi oleh pasang surut di Pelalawan Riau. Biofarm Jurnal Ilmiah Pertanian. 19: 105-112.
- Salam, A.K. 2020. Ilmu Tanah. Global Madani Press-Lampung. 165 hlm.
- Salim, AG, IWS Dharmawan, dan BH Narendra. 2019. Pengaruh perubahan luas tutupan lahan hutan terhadap karakteristik hidrologi DAS Citarum Hulu. Jurnal Ilmu Lingkungan. 17(2): 333-340. DOI: 10.14710/jil.17.2.333-340
- Salisbury, FB., dan CW Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan: Jilid I (Terjemahan Diah R.

- Lukman dan Sumaryono). Penerbit ITB, Bandung. 132 hlm.
- Sarwono, R. 2016. *Biochar* sebagai penyimpan karbon, perbaikan sifat tanah dan mencegah pemanasan global: Tinjauan. Jurnal Kimia Terapan Indonesia. 18(1): 79-90. DOI: 10.14203/jkti.v18i01.44
- Septiana, LM, G Djajakirana, dan Darmawan. 2018. Characteristics of *biochars* from plant biomass wastes at low-temperature pyrolysis. Journal of Soil Science and Agroclimatology. 15(1): 15-28. DOI: <https://doi.org/10.15608/stjssa.v15i1.21618>
- Setiawan, B, Rosmalinda dan WC Jannah. 2022. Pengaruh pemberian *biochar* tandan kosong kelapa sawit terhadap pertumbuhan stek lada pada lapisan tanah subsoil ultisol. Journal of Agro Plantation. 1: 62-73. <https://doi.org/10.58466/jap.v1i2.1241>
- Simangunsong, S, dan R Manalu. 2022. Pemanfaatan *fly ash* dalam pencegahan air asam tambang dan uji kelarutan logam dengan skala laboratorium. Jurnal Darma Agung. 3: 375-388. <http://dx.doi.org/10.46930/ojsuda.v30i2.1745>.
- Sismiyan, Hermansah, dan Yulnafatmawita. 2018. Klasifikasi beberapa sumber bahan organik dan optimalisasi pemanfaatannya sebagai *biochar*. Jurnal Solum. 15: 8-16. DOI: <https://doi.org/10.25077/jsolum.15.1.8-16.2018>
- Sitohang, EA, dan WH Utomo. 2018. Pengaruh residu *biochar* tongkol jagung diperkaya amonium sulfat terhadap beberapa sifat tanah dan pertumbuhan tanaman jagung manis di pH tanah yang berbeda. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. 5(1): 713-720.
- Sumarsono, DW Widjajanto, and W Sumekar. 2023. Growth and production of lowland rice due to soil ameliorant application on Andosol, Mediterranean and Alluvial soil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1246: 012016. DOI: 10.1088/1755-1315/1246/1/012016
- Sutarman, dan A Miftakhurrohmat. 2019. Kesuburan Tanah. Sidoarjo- Umsida Press.
- Taisa, R, T Purba, Sakiah, J Herawati, AS Junaedi, HS Hasibuan, Junairiah dan R Firgiyanto. 2021. Ilmu Kesuburan Tanah dan Pemupukan. Yayasan Kita Menulis. Hal. 35
- Tampinongkol, CL, Z Tamod, dan B Sumayku. 2021. Ketersediaan unsur hara sebagai indikator pertumbuhan tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). Agri-Sosioekonomi. 17(2): 711-718. <https://doi.org/10.35791/agrsosek.17.2MDK.2021.35439>
- Tarigan, AD, dan Nelvia. 2020. Pengaruh pemberian *biochar* tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* L.) di tanah ultisol. Jurnal Agroekoteknologi. 12: 23-37. <http://dx.doi.org/10.33512/jur.agroekotetek.v12i1.8769>
- Utami, SW. 2018. Karakteristik kimiawi *fly ash* batu bara dan potensi pemanfaatannya sebagai bahan pupuk organik. Agrotek. 12: 108-112. DOI: 10.21107/agrotek.v12i2.4048
- Wang, Y, H Li, and S Lin. 2022. Advances in the study of heavy metal adsorption from water and soil by modified biochar: A review. Water. 14(23): 3894. <https://doi.org/10.3390/w14233894>
- Wardhani, E, M Sutisna, dan AH Dewi. 2012. Evaluasi pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) batubara sebagai campuran media tanam pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). Rekayasa Jurnal Teknologi. 16: 44-56.