

ANALISIS SIFAT KIMIA ULTISOL SETELAH PEMBERIAN KOMPOS SOLID DAN FLY ASH BATUBARA

Analysis of The Chemical Properties of Ultisols After Addition of Solid Compost and Coal Fly Ash

Idwar, Nelvia, Irfandri, Nursiani Lubis*, dan Stevany Veronica

Fakultas Pertanian Universitas Riau Jl. Kampus Bina Widya KM 12,5 Simpang Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru, Riau 28293

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of applying solid compost and coal fly ash on the improvement of Ultisols chemical properties and to determine the optimal dosage for its application. Ultisols, known for its high acidity, low organic matter content, and limited nutrient availability, requires specific amendments for optimization. The study was conducted using a factorial completely randomized design (CRD) with 12 treatment combinations: four levels of solid compost (0 t.ha⁻¹, 2.5 t.ha⁻¹, 5 t.ha⁻¹ dan 7.5 t.ha⁻¹) and three levels of fly ash (0 t.ha⁻¹, 3 t.ha⁻¹ and 6 t.ha⁻¹), each with three replications. The soil that has been treated is incubated for two weeks, then the chemical properties of the soil are analyzed. The results showed that the combination of solid compost and fly ash significantly improved Ultisol chemical properties, including increasing soil pH, reducing Al-dd levels, and enhancing P-available, organic carbon (organic C), total nitrogen (total N), cation exchange capacity (CEC), and total potassium (total K). The combination of 7.5 t.ha⁻¹ solid compost and 6 t.ha⁻¹ fly ash provided the best results, achieving a soil pH of 5.15, an increase available P to 23.7 ppm, and a high CEC level. This combination effectively improved Ultisols quality, making it more supportive for plant growth.

Keywords: Ultisols, solid compost, coal fly ash

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian kompos solid dan *fly ash* batubara terhadap perbaikan sifat kimia Ultisol, serta menentukan dosis terbaik dalam aplikasinya. Tanah Ultisol yang dikenal bermasalah dengan keasaman tinggi, rendahnya bahan organik, dan ketersediaan unsur hara memerlukan pendekatan khusus untuk optimisasi. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan 12 kombinasi perlakuan, yaitu empat taraf dosis kompos solid (0 t.ha⁻¹, 2.5 t.ha⁻¹, 5 t.ha⁻¹ dan 7.5 t.ha⁻¹) dan tiga taraf dosis *fly ash* (0 t.ha⁻¹, 3 t.ha⁻¹ dan 6 t.ha⁻¹), masing-masing dengan tiga ulangan. Tanah yang telah di aplikasikan perlakuan di inkubasi selama dua minggu, lalu kemudian dianalisis sifat kimia tanahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kompos solid dan *fly ash* secara signifikan meningkatkan sifat kimia Ultisol, termasuk peningkatan pH tanah, penurunan nilai Al-dd, serta peningkatan kandungan P-tersedia, C-organik, N-total, kapasitas tukar kation (KTK), dan K-total. Kombinasi dosis 7.5 t.ha⁻¹ kompos solid dan 6 t.ha⁻¹ *fly ash* memberikan hasil terbaik, menghasilkan tanah dengan pH 5.15, peningkatan P-tersedia hingga 23.70 ppm, serta peningkatan KTK ke kategori tinggi. Penggunaan kombinasi ini terbukti efektif untuk memperbaiki kualitas Ultisol sehingga lebih mendukung pertumbuhan tanaman.

Kata kunci: Ultisol, kompos solid, *fly ash* batubara

PENDAHULUAN

Menurut sistem klasifikasi Lembaga Penelitian Tanah Bogor yang dikutip dari Budianta (2022), tanah Ultisol atau yang dikenal dengan nama Podsolik Merah Kuning (PMK) merupakan salah satu ordo tanah yang termasuk kedalam tanah mineral masam yang memiliki luas terbesar dan paling bermasalah di Indonesia. Mulyani *et al.* (2010) menyatakan bahwa Provinsi Riau merupakan daerah yang memiliki sebaran tanah Podsolik terluas di pulau Sumatera dan diikuti dengan provinsi Sumatera Utara dengan luas mencapai 1,524,414 ha. Walaupun memiliki potensi yang besar, tanah Podsolik menghadapi beberapa kendala dalam pengembangan pertanian (Yulia *et al.*, 2018).

Tanah Ultisol memiliki masalah kemasaman tanah, miskin bahan organik, kahat unsur hara dan memiliki ketersediaan P yang sangat rendah. Kandungan P Podsolik sangat rendah dikarenakan sebagian besar di fiksasi oleh

Al³⁺ sehingga P menjadi tidak tersedia (Rajmi *et al.*, 2018). Menurut Lubis *et al.* (2023), rendahnya kandungan hara pada tanah Podsolik disebabkan karena hilangnya basa-basa akibat pencucian yang intensif, sedangkan rendahnya kandungan bahan organik disebabkan oleh proses dekomposisi yang berlangsung cepat dan sebagian terbawa erosi. Upaya untuk mengatasi masalah ini dan untuk mengoptimalkan lahan ini maka dapat dilakukan dengan menambahkan bahan pembenhah tanah (Prasetyo dan Suriadiarta, 2006).

Bahan pembenhah tanah yang dapat diberikan untuk memperbaiki sifat tanah Ultisol adalah kompos solid. Kompos solid sebagai sumber bahan organik dapat membantu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas retensi air, menyediakan sumber nutrisi bagi tanaman serta meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah (Ginting *et al.*, 2017).

Hasil penelitian Nursanti *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pemberian kompos solid mampu

^{*}) Penulis Korespondensi: Telp. +6282170060891; Email. nursiani.lubis@lecturer.unri.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jitl.27.1.1-6>

memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Pemberian kompos solid 160 g polybag^{-1} kompos solid berpengaruh terhadap sifat fisik tanah akibat aktivitas mikroorganisme didalam tanah dimana struktur media tanam yang awalnya berbentuk gumpalan berubah menjadi gembur serta warna tanah menjadi pekat dan gelap. Struktur tanah yang gembur memungkinkan akar tanaman kakao untuk menyerap unsur hara yang ada pada tanah serta terjadi peningkatan kadar N dari 0.28% menjadi 0.41%, P meningkat dari 0.72% menjadi 0.94%, K meningkat dari 0.20% menjadi 0.29%.

Kompos solid sebagai bahan organik memiliki keterbatasan dalam kandungan kation basa. Oleh karena itu, penambahan *fly ash* untuk memperkaya kompos solid dengan mineral-mineral merupakan alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesuburan tanah Ultisol. Hasil analisis kandungan total unsur hara, pH, dan kadar air *fly ash* PLTU Air Anyir Bangka oleh Faoziah *et al.* (2022) menunjukkan bahwa *fly ash* secara kimia memiliki pH H_2O (9.91), SiO_2 (85.86%), FeO_3 (10.30%), Al_2O_3 (5.40%), CaO (3.57%), MgO (2.38%), Na_2O (1.09%), K_2O (0.21%), P_2O_5 (0.10%), N-total (1.10%) dan kadar air (5.85%). Hasil analisis diatas menunjukkan bahwa *fly ash* mengandung hampir semua unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti hara makro (K, Na, Ca, Mg) dan hara mikro (Fe, Cu, Zn dan Mn) yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman..

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh interaksi kompos solid dengan *fly ash* batu bara dan masing-masing perlakuan, serta untuk mendapatkan dosis terbaik dalam memperbaiki sifat kimia Ultisol. Diduga adanya interaksi antara kompos solid dan *fly ash* batu bara serta masing-masing perlakuan yang mampu memperbaiki sifat kimia tanah Ultisol.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Riau Kampus Bina Widya Km 12.5 Kelurahan Simpang Baru, Kecamatan Tampan, Pekanbaru yang memiliki ketinggian ± 10 m di atas permukaan laut, suhu rata-rata 25–33 °C kelembaban udara 75%–90%, curah hujan 216 mm/bulan. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan mulai dari bulan Agustus hingga November 2024.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lapisan atas Ultisol yang diambil dari Desa Batu Belah Kecamatan Kampar Kabupaten Kampar (koordinat $0^{\circ}18'54.5''$ LU dan $101^{\circ}03'53.7''$ BT), solid kelapa sawit dari PT Prima Anugerah Sawit Sejahtera, *fly ash* batu bara dari PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Tenayan, air, kotoran ayam, kapur dolomit, arang sekam, dedak, biodekomposer, tetes tebu, dan bahan untuk analisis kimia tanah. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cangkul, parang, karung goni, tali rafia, gunting, meteran, pisau, ember besar, ayakan tanah ukuran 25 mesh, jaring, label, mistar, timbangan digital, timbangan duduk, alat tulis, alat-alat laboratorium dan alat dokumentasi.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen dalam bentuk faktorial menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor sebagai berikut. Faktor I adalah pemberian kompos solid yang terdiri dari empat taraf, yaitu: S_0 = Tanpa kompos solid (kontrol), S_1 = 2.5 ton. ha^{-1} (12.5 g. polybag^{-1}), S_2 = 5 ton. ha^{-1} (25 g. polybag^{-1}), S_3 = 7.5 ton. ha^{-1} (37.5 g. polybag^{-1}). Adapun Faktor II adalah pemberian *fly ash* batu bara yang terdiri dari tiga taraf : F_0 = Tanpa *fly ash* batu bara (kontrol), F_1 = 3 ton. ha^{-1} (15 g. polybag^{-1}), dan F_2 = 6 ton. ha^{-1} (30 g. polybag^{-1}). Penelitian ini terdiri dari 12 kombinasi perlakuan dan masing-masing kombinasi perlakuan memiliki tiga ulangan, sehingga diperoleh 36 unit percobaan. Tanah yang telah di aplikasikan perlakuan di inkubasi selama satu bulan, lalu kemudian di analisis sifat kimia tanahnya. Sifat kimia tanah yang dianalisis adalah pH tanah (pH meter), C-organik (metode Walkley and Black), N-total (metode Kjeldahl), P-total (metode ekstrak HCl 25%), K-total (metode ekstrak HCl 25%), P-tersedia (metode Bray I), Al-dd, H-dd, dan KTK (metode perkolasasi).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Kompos Solid

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil analisis sifat kimia kompos solid sesuai standar kualitas kompos SNI 19-7030-2004. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kompos solid yang digunakan dalam penelitian ini layak untuk digunakan karena memenuhi standar kualitas kompos. Hasil analisis menunjukkan bahwa kompos solid memiliki pH sebesar 7.32 yang termasuk kategori netral. pH netral sangat ideal untuk sebagian besar tanaman karena pada rentang pH ini, ketersediaan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) berada pada tingkat optimal (Havlin *et al.*, 2014). Kandungan C-organik pada kompos solid mencapai 9.55%, yang tergolong sangat tinggi. Kandungan C-organik yang tinggi menunjukkan kapasitas kompos untuk meningkatkan struktur tanah, meningkatkan porositas, dan menyediakan bahan organik yang penting bagi mikroorganisme tanah Brady dan Weil (2017).

Tabel 1. Hasil analisis kimia kompos solid

Parameter	Nilai	Kriteria
pH	7.32	Sesuai standar kualitas kompos
C-Organik (%)	9.55	Sesuai standar kualitas kompos
N-Total (%)	0.49	Sesuai standar kualitas kompos
C/N Rasio	19.49	Sesuai standar kualitas kompos
P-Total (%)	0.18	Sesuai standar kualitas kompos

Sifat Kimia *Fly ash* Batu Bara

Hasil analisis menunjukkan bahwa *fly ash* batu bara memiliki pH sebesar 8.75 yang termasuk kategori alkalis (Tabel 2). Kondisi ini membuat *fly ash* efektif untuk memperbaiki tanah yang bersifat masam, karena pH yang tinggi dapat menetralkan keasaman tanah (Havlin *et al.*, 2014), namun pH alkalis juga dapat mengurangi ketersediaan unsur hara mikro seperti besi (Fe) dan seng (Zn), sehingga perlu kehati-hatian dalam penggunaannya pada tanah netral atau alkalis. Kandungan N-total *fly ash*

hanya sebesar 0.14%, yang tergolong rendah. P-total pada *fly ash* mencapai $182.025 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, yang tergolong sangat tinggi, sehingga *fly ash* dapat menjadi sumber fosfor yang baik, namun K-total *fly ash* hanya sebesar $10.05 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$, yang tergolong rendah, sehingga *fly ash* memerlukan tambahan pupuk kalium untuk memastikan kebutuhan kalium tanaman terpenuhi.

Tabel 2. Hasil analisis kimia *fly ash* batu bara

Parameter	Nilai	Kriteria*
pH	8.75	Alkalies
N-Total (%)	0.14	Rendah
P-Total ($\text{mg.}100\text{g}^{-1}$)	182.025	Sangat Tinggi
K-Total ($\text{mg.}100\text{g}^{-1}$)	10.05	Rendah

Keterangan = Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023

Sifat Kimia Tanah Setelah Perlakuan

Kemasaman (pH) Tanah

Hasil analisis pH tanah setelah perlakuan menunjukkan bahwa semua perlakuan memiliki nilai pH yang berada dalam kisaran masam, yaitu antara 4.76 hingga 5.15 (Tabel 3). Pada perlakuan kontrol tanpa pemberian kompos solid dan *fly ash* batu bara, pH tanah tercatat sebesar 4.76, yang menunjukkan tanah masam. Kondisi tanah masam dapat menyebabkan kelarutan unsur-unsur toksik seperti aluminium (Al^{3+}) dan mangan (Mn^{2+}) meningkat, yang dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman (Havlin *et al.*, 2014). Selain itu, pada pH masam, ketersediaan unsur hara makro seperti fosfor (P) menjadi sangat terbatas, karena fosfor cenderung terikat dengan Al dan Fe dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman (Sari dan Darmawan, 2017).

Tabel 3. Hasil analisis pH tanah setelah pemberian perlakuan

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
...pH...			
0	4.76 ^m	5.15 ^m	5.08 ^m
2.5	4.89 ^m	5.06 ^m	5.07 ^m
5	4.94 ^m	5.00 ^m	5.04 ^m
7.5	4.84 ^m	5.02 ^m	5.15 ^m

Keterangan: sm= sangat masam, m= masam, am= agak masam (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

Pada perlakuan dengan pemberian *fly ash* batu bara dan kompos solid, terjadi peningkatan pH tanah dibandingkan perlakuan kontrol. Pada perlakuan 37.5 g.polybag⁻¹ kompos solid + 30 g.polybag⁻¹ *fly ash* batu bara, pH tanah tercatat sebesar 5.15. *Fly ash* batu bara, dengan sifat alkalisnya, berperan dalam menetralkan keasaman tanah melalui reaksi kimia antara basa-basa oksida dalam *fly ash* dengan ion H^+ di dalam tanah (Arifin *et al.*, 2021). Selain itu, kompos solid yang kaya akan bahan organik dapat meningkatkan kapasitas penyangga tanah terhadap perubahan pH, sehingga memperbaiki kondisi kimia tanah.

Aluminium dan Hidrogen dapat dipertukarkan (Al-dd dan H-dd)

Pada analisis tanpa perlakuan nilai Al-dd mencapai $11.6 \text{ cmol(+).kg}^{-1}$, yang menunjukkan tingkat keasaman

tanah yang tinggi. Hal ini dapat dijelaskan oleh keberadaan Al dalam bentuk yang tersedia di tanah masam, di mana ion Al dapat larut dan menyebabkan keracunan bagi tanaman (Pujiwati *et al.*, 2022). Nilai H-dd pada perlakuan ini sebesar $1.6 \text{ cmol(+).kg}^{-1}$, mencerminkan konsentrasi proton yang relatif rendah dibandingkan ion Al (Tabel 4).

Penurunan nilai Al-dd terlihat pada perlakuan dengan penambahan *fly ash* dan kompos solid. Hal ini menunjukkan bahwa *fly ash* berperan dalam menurunkan konsentrasi Al-dd melalui proses pengapuran (ameliorasi tanah masam). *Fly ash* diketahui mengandung kalsium karbonat (CaCO_3), yang dapat meningkatkan pH tanah dan mengurangi kelarutan Al (Jayanti *et al.*, 2023).

Tabel 4. Hasil analisis Al-dd tanah setelah pemberian perlakuan

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... Al-dd (cmol(+).kg ⁻¹) ...			
0	11.6	12	11.6
2.5	12	8.8	7.2
5	9.6	8	8.4
7.5	10	8	8

Sebaliknya, nilai H-dd menunjukkan fluktuasi yang lebih kecil dibandingkan Al-dd. Hal ini dapat disebabkan oleh mekanisme buffering tanah, di mana ion H^+ cenderung terikat pada kompleks tanah liat atau bahan organik tanah, sehingga tidak sepenuhnya tersedia dalam larutan tanah. Penambahan kompos solid juga memberikan kontribusi terhadap perbaikan sifat fisik dan kimia tanah melalui penambahan bahan organik, yang dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (CEC) tanah (Okalia *et al.*, 2017).

Pada beberapa perlakuan, seperti 37.5 g.polybag⁻¹ kompos solid tanpa *fly ash* batu bara, nilai Al-dd tetap tinggi ($10.0 \text{ cmol(+).kg}^{-1}$) (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kompos solid memberikan manfaat terhadap peningkatan bahan organik, tanpa adanya amelioran seperti *fly ash*, pengaruh terhadap reduksi Al-dd terbatas. Oleh karena itu, kombinasi bahan organik dan amelioran anorganik diperlukan untuk memperoleh hasil yang optimal dalam perbaikan sifat kimia tanah masam.

Tabel 5. Hasil analisis H-dd tanah setelah pemberian perlakuan

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... H-dd (cmol(+).kg ⁻¹) ...			
0	1.6	2.4	0.8
2.5	3.6	3.2	3.6
5	3.6	3.2	3.2
7.5	1.6	2.4	1.2

Posfor (P) Total

Berdasarkan hasil analisis P-total tanah setelah pemberian berbagai perlakuan, terlihat adanya variasi dalam kadar P-total ($\text{mg.}100\text{ g}^{-1}$) yang mencerminkan dampak signifikan dari penambahan kompos solid dan *fly ash* batu bara terhadap ketersediaan fosfor di dalam tanah. Pada kondisi kontrol (tanpa kompos solid dan *fly ash*), kadar P-total mencapai $26.0 \text{ mg.}100\text{ g}^{-1}$ dengan kategori sedang. Nilai ini mencerminkan kondisi awal tanah sebelum diberikan perlakuan (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil analisis P-total tanah setelah pemberian perlakuan dengan metode ekstrak HCl 25%

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... P-Total (mg.100 g ⁻¹) ...			
0	26.0 ^s	16.4 ^r	18.2 ^r
2.5	14.5 ^r	18.2 ^r	22.2 ^s
5	17.8 ^r	20.5 ^s	20.5 ^s
7.5	16.7 ^r	20.8 ^s	25.9 ^s

Keterangan: r= rendah, s= sedang (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

Peningkatan kadar P-total yang signifikan terlihat pada perlakuan dengan proporsi kompos yang lebih tinggi. Pada perlakuan 37.5 g.polybag⁻¹ kompos solid + 30 g.polybag⁻¹ fly ash, kadar P-total mencapai 25.9 mg.100 g⁻¹ dengan kategori sedang, hampir mendekati kondisi kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kompos solid dalam jumlah yang cukup besar berperan penting sebagai sumber fosfor, selain memberikan manfaat pada perbaikan sifat fisik dan biologis tanah.

Variasi hasil ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk proporsi bahan organik dari kompos solid, kandungan unsur dalam fly ash, serta kemampuan tanah untuk menyerap dan mempertahankan fosfor. Selain itu, interaksi antara pH tanah dan bentuk fosfor dalam tanah juga menjadi faktor utama. Fosfor lebih tersedia pada rentang pH 6.0-7.0, sehingga penggunaan amelioran seperti fly ash membantu dalam menciptakan kondisi tersebut (Jayanti *et al.*, 2023).

Posfor (P) Tersedia

Pada analisis tanpa perlakuan nilai P-tersedia sangat rendah, yaitu hanya sebesar 1.52 ppm (Tabel 7). Perlakuan dengan penambahan fly ash dan kompos solid secara signifikan meningkatkan P-tersedia. Peningkatan ini dapat dijelaskan oleh peran kompos solid yang menjadi sumber fosfor organik. Saat terdekomposisi, fosfor organik dilepaskan menjadi bentuk yang lebih mudah tersedia untuk tanaman.

Tabel 7. Hasil analisis P-tersedia tanah setelah pemberian perlakuan dengan metode Bray I

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... P-Tersedia(ppm) ...			
0	1.52 ^{sr}	21.53 st	19.81 st
2.5	22.79 st	30.39 st	19.76 st
5	23.95 st	19.53 st	19.92 st
7.5	23.70 st	20.03 st	23.70 st

Keterangan: sr= sangat rendah, st= sangat tinggi (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

Pada perlakuan fly ash tanpa kompos solid, seperti perlakuan 15 g.polybag⁻¹ atau 30 g.polybag⁻¹ fly ash batu bara, nilai P-tersedia masih tinggi, tetapi tidak seoptimal kombinasi dengan kompos. Fly ash terutama berperan dalam meningkatkan pH tanah yang pada akhirnya mendukung ketersediaan fosfor, khususnya pada tanah asam (Yao *et al.*, 2015), namun karena kandungan fosfor pada fly ash relatif rendah, peningkatan P-tersedia lebih disebabkan oleh pengaruhnya terhadap kelarutan fosfor.

Faktor lain yang memengaruhi hasil ini termasuk kapasitas tanah dalam menyerap fosfor, proporsi bahan

organik dari kompos, serta bentuk fosfor yang dominan di dalam tanah. Peningkatan kadar P-tersedia terjadi ketika pH tanah berada dalam rentang optimal, yakni 6.0-7.0 (Jayanti *et al.*, 2023). Selain itu, proses dekomposisi bahan organik dalam kompos menghasilkan asam-asam organik yang membantu molarutkan fosfat yang terikat pada mineral tanah, sehingga fosfor menjadi lebih tersedia bagi tanaman.

Karbon (C) Organik

C-organik merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kesuburan tanah, yang berfungsi memperbaiki struktur tanah dan mendukung retensi air serta hara. Pada perlakuan kontrol tanpa kompos solid maupun fly ash, nilai C-organik mencapai 2.86% dengan kategori sedang. Penurunan terlihat pada perlakuan fly ash 15 g dan 30 g tanpa kompos solid (2.54% dan 1.49%) (Tabel 8). Penurunan ini dapat dijelaskan oleh sifat dasar fly ash yang cenderung rendah bahan organik karena dominasi unsur mineral dibanding karbon organik (Ram dan Masto, 2014).

Tabel 8. Hasil analisis C-organik tanah setelah pemberian perlakuan dengan metode Walkley and Black

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... C-Organik (%) ...			
0	1.06 ^r	2.54 ^s	1.49 ^r
2.5	2.10 ^s	2.10 ^s	1.28 ^r
5	1.91 ^r	2.07 ^s	2.12 ^s
7.5	4.20 ^t	4.41 ^t	4.82 ^t

Keterangan: r= rendah, s= sedang, t=tinggi (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

Perlakuan dengan kombinasi kompos solid menunjukkan peningkatan signifikan, terutama pada dosis 37.5 g.polybag⁻¹. Kombinasi 37.5 g.polybag⁻¹ kompos solid + 30 g.polybag⁻¹ fly ash menghasilkan nilai tertinggi, yaitu 4.82% (kategori tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis kompos solid memberikan kontribusi organik yang cukup besar karena kaya karbon organik dan mikroorganisme pengurai bahan organik (Ahmed *et al.*, 2023). Kombinasi ini juga menunjukkan sinergi antara fly ash sebagai penyedia mineral dan kompos sebagai sumber karbon.

Nitrogen (N) Total

Pada perlakuan kontrol, nilai N-total rendah (0,13%) (Tabel 9). Peningkatan terlihat pada perlakuan dengan fly ash dosis tinggi tanpa kompos solid, yaitu hingga 0,19%. Fly ash dapat memperbaiki ketersediaan nitrogen melalui interaksi kimia dengan komponen tanah [6]. Hasil terbaik dicapai pada perlakuan kombinasi kompos solid 37,5 g/polybag + 30 g/polybag fly ash, dengan nilai N-total sebesar 0,36% (kategori sedang). Peningkatan ini disebabkan oleh tingginya aktivitas mikroorganisme dekomposer yang didukung oleh kompos solid. Mikroorganisme ini membantu mineralisasi nitrogen organik menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Soratur *et al.*, 2024).

Tabel 9. Hasil analisis N-total tanah setelah pemberian perlakuan dengan metode Kjeldahl

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... N-Total (%) ...			
0	0.13 ^r	0.17 ^r	0.19 ^r
2.5	0.21 ^s	0.20 ^s	0.20 ^s
5	0.22 ^s	0.36 ^s	0.29 ^s
7.5	0.37 ^s	0.34 ^s	0.36 ^s

Keterangan: r= rendah, s= sedang, t=tinggi (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kontrol, nilai KTK sangat rendah (3.21), sementara perlakuan dengan kombinasi *fly ash* dan kompos solid menunjukkan peningkatan signifikan. Kombinasi 37.5 g.polybag⁻¹ kompos solid + 30 g.polybag⁻¹ *fly ash* menghasilkan nilai tertinggi, yaitu 32.92 (kategori tinggi) (Tabel 10). Peningkatan ini dapat dijelaskan oleh peran mineral dalam *fly ash* yang menyediakan situs aktif untuk pertukaran ion, serta peran kompos solid dalam meningkatkan kandungan bahan organik, yang juga berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas kationik tanah (Larney dan Angers, 2012).

Tabel 10. Hasil analisis KTK tanah setelah pemberian perlakuan dengan metode perkolasai

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... KTK (cmol(+).kg ⁻¹ ...)			
0	3.21 ^{sr}	17.27 ^s	15.04 ^s
2.5	17.83 ^s	13.10 ^s	23.54 ^s
5	9.94 ^r	22.48 ^s	22.43 ^s
7.5	20.39 ^s	27.80 ^t	32.92 ^t

Keterangan: r= rendah, s= sedang, t=tinggi (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

Kalium (K) Total

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada kontrol, K-Total berada di kategori sangat rendah (0.19). Perlakuan dengan dosis tertinggi kompos solid dan *fly ash* menghasilkan peningkatan signifikan hingga 17.62 (kategori rendah) (Tabel 11). Kalium dari *fly ash* menjadi sumber utama dalam perlakuan ini, mengingat abu batu bara kaya mineral seperti kalium dan silika. Namun, kombinasi kompos solid membantu meningkatkan efektivitas *fly ash* dengan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang membantu melarutkan mineral kalium menjadi bentuk tersedia (Roy *et al.*, 2022).

Tabel 11. Hasil analisis K-total tanah setelah pemberian perlakuan

Kompos Solid (t.ha ⁻¹)	Fly ash Batu Bara (t.ha ⁻¹)		
	0	3	6
... K-Total (mg.100g ⁻¹ ...)			
0	0.19 ^{sr}	4.33 ^{sr}	4.14 ^{sr}
2.5	4.33 ^{sr}	4.39 ^{sr}	4.64 ^{sr}
5	6.25 ^{sr}	52 ^{sr}	4.58 ^{sr}
7.5	5.32 ^s	5.5 ^{sr}	17.62 ^r

Keterangan: sr= sangat rendah, r= rendah (Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk, 2023)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa kombinasi 37.5 g.polybag⁻¹ kompos solid dan 30 g.polybag⁻¹ *fly ash* batubara memberikan hasil paling optimal dalam meningkatkan pH tanah, menurunkan keasaman (Al-dd), serta meningkatkan P-tersedia, C-organik, N-total, KTK, dan K-total. Hal ini menunjukkan bahwa dosis tersebut paling efektif dalam memperbaiki sifat kimia Ultisol untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada DIPA Fakultas Pertanian Universitas Riau atas dukungan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, T.; M. Noman, Y. Qi, M. Shahid, S. Hussain, H.A. Masood, L. Xu, H.M. Ali, S. Negm, and A.F. El-Kott. 2023. Fertilization of Microbial Composts: A Technology for Improving Stress Resilience in Plants. *Plants*, 12: 3550.
- Arifin, M., M.S. Said, F.N. Yusuf, Harwan, C.A. Chalik, S.R. Nurhaiwaisyah, N. Jafar, N. Asmiani, A.F. Heriansyah, Ansariah, dan A.A. Budiman. 2021. Analisis Karakteristik Penetralan *Fly ash* Batubara Terhadap Air Asam Dengan Metode Acid Buffer Characteristic Curve. *Jurnal Geomine*, 9(3): 218-219
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. 2023. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman Air dan Pupuk*. Agrostandar.
- Brady, N.C., and R.R. Weil. 2017. *The Nature And Properties of Soils*. Pearson Education.
- 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. *J. Il. Tan. Lingk.*, 24(1): 1–5.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2014. *Soil Fertility And Fertilizers: An Introduction To Nutrient Management*. Pearson.
- Larney, F.J., and D.A. Angers. 2012. The role of organic amendments in soil reclamation: A review. *J. Soil Sci.*, 92: 19-38
- Lubis, F.A., K. Khairul, Y. Sepriani, dan F.S. Harahap. 2023. Karakteristik sifat kimia tanah Ultisol yang ditanami semangka (*Citrullus lanatus*) di Desa Gunung Selamat Kecamatan Bilah Hulu Kabupaten Labuhan Batu. *Jurnal Pertanian Agros.*, 25(3): 2698–2704.
- Mulyani, A., A. Rachman, dan A. Dairah. 2010. *Penyebaran Lahan Masam, Potensi dan Ketersediaannya Untuk Pengembangan Pertanian. dalam Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam*. Pusat Penelitian

- dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor. Pp 23–34
- Nursanti, I., Nasamsir, dan R. Supriyanto. 2021. Pengaruh pemberian pupuk kompos solid terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*) di polybag. *Jurnal Media Pertanian*, 6(2): 64–67
- Okalia, D., C. Eward, dan A. Haitami. 2017. Pengaruh berbagai dosis kompos solid plus (kosplus) dalam memperbaiki sifat kimia tanah Ultisol di kabupaten kuantan singging. *Jurnal Agroqua*, 15(1): 8–19.
- Prasetyo, B.H., dan D.A. Suriadikarta. 2006. *Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia*. Litbang Pertanian.
- Pujiwati, H., U.K.J. Suharjo, W. Prameswari, B.G. Murcitro, dan E. Susilo. 2022. Pengaruh Cekaman Alumunium Pada Pertumbuhan Kedelai Di Kultur Hara. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Pesisir (SENATASI)
- Roy, S., P. Biswas, and A. Mandal. 2022. Enhancing Potassium Availability In Soil Using Bio-Waste Amendments. *Soil Science And Plant Nutrition*, 68(2): 123–134.
- Sari, M.N., Sudarsono, dan Darmawan. 2017. Pengaruh Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanahtanah Kaya Al dan Fe. Faakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1): 66.
- Soratur, A.; B.A. Venmathi Maran, A.S. Kamarudin, and K.F. Rodrigues. 2024. Microbial Diversity And Nitrogen Cycling In Peat And Marine Soils: A Review. *Microbiol. Res.*, 15: 806–822.
- Yao, Z.T., X.S. Ji, P.K. Sarker, J.H. Tang, L.Q. Ge, M.S. Xia, and Y.Q. Xi. 2015. A comprehensive review on the applications of coal fly ash. *Earth Science Reviews*, 141: 105–121.
- Yulia, R., Nelvia, dan E. Ariani. 2018. Pengaruh campuran cocopeat dan rock phosphate terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas padi gogo (*Oryza sativa L.*) pada medium Ultisol. *J. Solum*, 15(1): 17–25.