

Pengaruh Pemberian Biochar Limbah Pisang terhadap Kesuburan Tanah

Effects of Banana Waste Biochar on Soil Fertility

Ni Made Wedayani, I Nyoman Rai[✉], I Gede Mahardika, I Made Sara Wijana

Postgraduate: Program in Environmental Science, Udayana University, Bukit Jimbaran, Indonesia

[✉]Corresponding author email: rainyoman@unud.ac.id

Article history: submitted: September 13, 2023; accepted: March 27, 2024; available online: March 30, 2024

Abstract. Agricultural soils in Subak Kerdung are indicated to be contaminated with heavy metals. The occurrence of soil pollution can be caused by excessive use of fertilizers and pesticides during the cultivation process and due to heavy metal contaminants contained in the water flow. To reduce heavy metal contaminants absorbed by plants and soil and also improve soil fertility, a soil amendment agent in the form of biochar is needed. Biochar made from banana waste can be an alternative raw material since it is easy to obtain and effective in dealing with heavy metals. The research was conducted in a greenhouse, the experimental garden of Udayana University, for three months. This research aimed to determine the effectiveness of banana waste biochar in improving fertility variables in soil samples taken from Subak Kerdung. It used an experimental method, namely a two-factor nested Randomized Block Design with three replications. The tested treatments were the type and dosage of banana waste as biochar-making material. The types of banana waste used consisted of four levels, namely banana stem biochar (Bt), banana peel biochar (Kl), banana fruit bunch biochar (Tn), and mixed biochar (banana stem + banana peel + banana fruit bunch) (Cam) also control (without biochar application). Meanwhile, the biochar dosage also consisted of four levels, namely $0t.ha^{-1}$ (D_0), $5t.ha^{-1}$ (D_1), $10t.ha^{-1}$ (D_2), and $15t.ha^{-1}$ (D_3). Soil chemistry variables tested included C-organic, total N, CEC, moisture content, and soil pH. The results showed that banana peel biochar at a dose of $5t.ha^{-1}$ was able to increase the soil C-organic value maximally, banana stem biochar at a dose of $15t.ha^{-1}$ was able to increase N-total value and moisture content maximally, and the application of banana stem biochar at a dose of $5t.ha^{-1}$ was able to increase CEC value maximally compared to soil without biochar.

Keywords: banana waste; biochar; soil fertility

Abstrak. Tanah pertanian di Subak Kerdung terindikasi mengalami pencemaran logam berat. Pencemaran tanah yang terjadi dapat disebabkan oleh penggunaan pupuk dan pestisida berlebih selama proses budidaya serta akibat kontaminasi logam berat yang terkandung pada aliran air. Untuk meminimalisir kontaminasi logam berat yang diserap tanaman dan tanah serta meningkatkan kesuburan tanah, diperlukan agen pembenah tanah berupa biochar. Biochar berbahan limbah pisang dapat menjadi suatu alternatif bahan bakunya karena mudah didapat dan efektif dalam menanggulangi logam berat. Penelitian dilakukan di rumah kaca, kebun percobaan Universitas Udayana dalam rentang waktu tiga bulan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas biochar limbah pisang dalam meningkatkan variabel kesuburan pada sampel tanah yang diambil dari Subak Kerdung. Penelitian tersebut menggunakan metode eksperimen, yakni rancangan acak kelompok (RAK) tersarang 2 faktor dengan 3 ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah jenis dan dosis limbah pisang sebagai bahan pembuat biochar. Jenis limbah pisang yang digunakan terdiri atas empat taraf, yaitu biochar batang pisang (Bt), biochar kulit buah pisang (Kl), biochar tandan buah pisang (Tn), dan biochar campuran (batang pisang+ kulit buah pisang+ tandan buah pisang) (Cam) serta kontrol (tanpa pemberian biochar). Sedangkan, dosis biochar juga terdiri atas empat taraf, yaitu $0t.ha^{-1}$ (D_0), $5t.ha^{-1}$ (D_1), $10t.ha^{-1}$ (D_2), dan $15t.ha^{-1}$ (D_3). Variabel kimia tanah yang diuji meliputi C-organik, N total, KTK, kadar air, dan pH tanah. Hasil penelitian menunjukkan biochar kulit buah pisang dosis $5t.ha^{-1}$ dapat meningkatkan nilai C-organik tanah secara maksimal, biochar batang pisang dosis $15t.ha^{-1}$ dapat meningkatkan nilai N-total dan kadar air secara maksimal, dan pengaplikasian biochar batang pisang dosis $5t.ha^{-1}$ dapat meningkatkan nilai KTK secara maksimal dibandingkan dengan tanah tanpa biochar.

Kata kunci: biochar; kesuburan tanah; limbah pisang

PENDAHULUAN

Tanah memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas pangan sehingga diperlukan pengendalian dan pengelolaan yang tepat dalam penggunaannya. Pada budidaya pertanian, kesuburan tanah menjadi suatu aspek penting yang berpengaruh

terhadap hasil produksi. Penurunan kesuburan tanah dapat memengaruhi produktivitas tanah sehingga penambahan unsur hara dalam tanaman melalui pemupukan sangat penting dilakukan agar diperoleh hasil yang baik. Namun, pemberian pupuk dan pestisida secara berlebih dan dalam jangka waktu yang lama dapat memicu

terjadinya pencemaran tanah (Hamzah & Priyadarshini, 2019).

Penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan pada tanah dapat menyebabkan kontaminasi logam berat (Ali et al., 2020), seperti Pb, Zn, dan Cu di dalam tanah (Meihani et al., 2019). Alloway (2013) menuliskan bahwa kandungan Cd dalam pupuk fosfat berkisar antara 30-60 mg.kg⁻¹. Kandungan Cd juga terdapat dalam pupuk nitrat dan pupuk kandang sebesar 0.05-8.5 mg.kg⁻¹ dan 0,1-0,8 mg.kg⁻¹. Logam Pb terdapat dalam pupuk fosfat sebesar 7-225 mg.kg⁻¹ dan pupuk kompos sebesar 1.3-2240 mg.kg⁻¹ (Alloway, 2013). Adanya polutan berupa logam berat pada tanah dapat berimbas pada kesuburan tanah dan tanaman yang ada di atasnya. Tanaman yang tumbuh di atas tanah yang telah tercemar logam berat berpotensi menyerap dan mengakumulasi logam-logam berat tersebut pada bagian akar, batang, daun, dan buah (Agustina, 2014). Hal tersebut dikarenakan logam berat bersifat beracun, karsinogenik, dan *mobile* sehingga dapat dengan cepat bertransformasi dan cenderung bersifat akumulatif (Nurlaili et al., 2021).

Salah satu lahan pertanian intensif yang ada di Kota Denpasar adalah Subak Kerdung terindikasi mengalami cemaran logam berat Cu, Pb, Cd, Fe, dan Cr akibat aliran air yang mengirigasi lahan terkontaminasi limbah cair sablon (Murjaya et al., 2019). Kontaminasi logam berat yang berasal dari air yang mengirigasi lahan persawahan dapat bersifat toksik bagi ekosistem air, tanaman, dan kesehatan manusia (Ahmad & Danish, 2018). Berdasarkan uji kadar logam berat yang dilakukan pada tahun 2021 terhadap tanaman jagung di Subak Kerdung, tingkat kadmium (Cd) pada tanah merupakan kandungan polutan tertinggi, yakni 1,096 mg.kg⁻¹. Kadar logam berat Cu dan Cd mencapai 24.54 mg.kg⁻¹ dan 2.5 mg.kg⁻¹ pada bagian akar tanaman jagung. Kadar logam berat pada bagian akar tersebut dikhawatirkan turut berimbas pada biji jagung yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan adanya pembenah tanah yang mampu mengurangi kadar logam

berat pada tanaman. Melalui penerapan strategi rehabilitasi lingkungan ataupun penggunaan agen peremediasi logam berat, pengaplikasian biochar pada tanah dapat dilakukan guna mengurangi kadar logam berat dan meningkatkan unsur-unsur penting bagi tanah.

Biochar merupakan karbon aktif yang dibuat dari biomassa hasil pertanian dan dapat diaplikasikan pada tanah dan tanaman untuk membenahi struktur tanah. Biochar umumnya dipirolisis pada kisaran suhu <700⁰C. Berbeda dengan karbon/arang, biochar tersusun dari cincin karbon aromatis yang mengakibatkan sifat karbon yang lebih stabil dan tahan lama di dalam tanah (Maguire & Agblevor, 2010). Sebagai pembenah tanah, biochar menciptakan kumpulan karbon tanah rekalsitran yang bersifat karbon negatif, dan berfungsi sebagai sekuestrasi karbon. Kapasitas retensi hara dari tanah yang diberi biochar tidak hanya mengurangi kebutuhan pupuk secara total, tetapi juga berdampak terhadap iklim dan lingkungan, utamanya di lahan pertanian.

Sebagai agen pembenah tanah, biochar diklaim mampu meningkatkan pH serta meretensi hara sehingga nutrisi lebih tersedia bagi tanaman. Kemampuan biochar untuk memegang air dan hara dalam tanah dapat membantu mencegah terjadinya kehilangan pupuk akibat aliran permukaan (*runoff*) dan pencucian (*leaching*), memungkinkan penghematan pupuk serta mengurangi polusi pada lingkungan sekitar (Basri & Azis, 2011). Bahan baku dalam pembuatan biochar yakni berupa limbah organik yang dapat diolah menjadi karbon. Penggunaan limbah pisang dapat menjadi suatu alternatif bahan baku pembuatan biochar dikarenakan adanya kandungan senyawa selulosa dan lignin pada limbah pisang yang berpotensi menghasilkan karbon (Nirmala et al., 2017). Kandungan selulosa pada bahan yang kemudian ditermolisis menghasilkan arang yang berpori dapat menyerap kation logam berat (Lu et al., 2012) sehingga kadar logam berat pada tanah menjadi berkurang dan penyerapan hara menjadi maksimal.

Selain menyerap logam berat yang ada di tanah, pengaplikasian biochar diharapkan dapat meningkatkan kesuburan tanah pada Subak Kerdung. Dalam pengaplikasiannya, biochar limbah pisang dibedakan berdasarkan jenis bahan bakunya, yaitu biochar batang pisang, biochar kulit buah pisang, biochar tandan buah pisang, dan biochar campuran (batang pisang + kulit buah pisang + tandan buah pisang). Keempat jenis biochar ini akan ditambahkan kompos untuk mengetahui pengaruh biochar terhadap kesuburan tanah.

Penelitian terkait pemanfaatan biochar berbahan limbah pisang secara menyeluruh sebagai penyubur tanaman belum banyak dikembangkan. Rahmasari (2021) dalam penelitiannya menggunakan biochar kulit pisang sebagai adsorben penyerap logam berat pada sumur, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Simangunsong *et al.* (2017) menggunakan arang aktif dari kulit pisang untuk meningkatkan kualitas air. Pada pengaplikasiannya di tanah, Radyawati (2011) mengolah *charcoal* atau arang aktif untuk mengadsorpsi logam Pb dan Zn sehingga dapat mengurangi pencemaran logam berat. Darmayanti *et al.* (2012) dalam penelitiannya menggunakan biochar kulit buah pisang kepok untuk adsorpsi timbal (Pb) dan zink (Zn), serta Nirmala *et al.* (2017) meneliti tentang adsorpsi ion tembaga dan ion besi menggunakan biochar kulit buah pisang raja. Beberapa penelitian tersebut hanya terbatas pada pemanfaatan kulit pisang sebagai adsorben dan penjernih air. Oleh karenanya, penelitian terkini dilakukan untuk mengetahui efektivitas penggunaan pelbagai jenis biochar limbah pisang dalam meningkatkan nilai karakteristik kimia tanah. Komponen kimia tanah berperan dalam menentukan sifat dan ciri tanah pada umumnya serta kesuburan pada khususnya (Yanti & Kusuma, 2021). Pengujian karakteristik kimia tanah dapat meliputi pengujian C-organik, N-total, KTK, kadar air, dan pH tanah. Pengujian karakteristik kimia tanah dilakukan pasca pemberian biochar limbah pisang selama masa tanam

guna mengetahui pemberian jenis biochar limbah pisang yang paling efektif dalam meningkatkan karakteristik kimia tanah.

METODE

Penelitian ini dibedakan menjadi dua tahap, yaitu tahap persiapan biochar dan tahap eksperimen. Pada tahap persiapan, limbah batang pisang, limbah kulit buah pisang, dan limbah tandan buah pisang dikumpulkan, lalu dipotong-potong kecil untuk kemudian dijemur demi mengurangi kadar airnya. Setelah kering, limbah pisang kemudian diaktivasi secara fisika (menggunakan furnace) dan secara kimia (larutan aktivator). Limbah pisang dibakar dengan furnace pada suhu 400°C atau dalam skala besar, limbah pisang dapat dibakar dengan metode pirolisis sederhana menggunakan tabung besi selama delapan jam dengan api konstan tanpa oksigen. Setelah berbentuk arang, kemudian bahan digerus dan diaktivasi dengan menggunakan larutan aktivator CaCl₂ (Setiawati & Suroto, 2010), lalu dikeringkan.

Pada tahap eksperimen, percobaan ini dilakukan di rumah kaca yang terdapat di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana dengan menggunakan jagung yang ditanam pada tanah yang berasal dari Subak Kerdung. Tanah seberat 5 kg diletakkan di polybag kemudian diberi perlakuan biochar. Metode penelitian yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) tersarang 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor yang diuji adalah jenis limbah pisang sebagai bahan pembuat biochar yang terdiri atas empat jenis, yaitu biochar batang pisang (Bt), biochar kulit buah pisang (Kl), biochar tandan buah pisang (Tn), dan biochar campuran (batang pisang + kulit buah pisang + tandan buah pisang) (Cam) serta kontrol (tanpa pemberian biochar). Perlakuan variasi dosis biochar yaitu 0 t.ha⁻¹ (D₀), 5 t.ha⁻¹ (D₁), 10 t.ha⁻¹ (D₂), dan 15 t.ha⁻¹ (D₃).

Tanah pada masing-masing polybag ditambahkan kompos, lalu ditanami jagung manis (*Zea mays saccharata* L.) dengan jumlah dua bibit pada masing-masing polybag.

Pascapanen, sampel tanah dari masing-masing polybag diambil dengan menggunakan metode konvensional berdasarkan pada desain pengambilan sampel tanah secara teratur dengan kedalaman pengukuran tanah 0-5 cm. Variabel karakteristik kimia tanah yang diuji meliputi nilai C-organik, N-total, kadar air, KTK, dan pH tanah. Proses uji sampel tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Udayana pada bulan Maret 2023. Uji C-organik dilakukan dengan metode Walkey and Black, uji N-total dilakukan dengan metode Kjeldahl, KTK menggunakan metode pencucian, uji kadar air menggunakan metode gravimetri, dan uji

pH dilakukan dengan metode elektrometrik. Hasil uji variabel kesuburan tanah kemudian diuji menggunakan uji BNT 5% guna mengetahui beda nyata antar perlakuan biochar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, nilai karakteristik kimia tanah yang diukur meliputi C-organik, N-total, KTK, kadar air, dan pH tanah. Hasil uji karakteristik kimia tanah pada masing-masing biochar dengan dosis berbeda diperoleh seperti pada Tabel 1. Sedangkan, standar nilai karakteristik kimia tanah dapat dilihat seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil uji karakteristik kimia tanah berdasarkan dosis biochar

Perlakuan	Dosis	Variabel				
		C-organik (%)	N-total (%)	KTK (me.100g ⁻¹)	Kadar air (%)	pH
Kontrol	0 t.ha ⁻¹	2.49 b	0.18 c	47.26 c	6.45 b	7.4 a
Biochar batang pisang	5 t.ha ⁻¹	2.48 c	0.19 b	51.86 a	6.27 c	7.3 b
	10 t.ha ⁻¹	2.89 a	0.19 b	45.91 d	5.77 d	7.3 b
	15 t.ha ⁻¹	2.49 b	0.21 a	50.71 b	6.53 a	7.3 b
BNT 5%		0.0047	0.0033	0.0065	0.0063	0.0176
Kontrol	0 t.ha ⁻¹	2.49 b	0.18 b	47.26 d	6.45 a	7.4 a
Biochar kulit buah pisang	5 t.ha ⁻¹	3.31 a	0.17 c	48.59 b	6.09 d	7.4 a
	10 t.ha ⁻¹	2.49 b	0.18 b	49.11 a	6.29 c	7.4 a
	15 t.ha ⁻¹	2.49 b	0.19 a	48.08 c	6.38 b	7.3 b
BNT 5%		0.0047	0.0033	0.0065	0.0063	0.0176
Kontrol	0 t.ha ⁻¹	2.49 a	0.18 b	47.26 c	6.45 a	7.4 b
Biochar tandan pisang	5 t.ha ⁻¹	1.95 c	0.16 d	45.40 d	6.16 b	7.5 a
	10 t.ha ⁻¹	2.48 b	0.17 c	50.05 b	6.04 c	7.5 a
	15 t.ha ⁻¹	2.48 b	0.20 a	50.35 a	6.22 b	7.5 a
BNT 5%		0.0047	0.0033	0.0065	0.0063	0.0176
Kontrol	0 t.ha ⁻¹	2.49 b	0.18 b	47.26 d	6.45 a	7.4 b
Biochar campuran limbah pisang	5 t.ha ⁻¹	2.90 a	0.17 c	48.21 b	6.18 d	7.5 a
	10 t.ha ⁻¹	2.07 c	0.19 a	47.88 c	6.39 c	7.5 a
	15 t.ha ⁻¹	2.90 a	0.19 a	49.59 a	6.42 b	7.4 b
BNT 5%		0.0047	0.0033	0.0065	0.0063	0.0176

Sumber: Analisis Lab Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unud, 2023

Keterangan: Nilai dari masing-masing perlakuan pada masing-masing variabel dibedakan dari notasi huruf di belakang angka. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama di kolom yang sama menunjukkan beda tidak nyata pada uji BNT taraf 5%.

Berdasarkan Tabel 1. dan Tabel 2., dapat diketahui bahwa hasil uji tanah yang diberi biochar menunjukkan nilai C-organik yang tergolong sedang, N-total yang tergolong rendah, KTK yang tergolong sangat tinggi, serta pH tanah yang netral. Pada tanah yang

tidak diberi tambahan biochar, C-organik tergolong sedang (2.49%), N-total tergolong rendah (0.18%), KTK tergolong sangat tinggi (47.26 me/100g), dan pH yang tergolong netral (7.4). Penambahan biochar pada tanah yang terindikasi mengalami pencemaran

menunjukkan hasil yang beragam. Di antara empat jenis biochar yang ditambahkan, penambahan biochar batang pisang dapat meningkatkan nilai N-total dan KTK pada tanah secara maksimal jika dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi biochar (kontrol) dan tanah yang diberi biochar pisang lainnya. Namun, penambahan biochar batang pisang belum mampu meningkatkan kadar air dan pH tanah jika dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi tambahan biochar (kontrol).

Pemberian biochar kulit buah pisang dapat meningkatkan nilai C-organik tanah secara maksimal dibandingkan pemberian biochar limbah pisang jenis lainnya serta kontrol. Nilai N-total dan pH yang dihasilkan

dari pengaplikasian biochar kulit buah pisang tidak memiliki beda nyata dengan kontrol, kendati nilai KTKnya lebih tinggi dibandingkan kontrol.

Pemberian biochar tandan buah pisang dan biochar campuran mampu secara maksimal meningkatkan pH tanah dibandingkan perlakuan lainnya. Namun, kadar air yang dihasilkan pada tanah yang diberi biochar tandan buah pisang menunjukkan nilai terendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan, pemberian biochar campuran secara merata mampu meningkatkan nilai C-organik, N-total, dan KTK tanah jika dibandingkan dengan kontrol.

Tabel 2. Standar nilai karakteristik kimia tanah

Variabel	SR	R	S	T	ST	
C-organik (%)	<1.00	1.00 – 2.00	2.01 – 3.00	3.01 – 5.00	>5.00	
N-total (%)	<0.1	0.10 – 0.20	0.21 – 0.50	0.51 – 0.75	>0.75	
KTK (me.100g ⁻¹)	<5	5 – 16	17 – 24	25 – 40	>40	
pH	<4.5	4.5 – 5.5	5.6 – 6.5	6.6 – 7.5	7.6 – 8.5 >8.5	
Keterangan	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak alkali	Alkali

Sumber: (PPT, 1995)

Keterangan: ST= Sangat Tinggi; T=Tinggi; S= Sedang; R= Rendah; SR= Sangat Rendah

C-organik

Kadar C-organik pada tanah sampel yang diambil dari Subak Kerdung bernilai 2.49% yang termasuk dalam kategori sedang. Pada pengaplikasian biochar limbah pisang dengan dosis berbeda, ditunjukkan bahwa nilai C-organik tertinggi yakni 3.31% terdapat pada tanaman yang diberi biochar kulit buah pisang dengan dosis 5 t.ha⁻¹, sedangkan yang terendah 1.95% terdapat pada tanaman yang diberi biochar tandan pisang dosis 5 t.ha⁻¹. Tingginya kadar C-organik pada tanah yang diberi tambahan biochar kulit pisang dosis 5 t.ha⁻¹ dapat disebabkan oleh adanya kandungan potassium (Islam et al., 2019), magnesium, sodium, dan fosfor pada kulit pisang yang mampu memenuhi unsur hara (A. Putri et al., 2022) dan meningkatkan kadar C-organik sehingga kadar C-organik tanah yang diberi biochar kulit pisang bernilai lebih tinggi dibandingkan perlakuan biochar

lainnya. Semakin tinggi kadar C-organik tanah, mengindikasikan tingginya laju dekomposisi bahan organik sehingga semakin cepat unsur hara menjadi tersedia (Yanti & Kusuma, 2021).

N-total

Berbeda dengan nilai C-organik, nilai N-total dan kadar air tertinggi diperoleh dari pemberian biochar batang pisang dengan dosis 15 t.ha⁻¹ (0.21%; 6.53%). Sementara itu, nilai N-total terendah ditemukan pada tanaman yang diberi biochar tandan pisang dosis 5 t.ha⁻¹ dan nilai kadar air terendah dari pemberian biochar batang pisang dosis 10t.ha⁻¹. Secara keseluruhan, nilai N-total merupakan nilai yang mengalami peningkatan terendah dibandingkan dengan variabel lainnya, tetapi nilai yang dihasilkan pascapengaplikasian biochar tidak melewati batas kritis (<0.1) yang mengindikasikan

pertumbuhan vegetatif terganggu. Rendahnya nilai N-total dapat dipengaruhi oleh karakteristik dari unsur nitrogen yang memiliki mobilitas tinggi, yang dipengaruhi oleh penetrasi dan pencucian air hujan sehingga berdampak pada mudah hilangnya unsur nitrogen di dalam tanah (Mustafa et al., 2022). Dalam eksperimen ini, teknik penyiraman dan intensitas penyiraman yang dilakukan dapat memengaruhi rendahnya kandungan N pada tanah. Kandungan N-total yang sangat tinggi pada tanah yang diambil dari Subak Kerdung dapat disebabkan oleh intensitas penambahan pupuk N setiap musim tanam.

KTK

Nilai KTK tertinggi didapat dari pengaplikasian biochar batang pisang dosis 5 t.ha⁻¹ (51.86 me.100g⁻¹), sedangkan nilai yang terendah (45.40 me.100g⁻¹) ditemukan pada tanaman yang diberi biochar tandan pisang dosis 5 t.ha⁻¹. Variabel KTK merupakan variabel kunci yang dapat dijadikan perbandingan efektivitas dari masing-masing perlakuan dan kontrol. Hal tersebut dikarenakan nilai KTK merupakan faktor yang menunjukkan ketersediaan kalium dan fosfor di dalam tanah (Mautuka et al., 2022). Pengaplikasian biochar batang pisang dosis 5 t.ha⁻¹ menghasilkan KTK 51.86 me.100g⁻¹, sehingga dapat direkomendasikan guna meningkatkan kadar KTK di tanah. Nilai KTK pada tanah umumnya dipengaruhi oleh kadar C-organik tanah. Hal ini berkaitan dengan kontribusi muatan negatif dari gugus fungsi karboksilat dan fenolik, dimana semakin tinggi nilai KTK pada tanah, maka semakin besar kemungkinan terserapnya ion bermuatan positif, dalam hal ini logam berat Hg, Pb, dan Cd. Selain dipengaruhi oleh kadar C-organik, tekstur tanah yang liat juga turut menentukan nilai KTK dalam tanah (Khasanah et al., 2021). Nilai KTK pada penelitian ini tentunya lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai KTK di Subak Kerdung pada tahun 2021 yang bernilai 44.80 me.100g⁻¹ (Dewi et al., 2021).

Kadar air

Kadar air pada tanah yang diberi biochar batang dengan dosis 15 t.ha⁻¹ menunjukkan nilai tertinggi yakni 6.53% dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sedangkan pada perlakuan pemberian biochar limbah pisang lainnya, kadar air yang dihasilkan tidak lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol (tanpa biochar). Biochar memiliki kemampuan dalam mengikat air sehingga air cukup tersedia bagi tanaman yang berguna untuk pertumbuhannya. Nofrianil dan Ibnu sina (2021) turut menuliskan bahwa, pemberian bahan organik mampu memperbaiki kondisi fisik tanah sehingga air menjadi tersedia dan suplai unsur hara bagi tanaman dapat berjalan dengan baik. Pemberian bahan organik diklaim mampu menahan air pada saat kondisi lahan kekurangan air (Nofrianil & Ibnu sina, 2021). Secara spesifik, berdasarkan Tabel 1., dapat diketahui bahwa dosis biochar yang diberikan turut memengaruhi kemampuan biochar dalam memegang ketersediaan air di tanah. Selain itu, intensitas penyiraman dan faktor cuaca turut memengaruhi kadar air pada tanah, mengingat percobaan ini dilakukan di rumah kaca.

pH

Selain keempat variabel yang telah diujikan, pH tanah merupakan salah satu variabel yang dipengaruhi oleh kadar air pada tanaman. Nilai pH tanah dapat digunakan sebagai indikator kesuburan kimiawi tanah karena dapat mencerminkan ketersediaan hara dalam tanah tersebut. Berdasarkan hasil uji, nilai pH pada tanah yang diberi perlakuan biochar limbah pisang maupun kontrol menunjukkan pH tanah yang tergolong netral dengan rentang nilai 7.3-7.5 dan yang tertinggi terdapat pada tanah dengan perlakuan biochar tandan pisang dan biochar campuran. Nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H⁺) dan (OH⁻) di dalam tanah. Basa-basa tertukar yang terdapat pada bahan organik merupakan faktor utama yang berperan dalam peningkatan pH tanah. Basa-basa tersebut akan berlaku sebagai bahan kapur (liming

material) dalam pengaruhnya terhadap pH tanah. Menurut Pockne & Sumner (1997), bahan organik dengan basa tertukar yang tinggi akan berpengaruh nyata dalam peningkatan pH tanah. Hal tersebut mengindikasikan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman. Pada kisaran netral, pH tanah dapat memberikan ketersediaan unsur hara tanah secara optimum sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki pH netral (Yanti & Kusuma, 2021). Penelitian Yanti & Kusuma (2021) turut menjelaskan bahwa semakin banyak air dalam tanah, maka semakin banyak reaksi pelepasan H^+ sehingga tanah menjadi masam (berdasarkan analisis pH H_2O dan pH KCl terhadap sampel tanah). Pada pemberian biochar limbah pisang, secara keseluruhan dapat dilihat bahwa kadar air hasil uji memiliki nilai rata-rata lebih kecil dibandingkan dengan kontrol, tetapi ia memiliki nilai pH yang tergolong netral. Adapun pengaruh pH H_2O terhadap kemasaman tanah bersumber dari asam organik dan anorganik.

Pemberian biochar berbahan limbah pisang selaku limbah organik pada tanah yang berasal dari Subak Kerdung dapat meningkatkan nilai C-organik tanah, pH tanah, struktur tanah, KTK tanah, dan kapasitas penyimpanan air tanah. Perubahan sifat kimia tanah terjadi karena penambahan biochar dapat menurunkan kandungan garam melalui peningkatan KTK dan C-organik serta penggunaan biochar sebagai sumber nutrisi P dan K (Nisak & Supriyadi, 2019). Kandungan nutrisi pada biochar tergantung pada bahan baku dan kondisi pembakaran (pirolisis) yang menghasilkan kadar beberapa nutrisi, khususnya Ca, Mg, N, P, dan K. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Chan *et al.*, (2008) yang menunjukkan aplikasi biochar dapat meningkatkan C-organik tanah, pH tanah, struktur tanah, KTK tanah, dan kapasitas penyimpanan air tanah.

SIMPULAN

Perbandingan nilai hasil uji kesuburan tanah menunjukkan hasil yang bervariasi untuk masing-masing variabel. Dari keempat jenis biochar yang diujikan dan dibandingkan dengan kontrol, biochar batang pisang memiliki nilai yang baik untuk tiap uji kimia tanah. Pemberian biochar batang pisang pada tanah mampu meningkatkan nilai N-total serta KTK tanah, kendati belum mampu meningkatkan kadar air serta pH tanah jika dibandingkan dengan kontrol. Biochar kulit buah pisang dosis $5 t.ha^{-1}$ dapat meningkatkan nilai C-organik tanah secara maksimal, biochar batang pisang dosis $15 t.ha^{-1}$ dapat meningkatkan nilai N-total dan kadar air secara maksimal, dan pengaplikasian biochar batang pisang dosis $5 t.ha^{-1}$ dapat meningkatkan nilai KTK secara maksimal dibandingkan dengan tanah tanpa biochar. Selain pemberian biochar batang pisang pada tanah, pemberian biochar campuran limbah pisang juga dapat direkomendasikan karena memiliki nilai yang cukup stabil untuk masing-masing variabel yang diujikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. (2014). Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. *Teknobuga*, 1(1), 53–65.
<https://doi.org/10.1529/jtbb.v1i1.6405>
- Ahmad, T., & Danish, M. (2018). Prospects of banana waste utilization in wastewater treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 206, 330–348.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.061>
- Ali, J., Khan, S., Khan, A., Waqas, M., & Nasir, M. J. (2020). Contamination of soil with potentially toxic metals and their bioaccumulation in wheat and associated health risk. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 1–12.
<https://doi.org/10.1007/s10661-020-8096-6>

- Alloway, B. J. (2013). Heavy Metals and Metalloids as Micronutrients for Plants and Animals BT—Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability. *Environment and Pollution*, 22. 195–209. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7-7>
- Basri, O., & Azis, A. (2011). Arang Hayati (Biochar) Sebagai Bahan Pembenh Tanah. *Serambi Pertanian*, 5(6), 1–2. <https://bitly.ws/3hrvD>
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., & Joseph, S. (2008). Using Poultry Litter Biochars as Soil Amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46(5), 437–444. <https://doi.org/10.1071/SR08036>
- Darmayanti, R. N., & Supriadi, S. (2012). Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari Larutannya Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Kepok Berdasarkan Variasi pH. *Jurnal Akademi Kimia*. 1(4). 159-165. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/JAK/article/view/1493>
- Dewi, Ni. W. K. M., Arthagama, Made, I. D., & Trigunasih, N. M. (2021). Status Kesuburan Tanah pada Subak di Kecamatan Denpasar Selatan Berbasis Sistem Informasi Geografis. *J. Agroekoteknologi Tropika*, 10(4), 480. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- Hamzah, A., & Priyadarshini, R. (2019). *REMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT* (R. M. Putri, Ed.; 1st ed.). UNITRI Press.
- Islam, M., Halder, M., Siddique, M. A. B., Razir, S. A. A., Sikder, S., & Joardar, J. C. (2019). Banana peel biochar as alternative source of potassium for plant productivity and sustainable agriculture. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8, 407–413. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-00313-8>
- Khasanah, U., Mindari, W., Suryaminarsih, P., Studi, P., Agroteknologi, M., & Pertanian, F. (2021). Assessment Of Heavy Metals Pollution On Rice Field In Sidoarjo Regency Industrial Area. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(2). https://doi.org/10.33005/jurnal_tekkim.v15i2.2545
- Lu, H., Zhang, W., Yang, Y., Huang, X., Wang, S., & Qiu, R. (2012). Relative distribution of Pb²⁺ sorption mechanisms by sludge-derived biochar. *Water Research*, 46(3), 854–862. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.11.058>
- Maguire, R. O., & Aglebor, F. A. (2010). *Biochar in Agricultural Systems*. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University. www.ext.vt.edu
- Mautuka, Z. A., Astriana, M., & Martasiana, K. (2022). Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1), 201–208. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5827375>
- Meihani, P., Munawar, A. A., Deviantil, Studi, P., Pertanian, T., Pertanian, F., & Kuala, U. S. (2019). Aplikasi Near Infrared Spectroscopy (NIRS) untuk mendeteksi pencemaran tanah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(2), 397–406. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v4i2.10854>
- Murjaya, I. M., Sujana, P., & Suryana, M. (2019). Pengaruh Pemberian Biocar Terhadap Tanaman Kangkung Darat Di Lahan Tercemar Limbah Cair (Di Subak Cuculandesa Kepaon). *Agrimeta*, 09(17), 27–31. <https://e-journal.unmas.ac.id/index.php/agrimeta/article/view/422>
- Mustafa, M., Maulana, A., Irfan, U. R., & Tonggiroh, A. (2022). Evaluasi Kesuburan Tanah Pada Lahan Pasca Tambang Nikel Laterit Sulawesi Tenggara. *Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 13(1), 52–56. <https://doi.org/10.20956/jal.v13i1.20457>

- Nirmala, N., Tiwow, V. M. A., & Suherman, S. (2017). Adsorpsi Ion Tembaga (Cu) Dan Ion Besi (Fe) Dengan Menggunakan Arang Hayati (Biocharcoal) Kulit Pisang Raja (*Musa sapientum*). *Jurnal Akademika Kimia*, 4(4), 189. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2015.v4.i4.7870>
- Nisak, S. K., & Supriyadi, S. (2019). Biochar Sekam Padi Meningkatkan Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kedelai Di Tanah Salin. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, 3(2), 165–176. <https://doi.org/10.35760/jpp.2019.v3i2.2345>
- Nofriani, & Ibnu Sina, F. (2021). Efektivitas Pupuk Organik Cair Limbah Ternak Ayam Metode Brewing pada Budidaya Kacang Tanah. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 4(1), 34–41. <https://doi.org/10.37637/ab.v4i1.620>
- Nurlaili, R. A., Rahayu, Y. S., & Dewi, S. K. (2021). Pengaruh Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dan Silika (Si) terhadap Pertumbuhan Tanaman *Brassica juncea* pada Tanah Tercemar Kadmium (Cd). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 9(3), 185–193. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n3.p185-193>
- Pockne, S. & Sumner, M. E. (1997). Cation and Nitrogen Content of Organic Matter Determine Its Soil Liming Potential. *Soil Science Society of American Journal*, 61, 86–92. <https://doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100010014x>
- Putri, A., Redaputri, A. P., & Rinova, D. (2022). Nomor 2 Volume 1 Nomor 2. In *Jurnal Pengabdian UMKM* (Vol. 1). <https://jpu.ubl.ac.id/index.php/jpu>
- Radyawati, R. (2011). *Pembuatan Biocharcoal dari Kulit Pisang Kepok untuk Penjerapan Logam Timbal (Pb) dan Logam Seng (Zn)*. Palu: UNTAD Press.
- Rahmasari, I., Zulkifli, H., & Mohadi, R. (2021). *Potensi Biochar Kulit Pisang Lilin (Musa Zebrina Van Hautte) sebagai Adsorben Ion Logam Fe pada Air Sumur*. [Skripsi]. Palembang: Universitas Sriwijaya. <https://Repository.Unsri.Ac.Id/51017/>
- Setiawati, E., & Suroto, S. (2010). Pengaruh Bahan Aktivator pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(2), 21–26. <https://dx.doi.org/10.24111/>
- Simangunsong, D. P., Rohanah, A., & Rindang, A. (2017). Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Kulit Pisang Raja (*Musa textilia*) untuk Meningkatkan Kualitas Fisik Air. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 5(3), 639–644. <https://bitly.ws/3hrvm>
- Yanti, I., & Kusuma, Y. R. (2021). Pengaruh Kadar Air dalam Tanah Terhadap Kadar C-Organik dan Keasaman (pH) Tanah. *Indonesian Journal of Chemical Research (IJCR)*, 6(2), 92–97. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.i2.art5>