

Peningkatan Produktivitas Tanah Sulfat Masam dan Hasil Padi Menggunakan Bioarang dari Limbah Industri Penggergajian Kilang Kayu (Productivity Increasing of Acid Sulphate Soil and Rice Productivity Using Biochar Industrial Waste from Sawwinning Refinery)

Syamsul Bahri*, Adnan Amin, Iwan Saputra

(Diterima Maret 2023/Disetujui Oktober 2023)

ABSTRAK

Penelitian bertujuan menganalisis 3 segi. (1) Formulasi bioarang (*biochar*) limbah penggergajian kilang kayu pada suhu pirolisis 450°C dan 550°C dengan waktu pirolisis 2 dan 4 jam. (2) Dosis bioarang limbah pengeggrgajian kilang kayu terbaik untuk meningkatkan kualitas kimia tanah sulfat masam melalui perbaikan pH Tanah, Al-dd, N, P, dan K tanah. (3) Pertumbuhan dan produksi padi sawah pada tanah sulfat masam dengan aplikasi bahan amelioran bioarang limbah penggergajian kilang kayu. Penelitian dilaksanakan di tanah sulfat masam dalam rumah kaca Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, sampel tanah dan biochar dianalisis di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian. Penelitian merupakan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu suhu dan waktu pirolisis dan dosis biochar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi bioarang limbah penggergajian kilang kayu berpengaruh sangat nyata dan nyata memperbaiki kualitas tanah sulfat masam, pertumbuhan dan produksi padi sawah. Formulasi bioarang limbah penggergajian kilang kayu pada suhu pirolisis 550°C dengan waktu pirolisis 2 jam pada dosis 20 ton/ha adalah yang peningkatannya terbaik pada kualitas tanah sulfat masam, pertumbuhan, dan produksi padi sawah.

Kata kunci: bioarang, sulfat masam, padi

ABSTRACT

The study aims to analyze three aspects. (1) Formulation of biochar from wood refinery sawmill waste at pyrolysis temperatures of 450°C and 550°C with pyrolysis times of 2 and 4 hours. (2) The best wood refinery sawing waste biochar dosage to improve the chemical quality of acidic sulfate soil through improving soil pH, Al-dd, N, P, and K of the soil. (3) Growth and production of paddy on acidic sulfate soils by application of ameliorant biochar of waste sawmill wood mill. The research was conducted in acidic sulfate soil in a screen house in the Experimental Garden of the Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University. Soil samples and biochar were analyzed at the Soil and Plant Research Laboratory of the Faculty of Agriculture. The study was an experiment using a factorial complete randomized design with two factors: the temperature and pyrolysis time and the dose of biochar. The results showed that the application of biochar waste from sawmill wood refineries had a very significant and significant effect on improving the quality of acidic sulfate soil and the growth and production of rice fields. The formulation of biochar at a pyrolysis temperature of 550°C for 2-hour pyrolysis with 20 tons/ha is the best improvement in acid sulfate soil quality, growth, and rice field production.

Keywords: acid sulphate, biochar, paddy

PENDAHULUAN

Industri penggergajian kayu adalah usaha untuk mengembangkan hasil hutan khususnya kayu. Dalam kegiatan industri penggergajian kayu, selain berdampak positif juga berdampak negatif, salah satunya ialah limbah hasil penggergajian kayu. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah gergajian kayu tersebut akan mencemari udara dan dmenegradasi lingkungan. Limbah gergajian kayu sebenarrnya masih

dapat menghasilkan profit, salah satunya ialah limbah padat. Limbah padat ini sangat berpotensi untuk dijadikan sumber bahan organik tanah yang tahan lama keberadaannya di dalam tanah, dan dapat dijadikan sebagai bahan pembenah tanah. Untuk menjadi sumber bahan organik tanah yang tahan lama keberadaannya di dalam tanah, limbah padat ini dapat dibuat menjadi bioarang (*biochar*). Bioarang adalah arang aktif hasil pirolisis tanpa oksigen atau dengan O₂ rendah pada suhu di bawah 700°C (Latuponu *et al.* 2011).

Tingginya sifat persistensi dan afinitas bioarang dengan hara membuat materi ini mampu mengatasi masalah di bidang pertanian seperti polusi air oleh agrokimia, perubahan iklim, kerusakan tanah, dan perbaikan sifat fisika, kimia, dan biologi tanah sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Masalah

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Samudra, Jalan Prof. Syarif Thayeb, Meurandeh, Aceh 24416

* Penulis Korespondensi:

Email: syamsulbahrimp@unsam.ac.id

dapat diolah oleh pihak industri atau kilang kayu yang

tanah sulfat masam sebagai lahan pertanian ialah rendahnya pH tanah, keberadaan senyawa FeS_2 (pirit) yang dapat membentuk senyawa asam sulfat (H_2SO_4). Senyawa pirit tersebut jika berikatan dengan oksigen di tanah sulfat masam yang diakibatkan oleh kekeringan yang panjang atau akibat pembuatan saluran drainase akan terpapar ke permukaan tanah yang berakibat toksik bagi tanaman. Masalah lain dari tanah sulfat masam ialah kandungan hara seperti hara P dan K yang rendah, serta tingginya hara mikro seperti Mn dan Fe sehingga menurunkan produktivitas tanaman di tanah sulfat masam (Kurniawan 2006).

Aplikasi bahan organik dalam bentuk bioarang di tanah sulfat masam berfungsi mempertahankan suasana reduksi sehingga oksidasi pirit dapat ditekan. Bioarang berperan sebagai donor elektron dan memengaruhi potensial redoks tanah yang merupakan indikator untuk menunjukkan kondisi oksidatif dan reduktif tanah (Bourbonniere & Creed 2006). Bioarang juga mampu menyepit (*chelate*) unsur-unsur yang bersifat toksik dalam tanah seperti Fe^{2+} (besi fero) yang merupakan reduksi dari Fe^{3+} , asam humat dan fulfat dalam tanah menyumbangkan muatan negatif, yakni gugus fenolat dan karboksilat dari asam fulfat ini membentuk cakar yang mempunyai afinitas tinggi bagi ion seperti Fe dan Al (Bourbonniere & Creed 2006). Amelioran sebagai pembenah tanah sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman. Bioarang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan pH dan memenuhi kebutuhan hara tanah. Aplikasi bioarang selain dapat meningkatkan pH tanah dari 3,5 menjadi 6,0 juga dapat meningkatkan produksi tanaman 2–3 kali lipat (Pari 2016).

Tiga tujuan penelitian ini ialah (1) Merekomendasikan metode (suhu dan waktu) pirolisis terbaik untuk mem-produksi bioarang yang meningkatkan ketersediaan hara dan produktivitas tanah sulfat masam; (2) Dosis bioarang yang tepat untuk meningkatkan ketersediaan hara dan pertumbuhan dan hasil padi pada tanah sulfat masam; dan (3) Pertumbuhan dan hasil padi sawah yang terbaik dari tanah sulfat masam hasil dari aplikasi bioarang limbah penggergajian kilang kayu dengan dosis terbaik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April–September 2022 di lahan sulfat masam Desa Simpang Wie, Kecamatan Langsa Timur, Kota Langsa. Tanah dan jaringan tanaman dianalisis di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Alat pirolisis dilengkapi dengan catatan suhu dan waktu pirolisis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ialah tanah sulfat masam, limbah serbuk kilang penggergajian kayu, benih padi varietas Inpara 2, dan sejumlah bahan-bahan kimia untuk analisis sampel tanah dan bioarang di laboratorium.

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca dengan rancangan acak lengkap 2 faktor dan 3 ulangan. Suhu dan waktu pirolisis produksi bioarang meliputi (1) 450°C dengan waktu 2 jam (B1), (2) 450°C dengan waktu 4 jam (B2), (3) 550°C dengan waktu 2 jam (B3), dan (4) 550°C dengan waktu 4 jam (B4). Dosis bioarang terdiri atas 0 ton/ha (D0), 10 ton/ha (D1), dan 20 ton/ha (D2).

Sampel tanah sulfat masam diambil pada kedalaman 0–20 cm tanpa pengeringan, dimasukkan ke dalam pot sebanyak 12 kg, kemudian diberi amelioran bioarang sesuai dengan kombinasi perlakuan. Bibit padi berumur 25 hari ditanam sebanyak 3 rumpun per pot. Tanaman dipertahankan sampai vegetatif maksimum dan diamati secara berkala, yaitu 30 hari setelah tanam (HST), 60 HST, dan 90 HST. Produktivitas padi yang diamati meliputi tinggi tanaman dan bobot gabah isi. Sampel tanah dianalisis dalam hal pH tanah, C-organik, kapasitas tukar kation (KTK), kation-kation basa (KB) (Ca, Mg, K, dan Na), total N, total P, total K, P-tersedia pada saat 30, 60, dan 90 HST.

Data dianalisis menggunakan metode analisis ragam satu-arah, setelah diperoleh *F*-hitung, hasilnya dibandingkan dengan *F*-tabel 5%. Apabila hasil uji sidik ragam menunjukkan pengaruh nyata atau sangat nyata, analisis dilanjutkan dengan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri Awal Tanah Sulfat Masam

Hasil analisis menunjukkan bahwa ciri tanah sulfat masam menunjukkan kelas tekstur lempung liat berdebu, dengan reaksi tanah (pH H_2O dan KCl) tergolong dalam kriteria sangat masam dengan nilai 4,09 untuk pH H_2O dan 3,98 untuk pH KCl. Kadar C-organik sangat rendah (0,97%), N-total tergolong sangat rendah (0,08 %), kandungan P-tersedia sangat rendah, yaitu 2,66 ppm, kalium dapat-ditukar (K-dd) sangat rendah dengan nilai 0,13 me 100 g^{-1} . Kadar kation yang bersifat basa (KB) (Ca, Mg, dan Na) beragam, yaitu Ca-dd 1,88 me 100 g^{-1} dengan kriteria sangat rendah, Mg-dd 0,36 me 100 g^{-1} dengan kriteria sangat rendah, dan Na-dd 0,28 me 100 g^{-1} dengan kriteria rendah. KTK tanah termasuk rendah dengan nilai 8,78 me 100 g^{-1} , serta nilai kejenuhan basa, yaitu 30,18% dengan kriteria rendah. Kandungan Al-dd tanah awal tergolong sangat tinggi dengan nilai 2,96 me 100 g^{-1} , serta H-dd juga dengan kriteria tinggi dengan nilai 1,84 me 100 g^{-1} . Nilai DHL tanah hasil analisis awal termasuk sangat rendah (0,60 mS cm^{-1}).

Berdasarkan data awal tersebut, tingkat kesuburan tanah sulfat masam ini tergolong sangat rendah karena mempunyai kriteria P-tersedia, K-dd, serta nilai C-organik sangat rendah, serta nilai KTK dan KB tanah yang rendah. Sangat rendahnya kadar P-tersedia tanah sulfat masam di lokasi penelitian diduga karena fiksasi fosforus oleh Al- dan Fe-bebas di dalam tanah

sehingga bentuk unsur fosforus berubah menjadi senyawa Al-P atau Fe-P yang tidak larut di dalam tanah. Selain itu, keberadaan pirit (FeS₂) diduga menjadi penyebab tanah rendahnya produktivitas tanah sulfat masam di lokasi penelitian.

Pertumbuhan Padi akibat Aplikasi Bioarang

• **Tinggi tanaman**

Hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pirolisis dan dosis bioarang limbah industri penggergajian kilang kayu tidak berpengaruh nyata pada tinggi tanaman padi umur 14 HST secara faktor tunggal dan interaksi, akan tetapi berpengaruh sangat nyata dan nyata pada umur 28, dan 42 HST baik secara interaksi atau secara faktor tunggal. Rata-rata tinggi tanaman padi pada umur 14, 28, 42 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis bioarang pada tanah sulfat masam disajikan pada Tabel 1, 2, dan 3.

Perlakuan pirolisis dan dosis bioarang meningkatkan rata-rata tinggi tanaman padi pada tanah sulfat masam (Tabel 1, 2, dan 3) baik secara nyata maupun tidak nyata. Rata-rata tanaman padi tertinggi dijumpai pada perlakuan pirolisis bioarang 550°C dengan dosis 20 ton ha⁻¹(B3D2) pada umur tanaman 28 dan 42 HST, sedangkan pada umur tanaman 14 HST peningkatan tinggi tanaman tidak nyata. Biochar yang berasal dari limbah industri penggergajian kilang kayu ini meningkatkan ciri tanah sulfat masam yang digunakan sebagai media tanaman tanaman padi. Dengan aplikasi bioarang limbah penggergajian kilang kayu pada suhu 550°C dengan waktu 2 jam dan dengan dosis 20 ton ha⁻¹ meningkat pH tanah, dan sejumlah hara tersedia pada tanah sulfat masam sehingga berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi sawah. Hal ini sejalan dengan penelitian Jeffery *et al.* (2011) yang melaku-

Tabel 1 Rata-rata tinggi tanaman padi umur 14 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar		
	D0	D1	D2
	.....Tinggi tanaman (cm).....		
B1	48,07	46,60	51,97
B2	48,97	49,93	47,43
B3	52,80	47,40	47,13
B4	53,63	45,07	49,00

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 2 Rata-rata tinggi tanaman padi umur 28 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar		
	D0	D1	D2
	.....Tinggi tanaman (cm).....		
B1	73,13 ^a A	76,47 ^a A	81,10 ^a AB
B2	74,60 ^a A	74,60 ^a A	78,17 ^a A
B3	73,60 ^a A	79,03 ^{ab} A	87,20 ^b B
B4	76,47 ^a A	78,37 ^a A	75,93 ^a A
BNJ _{0,05} Faktor BxD	8,33		

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ 0,05. Huruf kecil dibaca mendatar, sedangkan huruf besar dibaca vertikal.

Tabel 3 Rata-rata tinggi tanaman padi umur 42 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar		
	D0	D1	D2
	.....Tinggi tanaman (cm).....		
B1	80,30 ^a A	86,57 ^{ab} A	88,33 ^b A
B2	83,57 ^a A	86,90 ^a A	87,67 ^a A
B3	81,70 ^a A	86,90 ^a A	96,93 ^b B
B4	81,87 ^a A	86,80 ^{ab} A	85,40 ^b A
BNJ _{0,05} Faktor BxD	6,10		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

porkan bahwa aplikasi bioarang dapat meningkatkan pH tanah asam 0,6–1,0 unit. Hasil penelitian juga makin tinggi dosis bioarang, makin tinggi tanaman padi. Hal ini menunjukkan bahwa dosis bioarang mampu memperbaiki kualitas tanah sulfat masam sebagai media tanaman padi sawah tersebut. Menurut Van Zwieten *et al.* (2010), ketika diaplikasikan dengan dosis tinggi bioarang dapat meningkatkan pH tanah dan sejumlah hara. Menurut Ajayi dan Horn (2016), bioarang kayu yang dipirolisis perlahan-lahan dapat mengurangi tingkat kemasaman pH tanah yang diamandemen.

Jumlah Daun Tanaman

Hasil pengamatan jumlah daun tanaman padi pada umur 14, 28, dan 42 hari setelah pindah tanam (HST) dan hasil uji *F* menunjukkan bahwa perlakuan pirolisis dan dosis bioarang limbah industri penggergajian kilang kayu tidak berpengaruh nyata pada jumlah daun tanaman padi umur 14 dan 42 HST secara interaksi, akan tetapi berpengaruh sangat nyata dan nyata pada umur 14, 28, dan 42 HST secara faktor tunggal. Rata-rata jumlah daun tanaman padi pada umur 14, 28, dan 42 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis bioarang

limbah penggergajian kilang kayu pada tanah sulfat masam disajikan pada Tabel 4, 5, dan 6.

Aplikasi bioarang pada berbagai dosis mampu meningkatkan rata-rata jumlah daun tanaman padi pada umur 14, 28, dan 42 HST. Nilai terbaik dijumpai pada perlakuan pirolisis 550°C dengan dosis 20 ton ha⁻¹ (B₃D₂) untuk jumlah daun pada umur 28 HST secara interaksi. Namun, secara faktor tunggal nilai terbaik dijumpai pada perlakuan B₂ dan D₂ untuk jumlah daun umur 14 HST dan pada perlakuan B₃ dan D₂ untuk jumlah daun umur 42 HST. Aplikasi bioarang pada berbagai dosis menghasilkan perbedaan secara nyata dan tidak nyata pada pertumbuhan tanaman padi yang ditunjukkan oleh panjang daun tanaman umur 14, 28, dan 42 HST. Peningkatan pertumbuhan tanaman padi tersebut tidak terlepas dari peningkatan ketersediaan nutrisi dalam tanah yang dibutuhkan oleh tanaman. Dengan aplikasi bioarang pada tanah sulfat masam terjadi peningkatan pH tanah sehingga juga ikut berdampak pada peningkatan sejumlah hara termasuk hara nitrogen yang berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan batang dan daun tanaman. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Asai *et al.* (2009), bahwa sejalan dengan meningkatnya pH tanah dan ketersediaan hara pada aplikasi bioarang, tanaman

Tabel 4 Rata-rata jumlah daun tanaman padi umur 14 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata Faktor B
	D0	D1	D2	
	.....Jumlah daun tanaman (helai).....			
B1	3	3,67	5	3,89 AB
B2	3	4,33	5	4,11 AB
B3	2,67	3	3,33	3 A
B4	3,67	4,67	4,33	4,22 B
Rata-rata Faktor D	3,08 a	3,92 ab	4,42 b	
BNJ0,05 Faktor B			1,19	
BNJ0,05 Faktor D			1,07	

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 5 Rata-rata jumlah daun tanaman padi umur 28 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)		
	D0	D1	D2
	.....Jumlah daun tanaman (helai).....		
B1	4,67 ^a A	4,67 ^a A	4,67 ^a A
B2	4,67 ^a A	5,33 ^a A	6,00 ^a AB
B3	4,00 ^a A	5,33 ^{ab} A	7,00 ^b B
B4	3,67 ^a A	5,00 ^a A	5,33 ^a A
BNJ0,05 Faktor BxD		1,87	

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 6 Rata-rata jumlah daun tanaman padi umur 42 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	.....Jumlah daun tanaman (helai).....			
B1	5,00	5,33	5,67	5,33 A
B2	5,33	5,67	7,00	6,00 AB
B3	5,33	6,00	7,33	6,22 A
B4	4,33	6,00	6,00	5,44 AB
Rata-rata Faktor D	5,00 a	5,75 ab	6,50 b	
BNJ _{0,05} Faktor B			0,84	
BNJ _{0,05} Faktor D			1,48	

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

dapat tumbuh dan berproduksi secara optimum karena media tanam akan menjadi lebih baik dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Panjang Daun Tanaman

sil pengamatan panjang daun tanaman padi pada umur 14, 28, dan 42 hari setelah pindah tanam (HST) dan hasil uji *F* memperlihatkan bahwa perlakuan pirolisis dan dosis bioarang tidak berpengaruh nyata pada panjang daun tanaman padi umur 14 dan 28 HST secara interaksi, akan tetapi berpengaruh nyata pada umur 42 HST secara interaksi. Hasil sidik ragam juga menunjukkan bahwa secara faktor tunggal, perlakuan pirolisis dan dosis bioarang berpengaruh sangat nyata dan nyata pada umur 14, 28, dan 42 HST. Rata-rata panjang daun tanaman padi pada umur 14, 28, 42 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis bioarang pada tanah sulfat masam disajikan pada Tabel 7, 8, dan 9.

Terjadi peningkatan panjang daun tanaman padi umur 14, 28, dan 42 HST secara nyata baik secara faktor tunggal maupun interaksi akibat aplikasi bioarang pada berbagai dosis aplikasi. Nilai terbaik didapat pada aplikasi bioarang dengan pirolisis 550°C dengan dosis 20 ton ha⁻¹ (B₃D₂), kecuali pada panjang daun tanaman padi umur 42 HST nilai terbaik dijumpai pada kombinasi perlakuan (B₂D₂) walaupun tidak berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan (B₃D₂). Aplikasi bioarang dengan suhu pirolisis 550°C selama 2 jam pada limbah penggergajian kilang kayu berdampak pada peningkatan pH bioarang karena senyawa organik volatil menghilang dan kation basa meningkat. Menurut Zama *et al.* (2017) peningkatan pH bioarang dapat diakibatkan oleh peningkatan kadar abu yang terdiri atas mineral Mg, Ca, K, dan P dalam bioarang yang dipirolisis pada suhu tinggi. Hal ini tentu akan berdampak pada peningkatan pH tanah dan ketersediaan hara N, P, K, Ca, dan Mg tanah sulfat masam yang pada akhirnya juga akan berdampak pada peningkatan pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi sawah.

Lebar Daun Tanaman

Hasil pengamatan lebar daun tanaman padi pada umur 14, 28, dan 42 hari setelah pindahtanam (HST) dan hasil uji *F* pada analisis ragam menggambarkan perlakuan pirolisis dan dosis bioarang tidak berpengaruh nyata pada lebar daun tanaman padi umur 14, 28, dan 42 HST secara interaksi, akan tetapi berpengaruh sangat nyata dan nyata pada umur 14, 28, dan 42 HST secara faktor tunggal. Rata-rata lebar daun tanaman padi akibat perlakuan pirolisis dan dosis bioarang pada tanah sulfat masam disajikan pada Tabel 10, 11, dan 12. Nilai terbaik aplikasi bioarang pada tanah sulfat masam pada lebar daun tanaman padi umur 14, 28 dan 42 HST dijumpai pada perlakuan pirolisis 550°C dengan dosis 20 ton ha⁻¹ (B₃D₂). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perbaikan dari kualitas tanah sulfat masam sebagai implikasi dari aplikasi bioarang. Salah satu implikasi dari peningkatan sejumlah hara pada tanah sulfat masam ialah meningkatnya hara nitrogen berperan penting dalam proses fisiologis tanaman. Menurut Leghari *et al.* (2016), nitrogen penting dalam proses fisiologis tumbuhan seperti memberikan warna hijau tua pada daun tanaman, meningkatkan jumlah dan ukuran daun dan

batang tanaman, serta berperan penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan bagian vegetatif tanaman.

Jumlah Anakan Tanaman

Hasil uji *F* pengamatan jumlah anakan tanaman padi pada umur 14, 28, dan 42 hari setelah pindah tanam (HST) pada analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pirolisis dan dosis bioarang berpengaruh nyata pada jumlah anakan tanaman padi umur 14 HST secara interaksi, akan tetapi tidak berpengaruh nyata pada umur 28 dan 42 HST secara interaksi. Hasil sidik ragam juga menunjukkan bahwa perlakuan pirolisis dan dosis bioarang berpengaruh sangat nyata dan nyata pada faktor tunggal terhadap jumlah anakan tanaman padi umur 14, 28, dan 42 HST. Rata-rata jumlah anakan tanaman padi akibat perlakuan

Tabel 7 Rata-rata panjang daun tanaman padi umur 14 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	..... Panjang daun tanaman (cm).....			
B1	27,37	29,57	32,53	29,82 A
B2	26,97	33,70	36,47	32,38 AB
B3	26,50	34,53	37,57	32,87 B
B4	27,33	31,70	35,60	31,54 AB
Rata-rata Faktor D	27,04 a	32,38 b	35,54 c	
BNJ _{0,05} Faktor B		2,56		
BNJ _{0,05} Faktor D		2,01		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 8 Rata-rata panjang daun tanaman padi umur 28 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	..... Panjang daun tanaman (cm).....			
B1	46,87	54,37	54,57	51,93 B
B2	47,20	53,10	52,47	50,92 AB
B3	50,37	52,03	56,17	52,86 B
B4	45,40	50,67	50,07	48,71 A
Rata-rata Faktor D	47,46 a	52,54 b	53,32 b	
BNJ _{0,05} Faktor B		3,14		
BNJ _{0,05} Faktor D		2,46		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 9 Rata-rata panjang daun tanaman padi umur 42 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)		
	D0	D1	D2
	..... Panjang daun tanaman (cm).....		
B1	55,83 a A	56,63 a A	57,87 a AB
B2	53,77 a A	61,03 ab A	64,43 b B
B3	55,00 a A	58,70 a A	62,53 a B
B4	55,23 a A	58,27 a A	53,63 a A
BNJ _{0,05} Faktor BxD			8,77

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

pirolisis dan dosis bioarang pada tanah sulfat masam disajikan pada Tabel 13, 14, dan 15.

Aplikasi bioarang limbah penggergajian kilang kayu pada suhu pirolisis 550°C dan dosis 20 ton ha⁻¹ (B₃D₂) memperbaiki sifat fisis dan kimia tanah sulfat masam karena amelioran tersebut berdampak pada peningkatan pertumbuhan padi dan peningkatan jumlah anakan padi. Secara umum terjadi peningkatan jumlah anakan padi bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol (D0). Peningkatan jumlah anakan

padi terjadi karena perlakuan bioarang mampu memperbaiki kualitas dari tanah sulfat masam sehingga berdampak pada pertumbuhan dan hasil tanaman padi yang lebih baik. Hal ini sejalan dengan pendapat Filiberto dan Gusmalawati (2014) bahwa bioarang limbah kayu meningkatkan produktivitas tanaman rata-rata 12,1%. Selain itu hasil penelitian Liu *et al.* (2013) juga melaporkan bahwa dosis bioarang pada aplikasi lapangan lebih kecil dari 30 ton ha⁻¹ dengan peningkatan 30,3% untuk tanaman kacang-

Tabel 10 Rata-rata lebar daun tanaman padi umur 14 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	Lebar daun tanaman (cm).....			
B1	0,70	0,80	0,80	0,77 A
B2	0,70	0,90	1,03	0,88 AB
B3	0,73	0,83	1,13	0,90 B
B4	0,67	0,87	0,93	0,82 AB
Rata-rata Faktor D	0,70 a	0,85 b	0,98 c	
BNJ _{0,05} Faktor B		0,12		
BNJ _{0,05} Faktor D		0,10		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 11 Rata-rata lebar daun tanaman padi umur 28 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	Lebar daun tanaman (cm).....			
B1	0,90	1,00	1,17	1,02 A
B2	0,93	1,07	1,10	1,03 A
B3	0,93	1,10	1,40	1,14 B
B4	0,90	1,00	1,20	1,03 A
Rata-rata Faktor D	0,92 a	1,04 b	1,22 c	
BNJ _{0,05} Faktor B		0,10		
BNJ _{0,05} Faktor D		0,08		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 12 Rata-rata lebar daun tanaman padi umur 42 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	Lebar daun tanaman (cm)			
B1	1,17	1,33	1,40	1,30 A
B2	1,17	1,33	1,33	1,28 A
B3	1,23	1,47	1,53	1,41 B
B4	1,27	1,40	1,33	1,33 AB
Rata-rata Faktor D	1,21 a	1,38 b	1,40 b	
BNJ _{0,05} Faktor B		0,11		
BNJ _{0,05} Faktor D		0,09		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

kacangan, 28,6% untuk tanaman sayuran, 8,4% untuk tanaman sereal jagung, 11,3% untuk tanaman gandum, dan 6,6% untuk tanaman padi.

Jumlah Anakan Produktif

Hasil pengamatan jumlah anakan tanaman padi pada umur 85 hari setelah pindah tanam (HST) dan

hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pirolisis dan dosis bioarang berpengaruh nyata pada jumlah anakan produktif tanaman padi umur 85 HST secara interaksi, dan berpengaruh sangat nyata jumlah anakan produktif secara faktor tunggal pada umur 85 HST. Rata-rata jumlah anakan produktif tanaman padi umur 85 HST akibat perlakuan

Tabel 13 Rata-rata jumlah anakan tanaman padi umur 14 HST akibat perlakuan pirolisis dandosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)		
	D0	D1	D2
	..... Jumlah anakan tanaman		
B1	7,00 a A	9,67 a A	9,00 a A
B2	6,00 a A	7,67 a A	8,00 a A
B3	5,00 a A	8,33 ab A	11,67 b A
B4	6,33 a A	10,67 b A	9,33 ab A
BNJ _{0,05} Faktor BxD		3,91	

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 14 Rata-rata jumlah anakan tanaman padi umur 28 HST akibat perlakuan pirolisis dandosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	.....Jumlah anakan tanaman.....			
B1	18,33	22,33	25,33	22,00 AB
B2	18,00	20,00	22,00	20,00 AB
B3	19,33	23,00	25,33	22,56 B
B4	17,67	18,67	20,67	19,00 A
Rata-rata Faktor D	18,33 a	21,00 ab	23,33 b	
BNJ _{0,05} Faktor B		3,55		
BNJ _{0,05} Faktor D		2,80		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

Tabel 15 Rata-rata jumlah anakan tanaman padi umur 42 HST akibat perlakuan pirolisis dandosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)			Rata-rata faktor B
	D0	D1	D2	
	.....Jumlah anakan tanaman			
B1	32,00	33,33	37,00	34,11 A
B2	34,00	37,67	43,33	38,33 B
B3	35,00	38,33	44,33	39,22 B
B4	33,67	38,67	35,67	36,00 AB
Rata-rata Faktor D	33,67 a	37,00 b	40,08 b	
BNJ _{0,05} Faktor B		4,04		
BNJ _{0,05} Faktor D		3,16		

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

iolisis dan dosis bioarang limbah kilang kayu pada tanahsulfat masam disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16 Menunjukkan bahwa aplikasi biochar limbah penggergajian kilang kayu pada tanah sulfat masam meningkatkan jumlah anakan produktif tanaman padi secara interaksi. Nilai terbaik dijumpai pada perlakuan biochar pada pirolisis 550°C dengan lama waktu 2 jam dengan dosis 20 ton ha⁻¹ (B₃D₂).

Secara umum terjadi peningkatan jumlah anakan produktif tanaman padi dari berbagai pirolisis bioarang bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol (D0). Hal ini tidak terlepas dari peranan bioarang yang mampu memperbaiki kualitas pH tanah sulfat masam sehingga unsur hara dapat lebih tersedia pada tanah sulfat masam tersebut. Kadar senyawa anorganik biomassa yang mampu menghasilkan bioarang yang kaya akan

Tabel 16 Rata-rata panjang jumlah anakan tanaman produktif pada umur 85 HST akibat perlakuan pirolisis dan dosis biochar limbah industri penggergajian kilang kayu

Pirolisis biochar	Dosis biochar (ton ha ⁻¹)		
	D0	D1	D2
	..... Jumlah anakan produktif		
B1	9,67 a A	10,33 ab A	12,00 b A
B2	11,33 a A	12,67 ab A	14,67 b B
B3	11,67 a A	13,67 a B	17,33 b C
B4	12,00 a A	14,00 a B	14,33 a AB
BNJ _{0,05} Faktor BxD			2,60

Keterangan: D0 = 0 ton/ha, D1 = 10 ton/ha, dan D2 = 20 ton/ha.

abu dan lebih bersifat alkalis (Deenik *et al.* 2011). Makin tinggi kadar abu, makin semakin tinggi unsur karbon, hidrogen, dan oksigen pada bahan baku bioarang (Akuwuah *et al.* 2012). Perlakuan pirolisis akan memengaruhi kondisi hidrofobisitas bioarang. Hidrofobisitas bioarang akan dihasilkan dari pirolisis biomassa pada suhu rendah (Smetanova *et al.* 2013). Hasil penelitian Kinney *et al.* (2012) melaporkan bahwa hidrofobisitas bioarang akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu pirolisis. Selain itu, sifat hidrofobisitas juga dapat dikurangi dengan cara perlakuan pascapirolisis dengan menggunakan air. Tingkat hidrofobisitas tersebut dapat dihambat melalui pendinginan dengan menggunakan air pada bioarang dalam kondisi panas. Ketika air bertemu dengan bioarang panas tersebut, air akan menguap. Uap air panas akan naik melalui bioarang dan akan bereaksi dengan kondensat dari pori-pori bioarang. Menurut Schmidt dan Taylor (2014), bioarang secara langsung dibersihkan dengan perlakuan *water quenching* yang akhirnya akan berdampak pada peningkatan volume pori dan permukaan bagian dalam bioarang serta dihasilkan bioarang yang sifatnya aktif. Peningkatan jumlah anakan produktif tertinggi dijumpai pada aplikasi dosis 20 ton ha⁻¹. Hal ini menunjukkan secara keseluruhan aplikasi bioarang pada dosis 20 ton ha⁻¹ meningkatkan ketersediaan nutrisi tanah sulfat masam. Menurut Situmeang (2017), dosis optimum bioarang untuk pertumbuhan jagung di lahan kering, yaitu 10 ton ha⁻¹. Peningkatan kualitas tanah sulfat masam akan diikuti dengan peningkatan pertumbuhan, khususnya jumlah anakan produktif tanaman padi.

KESIMPULAN

Formulasi bioarang limbah penggergajian kilang kayu pada suhu pirolisis 550°C dan waktu pirolisis 2 jam mampu meningkatkan ketersediaan hara tanah sulfat masam. Dosis bioarang 20 ton/ha mampu meningkatkan kualitas tanah dari tanah sulfat masam. Aplikasi bioarang dari suhu pirolisis 550°C dengan waktu pirolisis 2 jam pada dosis 20 ton/ha mampu membedakan secara nyata tinggi tanaman, jumlah

daun, panjang daun, lebar daun, jumlah anakan padi umur 14, 28, dan 42 HST, dan jumlah anakan produktif umur 85, dengan bioarang terbaik didapat pada aplikasi bioarang hasil pirolisis 550°C selama 2 jam dengan dosis 20 ton ha⁻¹.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Samudra yang telah mendanai Penelitian Dasar Unggulan (PDU) kepada penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajaji AE, Horn R. 2016. Modification of chemical and hydrophysical properties of two texturally differentiated soils due to varying magnitudes of added biochar. *Soil and Tillage Research*. (164): 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.01.011>
- Akuwuah JO, Kemausuor F, Mitchual SJ. 2012. Physico-chemical characteristics and market potential of sawdust charcoal briquette. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. 3(1): 1–6. <https://doi.org/10.1186/2251-6832-3-20>
- Asai H, Samson BK, Stephan HM, Songyikhangsuthor K, Homma K, Kiyono Y, Horie T. 2009. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*. 111: 81–84. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.10.008>
- Bakker MR, Kerisit R, Verbist K, Nys C. 1999. Effect of liming on rhizosphere chemistry and growth of fine roots and of shoot of sessile oak. *Plant Soil*. 217 : 243–255. <https://doi.org/10.1023/A:1004518116551>
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2009. Biochar Penyelamat Lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 31(6): 15-16

- Barabasz W, Albinska D, Jaskowska M, Lipiec J. 2002. Ecotoxicology of Aluminium Polish Journal of Environmental Studies. 11: 199–203.
- Bourbonniere RA, Creed IF. 2006. Biodegradability of dissolved organic matter extracted from a chronosequence of forest-floor materials. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 169(1): 101–107. <https://doi.org/10.1002/jpln.200521721>
- Deenik JL, Diarra A, Uehara G, Campbell S, Sumiyoshi Y, Antal Jr MJ. 2011. Charcoal ash and volatile matter effects on soil properties and plant growth in an acid Ultisol. *Soil Science*. 176(7): 336–345. <https://doi.org/10.1097/SS.0b013e31821fbfea>
- Gani A. 2009. Arang Hayati “Biochar” sebagai Komponen Perbaikan Produktivitas Lahan. *Iptek Tanaman Pangan*. 4(1): 33–48.
- Gusmalawati D, Mukarlina, Wahdina, Khotimah D. 2014. Struktur anatomi batang ulin (*Eusideroxylon zwageri* Teijsm. & Binned) varietas tando dan tembaga di Kalimantan Barat. *Saintifika*. 16(2): 49–56
- Hanum C. 2013. Pertumbuhan, hasil, dan mutu biji kedelai dengan pemberian pupuk organik dan fosfor. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 41: 209–214.
- Jeffery SFGA, Verheijen M, Velde, Vander, Batos AC. 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta analysis. *Agriculture Ecosystem and Environment*. 144: 175–187. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.015>
- Kinney TJ, Masiello CA, Dugan B, Hockaday WC, Dean MR, Zygourakis K, Barnes RT. 2012. Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures. *Biomass and Bioenergy*. 41: 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.033>
- Kurniawan, TP. 2006. Efikasi Cuka Kayu (Wood Vinegar) Terhadap Rayap Tanah (*Coptotermes curvignathus* Holm) Dari Limbah Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) dan Kayu Kihyang (*Albizia procera* Benth). [Skripsi]. Bandung (ID) : Universitas Winaya Mukti.
- Latuponu H, Shiddiq D, Syukur A, Hanudin H. 2011. Pengaruh biochar dari limbah sagu terhadap pelindian nitrogen di lahan kering masam. *Agronomika*. 11(2): 144–155.
- Laghari SJ, Wahocho NA, Laghari GM, Laghari AH, Bhabhan GM, Talpur KH, Lehmann J, Rondon M. 2006. Biochar soil management on highly weathered soils in the humid tropics. *Biological approaches to sustainable soil systems*. 113: 517–530. <https://doi.org/10.1201/9781420017113.ch36>
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C. et al. Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—a meta-analysis of literature data. *Plant Soil* 373, 583–594 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1806-x>
- Pari G. 2016. Biochar technology as a go green movement in Indonesia. *Journal of Wetlands Environmental Management*. 2(1) : 8 <https://doi.org/10.20527/jwem.v2i1.35>
- Saito M, Marumoto T. 2002. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: the status quo in Japan and the future prospects. In *Diversity and Integration in Mycorrhizas*. Springer. Dordrecht. pp. 273–279. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1284-2_27
- Santi LP, Goenadi DH. 2010. Pemanfaatan biochar sebagai pembawa mikroba untuk pemantapan agregat tanah Ultisol dari Taman Bogo-Lampung. *Menara Perkebunan*. 78(2): 52–60.
- Schmidt HP, Pandit BH, Kammann C, Taylor P: Forest Gardens for Closing the Global Carbon Cycle, the Biochar Journal 2017, Arbaz, Switzerland, www.biochar-journal.org/en/ct/88, pp 48-62
- Setiawati E, Mardiana D, Prijono S, Soemarno. 2016. Biochar untuk Tanah Sulfat Masam. Malang (ID): Program Pasca Sarjana Universitas Brawijaya.
- Situmeang YP. 2017. Utilization of Biochar, Compost, and Phonska in Improving Corn Results on Dry Land. *International Research Journal of Engineering, IT and Scientific Research (IRJEIS)*. 3(3): 38–48. <https://doi.org/10.21744/irjeis.v3i3.454>
- Smetanova A, Dotterweich M, Diehl D, Ulrich U, Dotterweich NF. 2013. Influence of biochar and terra preta substrates on wettability and erodibility of soils. *Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementary Issues*. 57(1): 111–134. <https://doi.org/10.1127/0372-8854/2012/S-00117>
- Steiner C. 2007. Soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish carbon sink-research and prospects. *Soil Ecology Research Developments*. 1–6.
- Subagyo, H. 2006. Klasifikasi dan Penyebaran Lahan Rawa. Halaman 1-22 dalam Buku Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa. Bogor (ID): Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Suriadikarta DA, Sutriadi MT. 2007. Jenis-jenis lahan berpotensi untuk pengembangan pertanian di lahan rawa. *Jurnal Litbang Pertanian*. 26(3): 115–122.
- Suriadikarta DA. 2005. Pengelolaan lahan sulfat masam untuk usaha pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*. 24(1): 36–45.
- Laghari SJ, Wahocho NA, Laghari GM, Laghari AH, Bhabhan GM, Talpur KH, Bhutto TA, Wahocho SA, Lashar AA. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*. 10(9): 209–219.
- Van Zwieten L, Kimber S, Morris K, Chan A, Downie J, Rust, Cowie A. 2010. Effect of Biochar from slow

pyrolysis of papermillwaste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*. 237: 235–246. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0050-x>

Zama EF, Zhu YG, Reid BJ, Sun GX. 2017. The Role of biochar properties in influencing the sorption and desorption of Pb (II), Cd (II) and As (III) in aqueous solution. *Journal of Cleaner Production*. 148: 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.125>