



Pemanfaatan *Biochar* Berbahan Dasar Seresah Daun Bambu (*Bambusa Vulgaris*) Sebagai Bahan Pembenh Tanah Pada Lahan Bekas Tambang Batubara

Rida Noryanti¹⁾ dan Rd. Indah Nirtha Nilawati N. P. S.²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik ULM Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru

²⁾Dosen Pembimbing dan Staf Pengajar Fakultas Teknik ULM Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru

email korespondensi: 1810815320006@mhs.ulm.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan pada umumnya menghasilkan bahan pencemar berupa kadar logam berat yang melebihi kadar normal. Kelebihan logam berat dalam tanah tidak hanya memberikan dampak buruk untuk tanaman dan organisme tetapi dapat menyebabkan suatu pencemaran lingkungan. Selain itu, kegiatan penambangan juga menyebabkan terjadinya perubahan total dari suatu ekosistem yaitu salah satunya kerusakan lahan yang dapat berpengaruh pada kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Salah satu cara untuk memperbaiki kerusakan tanah akibat kegiatan pertambangan yaitu dengan memanfaatkan *biochar* sebagai bahan pembenh tanah. *Biochar* yang digunakan dalam penelitian ini berbahan dasar seresah daun bambu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *biochar* dalam menurunkan kandungan Fe dan menaikkan pH pada sampel tanah tercemar serta menganalisis variasi dosis dan variasi waktu kontak yang paling efektif dalam menurunkan kandungan Fe dan menaikkan pH pada sampel tanah tercemar. Pada penelitian ini, *biochar* seresah daun bambu memiliki karakteristik sebagai pembenh tanah yang sesuai dengan persyaratan berdasarkan nilai pH, C-organik, rasio C/N, P-total, K-total, Kapasitas Tukar Kation, kadar air, dan kadar abu. Selain itu, komposisi dosis *biochar* dan waktu kontak yang paling efektif yaitu didapatkan pada variasi P₃ dengan waktu kontak 45 hari.

Kata kunci: *Biochar*, Logam Berat Fe, pH, Seresah Daun Bambu (*Bambusa Vulgaris*)

ABSTRACT

Mining activities generally produce pollutants in the form of heavy metal levels that exceed normal levels. Excess heavy metals in the soil not only have a negative impact on plants and organisms but can cause environmental pollution. In addition, mining activities also cause a total change in an ecosystem, one of which is land damage that can affect the physical, chemical and biological conditions of the soil. One way to repair soil damage due to mining activities is to use biochar as a soil enhancer. The biochar used in this study is made from bamboo leaf litter. This study aims to analyze the effect of Biochar in reducing Fe content and increasing pH in polluted soil samples as well as analyzing dose variations and contact time variations that are most effective in reducing Fe content and increasing pH in polluted soil samples. In this study, bamboo leaf litter biochar has characteristics as a soil enhancer that meets the requirements based on pH values, C-organic, C/N ratio, P-total, K-total, Cation Exchange Capacity, moisture content, and ash content. In addition, the composition of the biochar dose and the most effective contact time was found in the P₃ variation with a contact time of 45 days.

Keywords: *Biochar*, *Bamboo Leaf Litter (Bambusa Vulgaris)*, *Heavy Metal Fe*, *pH*

I. PENDAHULUAN

Indonesia terkenal dengan sumber daya alam yang melimpah salah satunya yaitu dibagian pertambangan dan tercatat sebagai produsen batu bara terbesar ketiga didunia setelah China dan India. Dari kegiatan ini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif dan positif untuk dalam negeri terutama dalam aspek ekonomi, sedangkan dampak negatif untuk dalam negeri yaitu luasnya proses penggalian tanah dan perubahan lanskap. Pada proses kegiatan penambangan ini akan mempengaruhi keadaan lahan seperti kerusakan secara fisik berupa tanah yang memiliki kadar subur yang rendah serta kadar pori yang dimiliki akan menjadi sedikit. Oleh karena itu, sangat diperlukan bahan remediasi tanah yang setidaknya dapat memperbaiki tanah dalam hal perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi (Surianti *et al.*, 2021). Salah satu cara untuk memperbaiki kerusakan tanah akibat kegiatan pertambangan yaitu dengan memanfaatkan *biochar* sebagai bahan pembenh tanah untuk lahan bekas pertambangan.

Biochar ialah hasil proses pembakaran biomassa organik pada keadaan oksigen terbatas atau nama lainnya pirolisis yang berupa arang hitam dan akan diberikan terhadap tanah sebagai salah satu alternatif bahan pembenah tanah yang dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas tanah. Menurut penelitian terdahulu, *biochar* memiliki kemampuan untuk menstabilkan kandungan logam berat pada tanah tercemar dengan menurunkan secara nyata penyerapan logam berat oleh tanaman dan dapat meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Maka dari itu, pemanfaatan *biochar* berguna untuk memberikan solusi baru untuk memperbaiki struktur tanah yang sudah tercemar oleh logam berat (Hidayat, 2015). *Biochar* ini dapat dibuat dari beberapa limbah biomassa seperti kayu galam, sekam padi, TKKS, ampas tebu, seresah daun bambu dan tempurung kelapa.

Pada penelitian ini *biochar* yang digunakan berasal dari limbah biomassa yang berupa seresah daun bambu. Daun bambu juga diketahui mengandung unsur posfor dan kalium yang cukup tinggi sehingga berpotensi sebagai bahan baku pembenah tanah, karena unsur tersebut sangat berguna untuk memperbaiki struktur tanah yang tercemar dan pertumbuhan tanaman. Kandungan yang terdapat dalam daun bambu ialah zak aktif, yakni *flavonoid*, polisakarida, klorofil, asam *amino* vitamin, mikro elemen, fosfor, dan kalium.

II. METODE PENELITIAN

Sampel tanah yang digunakan berasal dari PT. Hasnur Riung Sinergi Site BRE, Kab. Tapin, Kalimantan Selatan. Lokasi penelitian dilakukan di *Edu Park Techno* Fakultas Teknik ULM Banjarbaru, pengujian kadar Fe di Laboratorium Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BARISTAND) Banjarbaru, dan Pengujian karakteristik *biochar* dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian ULM Banjarbaru.

II.1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cangkul dan sekop, garmin GPS 78S, alat pirolizer, pirometer, thermogun, bak reaktor, alat penghalus, saringan, timbangan analitik, timbangan digital, meteran, *soil survey instrument*, *soil moisture*, plastik sampel, kertas label, sarung tangan, karung dan alat tulis. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel tanah tercemar di PT. HRS Site BRE diambil sebanyak 2 kg dan 255 gram *biochar* berbahan dasar seresah daun bambu dan aquades.

II.2. Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan (P_0 = sebagai kontrol; P_1 = 7,5 gram *biochar* + 250 gram sampel tanah; P_2 = 15 gram *biochar* + 250 gram sampel tanah; dan P_3 = 30 gram *biochar* + 250 gram sampel tanah). Pada variasi P_1 , P_2 , dan P_3 dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali sehingga terdapat 7 satuan percobaan. Bak reaktor yang digunakan berukuran diameter 13 cm dan tingginya 10 cm dan bahan tanah sebanyak 250 gram. Penelitian ini dilakukan agar mengetahui pengaruh dosis *biochar* dari limbah seresah daun bambu terhadap penurunan kadar Fe dan pH pada tanah tercemar. Adapun parameter sifat kimia yang ingin diteliti yaitu kadar logam berat besi (Fe) dan derajat keasaman (pH).

II.3. Analisis Data

Data hasil pengukuran pH dan kadar Fe yang diperoleh kemudian dilakukan analisis menggunakan *software* SPSS 17 for windows untuk melihat perbedaan komposisi terbaik pada proses remediasi menggunakan *biochar* berbahan dasar seresah daun bambu dengan serangkaian uji normalitas, uji homogenitas, dan uji anova *two way* serta dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Differences*) apabila uji anova menunjukkan hasil yang signifikan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar tiap perlakuan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1. Analisis Karakteristik *Biochar* Seresah Daun Bambu

Jenis *biochar* yang digunakan dalam penelitian ini adalah seresah daun bambu. Seresah daun bambu yang digunakan sebanyak 1 *trashbag* yang berukuran besar. Seresah daun bambu dibakar menggunakan alat *rotary drum pyrolizer* dengan suhu 300°C selama 60 menit. Seresah daun bambu yang telah dibakar, didiamkan beberapa saat yang bertujuan untuk mendinginkan *biochar* tersebut. Selanjutnya *biochar* dihasilkan sebanyak 415 gram di ayak menggunakan saringan 10 *mesh* yang bertujuan agar *biochar* tersebut homogenitas. Kemudian *biochar* diambil sebanyak 150 gram untuk dilakukan pengujian karakteristik *biochar*. Hasil uji karakteristik dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Uji Karakteristik Biochar

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Baku Mutu	Sumber
1.	pH	6,96		4 - 8	Balitbang Pertanian 2005
2.	C-org	18,2	%	≥ 15%	Yuniarta <i>et al.</i> , 2020
3.	N-total	1,18		-	-
4.	Rasio C/N	15,42		12 – 26 %	Balitbang Pertanian 2005
5.	P-total	0,63	%	>0,10%	Balitbang Pertanian 2005
6.	K-total	9,03	%	>0,20%	Balitbang Pertanian 2005
7.	KTK	29,23	me/100 g	≥20 me/100 g	Balitbang Pertanian 2005
8.	Kadar air	0,46	%	<35%	Balitbang Pertanian 2005
9.	Kadar abu	0,48	%	15%	SNI 06-3730-1995

Karakteristik dan kualitas *biochar* tergantung dari proses pirolisis atau pembakaran, jenis biomassa yang dimanfaatkan serta penanganan setelah proses pembakaran. Suhu pembakaran juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi peningkatan daya serap dan luas permukaan *biochar*, sedangkan variasi jenis biomassa yang dimanfaatkan juga mempengaruhi kandungan nutrisi pada *biochar* (Prasetyo *et al.*, 2020). Berdasarkan syarat-syarat karakteristik *biochar* yang baik, nilai pH sebagai bahan pembenah tanah yang baik yaitu memiliki rentang pH dari 4 - 8 (Balitbang Pertanian, 2005). Pada tabel 3.1, nilai pH pada *biochar* seresah daun bambu diketahui sebanyak 6,96. Jika dibandingkan dengan penelitian Sukmawati (2020), *biochar* berbahan dasar cangkang kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit, dan tongkol jagung yang dipirolisis dengan suhu 300 – 400°C memiliki nilai pH sebesar 7,2 untuk *biochar* cangkang kelapa sawit, 7,2 untuk *biochar* tandan kosong kelapa sawit, dan 7,3 untuk *biochar* tongkol jagung. Tingginya nilai pH ini disebabkan oleh jenis biomassa yang digunakan dan suhu pirolisis yang digunakan, apabila suhu pirolisis yang digunakan tinggi maka nilai pH *biochar* yang dihasilkan akan tinggi atau bersifat alkali karena terbentuknya gugus fungsi karboksil dan oksigen serta kandungan karbonat (Puspita *et al.*, 2021). Oleh karena itu, nilai pH yang dihasilkan pada *biochar* seresah daun bambu mendapatkan nilai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan *biochar* cangkang kelapa sawit, *biochar* tandan kosong kelapa sawit, dan *biochar* tongkol jagung.

Menurut Sismiyanti *et al.* (2018) rasio C/N dapat menentukan proses mineralisasi dan immobilisasi nitrogen, posfor, dan sulfur dari bahan organik, sehingga akan mempengaruhi sumbangan hara dari bahan organik kedalam tanah. Rasio C/N juga dapat mempengaruhi kecepatan dekomposisi bahan organik. Bahan organik yang mempunyai rasio C/N rendah maka akan cepat untuk terdekomposisi, sedangkan rasio C/N yang tinggi maka akan sulit untuk terdekomposisi (Sismiyanti *et al.*, 2018). Berdasarkan peraturan Balitbang Pertanian (2005), rasio C/N yang optimal berkisar 12 – 26 %. Pada tabel 3.1, rasio C/N pada *biochar* seresah daun bambu didapatkan sebanyak 15,42 dengan kandungan C-org sebanyak 18,2% dan N total sebanyak 1,18%. Hal ini menunjukkan rasio C/N *biochar* seresah daun bambu termasuk optimal dan kandungan C-org melebihi nilai minimal 15% yang dianggap cukup untuk memperbaiki kandungan tanah kara (Yuniarta *et al.*, 2020). Pada penelitian Sukmawati (2020), *biochar* cangkang kelapa sawit memiliki rasio C/N sebesar 56,76%, *biochar* tandan kosong kelapa sawit memiliki rasio C/N sebesar 55,42%, dan *biochar* tongkol jagung memiliki rasio C/N sebesar 61,09%. Pada ketiga *biochar* ini memiliki kandungan C-org sebesar 65,84 - 70,25%. Nilai C-org yang tinggi dapat disebabkan oleh jumlah residu tanaman organik seperti selulosa. Selulosa yang masih ada didalam *biochar* mengandung karbon sebanyak 37% dan mineral anorganik sebanyak 43 - 45%. Karbonisasi ditandai dengan degradasi atom-atom non karbon yang dapat menyebabkan kandungan C-org meningkat (Sukmawati, 2020). Dari keempat jenis *biochar* yang berbeda ini, menunjukkan bahwa tingginya nilai rasio C/N yang terkandung dalam *biochar* ini dikarenakan hilangnya nitrogen selama proses pembakaran (Sukmawati, 2020).

Kriteria pupuk organik berdasarkan Balitbang Pertanian (2005), unsur P-total yang memenuhi syarat adalah >0,10% dan K-total yang memenuhi syarat adalah >0,20%. Kandungan P-total *biochar* seresah daun bambu dapat dilihat hasilnya pada tabel 3.1 dengan pembakaran suhu 300°C sebanyak 0,63%. *Biochar* yang mempunyai proses pirolisis lebih tinggi mempunyai kandungan hara yang lebih tinggi karena naik atau turunnya suatu kandungan dipengaruhi oleh suhu pirolisis (Yuniarta *et al.*, 2020). Sedangkan, kandungan K-total pada *biochar* seresah daun bambu berjumlah sebanyak 9,03%. Unsur K dipengaruhi oleh suhu pembakaran yang digunakan. Unsur K juga tergantung pada jenis biomassa yang dimanfaatkan. Selain itu, pada saat proses pembakaran terjadi dekomposisi termal (Yuniarta *et al.*, 2020).

Kandungan bahan organik antara lain sangat erat berkaitan dengan peningkatan KTK (Kapasitas Tukar Kation). Oleh karena itu, tanah dengan kandungan KTK yang tinggi dapat menyerap dan menyediakan unsur hara yang lebih daripada kandungan KTK yang rendah. Kandungan KTK menjadi salah satu pengaruh terbesar terhadap reaksi-reaksi pertukaran ion didalam tanah. Apabila kandungan KTK tinggi, maka kemampuan melakukan pertukaran kation akan tinggi (Anggono, 2015). Berdasarkan persyaratan teknis minimal pembenah tanah yaitu sebesar ≥20 me/100 gram (Balitbang Pertanian, 2005). Pada tabel 3.1, nilai KTK *biochar* yang dihasilkan melalui proses pembakaran dengan suhu 300°C berjumlah 29.23 me/ 100 gram yang berarti sudah memenuhi syarat minimal sebagai pembenah tanah. Pada

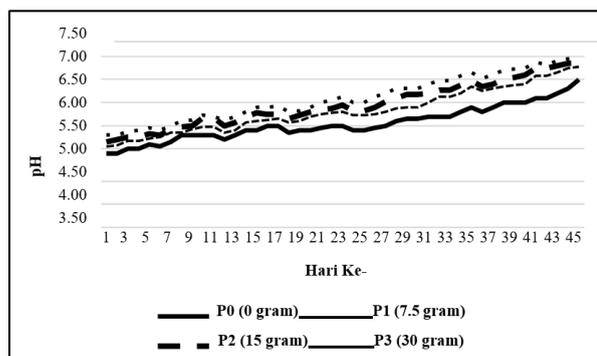
penelitian Sukmawati (2020), *biochar* cangkang kelapa sawit memiliki KTK sebesar 50,52 me/ 100 gram, *biochar* tandan kosong kelapa sawit memiliki KTK sebesar 52,36 me/ 100 gram, dan *biochar* tongkol jagung memiliki KTK sebesar 56,84 me/ 100 gram. Perbedaan KTK *biochar* seresah daun bambu dengan ketiga *biochar* jenis lainnya ini dikarenakan kandungan C-org yang tinggi dalam *biochar* menyebabkan nilai KTK menjadi tinggi, dan sebaliknya apabila C-org yang rendah dalam *biochar* menyebabkan nilai KTK menjadi rendah (Salawati *et al.*, 2016). Mekanisme perubahan kandungan KTK pada *biochar* dipengaruhi oleh sifat dan distribusi kelompok fungsional yang mengandung O pada permukaan *biochar*, seperti asam fenolik (O-H) dan karboksil (C=O) (Sukmawati, 2020).

Berdasarkan persyaratan teknis minimal pupuk organik untuk kadar air yaitu 20% dan minimal pembenah tanah yaitu <35% (Balitbang Pertanian, 2005). Ditabel 3.1, kandungan kadar air pada *biochar* seresah daun bambu dihasilkan sebesar 0,46% yang berarti melebihi persyaratan teknis minimal pupuk organik dan pembenah tanah. Hal ini disebabkan, jenis biomassa yang dimanfaatkan tidak berjenis kayu, mudah terbakar, dan kandungan lignin yang rendah daripada jenis biomassa yang lainnya. Tinggi rendahnya kadar air yang didapatkan akan mempengaruhi kemampuan *biochar* dalam memegang air. Waktu pembakaran *biochar* yang lama akan menyebabkan kadar air semakin tinggi (Puspita *et al.*, 2021). Kandungan kadar air yang tinggi akan memperlambat penyerapan unsur hara, dan sebaliknya apabila kandungan kadar air rendah akan mempercepat penyerapan unsur hara (Siswati *et al.*, 2022).

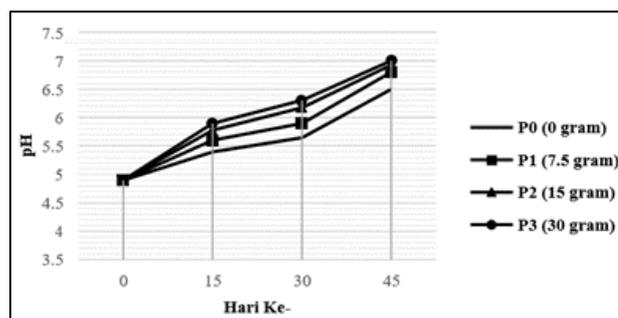
Kadar abu merupakan bahan anorganik yang tidak terbakar pada proses pembakaran dan tidak mengandung unsur karbon. Abu pada *biochar* ialah oksida-oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral yang tidak dapat menguap dan tidak mudah terbakar. Kadar abu pada *biochar* akan sangat mempengaruhi mutu *biochar* sehingga luas permukaannya akan menjadi berkurang. Selain itu, kadar abu juga mempengaruhi nilai kadar karbon terikat (*fixed carbon*). Hal itu akan berpengaruh terhadap sifat fungsional *biochar*, baik untuk dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah maupun untuk keperluan energi alternatif (Iskandar & Umi, 2017). Menurut Siswati *et al.* (2022), persyaratan *biochar* berdasarkan SNI 06-3730-1995 yaitu dengan batas maksimal sebanyak 15%. Pada tabel 3.1, hasil uji karakteristik pada kadar abu *biochar* seresah daun bambu didapatkan sebanyak 0.48%. Hal ini menunjukkan, kandungan kadar abu pada *biochar* seresah daun bambu tidak melebihi batas maksimal yang telah ditetapkan berdasarkan SNI 06-3730-1995. Kandungan abu yang rendah memiliki kandungan nutrisi yang rendah juga pada *biochar*. Tetapi, kandungan abu yang lebih rendah dapat membuat *biochar* menerima transportasi dan penggabungan kedalam tanah, karena minimnya kerugian akibat angin (Sukmawati, 2020).

III.2. Perubahan Nilai pH pada Proses Remediasi

Pengukuran nilai pH dilakukan setiap hari dan dilakukan selama 45 hari. Alat yang digunakan untuk mengukur nilai pH yaitu *soil tester*. Pengukuran nilai pH ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *biochar* dalam menaikkan nilai pH pada sampel tanah. Grafik perubahan nilai pH selama proses remediasi dengan variasi penambahan dosis *biochar* 0 gram, 7,5 gram, 15 gram, dan 30 gram pada 250 gram sampel tanah dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3.1 Grafik Profil pH Selama Proses Remediasi



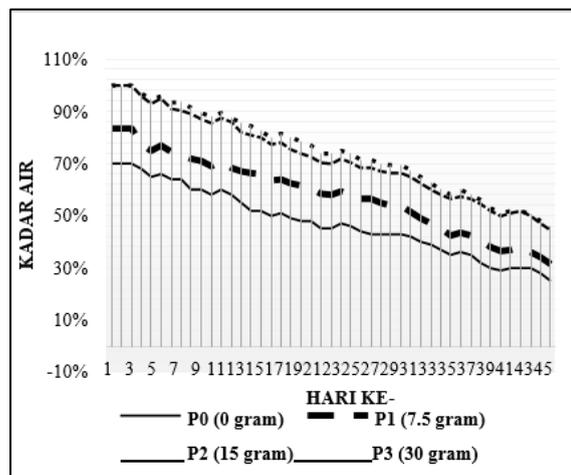
Gambar 3.2 Grafik Profil pH per-15 Hari

Pengamatan yang didapatkan dari gambar 3.2, hampir semua perlakuan *biochar* seresah daun bambu menunjukkan peningkatan selama proses remediasi pada hari ke-15, hari ke-30, dan hari ke-45. Pada hari ke-15, nilai pH tertinggi didapatkan pada variasi P₃ yaitu sebesar 5,90. Sedangkan pada variasi P₂ didapatkan sebesar 5,78, variasi P₁ sebesar 5,60, dan variasi P₀ (kontrol) sebesar 5,40. Pada hari ke-30, nilai pH tertinggi didapatkan pada variasi P₃ yaitu sebesar 6,30. Pada variasi lainnya yaitu P₂ didapatkan sebesar 6,18, variasi P₁ sebesar 5,90, dan variasi P₀ (kontrol) sebesar 5,65. Dan pada hari ke-45, nilai pH tertinggi didapatkan pada variasi P₃ yaitu sebesar 7,00 yang tergolong netral. Pada variasi P₂ dan P₁, nilai pH didapatkan sebesar 6,93 dan 6,80 yang dapat dikatakan hampir tergolong netral. Sedangkan pada variasi P₀ (kontrol) didapatkan sebesar 6,50.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian Permatasari (2021), yang mengatakan bahwa pemberian *biochar* memberikan pengaruh yang signifikan dalam menaikkan nilai pH pada tanah dan meningkatnya nilai pH menunjukkan bahwa semakin banyak *biochar* yang ditambahkan kedalam tanah maka nilai pH akan semakin meningkat. *Biochar* mempunyai gugus fungsional fenolik, karboksilat, dan hidroksil yang bereaksi dengan ion H⁺ dalam tanah sehingga akan mengurangi konsentrasi H⁺ didalam larutan dan menaikkan pH tanah (Heryani, 2018). Dengan meningkatnya nilai pH maka akan menurunkan kandungan logam berat pada tanah (Permatasari, 2021). Meningkatnya nilai pH pada tanah dapat terjadi yang disebabkan oleh adanya kenaikan kandungan logam alkali oksida seperti Ca²⁺, Mg²⁺, dan K⁺ pada *biochar* yang dicampur ketanah. Masuknya logam alkali oksida kedalam tanah terjadi karena kompleksasi permukaan sebagai salah satu mekanisme penyerapan logam berat oleh *biochar* melalui gugus fungsi seperti ligan (contohnya gugus karboksilat, hidroksil, dan fenolik). Terbentuknya kompleks *biochar*-metal ini, maka kandungan Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, dan kation lainnya terlepas kedalam tanah yang menyebabkan pH didalam tanah meningkat (Zahrah, 2021). Oleh karena itu, pada gambar 3.2 nilai pH pada tanah selama proses remediasi terus meningkat.

III.3. Perubahan Kadar Air Selama Proses Remediasi

Pengukuran kadar air dilakukan setiap sore hari dan dilakukan selama 45 hari. Alat yang digunakan untuk mengukur kadar air yaitu *soil tester*. Pengukuran kadar air bertujuan untuk mengetahui jumlah kadar air pada tanah. Untuk menjaga kelembaban pada tanah, dilakukan penambahan air dan pengadukan setiap 5 hari. Penambahan air dilakukan karena apabila tanah terlalu kering, alat *soil tester* tidak dapat berfungsi dalam membaca parameter yang diuji. Sedangkan dilakukan pengadukan bertujuan untuk menjaga kerapatan tanah pada setiap reaktor. Grafik perubahan kadar air selama proses remediasi dengan variasi penambahan dosis *biochar* 0 gram, 7,5 gram, 15 gram, dan 30 gram pada 250 gram sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 3.3.

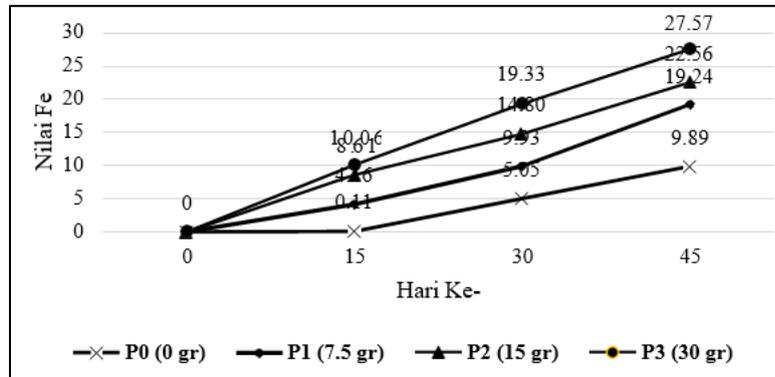


Gambar 3.3 Grafik Kadar Air Selama Proses Remediasi

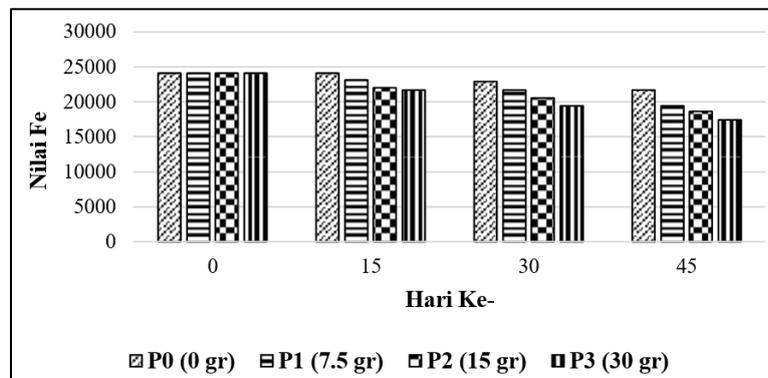
Berdasarkan gambar 3.3 pada hari pertama, kadar air tertinggi didapatkan pada variasi P₂ dan P₃ berkisar 100% sedangkan variasi lainnya memiliki kadar air yang lebih rendah yaitu berkisar 70 – 84%. Pada hari kelima. Pada hari ke-15, kadar air pada setiap variasi mengalami penurunan yang cukup signifikan. Variasi P₂ dan P₃, kadar air yaitu berkisar 81 – 85%, sedangkan variasi P₀ dan P₁, kadar air berkisar 52 – 67%. Hal ini menunjukkan, semakin tinggi dosis *biochar* yang ditambahkan, maka kemampuan tanah dalam memegang air menjadi semakin tinggi dan tanah tanpa penambahan *biochar* memiliki kemampuan tanah memegang air yang rendah (Nisa, 2021). Pada hari ke-30, kadar air pada tanah mulai mendekati kriteria kadar air yang optimal yang berkisar 30 – 60%. Pada variasi P₂ dan P₃, kadar air berkisar 67 – 70% dan variasi P₀ dan P₁, kadar air berkisar 43 – 54%. Dan pada hari terakhir penelitian yaitu hari ke-45, variasi P₁, P₂, dan P₃, kadar air berkisar 32 – 46% yang dapat dikatakan kadar air sudah memenuhi kriteria yang optimal. Sedangkan pada variasi P₀, kadar air berkisar 25%. Hal ini disebabkan variasi P₀ tidak diberikan penambahan *biochar* sehingga kemampuan memegang air cukup rendah.

III.4. Perubahan Kandungan Logam Fe pada Proses Remediasi

Perubahan kandungan logam Fe pada tanah setelah diberikan penambahan *biochar* selama waktu kontak 45 hari dapat dilihat pada gambar 3.4 dan 3.5.



Gambar 3.4 Persentase Penurunan Nilai Fe



Gambar 3.5 Grafik Penurunan Nilai Fe

Pada grafik diatas, dapat diketahui bahwa *biochar* berbahan dasar seresah daun bambu dapat menurunkan kandungan logam Fe pada tanah tercemar. Kandungan logam Fe pada hari ke-15 mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan kandungan Fe sebelum diberikan penambahan *biochar*. Penyisihan logam Fe tertinggi didapatkan pada variasi P₃ yaitu dengan rata-rata sebesar 21687,618 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 10,06%. Sedangkan pada variasi P₀ yaitu rata-rata sebesar 24087,927 mg/kg, variasi P₁ dengan rata-rata sebesar 23109,390 mg/kg, dan variasi P₂ dengan rata-rata sebesar 22036,615 mg/kg. Apabila dihitung selisih kandungan nilai Fe antara hari ke-15 dan hari ke 0 (sebelum penambahan *biochar*) yaitu sebesar 25,493 – 2425,803 mg/kg. Apabila dikalkulasikan penyerapan Fe per 1 gram *biochar* pada variasi P₁ didapatkan sebanyak 133,87 mg/kg, variasi P₂ didapatkan sebanyak 138,45 mg/kg, dan variasi P₃ didapatkan sebanyak 80,86 mg/kg. *Biochar* yang dipirolisis menggunakan suhu yang rendah cocok untuk menyerap polutan anorganik, hal ini disebabkan *biochar* yang dipirolisis menggunakan suhu rendah mempunyai banyak gugus fungsi, kandungan C-organik yang tinggi dan berpori. Pertukaran ion ialah mekanisme yang dominan dalam menyisihkan polutan anorganik terutama logam berat, maka dari itu adanya gugus fungsi dan pH *biochar* berperan dalam menyisihkan polutan anorganik (Herlambang *et al.*, 2021). Oleh karena itu kandungan Fe pada tanah tercemar yang ditambahkan *biochar* seresah daun bambu dapat menurun.

Kandungan logam Fe pada hari ke-30 masih mengalami penurunan dan apabila dibandingkan dengan kandungan Fe pada hari ke-15. Pada variasi P₀ didapatkan rata-rata sebesar 22896,560 mg/kg, variasi P₁ didapatkan rata-rata sebesar 21717,981 mg/kg, variasi P₂ didapatkan rata-rata sebesar 20545,160 mg/kg, dan variasi P₃ didapatkan rata-rata sebesar 19452,081 mg/kg. Penyisihan kandungan Fe tertinggi didapatkan pada variasi P₃ yang memiliki rata-rata sebesar 19452,081 mg/kg. Menurut Khasanah *et al* (2021), logam berat sangat berhubungan dengan bahan organik dan pH tanah. Adanya bahan organik dapat menimbulkan *chelation* pada kation logam sehingga unsur hara menjadi tersedia. Jika pH tinggi atau basa, maka kandungan logam berat akan menurun. Logam berat diketahui mempunyai sifat yang stabil dan adanya tanah maka bahan organik dapat membentuk suatu ikatan kompleks dengan logam berat sehingga menjadi logam yang tidak larut (Khasanah *et al.*, 2021). Apabila dihitung selisih kandungan nilai Fe antara hari ke-30 dan hari ke-15, penurunan nilai Fe didapatkan sebanyak 1191 - 2235,537 mg/kg. Sedangkan apabila dihitung selisih kandungan nilai Fe antara hari ke-30 dan hari ke 0 (sebelum penambahan *biochar*) yaitu sebesar 1216,860 mg/kg untuk

variasi P₀ 2395,439 mg/kg untuk variasi P₁, 3568,260 mg/kg untuk variasi P₂, dan 4661,340 mg/kg untuk variasi P₃. Variasi P₃ dengan penyisihan Fe tertinggi apabila dikalkulasikan memiliki kemampuan menyerap Fe per 1 gram *biochar* sebanyak 155,38 mg/kg dan memiliki persentase penurunan Fe sebesar 19,33%.

Kandungan logam Fe pada hari ke-45 terus mengalami penurunan dan apabila dibandingkan dengan kandungan Fe pada hari ke-30. Apabila dihitung selisih nilai Fe pada hari ke-45 dan hari ke-30 hasil penelitian mengalami penurunan sebanyak 1167,339 mg/kg untuk variasi P₀, 2244,472 mg/kg untuk variasi P₁, 1872,193 mg/kg untuk variasi P₂, dan 1985,834 untuk variasi P₃. Pada hari ke-45, penyisihan kandungan logam Fe tertinggi yaitu pada variasi P₃ dengan rata-rata sebesar 17466,247 mg/kg. Apabila dihitung selisih kandungan nilai Fe antara hari ke-45 dan hari ke 0 (sebelum penambahan *biochar*) yaitu sebesar 2384,199 – 6647,173 mg/kg dengan kalkulasi penyerapan Fe per 1 gram *biochar* pada variasi P₁ didapatkan sebanyak 618,65 mg/kg, variasi P₂ didapatkan sebanyak 362,7 mg/kg, dan variasi P₃ didapatkan sebanyak 221,57 mg/kg. penyisihan Fe tertinggi didapatkan pada variasi P₃ dengan kemampuan menyerap Fe per 1 gram *biochar* sebanyak 221,57 mg/kg dengan persentase penurunan Fe sebesar 27,57%. *Biochar* mempunyai kemampuan untuk menstabilkan logam berat didalam tanah dengan menurunkan secara nyata penyerapan logam berat (Hidayat, 2015). Dalam kondisi yang asam, logam Fe akan mudah larut atau *biochar* mengalami kejenuhan dalam menyerap logam Fe yang mengakibatkan pengendapan dipermukaan pori dan melepaskannya dalam bentuk basa. Banyaknya air yang ditambahkan, waktu pengadukan dan suhu juga akan mempengaruhi hasil penelitian. Waktu pengadukan ialah lamanya pengadukan antara *biochar* dan tanah. Waktu pengadukan menjadi salah satu parameter yang penting untuk mengetahui lajunya reaksi antara *biochar* dan tanah. Kandungan logam Fe didalam tanah menurun dikarenakan pH tanah yang berangsur - angsur meningkat sehingga hal itu menandakan bahwa mikroorganisme atau mikroba bekerja dengan aktif dalam menurunkan kandungan logam Fe tanah (Permatasari, 2021). Pada gambar 3.4 dan 3.5, variasi P₀ diketahui tetap terjadi penurunan dengan persentase 9,89% selama 45 hari. Dari hal tersebut menunjukkan bahwa adanya keberadaan mikroorganisme atau mikroba yang hidup didalam sampel tanah, baik itu mikroorganisme perombak fosfat, perombak bahan organik, ataupun mikroorganisme lain yang beraktivitas dalam penurunan kandungan logam Fe (Saraswati & Sumarno, 2008).

Walaupun penurunan kandungan logam Fe terus menurun, tetapi kadar Fe pada semua variasi pada penelitian ini masih jauh diatas standar baku mutu yang telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh tanah tercemar memiliki kandungan logam Fe yang sangat tinggi sehingga pemberian *biochar* dengan waktu kontak selama 45 hari masih belum mampu menurunkan sesuai standar baku mutu. Berdasarkan penelitian Permatasari (2021), *biochar* mempunyai limit (batas) dalam penyerapan logam Fe sehingga pada suatu titik jenuh tertentu *biochar* tidak mampu lagi dalam menyerap logam Fe.

III.5. Pemilihan Dosis dan Waktu Kontak yang Paling Efektif

Pada penelitian ini pemilihan dosis *biochar* seresah daun bambu yang paling efektif dalam menaikkan pH dan menurunkan kandungan logam Fe pada tanah didapatkan dengan melihat hasil penelitian pada setiap variasi. Nilai pH yang paling tinggi didapatkan pada variasi P₃. Selama 45 hari, variasi P₃ mampu menaikkan pH tanah hingga netral. Sedangkan penurunan kandungan logam Fe yang paling tinggi didapatkan pada variasi P₃. Selama 45 hari, variasi P₃ mampu menurunkan logam Fe sebanyak 6647,173 mg/kg. Hal ini dikarenakan banyaknya dosis *biochar* yang ditambahkan maka pH akan semakin meningkat serta apabila pH meningkat maka kandungan logam Fe akan menurun (Ayni, 2021). Maka dari itu, variasi P₃ dengan dosis *biochar* sebanyak 30 gram merupakan dosis *biochar* yang paling efektif dari variasi yang lainnya. Sedangkan pada pemilihan waktu kontak yang efektif setelah pemberian *biochar* seresah daun bambu didapatkan dengan melihat hasil pada penelitian. Seiring bertambahnya waktu kontak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap waktu kontak selama 15 hari, 30 hari, dan 45 hari. Nilai pH terus meningkat dan kandungan logam terus mengalami penurunan hingga hari ke-45. Dapat disimpulkan bahwa dengan waktu kontak selama 45 hari dapat membuat nilai pH terus meningkat dan kandungan Fe terus menurun.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

IV.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik *biochar* seresah daun bambu pada penelitian ini memiliki kandungan pH sebesar 6,96, C-organik sebesar 18,2%, rasio C/N sebesar 15,42%, P-total sebesar 0,63%, K-total sebesar 9,03%, KTK sebesar 29,23 me/100 gram, kadar air sebesar 0,46%, dan kadar abu sebesar 0,48%.
2. Variasi dosis dan variasi waktu kontak *biochar* berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam Fe, kadar air, dan menetralkan derajat keasaman (pH).
3. Komposisi dosis *biochar* dan waktu kontak yang paling efektif yaitu didapatkan pada variasi P₃ dengan waktu kontak 45 hari.

IV.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Sebaiknya dilakukan uji sem (*scanning elektron mikroskop*) pada *biochar* yg digunakan agar mengetahui struktur morfologi dan ukuran pori *biochar*.
2. Dilakukan analisis terhadap ukuran saringan yang digunakan apakah dapat mempengaruhi hasil penelitian atau tidak.
3. Skala pemanfaatan *biochar* bisa lebih diperbesar lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, R., C., W. 2015. Pengaruh Dosis *Biochar* Terhadap Kalium Tanah Pada Sistem Pertanian Organik. *Skripsi*. Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.
- Ayni. 2021. Kajian Pengaruh *Biochar* Terhadap Ketersediaan Unsur Hara Fe (Besi) Pada Tanah Masam. *Skripsi*. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2005. *Analisis Kimia, Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Departemen Pertanian.
- Hidayat, B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan *Biochar*. *Jurnal Pertanian* 2(1).
Herlambang, S., Danang, Y., Muammar, G., & Indriana, L. 2021. *Buku Ajar Biochar Amandemen Tanah Dan Mitigasi Lingkungan*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Heryani, U., Benny, H., & Mukhlis. 2018. Pemanfaatan Beberapa Jenis *Biochar* untuk Mempertahankan N- Total Tanah Inceptisol. *Jurnal Pertanian Tropik* 5(3): 374-381.
- Iskandar, T., & Umi, R. 2017. Karakteristik *Biochar* Berdasarkan Jenis Biomassa Dan Parameter Proses Pyrolysis. *Jurnal Teknik Kimia* 17(1).
- Khasanah, U., Wanti, M. & Penta, S. 2021. Kajian Pencemaran Logam Berat Pada Lahan Sawah Di Kawasan Industri Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknik Kimia* 15(2).
- Nisa, M., C. 2021. Pengaruh Pemberian *Biochar* Terhadap Air Tersedia Tanah Dan Pertumbuhan Jagung Pada Tanah Bekas Tambang Emas Di Dharmasraya. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.
- Permatasari, A., R. 2021. Efektivitas *Biochar* Dari Sekam Padi Terhadap Penurunan Kandungan Logam Kadmium (Cd) Dan Besi (Fe) Tanah Tercemar. *Skripsi*. Universitas Lambung Mangkurat Fakultas Teknik.
- Prasetyo, Y., Benny, H., & Bintang, S. 2020. Karakteristik kimia *Biochar* dari beberapa biomassa dan metode pirolisis. *Agrium* 23(1).
- Puspita, V., Syakur & Darusman. 2021. Karakteristik *Biochar* Sekam Padi Pada Dua Temperatur Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 6(4).
- Salawati, Muhammad, B., Indrianto, K., & Abd. R., T. 2016. Potensi *Biochar* Sekam Padi Terhadap Perubahan pH, K_t, C Organik Dan P Tersedia Pada Tanah Sawah Inceptisol. *J. Agroland* 23(2): 101–109.
- Saraswati, S., & Sumarno. 2008. Pemanfaatan Mikroba Penyubur Tanah Sebagai Komponen Teknologi Pertanian. *IPTEK Tanaman Pangan* 3(1): 41-58.
- Sismiyanti, Hermansah & Yulnafatmawita. 2018. Klasifikasi Beberapa Sumber Bahan Organik dan Optimalisasi Pemanfaatannya Sebagai *Biochar*. *J. Solum* 15(1): 8-16.
- Siswati, N., D., Nur, L., A. & Dinda, M., S. 2022. *Biochar* Dari Cangkang Biomassa Dengan Proses Karbonisasi. *Jurnal Teknik Kimia* 16(2).
- Sukmawati. 2020. Bahan Organik Menjanjikan Dari *Biochar* Tongkol Jagung, Cangkang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Berdasarkan Sifat Kimia. *J. agroland* 9(2): 82-94.
- Surianti, K., Syakur & Darusman. 2021. Efektivitas *Biochar* Sekam dan Jerami Padi Pada Tanah Bekas Tambang Batubara Terhadap Sifat Kimia Tanah pada Tanaman Jagung Manis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian* 6(2).
- Yuniarta, D., P., Ulvi, P., A. & Vivin, S. 2020. Karakteristik Kimia *Biochar* dari Limbah Tongkol Jagung. *Prosiding*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- Zahrah, M., A. 2021. Efektivitas *Biochar* Dari Sekam Padi Dalam Remediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Dan Mangan (Mn). *Skripsi*. Universitas Lambung Mangkurat Fakultas Teknik.