



PEMANFAATAN *BIOCHAR* BERBAHAN DASAR AMPAS TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM LINN*) SEBAGAI BAHAN PEMBENAH TANAH PADA LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA

Elma Nazella^{1*}, Rd. Indah Nirtha Nilawati NPS²⁾

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

*email korespondensi: 1810815120022@mhs.ulm.ac.id

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan di Kalimantan Selatan umumnya dilakukan secara terbuka yang berdampak pada perubahan struktur tanah akibat penggalian top soil untuk mencapai lapisan bahan tambang yang lebih dalam. Tanah pada lahan tambang umumnya memiliki sifat tidak subur dengan tingkat keasaman yang tinggi dengan unsur hara yang sangat rendah, retensi air, tidak terstruktur, dan kandungan unsur-unsur yang bersifat toksik. Oleh karena itu perlu dilakukan treatment melalui remediasi lahan tambang untuk mengembalikan daya dukung tanah. Salah satu alternatif yang dapat digunakan yaitu menggunakan biochar bebahan dasar Ampas tebu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik biochar ampas tebu dan melihat pengaruh pemanfaatan biochar ampas tebu dengan variasi dosis dan waktu kontak pada proses pembenah tanah dalam menstabilkan nilai pH dan menyisihkan kadar logam berat Fe tanah. Proses remediasi tanah dilakukan skala laboratorium dengan variasi dosis biochar (0 g, 7,5 g, 15 g dan 30 g) dengan waktu kontak 15 hari, 30 hari, dan 45 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan biochar ampas tebu memiliki karakteristik yang memenuhi syarat sebagai pembenah tanah berdasarkan nilai pH, rasio C/N, C organik, N total, KTK, P total, K total, kadar abu dan kadar air. Hasil remediasi yang dilakukan selama 45 hari menunjukkan bahwa biochar ampas tebu dapat menetralkan pH awal 4,9 menjadi 6,9 serta mampu menurunkan kadar logam besi (Fe) sebanyak 8158,1 mg/kg.

Kata kunci: *Biochar*, Tanah Tambang Ampas Tebu, Logam Berat (Fe), pH

ABSTRACT

Mining activities in South Kalimantan are carried out openly which have an impact on changes in soil structure due to excavation of top soil to reach deeper layers of mining material. The soil in the mining area is infertile with a high acidity level with very low nutrients, water retention, unstructured, and the content of elements is toxic. Therefore, it is necessary to carry out treatment through remediation of mining land to restore the carrying capacity of the soil. One alternative that can be used is biochar made from bagasse. This study aims to determine the characteristics of bagasse biochar and see the effect of using bagasse biochar with variations in dosage and contact time on the soil improvement process in stabilizing pH and eliminating soil Fe levels. The soil remediation process was carried out on a laboratory scale with various doses of biochar (0 g, 7.5 g, 15 g and 30 g) and contact time (15 days, 30 days, and 45 days). The results showed that bagasse biochar has characteristics that meet the requirements as a soil enhancer based on pH, C/N ratio, organic C, total N, CEC, total P, total K, ash content and water content. The results of remediation carried out for 45 days showed that bagasse biochar was able to neutralize the initial pH from 4.9 to 6.9 and was able to reduce Fe levels by 8158.1 mg/kg.

Keyword: *Biochar*, Sugarcane Bagasse Mining Land, Heavy Metal (Fe), pH

I. PENDAHULUAN

Sistem penambangan batubara di Kalimantan Selatan umumnya dilakukan dengan sistem tambang terbuka sehingga berdampak terhadap kerusakan lingkungan bila tidak dilakukan dengan bijak. Penambangan batubara secara terbuka dapat mengakibatkan penurunan kualitas tanah baik secara fisik, kimia, dan biologis. Karakteristik tanah pada lahan bekas tambang batubara umumnya memiliki pH yang bersifat asam (pH sekitar 4,5), miskin akan vegetasi dan unsur hara, tanah tidak

terstruktur, retensi air serta memiliki kandungan unsur-unsur yang bersifat toksik seperti contohnya logam berat Fe (Darusman dkk., 2021). Logam berat besi (Fe) merupakan salah satu bahan kimia yang paling banyak ditemukan pada tanah bekas lahan tambang batubara. Logam Fe merupakan logam yang esensial. Apabila tanah memiliki pH yang rendah dan konsentrasi kadar Fe yang tinggi (<300 mg/kg) maka dapat menyebabkan unsur-unsur mikro tanah seperti logam Fe mudah larut dalam jumlah yang besar. Logam Fe yang larut dalam jumlah yang berlebih akan menyebabkan gangguan kesehatan jika terakumulasi di dalam tubuh makhluk hidup seperti iritasi pada kulit dan mata, gangguan pernafasan dan timbulnya kanker dalam jangka waktu yang panjang (Adhani and Husaini., 2017).

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk pembenah lahan bekas tambang adalah dengan menggunakan *biochar*. Berbagai penelitian mengungkapkan bahwa *biochar* merupakan bahan yang sangat potensial untuk diaplikasikan pada tanah tercemar (Hidayat, 2015). *Biochar* merupakan bahan padat yang kaya akan kandungan karbon dari hasil proses karbonisasi biomassa melalui proses pembakaran tidak sempurna (pirolisis). Penambahan *biochar* pada tanah dapat meningkatkan fungsi dari tanah dan mengurangi emisi dari biomassa yang terurai secara alamiah.

Ampas tebu merupakan salah satu bahan baku yang dapat digunakan sebagai bahan dasar *biochar*. Limbah ampas tebu dapat dikonversi dengan menggunakan proses pirolisis untuk menghasilkan *biochar* yang kaya akan kandungan karbon. *Biochar* berbahan dasar ampas tebu dapat memperbaiki sifat kimia pada tanah seperti pH, C organik, N total, P, dan KTK. Dari hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Suparnawati dkk., (2021), *biochar* ampas tebu memiliki kandungan C-organik yang tinggi dari hasil karakteristik SEM dan analisis gravimetri didapatkan nilai karbon terikat (*fixed carbon*) sebesar 97%. Potensi *biochar* ampas tebu sebagai bahan pembenah tanah pada tanah dapat berfungsi sangat baik yang diindikasikan dari unsur karbon yang tinggi dan banyaknya keberadaan pori pada permukaan *biochar* yang dapat menyisihkan kadar logam berat didalam tanah (Putri dkk., 2017). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti akan melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik *biochar* ampas tebu dan pengaruh pemanfaatan *biochar* ampas tebu dengan variasi dosis dan waktu kontak (inkubasi) pada proses pembenah tanah dalam menstabilkan nilai pH dan menyisihkan kadar logam berat Fe tanah.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2022 sampai bulan Agustus 2022. Lokasi-lokasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengambilan sampel tanah dilakukan di PT. Hasnur Riung Sinergi site Bhumi Rantau Energi Kab. Tapin. Lokasi pelaksanaan penelitian akan dilakukan di Laboratorium Rekayasa Teknik Lingkungan Fakultas Teknik ULM Banjarbaru. Tempat pengujian karakteristik *biochar* ampas tebu dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian ULM Banjarbaru sedangkan pengujian kadar Fe dilakukan di Laboratorium Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Kota Banjarbaru.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari tanah bekas tambang 2 kg, *biochar* ampas tebu 255 gram, dan *aquadest*. Sedangkan alat digunakan pada penelitian ini terdiri dari cangkul, sekop, garmin GPS Map 78S, *rotary drum pirolizer*, *thermogun*, kertas label, bak reaktor (pot bunga ukuran 15 cm), alat penghalus *biochar*, saringan ukuran 10 mesh, tempat penampung *biochar*, timbangan analitik, timbangan digital, *soil survey instrument*, plastik sampel, sarung tangan, karung, alat tulis dan kamera.

Pembuatan *biochar* dilakukan dengan proses pirolisis menggunakan alat pirolizer dengan tipe *rotary drum pyrolizer* dalam rentang suhu 300°C-500°C selama 3 jam. Proses ini dilakukan dengan pembakaran biomassa pada temperatur tinggi tanpa adanya oksigen. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Penelitian (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan dengan 2 kali pengulangan disertai 1 reaktor sebagai kontrol sehingga terdapat 7 satuan uji. Perlakuan yang dimaksud yaitu P₀ (250 g tanah) sebagai kontrol, P₁ (250 g tanah + 7,5 g *biochar* ampas tebu), P₂ (250 g tanah + 15 g *biochar* ampas tebu), P₃ (250 g tanah + 30 g *biochar* ampas tebu) dengan waktu kontak selama 45 hari.

Hasil pirolisis ampas tebu yang didapat kemudian dilakukan analisis karakteristik *biochar* dengan parameter yaitu pH *biochar*, rasio C/N, C organik, N Total, P Total, K Total, KTK, kadar abu dan kadar air. Data yang didapatkan akan disajikan dalam bentuk tabel. Proses pengukuran pH dan kadar air dilakukan setiap hari menggunakan alat *soil survey instrument* serta data hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengetahui profil nilai pH dan nilai kadar air sampel. Sedangkan pengukuran kadar Fe dilakukan pada hari ke-15, 30, dan 45 menggunakan metode ASS. Data hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk mengetahui pengaruh perbedaan variasi dosis *biochar* ampas tebu terhadap penyisihan kadar Fe dalam tanah.

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 ampas tebu dengan serangkaian uji yaitu uji normalitas, uji homogenitas, dan uji anova two way serta dilanjutkan dengan uji LSD apabila uji anova menunjukkan hasil yang signifikan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar tiap perlakuan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik *Biochar* Berbahan Dasar Ampas Tebu

Berdasarkan hasil analisis karakteristik pada *biochar* berbahan dasar ampas tebu didapatkan seperti pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Karakteristik *Biochar* Berbahan Dasar Ampas Tebu

Parameter	Nilai	Satuan	Kriteria	Sumber
pH	8,13	-	4,0-8,0	
KTK	21,34	me/100 g	>20 me/100 g	
Rasio C/N	19,71	-	12-26	
C-Organik	17,94	%	>15%	Balitbang pertanian 2005
N-Total	0,91	%	-	
P-Total	0,79	%	>0,10%	
K-Total	8,92	%	>0,20%	
Kadar Abu	0,80	%	15%	SNI 06 3730 1995
Kadar Air	0,53	%	10%	

(Sumber: Uji Hasil Lab. Ilmu Tanah Fakultas Pertanian ULM, 2022)

Sifat kimia *biochar* yang dihasilkan sangat beragam, tergantung pada bahan baku yang digunakan. Sifat kimia *biochar* merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi peranannya dalam meningkatkan kesuburan tanah. Umumnya *biochar* memiliki pH yang bersifat basa dengan rentang 7,1-10,5. Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 3.1 *Biochar* ampas tebu memiliki pH yang tergolong basa yaitu 8,13. Hasil ini menunjukkan bahwa terjadi penguraian kandungan selulosa dan hemiselulosa pada saat terjadinya proses pirolisis menghasilkan zat volatil yang dapat mengatur pH *biochar* dan terbentuknya gugus fungsi karboksil pada permukaan *biochar* (Sukmawati., 2020). Berdasarkan kriteria teknik sebagai persyaratan minimal pembenah tanah, nilai pH yang baik berada pada rentang 4,0-8,0 (Balitbang pertanian, 2005).

Kapasitas Tukar Kation (KTK) adalah jumlah total kation yang dapat dipertukarkan pada permukaan koloid yang bermuatan negatif. KTK pada *biochar* merupakan ukuran kemampuan *biochar* untuk mengadsorpsi nutrisi kation. Berdasarkan hasil analisis karakteristik *biochar* ampas tebu pada tabel 3.1 memiliki kandungan KTK sebesar 21,34 me/100 g. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai KTK memenuhi persyaratan minimal sebagai pembenah tanah yang berada pada rentang >20 me/100g (balitbang pertanian, 2005). KTK pada *biochar* berperan sebagai penyangga dalam menyediakan unsur hara maupun pH tanah. Nilai KTK yang tinggi pada *biochar* akan mengikat kation-kation sehingga unsur hara yang ada pada tanah tidak mudah tercuci.

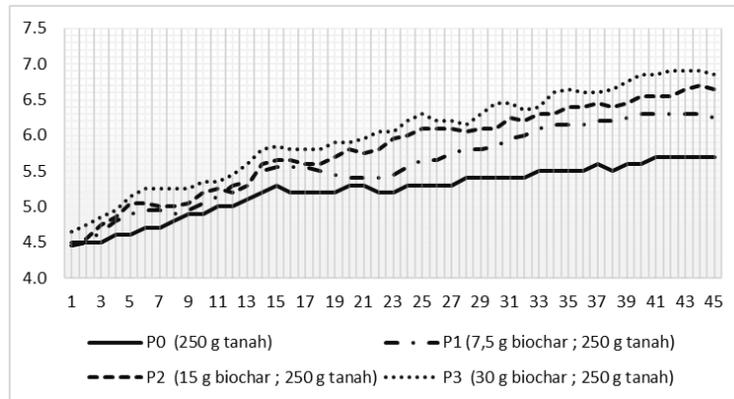
Rasio C/N merupakan parameter kimia *biochar* yang penting untuk penggunaannya sebagai pembenah tanah. Rasio C/N akan menentukan kecepatan mikroba dalam menguraikan bahan organik. Rasio C/N yang optimal berada diantara 12-26 (Balitbang Pertanian, 2005). Rasio C/N yang terlalu tinggi dapat menghambat laju proses dekomposisi, sebaliknya apabila rasio C/N terlalu rendah maka akan menyebabkan bahan organik cepat terdekomposisi. Berdasarkan hasil analisis yang disajikan pada tabel 3.1 *biochar* ampas tebu memiliki kandungan C sebesar 17,94% dengan rasio C/N 19,71. Hal ini menunjukkan kandungan C organik pada *biochar* ampas tebu hampir memenuhi angka minimal pupuk organik dengan rasio C/N yang melebihi angka batasan minimal pupuk organik dengan rasio C/N yang melebihi syarat minimal. Kandungan C-organik yang baik sebagai pembenah tanah adalah >15% (Balitbang Pertanian., 2005). Kandungan C-organik yang tinggi di dalam *biochar* secara umum berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah dan pembentuk bahan organik sehingga dapat meningkatkan populasi mikroorganisme tanah untuk selanjutnya akan meningkatkan proses dekomposisi sehingga menyediakan hara yang cukup.

Fosfor (P) merupakan unsur yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk merombak sel. P-total pada tanah adalah jumlah P yang ada dalam tanah baik yang tersedia maupun yang tidak tersedia atau terikat oleh unsur lain. Keberadaan kandungan P Total yang ada dalam *biochar* ampas berdasarkan pada tabel 3.1 adalah 0,79%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai P total memenuhi persyaratan kriteria sebagai pupuk organik yaitu >0,10% (Balitbang Pertanian, 2005). *Biochar* sebagai pembenah tanah mengandung unsur hara K yang dapat memperbaiki ketersediaan hara K pada tanah untuk pertumbuhan tanaman. K Total adalah unsur yang berfungsi sebagai katalisator bagi mikroorganisme untuk memperbanyak dirinya dan proses aktivitas media di dalam tanah. Berdasarkan kriteria pupuk organik Unsur K-total yang memenuhi syarat adalah >0.20% (Balitbang Pertanian, 2005). Dari hasil uji karakteristik *biochar* ampas tebu pada tabel 3.1 didapatkan K total sebesar 8,92 dan tergolong tinggi.

Kadar abu dalam *biochar* berasal dari senyawa anorganik berupa oksida-oksida logam yang tidak menguap dan tidak mudah terbakar (Warsidah dkk., 2021). Kadar abu dalam suatu bahan dan komposisinya tergantung pada teknik pirolisis yaitu temperatur dan waktu proses yang berbeda serta bahan yang digunakan. Berdasarkan uji karakteristik yang dilakukan pada *biochar* ampas tebu didapatkan kadar abu sebesar 0,80% dan tergolong baik. Menurut SNI 06-3730-1995, kadar abu maksimal *biochar* adalah 15%. Nilai kadar abu yang lebih dari 15% dapat mempengaruhi kualitas *biochar* yang dihasilkan dengan terjadinya penyumbatan pada permukaan pori *biochar* sehingga luas permukaannya akan menjadi berkurang dan akan berpengaruh terhadap kemampuan *biochar* sebagai pembenah tanah (Suparnawati dkk., 2021). Kadar air adalah banyaknya air yang terdapat pada bahan yang hilang jika dipanaskan pada kondisi tertentu. Banyaknya kadar air pada suatu bahan *biochar* bervariasi tergantung pada jenisnya. Berdasarkan hasil analisis karakteristik *biochar* ampas tebu memiliki kadar air sebesar 0,53%. *Biochar* ampas tebu memiliki kadar air cukup rendah karena ampas tebu termasuk jenis bahan baku yang tidak berkayu dan mudah terbakar. Kadar air yang memenuhi persyaratan minimal untuk *biochar* menurut SNI 06-3730-1995 adalah 10%.

3.2 Perubahan pH pada Proses Remediasi Oleh *Biochar*

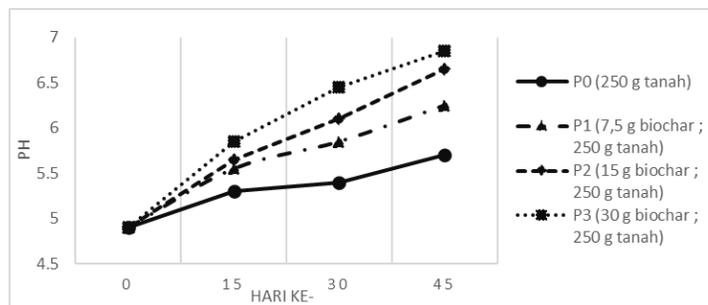
Berikut akan disajikan perubahan nilai pH dengan perlakuan variasi P₀ (dosis 0 g *biochar* : 250 g tanah) sebagai kontrol, P₁ (7,5 g *biochar* : 250 g tanah), P₂ (15 g *biochar* : 250 g tanah), dan P₃ (30 g *biochar* : 250 g tanah) pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Perubahan pH Harian Selama Remediasi

Derajat keasaman (pH) pada *biochar* berperan untuk ketersediaan nutrient bagi mikroba tanah dan berperan untuk daya kerja mikroba untuk menghasilkan enzim. Berdasarkan hasil pengamatan yang didapatkan pada gambar 3.1 nilai pH tanah naik turun namun cenderung mengalami peningkatan pada semua perlakuan *biochar* ampas tebu sesuai dengan variasi dosis dan waktu remediasi yang diberikan. Kenaikan terbesar terjadi pada perlakuan P₃ yaitu sebesar 5,85 dihari ke-15, 6,45 dihari ke-30 dan 6,85 dihari ke-45. Hal ini disebabkan oleh pengaruh alkalinitas dari *biochar* yang diberikan. *Biochar* ampas tebu yang diaplikasikan ke dalam tanah berpotensi meningkatkan pH tanah karena memiliki pH yang tergolong alkalis (pH tinggi).

Semakin banyak dosis *biochar* yang diberikan pada tanah tercemar, maka pH tanah akan semakin cepat meningkat. Meningkatnya pH pada tanah setelah diaplikasikan *biochar* dikarenakan adanya dekomposisi bahan organik yaitu logam alkali oksida seperti Ca²⁺, Mg²⁺, dan K⁺ di *biochar* yang masuk ke dalam tanah (Putri dkk, 2017 ; Fika dkk, 2019). Masuknya logam alkali oksida kedalam tanah terjadi karena adanya kompleksasi pada permukaan *biochar* sebagai satu mekanisme penyeparan logam berat melalui gugus fungsi yaitu lignin. Dengan demikian terbentuk komponen *biochar*-metal, maka logam alkali oksida dan kation-kation lainnya terlepas ke dalam tanah sehingga pH tanah meningkat (Sasmita dkk., 2021).



Gambar 3.2 Perubahan pH Selama 15 hari

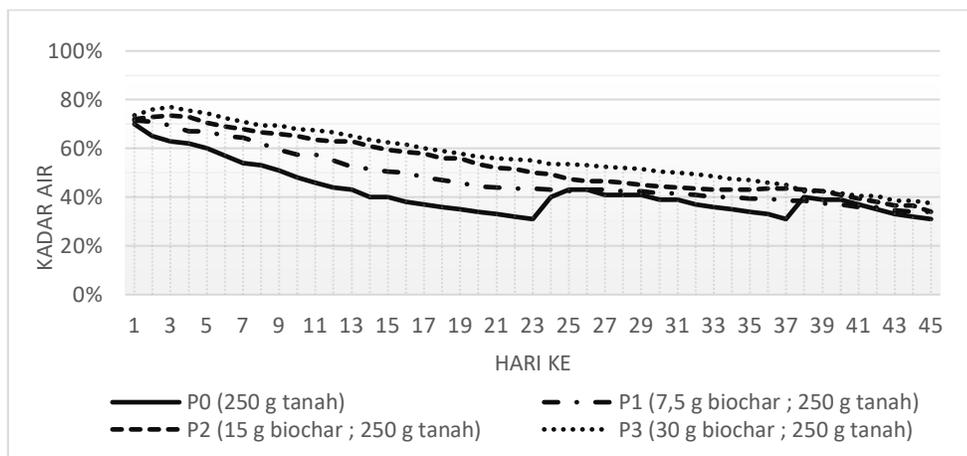
Perubahan kenaikan nilai pH setiap 15 hari pada penelitian ini juga dilakukan proses analisis menggunakan anova two way test untuk melihat seberapa besar pengaruh yang diberikan dari 2 faktor yaitu waktu kontak dan dosis yang diberikan. Faktor perlakuan dosis *biochar* pada penelitian ini terdiri dari variasi P₀ (0 g *biochar* : 250 g tanah) sebagai kontrol, P₁ (7,5 g *biochar* : 250 g tanah) dilakukan dengan 2 kali pengulangan, P₂ (15 g *biochar* : 250 g tanah) dilakukan dengan 2 kali pengulangan, dan P₃ (30 g *biochar* : 250 g tanah) dilakukan dengan 2 kali pengulangan, sehingga setiap variasi memiliki 7 data. Sedangkan faktor perlakuan waktu kontak terdiri dari 15 hari, 30 hari, dan 45 hari.

Pada analisis anova *two way* ini didapatkan nilai sig 0,000 pada variasi dosis dan nilai sig 0,000 pada variasi waktu kontak. Kedua variasi ini memiliki nilai sig <0,05 sehingga menunjukkan adanya perbedaan nyata hasil pengukuran pH akibat adanya variasi dosis *biochar* dan adanya perbedaan nyata hasil pengukuran pH akibat adanya variasi waktu kontak. Nilai yang didapatkan dari hubungan atau interaksi antara variasi dosis dan waktu kontak juga menunjukkan nilai signifikan 0,005 yang artinya <0,05 sehingga dapat dikatakan terdapat hubungan antara dosis *biochar* dan waktu kontak terhadap perubahan nilai pH.

Berdasarkan hasil uji LSD yang dilakukan pada variasi dosis *biochar* diketahui pada dosis 0 gram terdapat perbedaan yang nyata terhadap kelompok dosis 15 gram dan 30 gram, tetapi berpotensi memiliki nilai yang sama dengan variasi dosis 7,5 gram. Pada dosis 7,5 terdapat perbedaan yang nyata terhadap kelompok dosis 30 gram, tetapi berpotensi memiliki nilai yang sama dengan variasi dosis 0 gram, dan 15 gram. Pada dosis 15 gram terdapat perbedaan yang nyata terhadap kelompok dosis 0 gram, tetapi berpotensi memiliki nilai yang sama dengan variasi dosis 7,5 gram, dan 30 gram. Sedangkan hasil uji LSD berdasarkan variasi waktu kontak dapat diketahui pada semua variasi waktu kontak memiliki perbedaan yang nyata terhadap kelompok waktu kontak lainnya dan tidak berpotensi memiliki nilai yang sama.

3.3 Perubahan Kadar Air pada Proses Remediasi Oleh *Biochar*

Berikut akan disajikan perubahan kadar air selama proses remediasi dengan variasi P₀ (dosis 0 g *biochar* : 250 g tanah) sebagai kontrol, P₁ (7,5 g *biochar* : 250 g tanah), P₂ (15 g *biochar* : 250 g tanah), dan P₃ (30 g *biochar* : 250 g tanah) pada Gambar 3.1



Gambar 3.3 Perubahan Kadar Air Selama Proses Remediasi

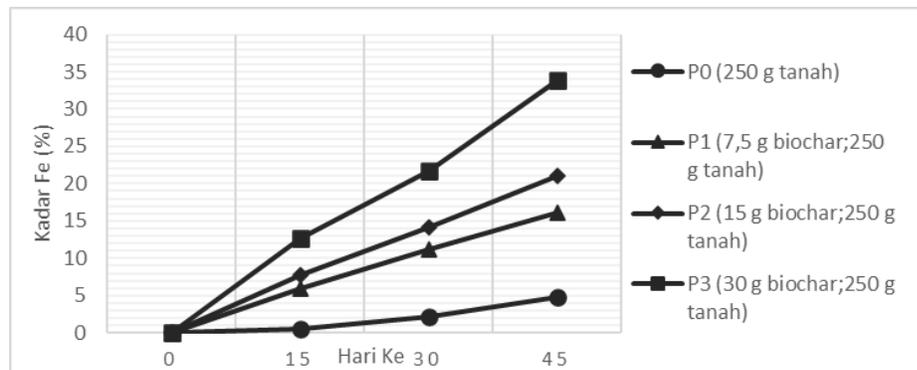
Berdasarkan grafik diatas, diketahui bahwa pada hari pertama proses remediasi dengan variasi P₀ memiliki kadar air tinggi yaitu kisaran 70% sedangkan pada variasi P₁, P₂, dan P₃ memiliki kadar air lebih tinggi yaitu berkisar 72%-74%. Pada hari berikutnya terjadi kenaikan kadar air pada variasi P₂ dan P₃ menjadi 74%-77%. Meningkatnya kadar air dalam tanah dapat disebabkan oleh meningkatnya nilai ruang pori pada tanah. Aktivitas mikroorganisme dapat berjalan dengan baik apabila kadar air didalam tanah berada dalam rentang yang efektif yaitu diantara 30-60%. Nilai kadar air harus dijaga untuk mendorong proses terjadinya reaksi kontak antara ion logam dan *biochar*.

Menurut Nisa (2021).., semakin banyak dosis *biochar* yang diberikan maka akan menyebabkan luas permukaan spesifik dan kerapatan partikel semakin rendah sehingga total ruang pori tanah meningkat dan ketersediaan air juga dapat meningkat serta dapat bertahan lebih lama dalam tanah. Terjadi penurunan kadar air yang signifikan pada variasi P₀ yaitu dari 70% menjadi 31% dihari ke-23. Sedangkan pada variasi lainnya mengalami penurunan yang terlalu tidak signifikan. Hal ini disebabkan oleh kemampuan *biochar* dalam menahan air sehingga kapasitas air didalam tanah tercukupi hingga dihari ke-45. Setiap variasi *biochar* mulai mendapatkan kadar air yang ideal yaitu variasi P₁ terjadi hari ke-9, variasi P₂ hari ke-15 dan variasi P₃ hari ke-17. Pada hari ke-23 kadar air pada variasi P₁ berkisar 31% maka dilakukan penambahan air secukupnya

pada reaktor tersebut sehingga kadar air pada reaktor P₁ mengalami kenaikan beberapa persen pada hari ke-26, sedangkan pada reaktor dengan variasi lain tidak dilakukan penambahan air karena kadar air didalam reaktor masih stabil. Kadar air yang terlalu rendah dapat menyebabkan pengukuran terhambat karena soil tester yang digunakan tidak bisa membaca parameter yang diukur. Setelah dilakukan pengukuran setiap hari, kadar air pada setiap reaktor bersifat fluktuatif dan masih berada dalam rentang yang ideal dalam proses remediasi.

3.4 Perubahan Kandungan Logam Berat Fe pada Proses Remediasi

Berdasarkan hasil uji pendahuluan pada sampel tanah sebelum perlakuan didapatkan nilai kadar logam berat Fe (besi) adalah 24.113,420 mg/kg yang tergolong kategori sangat tinggi dan melebihi kadar yang sudah ditentukan. Selama proses remediasi *biochar* berlangsung terhadap perubahan kadar Fe pada sampel tanah hari ke-15, 30 dan 45 yang dapat dilihat seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Persentase Penurunan Kadar Fe Selama Waktu Remediasi

Selama waktu kontak hari ke-15 didapatkan perubahan kadar Fe seperti pada gambar 3.4 Nilai kadar Fe pada hari ke-15 mengalami penurunan jika dibandingkan dengan nilai kadar Fe sebelum perlakuan. Penyisihan kadar Fe tertinggi pada terjadi pada perlakuan P₃ yaitu dengan rata-rata nilai kadar Fe sebesar 21.058,525 mg/kg. Apabila dilakukan perhitungan selisih kadar Fe antara hari ke-0 dan hari ke-15 yaitu 111,446 mg/kg hingga 3.054.896 mg/kg. Pada masing-masing variasi mengalami penurunan kadar Fe yaitu variasi P₀ sebesar 111.446 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 0,46%, variasi P₁ sebesar 1.441,114 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 5,98%, variasi P₂ sebesar 1.887,138 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 7,83%, dan variasi P₃ sebesar 3.054,896 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 12,67%. Jika dikalkulasikan, maka variasi P₃ merupakan variasi dosis yang mengalami penurunan tertinggi yang mampu menyerap 101.830 mg/kg logam Fe dalam tanah pada setiap gram *biochar* dengan waktu kontak 15 hari.

Pada waktu kontak hari ke-30 menunjukkan bahwa mikroorganisme terus bekerja dalam mendegradasi logam berat Fe dalam tanah di tiap variasinya. Dapat dilihat pada gambar 3.4 nilai kadar Fe pada hari ke-30 mengalami penurunan jika dibandingkan dengan nilai kadar Fe hari ke-15. Selisih penurunan kadar Fe pada hari ke-30 dan hari ke-15 yaitu berkisar 423,633 mg/kg hingga 2.187,858 mg/kg. Jika dilakukan perhitungan penyisihan kadar Fe pada hari ke-30 dengan kadar Fe hari ke-0, variasi P₀ mengalami penyisihan 535,079 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 2,22%, variasi P₁ mengalami penyisihan 2.698,388 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 11,19%, variasi P₂ mengalami penyisihan 3.404,768 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 14,12%, dan variasi P₃ mengalami penyisihan 5.242,753 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 21,74%. Apabila dikalkulasikan maka, variasi P₃ merupakan variasi yang memiliki penyisihan tertinggi dengan menyerap 174,758 mg/kg logam Fe dalam tanah setiap gram *biochar* dengan waktu kontak selama 30 hari.

Pada waktu kontak hari ke-45 didapatkan penurunan kadar Fe seperti pada gambar 3.4. Nilai kadar Fe pada hari ke-45 mengalami penurunan yang cukup tinggi yaitu berkisar 626,590 mg/kg hingga 2.915,297 mg/kg jika dibandingkan dengan hari ke-30. Jika dilakukan perhitungan penyisihan kadar Fe pada hari ke-45 dengan kadar Fe hari ke-0, variasi P₀ mengalami penyisihan 1.161.669 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 4,82%, variasi P₁ mengalami penyisihan 3.893,962 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 16,15%, variasi P₂ mengalami penyisihan 5.070,317 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 21,03%, dan variasi P₃ mengalami penyisihan 8.158.050 mg/kg dengan persentase penurunan sebanyak 33,83%. Apabila dikalkulasikan maka, variasi P₃ merupakan variasi yang memiliki penyisihan tertinggi dengan menyerap 271,935 mg/kg logam Fe dalam tanah setiap gram *biochar* dengan waktu kontak selama 45 hari.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan *biochar* ampas tebu dapat menurunkan kadar logam Fe pada tanah yang tercemar sesuai dengan waktu kontak dan banyaknya dosis *biochar* yang diberikan. Menurut penelitian Lu ddk., (2012)

salah satu mekanisme dalam penurunan konsentrasi logam berat dapat disebabkan oleh proses presipitasi yang menyebabkan logam berat akan mengendap pada pori-pori *biochar*, semakin besar ukuran pori *biochar* maka akan semakin banyak logam berat yang akan terserap. Selain itu, terjadinya penurunan kadar Fe dikarenakan kadar air pada tanah cenderung lebih stabil dan pH berangsur-angsur naik yang merupakan tanda bahwa mikroba juga berkerja aktif untuk menurunkan nilai logam berat. Mikroba yang hidup pada sampel tanah dapat berfungsi sebagai perombak bahan organik, perombak fosfat, dan lainnya yang dapat bekerja dalam penyisihan kadar Fe (Saraswati & Sumarno., 2008).

Data dihari ke-45 menunjukkan tanah yang terkontaminasi logam Fe dapat dipulihkan dengan proses remediasi menggunakan *biochar*. Meskipun mengalami penurunan yang signifikan kadar Fe di hari ke 45 dari semua variasi dosis masih belum mencapai ambang batas Fe diperbolehkan. Hal ini disebabkan kadar Fe dalam tanah sebelum perlakuan sudah terlalu tinggi sehingga *biochar* belum mampu menurunkan hingga memenuhi baku mutu. *Biochar* memiliki keterbatasan dalam menyerap logam berat Fe sehingga jika sudah memenuhi titik jenuh tertentu *biochar* tidak mampu lagi untuk menyerap logam berat. Keterbatasan *biochar* dalam menyerap logam berat juga tergantung kepada jenis biomassa yang digunakan sebagai bahan baku *biochar* tersebut (Permatasari., 2021).

3.5 Kandungan Fe Berdasarkan Uji Anova Two Way

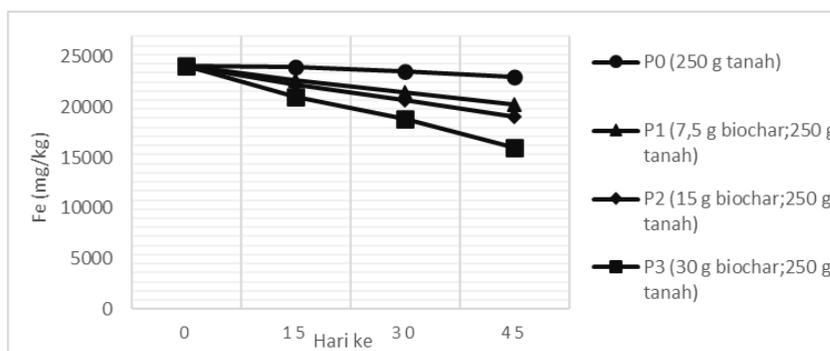
Dilakukan uji anova two way untuk melihat perbedaan dari 2 faktor perlakuan, pada penelitian ini yaitu variasi waktu kontak dan variasi dosis *biochar* terhadap perubahan kadar Fe. Faktor perlakuan dosis *biochar* pada penelitian ini terdiri dari variasi P₀ (0 g *biochar* : 250 g tanah) sebagai kontrol, P₁ (7,5 g *biochar* : 250 g tanah) dilakukan dengan 2 kali pengulangan, P₂ (15 g *biochar* : 250 g tanah) dilakukan dengan 2 kali pengulangan, dan P₃ (30 g *biochar* : 250 g tanah) dilakukan dengan 2 kali pengulangan, sehingga setiap variasi memiliki 7 data. Sedangkan faktor perlakuan waktu kontak terdiri dari hari ke-15, ke-30, dan ke-45.

Pada analisis analisis uji anova two way didapatkan variasi sig 0,000 pada variasi dosis *biochar* dan nilai sig 0,000 pada variasi waktu kontak. Kedua faktor perlakuan tersebut memiliki nilai sig <0,05 yang menunjukkan bahwa adanya perbedaan nyata hasil pengukuran kadar Fe akibat variasi dosis *biochar* dan adanya perbedaan nyata hasil pengukuran kadar Fe akibat variasi waktu kontak. Nilai didapatkan dari hubungan antara variasi dosis dan waktu kontak juga menunjukkan nilai yang signifikansi 0,002 yang berarti <0,05 sehingga dapat dikatakan adanya hubungan variasi dosis dan waktu kontak terhadap perubahan kadar Fe.

Berdasarkan hasil uji LSD pada variasi dosis *biochar* diketahui pada variasi dosis 0 gram terdapat perbedaan yang nyata terhadap kelompok dosis 15 gram dan 30 gram, tetapi berpotensi memiliki nilai yang sama dengan variasi dosis 7,5 gram. Pada dosis 7,5 terdapat perbedaan yang nyata terhadap kelompok dosis 30 gram, tetapi berpotensi memiliki nilai yang sama dengan variasi dosis 0 gram, dan 15 gram. Pada dosis 15 gram terdapat perbedaan yang nyata terhadap kelompok dosis 7,5 gram, tetapi berpotensi memiliki nilai yang sama dengan variasi dosis 0 gram, dan 30 gram. Sedangkan hasil uji LSD berdasarkan variasi waktu kontak dapat diketahui pada pada waktu kontak hari ke 15 memiliki perbedaan yang nyata terhadap kelompok hari ke-45, tetapi berpotensi memiliki nilai yang sama dengan variasi hari ke-30. Pada hari ke-30 memiliki potensi nilai yang sama dengan variasi hari ke-15 dan ke-45.

3.6 Pemilihan Waktu Dan Dosis Efektif

Pemilihan waktu kontak dan dosis yang efektif setelah diaplikasikan *biochar* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Nilai Kadar Fe Pada Proses Remediasi Setiap 15 Hari

Berdasarkan **Gambar 3.5** waktu kontak dan dosis terbaik terdapat pada perlakuan variasi P₃ (30 g *biochar* + 250 g tanah) dengan waktu kontak selama 45 hari. Pada **gambar 3.5** terdapat kemungkinan masih terjadi penurunan kandungan Fe di minggu berikutnya. Hal ini disebabkan oleh penambahan *biochar* secara tidak langsung dapat menyebabkan turunannya kadar logam berat di dalam tanah. Semakin tinggi dosis *biochar* yang digunakan maka efektivitas *biochar* dalam menyerap logam akan semakin besar. Selain itu waktu efektivitas penyerapan logam berat juga sangat dipengaruhi oleh waktu kontak, semakin lama waktu kontak yang diberikan antara *biochar* dan tanah yang tercemar maka akan semakin banyak ion logam yang dapat diserap (Pratama dkk., 2017).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Uji karakteristik *biochar* ampas yang dilakukan pada penelitian memiliki pH sebesar 8,13, C organik sebesar 17,94%, rasio C/N sebesar 19,71, P total sebesar 0,79%, K total sebesar 8,92, KTK sebesar 21,34 me/100 g, kadar abu sebesar 0,80% dan kadar air 0,53% sehingga sudah memenuhi standar minimal bahan organik sebagai bahan pembenah tanah.
2. Kondisi kadar air selama proses remediasi mengalami fluktuatif tetapi masih cenderung mengalami penurunan kadar air. Nilai pH tanah pada proses remediasi selama 45 hari mengalami peningkatan dari pH awal yaitu 4,9 menjadi 5,7 hingga 6,9 dan kadar Fe tanah mengalami penurunan pada proses remediasi selama 45 hari dari yang awalnya 24.113,420 mg/kg menjadi 22.951,751 mg/kg hingga 15.955,370 mg/kg.
3. Komposisi terbaik dalam proses remediasi tanah bekas tambang batubara menggunakan *biochar* bebahan dasar ampas tebu dalam penelitian ini terdapat pada variasi P₃ (30 gram *biochar* + 250 gram sampel tanah) yang mampu menyisihkan kadar Fe sebanyak 8.158,1 mg/kg serta memiliki nilai pH yang netral hingga waktu kontak 45 hari.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru dan dosen pembimbing yaitu ibu Rd. Indah Nirtha nilawati NPS, S.T., M.Si serta PT. Hasnur Riung Sinergi site Bhumi Rantau Energi Kab. Tapin atas dukungan dan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani R., and Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin
- Balai Penelitian Tanah dan Pengembangan Pertanian. (2005). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Darusman., Syakur., Zaitun., Y. Jufri., and Manfarizah. (2021). Morfologi Akar Tanaman Jagung (*Zea Mays L*) Serapan Hara N, P, dan K Akibat Pemberian Beberapa Jenis *Biochar* Pada Tanah Bekas Galian Tambang. *Jurnal IPA and Pembelajaran IPA*, 5(1), 90-100.
- Hidayat, B. (2015). Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan *Biochar*. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(1), 51-61.
- Lu, H., W. Zhang., Y. Yang., X. Huang., S. Wang., and R. Qiu. (2012). Relative Distribution Of Pb²⁺ Sorption Mechanisms By Sludge-derived *Biochar*. *Water Research*, 46, 854-862.
- Nisa, M.C. (2021). Pengaruh Pemberian *Biochar* Terhadap Air Tersedia Tanah dan Pertumbuhan Jagung pada Tanah Bekas Tambang Emas di Dharmasraya. Universitas Andalas. Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik ULM. *Skripsi*. Padang.
- Permatasari, A.R. (2021). *Efektivitas Biochar dari Sekam Padi Terhadap Penurunan Kandungan Logam Kadmium (Cd) dan Besi (Fe) Tanah Tercemar*. Tugas Akhir Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas.
- Putri, V.I., Mukhlis., and B. Hidayat. (2017). Pemberian Beberapa Jenis *Biochar* Untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(4), 824-828.
- Fika, H. H., S. Elystia., and A. Sasmita. 2019. Pengolahan Tanah Tercemar Logam Berat Pb dan Cd Menggunakan *Biochar* Sekam Padi dengan Variasi Ukuran Partikel. *Jurnal Sains Teknologi and Lingkungan*, 7(1), 59-68.
- Sasmita, A., S. Elystia., and S.M. Fajri. (2021). Penyisihan Logam Berat Pb pada Tanah Dengan Penambahan *Biochar* Sekam Padi. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 15(2), 268-278.
- Sukmawati. (2020). Bahan Organik Menjanjikan dari *Biochar* Tongkol Jagung, Cangkang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit

Berdasarkan Sifat Kimia. *Jurnal Agropiantae*, 9(2), 82-94.

Suparnawati., Harlia., Warsidah., and A.B. Aritonang. (2021). Produksi dan Karakteristik *Biochar* ampas Tebu (*Saccharum Officinarum Linn*). *Jurnal Pure App*, 4(2), 91-101.

Warsidah., Harlia., Suparnawati., A.B. Aritonang., P. Ardiningsih., A. M. Anshari., and M. S. J. Sofiana. (2021). Karakteristik *Biochar* dari Ampas Tebu dan Kemampuan Penyerapan Nitrogen Sebagai Amelioran pada Tanah Gambut Secara In Vitro. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 23(1), 73-84.

Pratama, D.A., A.M.A. Noor., and A.S. Sanjaya. (2017). Efektivitas Ampas Teh Sebagai Adsorben Alternatif Logam Fe dan Cu Pada Air Sungai Mahakam. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3), 131-138.