

Remediasi Logam Berat Pb dengan Menggunakan Biochar Sekam Padi dan Tongkol Jagung

Muhammad Januar Subarkhah dan Harmin Sulistiyaning Titah
Departemen Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: harminsulis@gmail.com

Abstrak—Logam timbal (Pb) merupakan salah satu polutan yang paling banyak digunakan dalam beberapa kegiatan industri seperti penambangan, peleburan, pemurnian minyak bumi, percetakan, produksi pigmen, dan pembuatan baterai. Logam timbal bersifat *nonbiodegradable* dan dapat terakumulasi pada organisme hidup, oleh karena itu perlu dilakukan penyerapan ion logam timbal dari air limbah sebelum dilepaskan ke lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh penggunaan bahan baku biochar dan dosis penambahan biochar terhadap penyisihan logam berat Pb pada air tercemar. Penelitian ini menggunakan sampel buatan. Variasi yang dilakukan adalah penggunaan bahan baku biochar yang berbeda (sekam padi dan tongkol jagung). Serta dosis penambahan biochar ke dalam air tercemar (0; 4,8; 8; dan 16 gram). Volume larutan yang digunakan sebesar 160 mL. Pengukuran logam berat Pb dalam sampel dilakukan dengan menggunakan *AAS-Flame*. Hasil penelitian yang diperoleh yaitu remediasi air tercemar logam berat Pb dengan menggunakan biochar dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb pada air. Pada penggunaan jenis biochar yang berbeda diperoleh hasil biochar tongkol jagung memiliki nilai persen penyisihan yang lebih tinggi dibanding biochar sekam padi pada dosis penambahan yang sama. Sedangkan pada dosis penambahan biochar diketahui kadar penambahan yang optimal dalam menurunkan kadar logam berat Pb adalah 16 gram untuk sekam padi dan 8 gram untuk tongkol jagung dengan masing-masing dapat menurunkan kadar logam berat Pb sampai 95,43% dan 99,28% dengan waktu kontak 30 menit.

Kata Kunci—*AAS-Flame*, Biochar, Logam Berat Pb, Remediasi.

I. PENDAHULUAN

PENCEMARAN lingkungan merupakan isu yang paling menonjol saat ini, seiring dengan peningkatan jumlah pabrik yang bertujuan memenuhi kebutuhan penduduk yang semakin hari terus bertambah. Pabrik-pabrik tersebut menghasilkan limbah yang cukup besar, dan bila tidak dikelola dengan baik dan bertanggung akan memberikan efek negatif kepada lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik mengandung berbagai unsur yang berbahaya bagi kehidupan manusia, salah satu diantaranya adalah logam berat [1].

Salah satu logam yang memiliki dampak negatif cukup berbahaya adalah logam timbal (Pb). Logam timbal bersifat *nonbiodegradable* dan dapat terakumulasi pada organisme hidup.

Beberapa metoda konvensional untuk menghilangkan ion Pb(II) dari fase air meliputi presipitasi, pertukaran ion, penyerapan secara biologis, filtrasi membran, elektrokimia, dan adsorpsi. Di antara metoda tersebut adsorpsi adalah metode yang sederhana, efektif, dan ekonomis [2]. Selain efisien, proses adsorpsi juga menawarkan fleksibilitas dalam desain, operasi, dan dalam banyak kasus akan menghasilkan efluen dengan kualitas yang baik [3].

Tabel 1.
Karakteristik Biochar

Parameter	Penelitian Ini		Baku Mutu
	Biochar Sekam Padi (%)	Biochar Tongkol Jagung (%)	
Kadar air	5,74	8,36	Maksimal 15%
Kadar abu	42,55	11,93	Maksimal 10%
Kadar volatil	11,51	16,17	Maksimal 25%
<i>Fixed carbon</i>	40,2	63,54	Minimal 65%

Kebanyakan adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silika gel, dan zeolit. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Dewasa ini sedang digalakkan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang berasal dari alam, dimana selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis. Salah satu adsorben yang menjanjikan adalah limbah organik seperti limbah tanaman jagung, padi, pisang, dan lain-lain.

Biochar adalah material padat yang mengandung banyak karbon, dibuat dengan membakar bahan organik atau biomassa dengan sedikit atau tanpa oksigen (pirolisis). Metode produksi dan sumber material menentukan kualitas biochar. Biochar bisa diproduksi bersumber dari bahan yang banyak kandungan lignin selulosa dari limbah tanaman seperti sekam padi, jerami padi, ataupun tandan kosong kelapa sawit dan limbah padat sugu [4].

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari sekam padi sebagai adsorben untuk menyerap logam berat Timbal (Pb) diperoleh hasil bahwa adsorpsi optimum ion logam Pb pada air limbah diperoleh pada massa adsorben 2 g waktu pengadukan 180 menit dengan efisiensi penyerapan 99,39% dan kapasitas adsorpsinya 0,1377 mg/g [5]. Penelitian yang dilakukan mengenai pemanfaatan tongkol jagung sebagai adsorben untuk mengurangi konsentrasi logam timbal dan diperoleh hasil berat optimum yang diperlukan serbuk tongkol jagung untuk menyerap logam timbal sebesar 58,68 ppm adalah 80 mg dan persentase logam timbal yang terserap yaitu 96,92%. Berat optimum yang diperlukan arang tongkol jagung untuk menyerap logam timbal sebesar 58,68 ppm adalah 80 mg dan persentase logam timbal yang terserap yaitu 97,29%. Berat optimum yang diperlukan arang aktif tongkol jagung untuk menyerap logam timbal sebesar 58,68 ppm adalah 40 mg dan persentase logam timbal yang terserap yaitu 94,70% [6].

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan remediasi air tercemar logam berat Pb dengan menggunakan biochar. Dosis yang digunakan yaitu 0; 4,8; 8; dan 16 gram dengan volume larutan 160 mL. Variasi yang diuji yaitu pengaruh penggunaan bahan baku biochar yang berbeda dan kadar penambahan biochar yang optimal dalam mendegradasi kadar logam berat Pb pada air yang tercemar.

Tabel 2.
Konsentrasi Logam Pb Setelah Adsorpsi Pada Waktu Kontak 0, 30, 60, dan 90 Menit

Jenis Biochar	Pengulangan Ke-	Konsentrasi Pb sisa (mg/L)			
		t0	t30	t60	t90
Dosis 0 gram					
Kontrol	1	72,45	88,02	72,73	73,58
	2	80,48	82,48	84,2	81,31
	Rata-rata	76,465	85,25	78,465	77,445
Dosis 4,8 gram					
Sekam Padi	1	77,9	21,11	16,55	13,85
	2	80,22	14,46	13,08	11,9
	Rata-rata	79,06	17,785	14,815	12,875
Tongkol Jagung	1	80,36	0,074	0,049	0,053
	2	78,84	26,31	25,95	22,75
	Rata-rata	79,6	13,192	13	11,402
Dosis 8 gram					
Sekam Padi	1	77	12,89	12,25	10,67
	2	81,89	13,74	12,58	11,16
	Rata-rata	79,445	13,315	12,415	10,915
Tongkol jagung	1	83,83	0,816	0,916	0,593
	2	89,63	0,418	0,407	0,392
	Rata-rata	86,73	0,617	0,662	0,493
Dosis 16 gram					
Tongkol Jagung	1	90,46	0,315	0,302	0,286
	2	86,26	0,265	0,243	0,229
	Rata-rata	88,36	0,29	0,273	0,258

Tabel 3.
Efisiensi Penyisihan Logam Pb Setelah Adsorpsi Pada Waktu Kontak 0, 30, 60, dan 90 Menit

Jenis Biochar	Pengulangan Ke-	Persen penyisihan Pb (%)			
		t0	t30	t60	t90
Dosis 0 gram					
Kontrol	1	0	-21,491	-0,386	-1,56
	2	0	-2,485	-4,622	-1,031
	Rata-rata	0	-11,988	-2,504	-1,296
Dosis 4,8 gram					
Sekam Padi	1	0	72,901	78,755	82,221
	2	0	81,975	83,695	85,166
	Rata-rata	0	77,438	81,225	83,694
Tongkol Jagung	1	0	99,908	99,939	99,934
	2	0	66,629	67,085	71,144
	Rata-rata	0	83,269	83,512	85,539
Dosis 8 gram					
Sekam Padi	1	0	83,26	84,091	86,143
	2	0	83,221	84,638	86,372
	Rata-rata	0	83,241	84,365	86,258
Tongkol jagung	1	0	99,027	98,907	99,293
	2	0	99,534	99,546	99,563
	Rata-rata	0	99,281	99,227	99,428
Dosis 16 gram					
Tongkol Jagung	1	0	99,652	99,666	99,684
	2	0	99,693	99,718	99,735
	Rata-rata	0	99,673	99,692	99,71

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh penggunaan bahan baku biochar dan dosis penambahan biochar terhadap penyisihan logam berat Pb pada air tercemar.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Biochar

Biochar merupakan arang yang diproduksi menggunakan proses pirolisis yang merupakan pemanasan bahan organik menggunakan suhu tinggi dengan kadar oksigen yang rendah atau bahkan tanpa oksigen. Salah satu cara produksi biochar dari karbonasi dengan pembakaran biomassa dilakukan dengan tanpa oksigen atau dengan oksigen yang rendah yang di kenal sebagai proses pirolisis. Suhu pada proses pirolisis merupakan parameter penting dalam proses pembentukan biochar [7].

B. Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi termal bahan organik di lingkungan bebas oksigen atau minim oksigen dengan kisaran suhu 250 - 900 °C. Proses ini merupakan strategi alternatif untuk mengubah limbah biomassa menjadi produk bernilai tambah seperti biochar, *syngas* dan *bio-oil*. Selama proses tersebut, komponen lignoselulosa seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin mengalami serangkaian reaksi seperti depolimerisasi, fragmentasi dan ikatan silang pada suhu tertentu sehingga menghasilkan wujud produk yang berbeda-beda seperti padat, cair dan gas [8].

1) Pirolisis Lambat

Pirolisis lambat biasanya ditandai dengan suhu operasi yang rendah, biasanya kurang dari 400 °C dengan waktu pemanasan yang lama (Biasanya dalam jam atau bahkan hari untuk produksi biochar), laju pemanasan rendah sekitar 0,01-2,0 °C/detik. Suhu yang rendah pada proses pirolisis lambat (*slow pyrolysis*) menghasilkan jumlah biochar yang lebih tinggi per unit bahan baku, pada faktanya ketika suhu tinggi biasanya produksi biochar sekitar 50% [7].

2) Pirolisis Cepat

Proses pirolisis cepat atau juga yang dikenal dengan sebagai gasifikasi. Pada proses ini bahan baku biomassa dipanaskan dengan cepat yang menghasilkan proporsi *bio-oil* yang lebih besar daripada biochar (60% *bio-oil*, 20% biochar). Pada proses pirolisis cepat (*Fast pyrolysis*) suhu operasi yang diperlukan lebih dari 600 °C dengan waktu operasi yang lebih pendek dengan laju pemanasan sekitar lebih dari 10 °C/detik. Sehingga pirolisis cepat memberikan laju reaksi yang lebih tinggi Karena suhu operasi yang lebih tinggi [7].

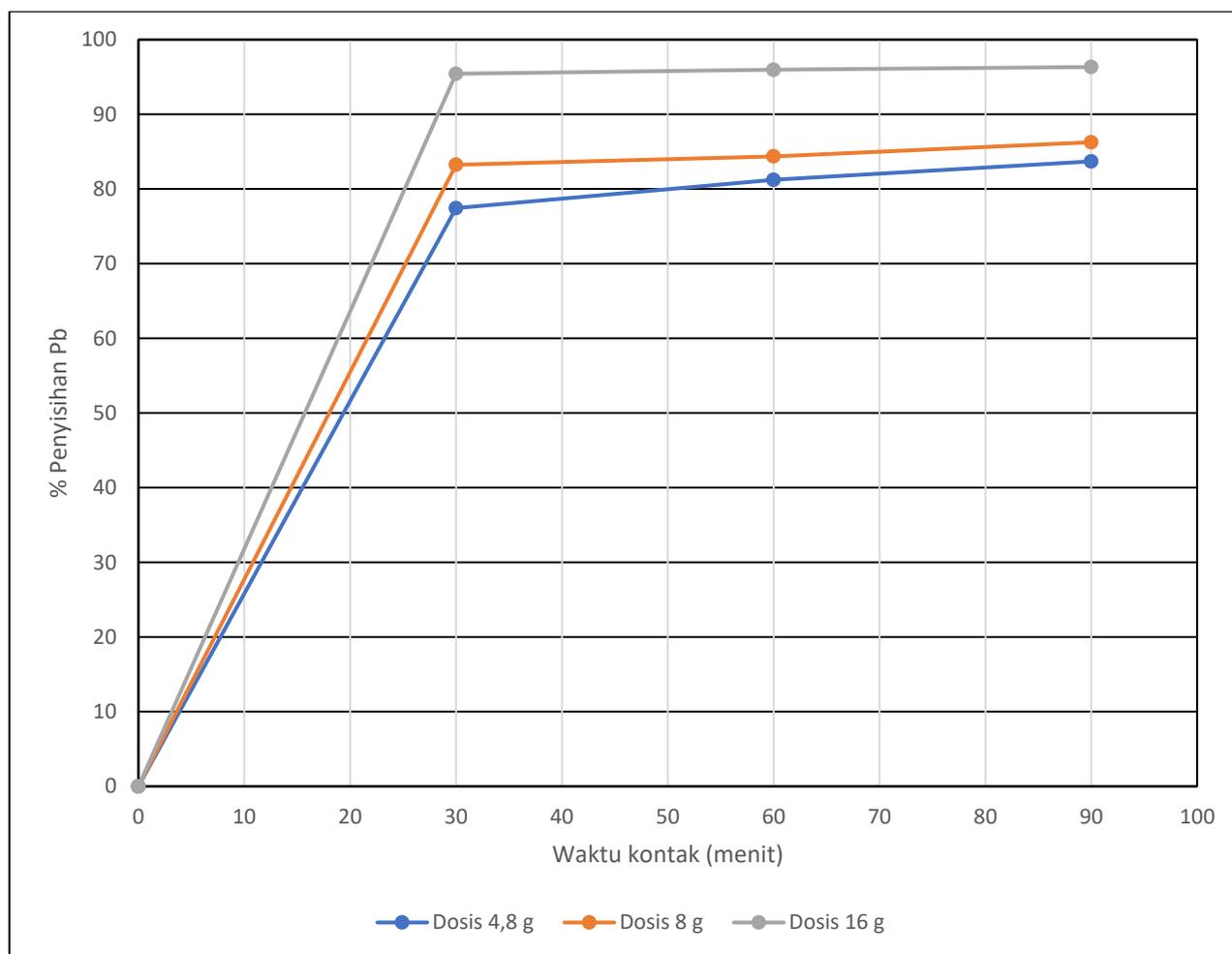
D. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses mengumpulkan zat yang ada dalam larutan pada interface yang sesuai. Adsorpsi adalah operasi perpindahan massa dalam konstituen fase cair ditransfer ke fase padat. Adsorbat adalah substansi yang dihilangkan dari fase cair pada *interface*. Adsorben adalah bahan padat, cair, atau gas dimana adsorbat diakumulasikan. Mekanisme adsorpsi dapat diuraikan menjadi tiga tahapan yaitu:

1. Fase *bulk transfer* yaitu perpindahan molekul yang akan diadsorp menuju ke permukaan partikel adsorben. Setelah itu akan terjadi film difusi yaitu difusi adsorbat melalui suatu lapisan film yang akan mengelilingi partikel adsorben.
2. Difusi pori yaitu molekul adsorbat dipindahkan dari permukaan partikel adsorben menuju ke dalam pori adsorben.
3. Partikel menempel pada permukaan adsorben.

E. Spektrofotometer Serapan Atom

Spektrofotometri serapan atom (SSA) merupakan metode yang didasarkan pada proses spektroskopi yaitu eksitasi dan emisi. Metode SSA merupakan metode kuantitatif yang digunakan untuk mengukur 70 unsur baik logam maupun non logam. Prinsip dari SSA adalah hukum Kirchoff yang menyatakan bahwa gas berpijar mengabsorpsi pada bilangan gelombang yang sama seperti saat melakukan emisi. Untuk



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Pb dengan menggunakan biochar sekam padi, volume larutan 160 mL.

mengukur suatu unsur menggunakan SSA harus berbentuk atom bebas. Untuk itu, sampel harus dipanaskan sampai suhu minimal 2000 °C [9].

SSA merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur yang didasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom. Komponen kunci pada metode ini adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel. Cara kerja SSA berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Jika radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu atom maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi, setiap panjang gelombang memiliki energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi [10].

III. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengontakkan 160 mL larutan Pb konsentrasi 100 mg/L dengan biochar pada variasi 0; 4,8; 8; dan 16 gram. Larutan Pb dikontakkan dengan biochar pada kecepatan pengadukan 150 rpm. Selanjutnya

larutan disaring dengan menggunakan kertas saring. Penelitian dilakukan pada 7 reaktor dengan masing-masing 2 kali pengulangan, sehingga terdapat total 14 reaktor. Pengujian kadar logam berat Pb pada sampel larutan dilakukan pada waktu detensi ke 0, 30, 60 dan 90 menit. Pada penelitian ini ukuran partikel biochar adalah 60 mesh.

B. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat Furnace, oven, Neraca analitik, Magnetic stirrer, Sekop Kecil, Beaker Glass, Erlenmeyer, Pipet Ukur dan propipet, Ayakan 60 mesh. Bahan yang digunakan adalah $Pb(NO_3)_2$, sekam padi, tongkol jagung, dan akuades.

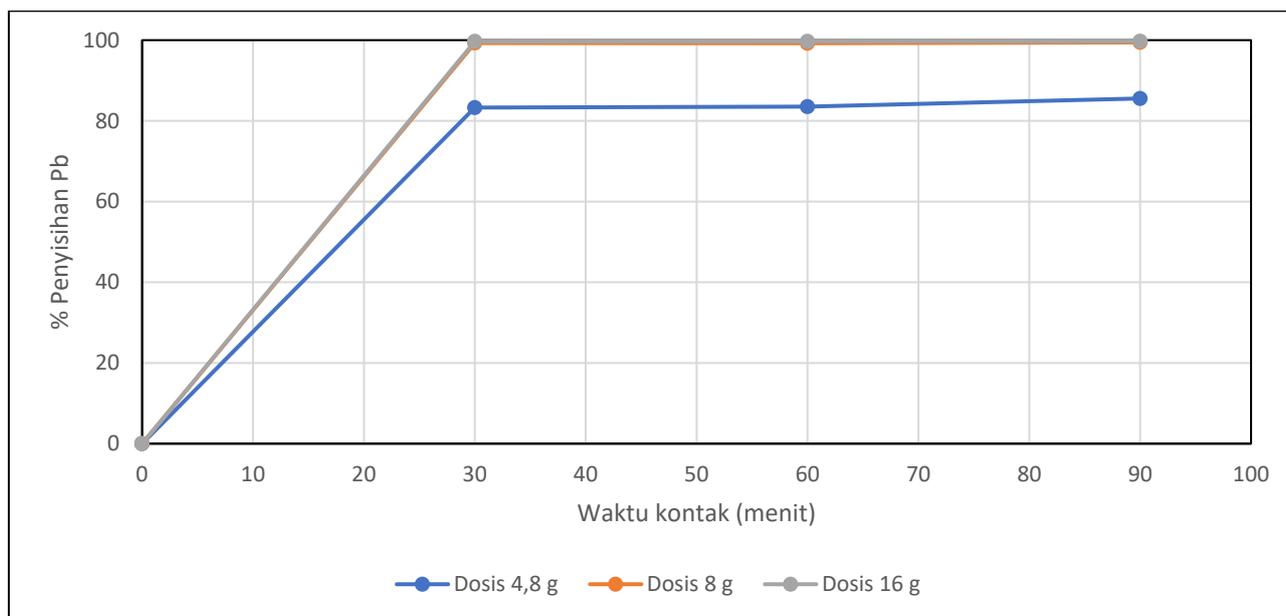
C. Pembuatan Biochar

1) Biochar Sekam Padi

Sebanyak 500 g sekam padi dicuci dan dikeringkan, kemudian dibakar selama 60 menit pada suhu 500 °C. Hasil pembakaran kemudian didinginkan dalam suhu ruang, selanjutnya biochar diayak menggunakan ayakan ukuran partikel 60 mesh. Biochar yang dihasilkan kemudian dianalisis kadar air, kadar abu, kadar volatile, dan kadar *fixed carbon*.

2) Biochar Tongkol Jagung

Sebanyak 1 kg tongkol jagung dicuci dan dikeringkan, kemudian dipotong-potong dengan ukuran 3 -5 cm. Selanjutnya dibakar selama 60 menit pada suhu 500 °C. Hasil pembakaran kemudian didinginkan dalam suhu ruang,



Gambar 2. Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Pb dengan menggunakan biochar tongkol jagung, volume larutan 160 mL.

selanjutnya biochar diayak menggunakan ayakan ukuran partikel 60 mesh. Biochar yang dihasilkan kemudian dianalisis kadar air, kadar abu, kadar volatile, dan kadar *fixed carbon*.

D. Pembuatan Sampel Air Tercemar Logam Berat Pb

Pembuatan larutan induk Pb 1000 ppm dengan cara melarutkan sebanyak 1,6 gram serbuk $Pb(NO_3)_2$ ke dalam labu ukur 1L, kemudian ditambah aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan baku Pb 100 mg/L dipipet 10 mL larutan induk logam Pb 1000 mg/L dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan aquades sampai tanda batas.

E. Analisis dan Pengolahan Data

Pengujian proksimat dengan parameter kadar air, kadar abu, kadar volatil, kadar fixed carbon menggunakan metode analisis ASTM dan hasilnya dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995 tentang persyaratan arang aktif. Konsentrasi logam berat Pb dianalisis menggunakan metode Spektrofotometri Serapan atom (SSA) sesuai dengan SNI 13-6974-2003. Data yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel menggunakan software microsoft excel untuk selanjutnya di plot ke dalam grafik penyisihan logam berat Pb terhadap variasi ukuran partikel biochar. Untuk mengetahui perentase penyisihan logam berat Pb dapat dilihat dari hasil perhitungan dengan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Keterangan:

C_o = Konsentrasi awal Pb (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir Pb (mg/L)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Biochar Sekam Padi dan Tongkol Jagung dengan Uji Proksimat

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kualitas biochar dari sekam padi yang dibuat apakah sudah sesuai

dengan SNI 06-3730-1995 tentang persyaratan arang aktif. Hasil uji karakterisasi biochar dari sekam padi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan fixed carbon yang dihasilkan oleh biochar sekam padi. Pada proses pirolisis, selulosa dan lignin dalam sekam padi akan membentuk char dan terjadi peningkatan kadar fixed carbon pada biochar, ini terjadi karena pada suhu tinggi kadar volatil akan terlepas. Kadar air, kadar abu, dan kadar volatil yang rendah dengan kandungan fixed carbon yang tinggi merupakan kriteria yang baik untuk produksi karbon aktif.

Besar kecilnya nilai fixed carbon dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar volatil. Rendahnya nilai fixed carbon ini disebabkan oleh tingginya kadar abu dari biochar sekam padi dan tongkol jagung.

B. Hasil Adsorpsi Ion Pb

1) Hasil Laboratorium Kualitas

Nilai konsentrasi logam Pb setelah dilakukan proses adsorpsi disajikan pada Tabel 2. Sedangkan Efisiensi penyisihan logam Pb disajikan pada Tabel 3.

2) Pengaruh Jenis Biochar Terhadap Adsorpsi Ion Pb

Jenis biochar merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi adsorben. Tabel 3. menunjukkan logam Pb tanpa penambahan biochar cenderung tidak mengalami kenaikan persen penyisihan pada setiap peningkatan waktu kontak. Hal ini disebabkan tidak ada yang mengikat logam Pb sehingga konsentrasi logam Pb pada larutan tidak berkurang.

Pada penambahan biochar sekam padi maupun biochar tongkol jagung dengan dosis 4,8 g/160 mL larutan mengalami kenaikan persen penyisihan pada setiap peningkatan waktu kontak. Hal ini berbanding terbalik dengan penurunan konsentrasi logam Pb. Pada waktu kontak 30 menit, persen penyisihan untuk adsorben sekam padi 77,43% dan tongkol jagung 83,26%. Kemudian mengalami kenaikan pada menit ke-60 dengan persen penyisihan 81,22% (sekam padi) dan 83,51% (tongkol jagung). Selanjutnya pada waktu kontak 90 menit, persen penyisihan untuk adsorben sekam padi 83,69%

dan tongkol jagung 85,53%. Pada dosis penambahan 4,8 g biochar tongkol jagung memiliki nilai persen penyisihan yang lebih tinggi dibandingkan dengan biochar sekam padi.

Peningkatan persen penyisihan pada penambahan dosis 8 g/160 ml larutan lebih tinggi dibanding dosis 4,8 g/160 mL larutan. Pada waktu kontak 30 menit, persen penyisihan untuk adsorben sekam padi 83,24% dan tongkol jagung 99,28%. Kemudian mengalami kenaikan pada menit ke-60 dengan persen penyisihan 84,36% (sekam padi) dan 99,27% (tongkol jagung). Selanjutnya pada waktu kontak 90 menit, persen penyisihan untuk adsorben sekam padi 86,25% dan tongkol jagung 99,42%. Pada dosis penambahan 8 g/160 mL biochar tongkol jagung memiliki nilai persen penyisihan yang lebih tinggi dibandingkan dengan biochar sekam padi.

Pada penambahan dosis 16 g/160 mL terjadi peningkatan persen penyisihan seiring dengan penambahan waktu kontak. Pada waktu kontak 30 menit, persen penyisihan untuk adsorben sekam padi 95,43% dan 99,67% untuk adsorben tongkol jagung. Kemudian mengalami kenaikan pada menit ke-60 dengan persen penyisihan 95,96% untuk adsorben sekam padi dan 99,69% untuk adsorben tongkol jagung. Selanjutnya pada waktu kontak 90 menit, persen penyisihan untuk adsorben sekam padi 96,33% dan 99,71% untuk adsorben tongkol jagung.

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa biochar tongkol jagung memiliki nilai persen penyisihan yang lebih tinggi dibandingkan dengan biochar sekam padi. Hal ini dapat disebabkan karena biochar tongkol jagung memiliki kadar fixed carbon yang lebih tinggi dibanding biochar sekam padi. Dengan demikian biochar yang terbuat dari tongkol jagung memiliki kemampuan adsorpsi logam Pb lebih baik.

3) Pengaruh Dosis Biochar Terhadap Adsorpsi Ion Pb

Dosis merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi adsorben. Persen penyisihan tertinggi pada biochar sekam padi terjadi pada dosis 16 g/160 mL. Pada dosis ini, persen penyisihan mencapai 95,43% untuk adsorben biochar sekam padi dengan waktu kontak 30 menit. Sehingga diketahui bahwa dosis optimum untuk biochar sekam padi adalah 16 gram. Sedangkan persen penyisihan pada penambahan biochar tongkol jagung dengan dosis 8 g dan 16 g memiliki perbedaan yang tidak signifikan. Persen penyisihan logam Pb dengan menggunakan biochar tongkol jagung mencapai 99,28% pada penggunaan dosis 8 g dan 99,67% pada penggunaan dosis 16 g dengan waktu kontak masing-masing 30 menit. Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan kemungkinan pengaplikasian penggunaan adsorben, dosis 8 g/160 mL dianggap lebih dapat digunakan.

Kenaikan jumlah adsorben yang ditambahkan berbanding lurus dengan persen penyisihan Logam Pb. Peningkatan persen adsorpsi disebabkan oleh meningkatnya luas permukaan adsorben, sehingga menambah jumlah tempat berlangsungnya proses adsorpsi.

4) Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Logam Pb

Waktu kontak merupakan salah satu parameter yang penting dalam proses adsorpsi. Waktu kontak berpengaruh pada jumlah adsorbat yang terserap. Selain itu, waktu kontak diperlukan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi dan memperkirakan

kemungkinan pengaplikasian adsorben dalam pengolahan limbah cair.

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa persen penyisihan logam Pb mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya waktu kontak, sehingga konsentrasi adsorbat semakin berkurang. Hal ini berarti bahwa semakin lama adsorben dikontakkan dengan adsorbat, maka penyerapan oleh adsorben akan meningkat, sehingga logam Pb yang tersisa pada larutan semakin berkurang.

Persentase adsorpsi terus meningkat pada seiring bertambahnya waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben. Hal ini dapat dikarenakan pada awal proses adsorpsi permukaan karbon aktif masih sebagian yang terisi, sehingga adsorbat masih memungkinkan untuk terserap. Namun semakin lama waktu kontak, proses adsorpsi akan mencapai keadaan setimbang. Hal ini dapat terjadi karena permukaan adsorben telah terisi atau berikatan dengan adsorbat, sehingga walaupun proses adsorpsi terus dilakukan tidak terjadi peningkatan prosentase adsorpsi. Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa setelah 30 menit peningkatan efisiensi penyisihan logam Pb tidak mengalami peningkatan secara signifikan.

Proses adsorpsi yang melambat dapat diakibatkan oleh jenuhnya tempat berikatan pada adsorben dan telah tercapainya kesetimbangan. Jadi, waktu optimum pada penelitian kali ini adalah 30 menit, dengan persen adsorpsi 95,43% (dosis 16 g) untuk biochar sekam padi dan 99,28% (dosis 8 g) untuk biochar tongkol jagung.

V. PENUTUP

Kesimpulan yang dapat diperoleh berdasarkan hasil penelitian adalah pada dosis yang sama biochar tongkol jagung memiliki persen penyisihan yang lebih tinggi dibanding biochar sekam padi. Jenis biochar yang paling optimum untuk mengurangi kadar logam Pb dalam air adalah biochar yang terbuat dari tongkol jagung.

Dosis optimum untuk mengurangi konsentrasi logam Pb dalam air adalah 16 g untuk biochar sekam padi dan 8 g untuk biochar tongkol jagung dengan persen penyisihan masing-masing mencapai 95,43% dan 99,28% pada waktu kontak 30 menit. Pada waktu kontak 30, 60, dan 90 menit tidak terdapat pengaruh signifikan terhadap peningkatan efisiensi penyisihan Pb.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Hidayat, "Remediasi tanah tercemar logam berat dengan menggunakan biochar," *J. Pertan. Trop.*, vol. 2, no. 1, pp. 51-61, 2015.
- [2] I. Lestari, M. Mahraja, F. Farid, D. R. Gusti, and E. Permana, "Penyerapan ion Pb(II) menggunakan adsorben dari limbah padat lumpur aktif pengolahan air minum," *Chem. Prog.*, vol. 13, no. 2, 2020.
- [3] F. Fu and Q. Wang, "Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review," *J. Environ. Eng.*, vol. 92, no. 3, pp. 407-418, 2011.
- [4] A. Sasmita, S. Elystia, and S. M. Fajri, "Penyisihan logam berat Pb pada tanah dengan penambahan biochar sekam padi," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 15, no. 2, pp. 268-278, 2021.
- [5] A. Halim, J. Romadon, and M. Y. Achyar, "Pembuatan adsorben dari sekam padi sebagai penyerap logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dalam air limbah," *Sustain. Environ. Optim. Ind. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 66-74, 2021.
- [6] D. A. Ningsih, I. Said, and P. Ningsih, "Adsorpsi logam timbal (Pb) dari larutannya dengan menggunakan adsorben dari tongkol jagung," *J. Akad. Kim.*, vol. 5, no. 2, pp. 55-60, 2016.
- [7] F. M. Nurahma, "Pengaruh Suhu pada Pembuatan Biochar sebagai

- Komponen Teknologi untuk Menurunkan Kadar Logam Berat Cadmium (Cd) pada Tanah Tercemar Lumpur Lapindo di Sidoarjo Jawa Timur,” Departemen Teknik Lingkungan: Universitas Brawijaya, 2019.
- [8] S. Herlambang, D. Yudhiantoro, M. Gomareuzzaman, and I. Lestari, *Buku Ajar Biochar Amandemen Tanah dan Mitigasi Lingkungan. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, 2021.
- [9] F. Rouessac and A. Rouessac, *Chemical Analysis: Modern Instrumentation Methods and Techniques*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2022.
- [10] I. W. Suarsa, “Kinetika Adsorpsi Timbal (Pb) pada Berbagai Absorban,” Departemen Kimia: Universitas Udayana, 2015.