

Artikel 1

Pengaruh Penambahan *Biochar* Dari Batubara Lignite Pada Tanah Bekas Penambangan Batubara Terhadap Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) Terlarut Menggunakan Kolom Fixed Bed Sorpsion

1stAGUNG PUTRA HIDAYAT
Program Studi Teknik Kimia,
Fakultas Teknik,
Universitas Jambi, Jambi
Email: agungphidayat97@gmail.com

2nd Prof. Drs. Damris M, M.Sc, Ph.D
Program Studi Teknik Kimia,
Fakultas Teknik,
Universitas Jambi, Jambi

3rdIra Galih Prabasari, S. T., M. Si
Program Studi Teknik Kimia,
Fakultas Teknik,
Universitas Jambi, Jambi

Abstrak—Transformasi hutan ke area pertambangan batubara menimbulkan berbagai masalah pasca penambangan batubara, salah satunya menimbulkan pencemaran logam berat pada lingkungan sekitar. Banyak usaha yang telah dilakukan untuk penangulangannya dan pemberian *biochar* merupakan solusi yang menjanjikan. Proses pembuatan *biochar* yang sederhana serta *biochar* memiliki luas permukaan pori yang besar sehingga dapat di jadikan sebagai bahan penyerap. *Lignite* sebagai limbah pertambangan batubara memiliki kandungan hidrogen dan karbon yang tinggi sehingga cocok di jadikan *biochar*. Dari hasil analisa SEM di dapat morfologi permukaan pori *biochar* yang luas dengan hasil uji luas area menggunakan methylene blue sebesar 9,20 m².g⁻¹. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan jumlah *biochar* 0%, 5%, 10%, dan 15% serta variasi rasio liquid per solid 1, 2, 5, 8, dan 10 terhadap immobilisasi logam kadmium pada tanah. Kondisi lapangan pada penelitian ini di rekayasa menggunakan kolom *fixed bed sorpsion*, dengan dua *layer biochar* didalamnya sebagai solusi kondisi di lapangan. Dari analisa AAS titik optimal pengimmobilisasian logam kadmium berada pada penambahan *biochar* 15% dengan rata-rata persentasi penyerapan 99,8307%, serta titik optimal pengimmobilisasian berada pada rasio *liquid per solid* ke-10 dengan persentasi penyerapan 99,9154%.

Kata Kunci—*Sorpsi*, Logam Berat, Kadmium, *Biochar*, Kolom *Fixed Bed*

PENDAHULUAN

Batubara merupakan salah satu Sumber Daya Alam (SDA) yang termasuk dalam golongan bahan tambang mineral organik yang dieksploitasi untuk kebutuhan sumber energi dalam negeri dan ekspor. Provinsi Jambi terletak di daerah

tropika basah, sehingga memiliki sifat kadar hara, Kapasitas Tukar Kation (KTK), pH, dan bahan organik yang rendah. Provinsi Jambi merupakan salah satu penghasil batubara yang tersebar di berbagai Kabupaten, seperti Kabupaten Muaro Jambi, Batanghari, Bungo dan Sarolangun. Sekitar 1 juta hektar atau seperempat dari luas area Provinsi Jambi telah beralih menjadi area penambangan batubara. Dari 1 juta hektar tersebut sekitar 400 ribu hektar area penambangan batubara telah ditinggalkan oleh pemiliknya (Tata Ruang dan Pertanian, 2015). Ironisnya, area yang telah ditinggalkan oleh pemiliknya itu tidak dilakukan pemulihan terhadap lingkungan sehingga menjadi area terlantar yang sangat luas.

Penelantaran area bekas penambangan batubara berakibat terhadap lingkungan di sekitarnya. Beberapa dampak yang ditimbulkannya yaitu berkurangnya tingkat kesuburan di sekitar area tersebut, belum adanya penanganan terhadap air asam tambang sehingga di sekitar area tersebut menjadi lebih asam, masih terkandung logam-logam berat (Pb, Cd, Mn, Cr, Al, Fe, dan Mg) di sekitar area bekas penambangan batubara, banyaknya sisa-sisa penambangan yang ditinggalkan di area tersebut. Salah satu

sisanya penambangan yaitu banyaknya batubara *lignite* (batubara muda) yang sudah ditambang namun tidak digunakan oleh penambang, dikarenakan *lignite* memiliki kadar air yang cukup tinggi sehingga tingkat kalorinya yang rendah untuk dijadikan bahan bakar. *Lignite* memiliki kandungan karbon terendah, sekitar 25-35 persen. *Lignite* juga mengandung materi *volatile* dan sulfur yang tinggi.

Berdasarkan dampak-dampak yang telah ditimbulkan di area bekas penambangan batubara tersebut, maka diperlukan reklamasi untuk pelestarian terhadap lingkungan. Beberapa metode yang dapat dilakukan antara lain, fitoremediasi yaitu remediasi yang menggunakan vegetasi tanaman untuk memecah atau mendegradasi polutan organik atau menghapus dan menstabilkan kontaminan logam. Metode pencucian tanah dan penimbunan dengan tanah yang lebih subur. Metode imobilisasi logam berat dengan menggunakan *biochar* yaitu proses remediasi logam untuk tanah terkontaminasi dengan cara menahan logam-logam berat terlarut dalam tanah. Metode ini adalah metode yang sederhana dan cepat, dan biaya relatif murah. Metode imobilisasi sering menggunakan amandemen organik dan anorganik untuk mempercepat pelemahan mobilitas logam dan racun dalam tanah. Amandemen memiliki peranan untuk mengubah logam tanah asli lebih stabil melalui penyerapan, dan proses kompleksasi.

Biochar adalah arang hitam hasil dari proses pemanasan biomassa pada keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. Penggunaan *biochar* menjadi salah satu pilihan dikarenakan dapat meningkatkan kandungan karbon tanah dan mineral tanah yang terdegradasi. *Biochar* merupakan bahan basa yang dapat meningkatkan pH tanah dan berkontribusi terhadap stabilisasi logam berat. Afinitas dari *biochar* juga terletak pada permukaannya yang luas dan mengandung banyak pori sehingga dapat menyerap

logam-logam berat di dalam tanah, sehingga dapat mereduksi pencemaran di area bekas penambangan batubara.

Menurut Goenadi dan Santi (2017) *biochar* dari cangkang kelapa sawit memiliki Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang rendah serta kapasitas air tersedia yang lebih tinggi, sehingga *biochar* hasil pirolisis memiliki nilai KTK yang tinggi yakni 4,58 cmol/kg dan memiliki area permukaan yang lebih luas untuk penyerapan, lubang pori terlihat tunggal dan ganda dengan ukuran pori bervariasi antara 2-5 μm . Menurut Fellet dkk., (2011) penggunaan *biochar* dari sampah kebun dengan empat variasi persentase pemberian *biochar* (0%, 1%, 5%, serta 10%) terhadap limbah tambang, sehingga menghasilkan peningkatan pH, kapasitas tukar kation (KTK), dan kapasitas daya ikat air meningkat berbanding lurus dengan jumlah *biochar* yang diberikan dan mengalami penurunan terhadap bioavailabilitas logam Cd, Pb, dan Zn.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah di Provinsi Jambi

Provinsi Jambi memiliki area lahan kering dengan luas 5,1 juta hektar, lahan kering ini memiliki tiga macam jenis tanah yakni tanah ultisol (podsolik merah kuning) sebanyak 53,46%, latosol 17,3% serta andosol 17,5%, dan sisanya jenis gley humus hidromorfik kelabu dan aluvial (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1993). Menurut penelitian Paiman, (2010) jenis tanah yang berada di Desa Teranta Baru dan Bulian Baru Kabupaten Batanghari mendapat deskripsi profil tanah menunjukkan bahwa di Desa Terentang Baru dan Bulian Baru merupakan tanah jenis podsolik merah kuning (ultisol).

Pertambangan Batubara

Provinsi Jambi memiliki berbagai jenis pertambangan yang meliputi pertambangan emas, minyak dan batubara. Pada akhir 2015, luas area izin operasi produksi tambang batubara sekitar 107.192,1 hektar dengan mencapai

139.150,1 hektar izin eksplorasi. Teknik penambangan yang dilakukan adalah teknik terbuka (*open pit mining*) dengan metode gali-isi kembali (*Back fillings method*). (Purnama dkk., 2016). Menurut penelitian Suhada, (2015) yang dilakukan di Kabupaten Tebo dan Batanghari diperoleh karakteristik batubara yakni berwarna hitam kecoklatan, kilap kusam, mengotori tangan, dan memiliki kandungan kalori 3100 kal/gram hingga 5600 kal/gram dan merupakan jenis batubara jenis *lignite* atau *brown coal*.

Batubara

Batubara merupakan mineral organik yang proses terbentuknya berawal dari pengendapan sisa tumbuhan purba yang selanjutnya terjadi proses fisika sertakimia yang berlangsung selama jutaan tahun sehingga mengakibatkan perubahan bentuk. (Billah, 2010).

Batubara *Lignite* merupakan batubara yang memiliki tingkatan rendah, dimana jenis ini dalam tingkat klasifikasi batubara berada pada masa transisi dari jenis gambut ke batubara. Batubara jenis ini berwarna hitam dan teksturnya menyerupai kayu. Sifat batubara jenis *lignite*, memiliki warna hitam sangat rapuh, memiliki nilai kalor rendah dan kandungan karbon sedikit, air yang terkandung tinggi, abu yang terkandung banyak dan sulfur yang terkandung banyak (Billah, 2010).

Permasalahan di Area Pasca Penambangan Batubara

Pencemaran logam berat dan air asam merupakan pencemaran yang dihasilkan oleh aktivitas penambangan, sebagai contoh menurut WALHI Jambi dan JATAM (2015) dari hasil pengecekan di wilayah konsesi perusahaan batu bara PT. Sarolangun Prima Coal (SPC) di Kabupaten Sarolangun tepatnya di Desa Pulau Pinang Kecamatan Sarolangun Provinsi Jambi. Dimana PT. SPC telah melakukan penambangan batubara namun

meninggalkan lubang tanpa dilakukannya reklamasi. Bekas lubang galian secara alami terisi air sehingga terbentuk menyerupai danau.

Uji petik di lima titik lokasi dalam konsesi PT. SPC, didapatkan hasil dengan Suhu 32,2 derajat, pH 3,4, Electric Conductivity (Daya Hantar Listrik) 320, TDS (Total Padatan Terlarut) 150. Dilihat dari indikator PH yang rendah dapat dikatakan bahwa tingkat keasaman air tinggi yang mengindikasikan tingginya logam berat yang terlarut di dalamnya. Kandungan logam berat terlarut tersebut antara lain Besi (Fe), Mangan (Mn), Timbal (Pb), Arsenik (As), Merkuri (Hg), Selenium (Se), Kadmium (Cd) dan Boron (B).

Logam Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) merupakan logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, menghasilkan Kadmium Oksida jika dipanaskan. Kadmium pada umumnya terdapat pada alam dalam gabungan ikatan dengan klor (Cd Klorida), belerang (Cd Sulfit) atau dapat membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Kadmium memiliki nomor atom 48, berat atom 112,4, titik didih $767^{\circ}C$, titik leleh $321^{\circ}C$, dan masa jenis $8,65 \text{ g/cm}^3$ (Ellina dan Festri, 2014). Keberadaan Cd yang melimpah pada kerak bumi adalah $0,13 \mu\text{g/g}$, relatif bersifat mudah berpindah pada lingkungan akuatik. Diperairan umumnya Cd hadir dalam bentuk ion-ionnya yang terhidrasi, garam-garam klorida, terkomplekskan dengan ligan anorganik atau membentuk kompleks dengan ligan organik.

Menurut pedoman baku mutu lingkungan menurut Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: KEP-MEN LH No.51/MenKLH/ 2004, ambang batas Cd untuk wisata bahari adalah 0,002 ppm dan untuk biota adalah 0,001 ppm, dan menurut Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang perubahan atas peraturan pemerintah No. 18 Tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan

berbahaya dan beracun logam Cd memiliki batas diperbolehkan pada konsentrasi dalam ekstraksi limbah yakni 1 mg/liter.

Logam berat Cd dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernafasan dan pencernaan (yang berasal dari makanan serta minuman yang tercemar logam Cd). Keracunan logam berat Cd dapat menyebabkan keracunan yang akut dan kronis yang ditandai oleh rasa mulut terbakar, terjadinya perangsangan dalam gastrointestinal dengan disertai diare dan gejala keracunan kronis ditandai dengan rasa mual, anemia, sakit di sekitar perut dan dapat menyebabkan kelumpuhan (Bangun, 2005)

Sumber – Sumber Logam Berat Yang Mencecari Tanah

Secara alami logam berat di alam terperangkap didalam tanah akibat proses pelapukan, atau dari letusan gunung merapi. Jika siklus alamiahnya tidak mengalami perubahan berkaitan kepada rantai makan tidak akan menimbulkan efek racun pada manusia. Tanah secara alamiah mengandung logam berat yang sebagian logam berat berperan dalam proses fisiologis tanaman seperti Fe, Cu, Zn dan Ni, tetapi dengan jumlah yang relatif sangat sedikit, bila dalam jumlah berlebih pada tanaman akan memberikan efek toksitas. Unsur kadmium (Cd) merupakan pencemar kimia dalam lingkungan dan sangat beracun bagi tumbuhan, hewan dan manusia (Hidayat, 2015).

Biochar

Biochar sebagai bahan pembenah didefinisikan sebagai: "arang untuk aplikasi pembenahan pada tanah". Perlu dicatat bahwa istilah '*biochar*' umumnya terkait dengan produk akhir pirolisis lain yang dihasilkan bersama seperti '*syngas*' (Verheijen dkk., 2010).

Sebagai bahan pembenah tanah, *biochar* banyak digunakan untuk mengatasi permasalahan pada tanah. Aplikasi *biochar* dapat meningkatkan pH

pada tanah asam meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) pada tanah, menyediakan unsur hara N, P dan K. *Biochar* juga dapat menjaga kelembaban tanah sehingga kapasitas menahan air tinggi dan meremediasi tanah yang tercemar logam berat seperti (Pb, Cu, Cd dan Ni). Pemberian *biochar* pada tanah juga mampu meningkatkan pertumbuhan serta serapan hara pada tanaman.

Proses pembuatan dan bahan baku merupakan penentu dari kualitas *biochar*. *Biochar* dapat diproduksi dari berbagai jenis bahan yang mengandung ligniselulosa, seperti kayu, sisa tanaman (jerami padi, sekam padi, tandan kosong kelapa sawit dan limbah sagu) serta pupuk kandang. Penggunaan *biochar* sebagai pembaharuan pada tanah, diharapkan mampu mengatasi permasalahan pada tanah ultisol. Tanah ultisol memiliki persebaran yang luas dan banyak digunakan didalam bidang pertanian. Masalah pada tanah ultisol seperti pH yang rendah, kandungan bahan organik rendah, unsur hara seperti N, P dan K rendah dan kekuatan agregatnya yang lemah, sehingga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman (Notohadiprawiro, 2006).

Pada umumnya *biochar* memiliki pertukaran kation dan basa, *biochar* memiliki banyak manfaat potensial pada sifat tanah sebagai peningkatan pada aktivitas biologis tanah (Paz-Ferreiro dkk., 2013), menurunkan hasil emisi gas rumah kaca dari sumber pertanian yang berdampak pada meningkatnya penyerapan karbon tanah karena isi muatan bentuk karbon yang kuat. Penambahan *biochar* ke tanah akan menyebabkan perubahan komposisi tanah sehingga menyebabkan perubahan kualitas tanah.

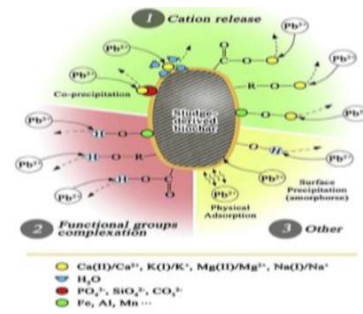
Mekanisme Interaksi antara Biochar dan Logam Berat

Memiliki luas permukaan yang besar merupakan salah satu karakteristik *biochar*, dimana penyerapan kapasitas yang tinggi untuk logam berat di permukaannya pula. Permukaan

penyerapan logam berat pada *biochar* dapat ditunjukkan dengan menggunakan mikroskop *elektron scanning* (Beesley dan Marmiroli, 2011). Penyerapan ini bisa disebabkan oleh interaksi logam berat dengan kelompok fungsional yang berbeda didalam *biochar*, yang dikarenakan pertukaran logam berat dengan kation terkait dengan *biochar*, seperti Ca^{2+} dan Mg^{2+} , K^+ , Na^+ dan S (Uchimiya dkk., 2011), atau karena penyerapan fisik (Lu dkk., 2012). Menstabilkan logam berat di permukaan *biochar* dapat di pengaruhi oleh oksigen sebagai kelompok fungsional, khususnya untuk asam yang lebih lembut seperti Pb^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{6+} dan Cu^+ .

Penyerapan Cu^{2+} berkaitan dengan permukaan yang beroksigen tinggi dan dengan diameter pori, kerapatan pada muatan superfisial tinggi dan Ca^{2+} dan Mg^{2+} mengalami pertukaran kandungan dengan *biochar*. Mekanisme pada proses penyerapan sangat tergantung pada jenis tanah serta kation pada *biochar* dan tanah. Terdapat beberapa komponen dalam abu, seperti karbonat, fosfat atau sulfat dapat membantu menstabilkan logam berat dengan pengendapan.

Alkalinitas pada *biochar* juga dapat menjadi faktor lain. Sebagian konsentrasi logam berat yang rendah ditemukan di *biochar* pada tanah. Nilai dari pH yang lebih tinggi setelah penambahan *biochar* dapat menyebabkan presipitasi logam berat didalam tanah. pH *biochar* meningkat bersama dengan suhu pirolisa yang telah dikaitkan terhadap proporsi yang lebih tinggi dari abu yang terkandung. *Biochar* juga dapat menurunkan mobilitas logam berat serta penambahan *biochar* dapat menyebabkan perubahan unsur Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} berkurang. Kestabilan logam berat dalam tanah dengan adanya penambahan *biochar* dapat melibatkan sejumlah mekanisme sesuai diilustrasikan pada Gambar.1 (Lu dkk., 2012).

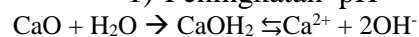


Gambar 1. Mekanisme Penyerapan Logam Berat Oleh *Biochar*
Sumber: (Lu dkk., 2012)

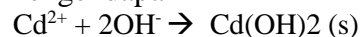
Gambar di atas menunjukkan mekanisme dari penyerapan Pb^{2+} oleh *biochar*. Pertama, logam Pb^{2+} dengan Ca^{2+} , Mg^{2+} , dan kation lainnya yang terkandung didalam *biochar*, secara bersama-sama keluar dari larutan dan terjadi pertukaran ion dengan materi kompleks organik dan oksida-oksida mineral dari *biochar*. Kedua, pertukaran antara permukaan logam berat dengan gugus fungsional yang berbeda, serta pertukaran dengan mineral oksida hidroksil bebas kemudian mengendap pada permukaan lainnya. Gugus karboksil (ReCOOH) dan kelompok gugus hidroksil alkohol atau gugus fenolik (ReOH) secara umum kelompok utama yang berkontribusi terhadap koordinasi antara logam berat dan permukaan sorben. Dan ketiga, penyerapan fisik dan presipitasi permukaan yang berkontribusi terhadap stabilisasi Pb^{2+} (Lu dkk., 2012).

Mekanisme adsorpsi logam kadmium oleh *biochar* dari sampah kota, (Chan dkk., 2015)

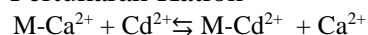
1) Peningkatan pH



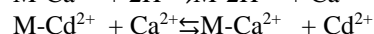
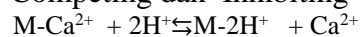
2) Pengendapan



3) Pertukaran Kation



4) Competing dan Inhibiting

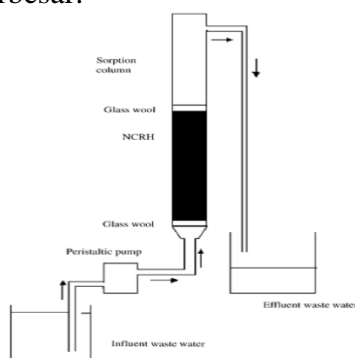


Proses adsorpsi fisika adalah proses adsorpsi yang merupakan hasil dari gaya tarik. Intermolekuler antara molekul padatan dan substansi yang diadsorpsi. Adsorbat tidak menembus ke dalam kisi-kisi kristal adsorben serta tidak melarut di

dalamnya, tetapi sepenuhnya berada pada permukaan adsorben. Pada padatan yang sangat porous mengandung banyak kapiler-kapiler substansi yang diadsorbsi akan masuk dalam celah-celah ini pada saat adsorbat membasahi padatan tersebut (Tryball, 1981).

Studi Tentang Pengaruh Biochar pada Logam Berat Tanah

Pemakaian *biochar* berpotensi untuk menurunkan daya toksisitas logam berat pada limbah tambang selain itu Penggabungan *biochar* ke dalam tanah dapat mengubah sifat fisik tanah seperti tekstur, struktur, distribusi ukuran pori dan kepadatan dengan implikasi untuk aerasi tanah, kapasitas menahan air, pertumbuhan tanaman dan kemampuan kerja pada tanah tanah. Menurut Fellet dkk., (2011) menggunakan *biochar* dari sampah kebun dengan empat variasi persentase pemberian *biochar* (0%, 1%, 5%, serta 10%) terhadap limbah tambang, sehingga menghasilkan peningkatan pH, kapasitas tukar kation (KTK), dan kapasitas daya ikat air meningkat berbanding lurus dengan jumlah *biochar* yang diberikan dan mengalami penurunan terhadap bioavailabilitas logam Cd, Pb, dan Zn, serta logam Cd mempunyai penurunan yang terbesar.



Gambar 2. Rangkaian Kolom *Fixed Bed*

Sumber: (Acharya dan Kumar, 2012)

Penggunaan kolom *fixed bed* sebagai alat penyerapan merupakan salah satu metode penyerapan dengan memvariasikan rasio *liquid per solid* untuk menggantikan laju alir atau lama kontak antara *liquid* dengan padatan (*solid*), menurut Ginting dkk., (2017) yang

menggunakan zeolit sebagai penyerapan logam Pb dalam air secara kontinu pada kolom *fixed bed* dengan rasio 1:1 dan 1:3 menunjukkan semakin besar rasio *liquid per solid* menunjukkan penurunan kadar logam Pb dalam air. Sedangkan menurut EPA, (2017) mengenai *flay ash* sebagai alat filter dengan rasio *liquid per solid* (L/S) 0:1, 1:2, 1:4, 1:6, 1:8, dan 1:10 memberikan hasil yang berbeda sesuai jenis logam atau keadaan apa yang di amati. Pengaruh rasio (L/S) terhadap pH eluet, semakin tinggi rasio semakin tinggi kenaikan pH eluetya. Pengaruh rasio (L/S) terhadap logam arsen, memberikan hasil semakin tinggi rasio semakin tinggi penurunan kadar logam arsen. *Biochar* dari tangkai kapas untuk menurunkan logam Cd pada tanah tercemar serta mengurangi penyerapan logam Cd oleh tanaman kubis, dari hasil penelitiannya melihat bahwa *biochar* tangkai kapas dapat menurunkan bioavailabilitas tanah Cd melalui adsorpsi.

Pada penelitian Fellet dkk., (2011) menggunakan *biochar* untuk membenahi tambang dimana memiliki tanah yang multikontaminasi. Penambahan *biochar* pada tanah tidak mengakibatkan penurunan secara total, namun kandungan logam berat pada tanah dengan berbagai variabel jumlah *biochar* yang berbeda dapat menurunkan kadar bioavailabilitas logam Cd, Pb dan Zn dan mobilitasnya yang diukur dengan menggunakan percobaan pelindian dari logam Cd, Cr dan Pb.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

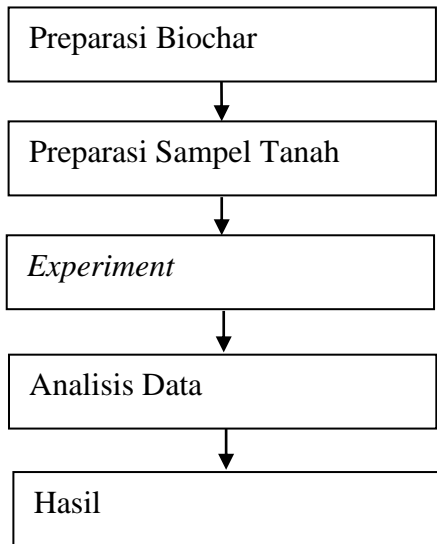
Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jambi, yang dilaksanakan pada bulan Mei 2018 sampai dengan bulan September 2018, dan pengambilan sampel di Kecamatan Sungai Buluh, Kabupaten Batanghari.

Alat dan Bahan:

Alat: Seperangkat alat-alat kaca, drum pirolisis, kolom *Fixed Bed*, ayakan,

pH meter, botol kaca, gelas ukur, neraca analitik, oven, *magnetic Stirrer*, dan *freezer*. Bahan: Kertas saring, *glasswall*, kertas label, tanah bekas tambang batubara, kerikil putih, HCl 12 M, *aquades*, *biochar*, 3CdSO₄. 8H₂O 1M.

Prosedur Kerja:



Proses Pembuatan *Biochar* dari Batubara Muda(*Lignite*)

Ditimbang 1000gr batubara, kemudian di masukkan kedalam kaleng dan dibakar dalam drum pirolisis dalam keadaan tertutup pada suhu 450 °C selama 4jam. Selanjutnya batubara didinginkan dan dihaluskan kemudian batubara diayak.

Proses Penyiapan Sampel Tanah

Tanah yang berasal dari lahan bekas tambang diambil menggunakan cangkul dengan kedalaman 0-30 cm. Tanah dimasukkan ke dalam nery dan diberi label kemudian dibawa ke laboratorium. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini dibersihkan dari pengotor seperti akar, batu, daun, insektisida yang terikut di dalam tanah dan dibiarkan terbuka diudara ruangan selama 24 jam kemudian diberi label.

Proses pengeringan dimulai dengan menimbang sampel tanah sebanyak 1 gram yang dimasukkan dalam cawan petri kemudian diovenkan pada suhu 105°C selama 2 jam sampai berat tanah benar-

benar kering ditimbang sampai beratnya konstan dan dicatat sebagai berat kering dalam 1 gram yang dikonversikan lagi dengan berat tanah yang digunakan pada proses absorpsi.

Kadar Air Pada Sampel Tanah

Kadar air bahan ditentukan dengan cara pengeringan di dalam oven. Sebanyak 0,5 gram sampel yang telah dihaluskan ditimbang dengan teliti dan ditempatkan dalam cawan alumunium yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam oven suhu 105 °C hingga bobot konstan, Selanjutnya contoh didinginkan dalam desikator selama 15 menit sebelum di timbang beratnya.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots(1)$$

Dimana:

a : Berat tanah mula-mula (gram)

b : Berat tanah setelah dikeringkan

Penentuan Luas Permukaan *Biochar* dengan *Methylene Blue* (MB)

Larutkan 1 gram Methylene Blue dalam 200 ml air deionisasi. Timbang 10 gram *biochar* dan tambahkan 30 ml air deionisasi. Tambahkan 0,5 ml larutan *Methylene Blue* ke sampel *biochar*. Agitasi larutan selama 1 menit dengan *magnetic stirrer*. Ambil larutan sampel dengan pipet tetes dan teteskan larutan tersebut (1 tetes) pada kertas saring. Ulangi hingga *permanent Blue Halo* sekitar agregat tanah terbentuk. Hentikan penambahan larutan pada kertas saring. Hitung berapa tetes yang dibutuhkan untuk mencapai *permanent Blue Halo*. Hitung SSA (*Spesific Surface Area*) dengan rumus (Kaya dan Yukselen, 2008) :

$$SSA = \frac{1}{319,89} \times \frac{1}{200} (0,5 N) Av. A_{MB} \times \frac{1}{10} \dots\dots(2)$$

Dimana :

N : jumlah tetes yang ditambahkan

A_{MB} : Permukaan yang ditutupi 1 molekul
 $MB = 130 \text{ \AA}^2$

Au: Bilangan Avogadro = $6,02 \times 10^{23}$ / mol
Luas permukaan dapat ditentukan dengan menggunakan data dari *metilen blue*, yang dirumuskan sebagai berikut (Kaya dan Yukselen, 2008):

$$S = \frac{X_m \cdot N_a}{M} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

- S : Larutan Permukaan *biochart* (m^2/mg)
- X_m : Banyaknya *Metilen Blue* yang terserap oleh 1 gram karbon
- N : Bilangan Avogadro = $6,02 \times 10^{23}$
- A : Ukuran 1 molekul penyerap MB = 197×10^{-20}
- M : BM *Metilen Blue* = 320,5 g/mol

Tahap Eksperimen:

Pengujian Kemampuan Penyerapan Logam Kadmium oleh *Biochar*

Sampel *biochar* sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam kolom *Fixed Bed* berbahan akrilik yang berukuran, panjang kolom 50 cm, diameter dalam 4,8 cm, diameter luar 5 cm, dan tebal dinding 1 mm. Pada bagian bawah kolom *Fixed Bed* ditambahkan pipa PVC yang telah dibolongi pada bagian atasnya. Kemudian, bolongan tersebut disambungkan dengan selang transparan berukuran 4 x 1 mm. Di dalam kolom dimasukkan pada bagian paling bawah berupa kerikil dengan ketinggian 5 cm. Di atas kerikil dimasukkan *glass wall* setebal 5 cm, setelah itu dimasukkan sampel tanah seberat 235 gr atau setinggi 10 cm. Kemudian dimasukkan kembali *glass wall* setebal 5 cm dan kerikil setinggi 5 cm. Kolom *fixed bed* siap digunakan.

Kolom *fixed bed* dialirkan larutan cadmium sulfate hydrate dengan pH 4,7 menggunakan selang transparan dari bagian bawah kolom menggunakan pompa. *Liquid* yang keluar dari kolom diambil setiap perbandingan rasio *Liquid* per *Solid* (L/S) tanah mencapai 1, 2, 5, 8 dan 10. Hasil yang diperoleh disimpan di

dalam *freezer* dengan suhu $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ untuk diuji menggunakan AAS.

Penyerapan logam Kadmium (Cd) pada Sampel Tanah oleh *Biochar* menggunakan Kolom *Fixed Bed*

Sampel tanah dimasukkan ke dalam kolom *Fixed Bed* berbahan akrilik yang berukuran, panjang kolom 50 cm, diameter dalam 4,8 cm, diameter luar 5 cm, dan tebal dinding 1 mm. Pada bagian bawah kolom *Fixed Bed* ditambahkan pipa PVC yang telah dibolongi pada bagian atasnya. Kemudian, bolongan tersebut disambungkan dengan selang transparan berukuran 4 x 1 mm. Di dalam kolom dimasukkan pada bagian paling bawah berupa kerikil dengan ketinggian 5 cm. Di atas kerikil dimasukkan *glass wall* setebal 5 cm, setelah itu dimasukkan sampel tanah seberat 235 gr atau setinggi 10 cm. Kemudian dimasukkan kembali *glass wall* setebal 5 cm dan kerikil setinggi 5 cm. Kolom *fixed bed* siap digunakan.

Kolom *fixed bed* dialirkan larutan HCL dengan pH 4,7 menggunakan selang transparan dari bagian bawah kolom menggunakan pompa. *Liquid* yang keluar dari kolom diambil setiap perbandingan rasio *Liquid* per *Solid* (L/S) tanah mencapai 1, 2, 5, 8 dan 10. Hasil yang diperoleh disimpan di dalam *freezer* dengan suhu $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ untuk diuji menggunakan AAS.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan 6 titik sampel tanah yang diperoleh dari lahan bekas pertambangan batubara yang terletak di Kecamatan Sungai Buluh, Kabupaten Batanghari yang telah di tinggal kurang lebih 3 tahun tanpa adanya penanganan lanjut. Tanah yang diambil berupa tanah disekitar kolam penambangan batubara, pengambilan titik sampel yang bervariasi bertujuan untuk mewakili kondisi tanah

secara keseluruhan di area tersebut. Setiap tempat pengambilan sampel terdapat struktur tanah yang berbeda-beda yang ditandai dengan kedalaman masing masing lokasi. Dalam penelitian ini teknik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel secara sengaja yang dilihat dari vegetasi tumbuhan, kemiringan tanah serta ukuran tumbuhan.



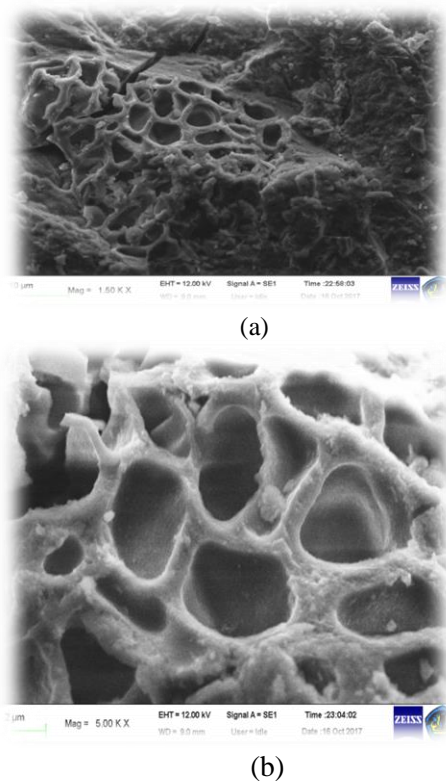
Gambar 3. Posisi 2 Lapisan *Biochar* pada Kolom *Fixed Bed*

Penelitian dilakukan dengan menggunakan kolom *fixed bed* pada tinggi unggun 10 cm dengan penambahan *biochar* pada masing-masing variasi yang berbentuk 2 lapisan *biochar* dapat dilihat pada gambar 2, serta variasi *liquid per solid*. Penggunaan kolom *fixed bed* bertujuan untuk melakukan penelitian yang meniru kondisi alam di lapangan, dimana air hujan akan turun menyerap kedalam tanah dan melarutkan logam kadmium pada kondisi alam yang asam. Semakin banyak curah hujan menandakan semakin tinggi air yang mengalir area tanah tersebut. Sehingga berpotensi mencemari lingkungan sekitar, hal ini dapat dilihat dengan adanya banyak tumbuhan mati di sekitar area bekas penambangan batubara.

Karakteristik Tanah dan *Biochar*

Dari analisa lapangan dan analisa laboratorium, tanah bekas penambangan batubara yang terletak di Kecamatan Sungai Buluh Kabupaten Batanghari, dari analisa langsung di lapangan tanah memiliki ciri-ciri berwarna merah kekuningan dan termasuk jenis tanah ultisol. Hal ini di dukung oleh pernyataan Paiman, A. (2010) mengenai jenis tanah di Kabupaten Batanghari, menyatakan bahwa jenis tanah yang berada di Desa Teranta Baru dan Bulian Baru Kabupaten Batanghari merupakan tanah jenis podsolik merah kuning (ultisol). Serta memiliki kerapatan tanah sebesar $1,3 \text{ kg/m}^3$ dan derajat keasaman (pH) sebesar 4,9, keasaman tanah secara fisik di lapangan ditandai dengan tidak adanya tumbuhan yang hidup di atasnya. Berdasarkan hasil percobaan preparasi sampel tanah di dapat butiran tanah dengan ukuran 20 mesh dan memiliki kadar air di dalamnya sebanyak 10%.

Berdasarkan hasil percobaan pembuatan *biochar* dari batu bara *lignite* didapatkan serbuk halus berukuran 10 mesh. Hal ini di tujukan karena efisiensi penyerapan adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Penyerapan akan semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas pori pada adsorben, sehingga ion-ion akan lebih banyak terserap pada permukaan biosorben tersebut (Lonappan, L, dkk., 2016). Kecilnya luas area pada *biochar* yang menandakan banyak pori dan luas pori dapat dilihat pada morfologi *biochar* yang telah di analisa menggunakan SEM seperti pada gambar 4.1. Derajat keasaman (pH) pada *biochar* setelah di ukur memiliki kadar sebesar 7,9, hal ini menunjukkan bahwa *biochar* dari batubara muda (*lignite*) bersifat basa.



Gambar 4. Morfologi Permukaan *Biochar* (a).Perbesaran 150 K X(b). Perbesaran 500 K X

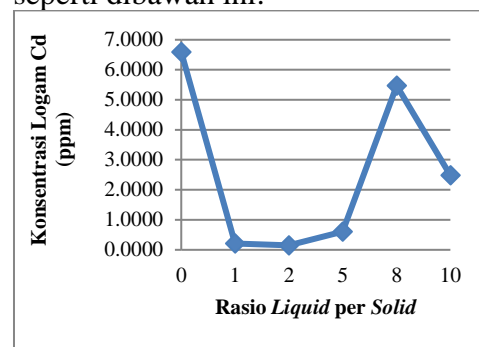
Sumber: Hasil analisa SEM

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *methylene blue*, dapat diukur *Surface area* pada *biochar* dengan hasil $9,20 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$. Hal ini menandakan semakin kecil luas area maka semakin besar pori pada *biochar*, sehingga kemampuan penyerapan logam oleh *biochar* semakin besar. Hal ini didukung dengan hasil penelitian menggunakan *methylen blue* didalam air oleh Loppan, L, dkk (2016), dimana *biochar* dari pohon pinus memiliki kemampuan penyerapan yang baik dengan luas area yang kecil yakni $198.03 \pm 11.5 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ jika dibandingkan dengan *biochar* dari kotoran babi dan kertas bekas dengan luas area secara berturut-turut $346.97 \pm 18.4 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$ dan $310.82 \pm 21.0 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$.

Penurunan Logam Kadmium (Cd) oleh *Biochar* dari Batubara *Lignite*

Uji ini merupakan uji yang dilakukan untuk menguji kemampuan

penyerapan logam kadmium oleh *biochar* berbahan baku batubara *lignite*. Dari hasil analisa didapat pada rasio L/S ke-0 konsentrasi larutan *Cadmium Sulfate hydrate* 6,5900 ppm, konsentrasi ini dijadikan sebagai patokan awal atau pembanding penurunan logam kadmium dengan pH 4,7. Rasio L/S ke-0 diartikan sebagai belum adanya *liquid* yang melalui *solid* pada unggun kolom *Fixed Bed Sorptio*. Berdasarkan hasil analisa maka dibuatlah grafik yang menggambarkan penurunan logam kadmium oleh *biochar* seperti dibawah ini:



Gambar 5. Besar Penurunan Konsentrasi Logam Kadmium oleh *Biochar*

Hasil analisa menunjukkan bahwa *biochar* mampu menurunkan kadar logam kadmium dari konsentrasi 6,5900 ppm ke 0,2120 ppm. Kondisi optimal penyerapan logam kadmium pada rasio ke-2 dengan sisa logam kadmium sebesar 0,1490 ppm, sehingga menghasilkan efisiensi penyerapan 97,7390%. Pada rasio ke-5, konsentrasi akhir logam kadmium mengalami peningkatan hingga rasio ke-8 sebesar 5,4700 ppm sehingga mengakibatkan penurunan efisiensi penyerapan logam. Hal ini dapat disebabkan oleh logam kadmium yang terkandung pada *biochar* ikut larut didalam larutan, sehingga logam kadmium terakumulasi keluar kolom. Hal ini didukung oleh pernyataan Nur (2013) yang menyatakan bahwa logam kadmium mudah larut pada kondisi asam, atau *biochar* pada kondisi ini telah mengalami kejenuhan dalam menyerap logam kadmium yang diakibatkan pengendapan dipermukaan pori dan melepasnya dalam

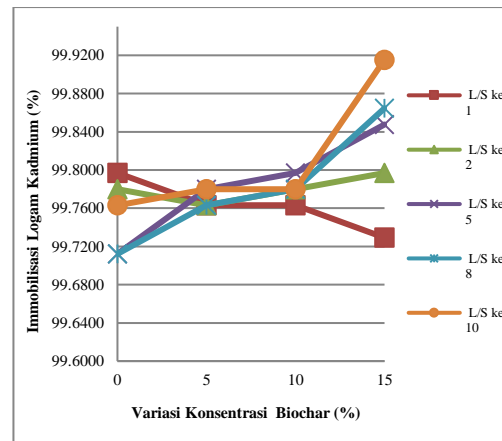
bentuk basa. Namun pada rasio ke-10 mengalami penurunan konsentrasi akhir kembali yakni sebesar 2,4800 pmm, pada rasio ini kembali terjadi peningkatan efisiensi. Hal ini dapat di sebabkan oleh adanya ion-ion pada *biochar* bergantian dalam mengikat logam Kadmium serta pori-pori pada *biochar* kembali mampu menyerap logam.

Hasil Analisa:

Penentuan kadar logam kadmium (Cd) dengan variasi konsentrasi *biochar* 0%, 5%, 10%, dan 15% yang dilakukan pada alat kolom *fixed bed* pada kondisi asam dan di analisis menggunakan alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Hasil dari selisih antara penurunan konsentrasi logam kadmium dengan konsentrasi logam kadmium total pada sampel tanah awal di pengaruhi oleh variasi konsentrasi *biochar*, sehingga dapat dihasilkan besaran immobilisasi logam kadmium.

Pengaruh Variasi Konsentrasi *Biochar* terhadap Immobilisasi Logam Kadmium (Cd)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di dapat kandungan logam kadmium didalam tanah yang semula 1,9690 mg/Kg telah mengalami penurunan kadar logam kadmium sejak variasi konsentrasi 0% *biochar*, dimana seharusnya pada variasi ini logam dapat termobilisasi keluar atau larut dalam kondisi air asam. Namun, hal ini dapat diakibatkan kondisi tanah pada kolom memiliki kerapatan yang tinggi. Perlakuan pada tinggi unggun kolom 10 cm secara signifikan mampu mengimmobilisasi logam kadmium di dalam tanah, faktor keasaman larutan HCL yang dialirkan pada pH 4,7 memberi peranan penting dikarenakan logam kadmium akan baik larut pada kondisi asam (Nur, 2013).



Gambar 6. Pengaruh Variasi Konsentrasi *Biochar* terhadap persentasi Immobilisasi Logam Kadmium (Cd)

Pada rasio ke-1 didapat besar penurunan logam pada variasi konsentrasi *biochar* 0% dengan efisiensi immobilisasi logam kadmium sebesar 99,7969 %, penambahan *biochar* sebanyak 5%, 10% dan 15% mengalami penurunan yang besar jika di dibandingkan dengan variasi 0% *biochar* pada tanah yang dapat di lihat pada gambar 4.3. Hasil yang diperoleh tidak berbanding lurus dengan penambahan jumlah *biochar*, dikarenakan pada variasi konsentrasi *biochar* 0%, tanah bekas penambangan batubara yang tidak ditambahkan *biochar* menyebabkan kepadatan dan struktur tanah yang digunakan di laboratorium masih sama dengan kondisi di lapangan. Sehingga pada saat dialirkan larutan HCl dengan pH 4,7 tidak mampu meningkatkan kemampuan mobilisasi logam kadmium (Cd) untuk keluar dari tanah tersebut. Sedangkan untuk variasi konsentrasi *biochar* 5%, 10%, dan 15% mengalami perlakuan awal pada tanah yang ditambahkan dengan dua lapisan *biochar*, dan mengubah kepadatan dan struktur tanah tersebut, sehingga larutan HCl dengan pH 4,7 yang dialirkan mampu memobilisasi logam kadmium (Cd) yang terkandung di dalam tanah tersebut.

Berdasarkan hasil analisa pada rasio ke-2 kinerja dari *biochar* memiliki peranan positif dalam mengimmobilisasi logam pada masing-masing variasi, hanya

saja pada variasi 5% terjadi penurunan besaran immobilisasi logam kadmium pada variasi *biochar* 0 ke variasi 5%, hal ini dapat dikarenakan pada variasi 5% *biochar* belum optimal dalam menyerap logam yang dapat disebabkan oleh kondisi kerapatan pada kolom karena pada penelitian ini tidak dilakukan pengukuran kerapatan pada kolom ataupun logam kadmium yang berasal dari *biochar* masih terikut larut keluar, sehingga mengalami penurunan besaran immobilisasi logam kadmium. Namun pada variasi *biochar* 10% belum terlihat secara nyata penyerapan logam kadmium, dikarenakan hasil besaran analisa sama jika di bandingkan dengan variasi *biochar* 0%. Immobilisasi logam kadmium baru terlihat pada variasi *biochar* 15% sebesar 1,9650 ppm, walaupun tidak mengalami kenaikan yang signifikan namun proses penyerapan logam kadmium mulai terlihat pada pemberian jumlah *biochar* 15%.

Kenaikan kemampuan penyerapan atau pengimmobilisasian logam kadmium pada tanah berbanding lurus dengan penambahan *biochar* baru terlihat pada rasio ke- 5, ke-8, dan ke-10. Dari analisa di atas didapat titik optimal berapa pada *biochar* 15% dengan persentasi immobilisasi sebesar 99,8307%. Hal ini sesuai seperti yang di kemukan Fellet dkk (2011) dalam penelitiannya yang menggunakan *biochar* dari sampah kebun dengan variasi konsentasi *biochar* 0%, 1%, 5%, dan 10%, menyatakan bahwa semakin banyak jumlah *biochar* yang di tambahkan maka akan semakin tinggi penyerapan logam kadmium. Dari analisa dia atas, dapat dilihat pemanfaatan *biochar* dari batubara muda (*lignite*) dapat di gunakan sebagai media pengimmobilisasian logam kadmium pada tanah ultisol. Hal ini senada dengan penggunaan *biochar* dari jerami padi sebagai media pengimmobilisasian logam kadmium pada tanah ultisol (Jiang dkk., 2012). Faktor peningkatan persentasi immobilisasi logam kadmium dapat di sebabkan oleh semakin tinggi jumlah *biochar*, maka semakin tingi

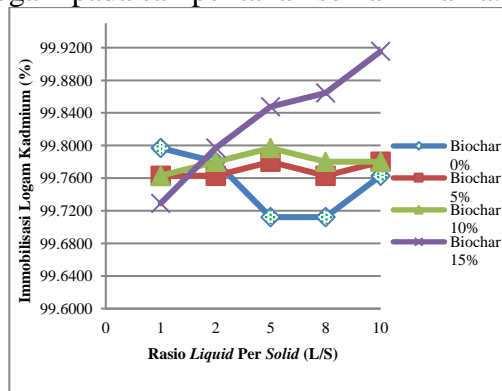
pula jumlah pori pada *biochar* yang mampu menyerap logam kadmium pada tanah. Hal ini didukung oleh Lonappan dkk (2016) dalam penelitiannya mengenai uji sorpsi pada *biochar* dari bahan kayu menyatakan bahwa semakin besar pori pada adsorben maka semakin meningkat proses penyerapan logam.

Pengaruh Variasi Rasio *Liquid Per Solid* terhadap Immobilisasi Logam Kadmium (Cd)

Metode Immobilisasi logam kadmium (Cd) yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan memvariasikan rasio *Liquid per Solid* (L/S) yang di gunakan sebagai pengganti laju alir, dikarenakan pada peneltian ini laju alir tidak dapat di ukur. Pada penelitian ini L/S yang digunakan merupakan perbandingan antara volume air yang dialirkan dengan volume tanah yang digunakan pada kolom. Tanah yang digunakan sebanyak 235 gram dan diletakkan di dalam kolom, sehingga membentuk unggun kolom dengan ketinggian 10 cm dengan volume tanah 180 cm³. Rasio *Liquid per Solid* (L/S) yang menjadi variasi pada penelitian ini adalah rasio 1:1, 2:1, 5:1, 8:1, dan 10:1. Pada rasio L/S 1:1, dapat diartikan bahwa air yang dialirkan pada kolom sebanding dengan tanah yang digunakan yaitu sebesar 180 ml. Sedangkan untuk rasio 2:1, 3:1, 5:1, 8:1, dan 10:1 air yang dialirkan yaitu 180 ml dikali sebanyak perbandingan rasionya masing-masing.

Pada penelitian ini kolom dilewatkan dengan menggunakan larutan asam agar dapat melarutkan logam hingga mudah berinteraksi di dalam unggun kolom. Hasil ini dijadikan konsentrasi kontrol untuk menghitung besaran immobilisai logam kadmium. Kadar logam pada tanah sebelum dialirkan larutan asam memiliki konsentrasi 1.960 mg/Kg. Pembahasan dilakukan dengan memperhatikan peningkatan immobilisasi logam kadmium pada setiap peningkatan rasio *liquid per solid*, semakin tinggi rasio

liquid per solid maka semakin tinggi kemampuan immobilisasi logam kadmium. Hal ini diakibatkan dengan adanya waktu kontak antara *biochar* dan logam pada sampel tanah semakin lama.



Gambar 7. Pengaruh Variasi *Liquid per Solid* (L/S) terhadap Immobilisasi Logam Kadmium (Cd)

Pada penambahan *biochar* 0%, didapat bahwa immobilisasi logam kadmium sangat besar pada rasio pertama serta terus mengalami penurunan pada rasio ke-2 hingga rasio ke-8. Hal ini disebabkan oleh belum adanya bahan penyerap yang masuk dan lamanya waktu kontak antara logam kadmium dan larutan asam, maka semakin larut logam kadmium yang terkandung di dalam tanah. Dari hasil analisa menandakan bahwa larutan asam dengan pH 4,7 mampu melarutkan logam kadmium pada tanah sesuai dengan pernyataan Nur (2013) menyatakan bahwa logam kadmium akan baik larut pada kondisi asam. Namun pada rasio ke-10 immobilisasi mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh mobilisasi logam pada kolom menurun dimana dapat disebabkan oleh kondisi asam pada larutan memiliki kemampuan optimum dalam melarutkan logam, atau dapat disebabkan logam kadmium pada tanah telah mengalami pengurangan yang diakibatkan telah larut pada rasio sebelumnya. Dari hasil di atas dapat dilihat bahwa logam mengalami mobilisasi ke lingkungan pada kondisi asam.

Berdasarkan hasil analisa pada penambahan *biochar* 5% dengan variasi L/S 1, 2, 5, 8, dan 10 dapat dilihat bahwa,

logam kadmium mengalami penurunan yang mengakibatkan kenaikan nilai persentase immobilisasi logam. Pada penambahan 5% *biochar* di dapat nilai optimal pada rasio ke 5 dengan besaran immobilisasi 1,9257 mg/Kg serta efisiensi 99,7799%. Hanya saja mengalami penurunan pada rasio ke 8 hal ini dapat dikarenakan pada rasio ini logam kadmium larut secara optimal pada kondisi asam dan belum mampu ditahan oleh *biochar* atau waktu kontak yang lama memungkinkan difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih banyak. Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Khasanah, 2009). Perlakuan pada kolom *fixed bed sorption* dapat mempengaruhi pengukuran immobilisasi logam kadmium. Pertama dapat disebabkan oleh adanya dua lapisan *biochar* dengan kerapatan unggun kolom yang tinggi, sehingga ion logam kadmium pada rasio sebelumnya terhambat untuk keluar unggun sehingga pada rasio ini ion logam kadmium baru bisa melalui unggun kolom tersebut. Kedua dapat disebabkan pada proses pengambilan sampel dimana tercampurnya hasil pada rasio ke 7 dengan rasio ke 8, hal ini yang mengakibatkan terakumulasinya ion logam kadmium pada hasil aliran. Namun pada rasio ke 10, immobilisasi logam kadmium mengalami kenaikan pada kondisi optimal, dikarenakan waktu kontak yang diakibatkan banyaknya *liquid* yang melewati padatan semakin besar sehingga interaksinya kembali meningkat yang diiringi pelepasan ikatan yang menempel pada *biochar* sehingga pori-pori kembali terbuka dan mampu kembali menyerap ion logam kadmium.

Besaran immobilisasi logam kadmium pada penambahan *biochar* 10% didapat nilai optimal pada rasio ke 5 dengan efisiensi immobilisasi sebesar 99,7969 %, yang menandakan bahwa *biochar* mampu menahan logam kadmium pada tanah. Peningkatan persentase

immobilisasi logam kadmium pada rasio L/S ke 5 ini disebabkan oleh peningkatan waktu kontak yang sebanding dengan peningkatan volume larutan yang melewati padatan unggun kolom. Hanya saja pada rasio ke 8 dan ke 10 immobilisasi logam mengalami penurunan hal ini dapat disebabkan kondisi asam semakin lama akan meningkatkan interaksi dan dapat melarutkan serta melepas endapan ikatan ion logam pada permukaan *biochar* yang semula terendap di permukaan dengan adanya akumulasi, *biochar* tidak mampu lagi menahannya. Faktor lain dapat disebabkan oleh kesalahan pada perlakuan pengambilan sampel hasil dimana tercampurnya hasil pada rasio ke-8 dengan rasio ke 7 serta rasio ke 9 tercampur kedalam rasio ke 10, hal ini dapat terjadi dikarenakan aliran asil bersifat kontinu dan pengukuran volume akhir dilakukan secara pengukuran manual.

Pada kondisi 15% penambahan *biochar* pada tanah didapat kemampuan sangat efektif dari kinerja *biochar* dalam mengimmobilisasi logam kadmium pada masing-masing peningkatan rasio, dimana mengalami kenaikan nilai immobilisasi logam kadmium hingga rasio ke 10 dengan nilai efisiensi penyerapan sebesar 99,9154 %. Hal ini dapat disebabkan oleh jumlah akumulasi *biochar* yang memadai sehingga mampu menyerap ion logam kadmium secara optimal. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ginting, dkk (2017) dengan menggunakan zeolit sebagai penyerap logam Pb pada air secara kontinu dengan rasio 1:1 dan 1:3 menggunakan kolom *fixed bed* menyatakan bahwa semakin besar rasio *liquid per solid* maka akan semakin menurun kadar logam atau semakin tinggi penyerapan logam.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Variasi penambahan jumlah *biochar* 0%, 5%, 10%, dan 15% pada lahan bekas

penambangan batubara memberikan hasil, semakin besar penambahan jumlah *biochar* pada tanah maka semakin besar nilai immobilisasi logam kadmium (Cd). Titik optimal pengimmobilisasian berada pada *biochar* 15% dengan nilai persentasi immobilisasi logam kadmium (Cd) sebesar 99,8307%.

2. Variasi rasio *liquid per solid* (L/S) 1, 2, 5, 8, dan 10 pada proses sorpsi pada lahan bekas penambangan batubara oleh *biochar* menghasilkan semakin tinggi rasio (L/S) maka semakin tinggi nilai immobilisasi logam kadmium (Cd). Titik optimal pengimmobilisasian berada pada rasio (L/S) ke-10 dengan nilai persentasi immobilisasi logam kadmium (Cd) sebesar 99,9154%.

Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya agar dapat melakukan analisa FTIR pada *biochar* dari batubara *lignite*, agar dapat mengetahui kandungan senyawa pada *biochar*. Dilakukan variasi tinggi unggun kolom serta variasi *layerbiochar* pada unggun kolom agar mengetahui pengaruhnya terhadap immobilisasi logam kadmium, serta pada penelitian selanjutnya dapat mengukur kandungan logam kadmium pada setiap titik sampel tanah agar diketahui titik yang dapat berpotensi besar terjadinya pencemaran logam kadmium.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, J. and Kumar, U. 2012. *Fixed Bed Column study for the Removal of Copper from Aquatic Environment by NCRH*. USA: Global journals. Vol 12. ISSN:2249-4596.
- Bangun. 2005. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen dan Organ Tubuh Ikan Sokang (Triacanthus Nieuhofti) di Perairan Ancol, Teluk Jakarta*. Bogor: Skripsi ITB.
- Beesley, L. and Marmiroli, M. 2011. *The immobilisation and retention*

- ofsoluble arsenic, cadmium and zinc by biochar*. Environ. 159: 474–480.
- Billah, M. 2010. *Kemampuan Batubara Dalam Menurunkan Kadar Logam Cr²⁺ Dan Fe²⁺ Dalam Limbah Industri Baja*. Jawa Timur: UPNV. Jurnal penelitian Ilmu Teknik. 10: 48-56.
- Ellina, S. P, dan Festri, I. 2014. *Studi Dampak Arsen (As) dan Kadmium (Cd) Terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan*. Jurnal Teknik POMITS. 3: 2337-3539 .
- Environmental Protection Agency. 2017. *Validated test method 1316: liquid-solid partitioning as a function of liquid-to-solid ratio in solid materials using a parallel batch procedure*. Hazardous Waste Test Methods. SW-846
- Febrina, L. dan Ayuna, A. 2015. *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. Jurnal Teknologi. 7 (1): 39-40.
- Fellet, G., Marchiol, L., Vedove, D., Peressotti, A. 2011. *Application of biochar on mine tailings: effects and perspectives for land reclamation*. Chemosphere, 83, 1262–1297 .
- Ginting, S. B., Syukur, S. D., Yuliana, Y. 2017. *Kombinasi Adsorben Biji Kelor - Zeolit Alam Lampung untuk Meningkatkan Efektivitas Penjerapan Logam Pb dalam Air secara Kontinu pada Kolom Fixed Bed Adsorber*. Jurnal Rekayasa Proses. 11:1-11.
- Goenadi, D. H dan Santi, L. P. 2017. *Kontroversi Aplikasi dan Standar Mutu Biochar*. Bogor: Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia. ISSN:1907-0799
- Hidayat, B. 2015. *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan Biochar*. Jurnal pertanian Tropik. 2: 31-41.
- Jiang, J., Xu, R. K., Jiang, T. Y., Li, Z. 2012. *Immobilization of Cu(II), Pb(II) and Cd(II) by the addition of rice straw derived biochar to a simulated polluted Ultisol*. Hazard. 229–230.
- Khasanah. 2009. *Adsorpsi Logam Berat*. Oseana
- Kaya, A. dan Yukselen, Y. 2008. *Suitability of the Methylene Blue Test for Surface Area, Cation Exchange Capacity and Swell Potential Determination of Clayey Soils*. USA: Engineering Geology. 102: 38-45.
- Lonappan, L., Rouissi., Das, R. K., Brar, S, K., Ramirez, A., Verma, M., Surampalli., Valero, J, R. 2016. *Adsorption of Methylene Blue on Biochar Microparticle Derived from Different waste Materials*. Elsevier. 0956-053.
- Lu, H., Zhang, W., Yang, Y., Huang, X., Wang, S., Qiu, R. 2012. *Relative distribution of Pb²⁺ sorption mechanisms by sludge derived biochar*. Wat Res 46:854–862.
- MEN LH. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut*. Jakarta: Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Notohadiprawiro T, 2006. *Logam Berat Dalam Pertanian*. Seminar di PPKS, Medan 28 Agustus 1993, direpro. Jurusan Ilmu Tanah Gajah Mada.

- Nur, F. 2013. *Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd)*. Biogenesis. ISSN: 2302-1616, 1: 74-83.
- Paiman, A. 2010. *Kajian Karakteristik Fisik Lahan Untuk Pengembangan Agribisnis Melinjo Dan Karet Di Provinsi Jambi*. Jurnal Agronomi 10(2): 119-126.
- Paz-Ferreiro, J., Lu, H., Fu, S., Mendez, A., Gasco, G. 2013. *Use of phytoremediation and biochar to remediate heavy metal polluted soils: a review*. Solit Ert. 5: 65-75.
- Purnama, H., Purnamayanti, R., Hendri, J. 2016. *Karakteristik Kimia Tanah Lahan Reklamasi Tambang Batubara di Provinsi Jambi*. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP), Jambi.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1993. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan*. Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Suhada, D. I., Triono, U., Priono, M., Rizki, M. 2015. *Penyelidikan Batubara Daerah Batusawar dan Sekitarnya, Kabupaten Tebo dan Batanghari, Provinsi Jambi*. Jambi: Pusat Sumber Daya Geologi.
- Tata Ruang dan Pertanahan. 2015. *Bekas Tambang Batubara Terlantar*. Jambi: (www.tataruangpertanahan.com/kli ping, diakses 20 April 2018)
- Trayball, 1981. *Physical Chemistry*. USA: Companies Inc.
- Uchimiya, M., Lima, I. M., Klasson, K. T., Wartelle, L. H. 2010. *Contaminant immobilization and nutrient release by biochar soilamendment: roles of natural organic matter*. Chemosphere. 80: 935-940.
- Verheijen, F., Jeffery, S., Bastos A., Van der velde, M., Diafas, I. 2010. *Biochar application to soils*. Europa: JRC Scientific And Tecnic Report.
- Wahana Lingkungan Hidup Jambi dan Jaringan Advokasi Tambang. 2015. *Ancaman Bahaya Air Tambang Batubara*. Jambi: (www.jatam.org, diakses 28 September 2018)