

PEMANFAATAN SERBUK KAYU MERANTI MENJADI KARBON AKTIF UNTUK PENURUNAN KADAR BESI (Fe), MANGAN (Mn) DAN KONDISI pH PADA AIR ASAM TAMBANG

Muhammad Busyairi¹, Firlina², Edhi Sarwono³, Saryadi⁴

¹⁾²⁾³⁾⁴⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

Kampus Gunung Kelua, Jl. Sambaliung, No. 09, Samarinda, 75119

Email: busyairi22@gmail.com

Abstrak

Air asam tambang atau acid mine drainage merupakan air yang terbentuk di lokasi penambangan batubara dengan nilai pH yang rendah ($pH < 4$). Adsorben yang berasal dari serbuk kayu dapat digunakan untuk pengolahan air asam tambang dengan parameter Fe, Mn, dan pH. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas adsorpsi optimum dan efisiensi logam Fe dan Mn, serta perubahan kondisi pH limbah cair air asam tambang. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental deskriptif. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit serta variasi ukuran adsorben 80 mesh dan 100 mesh. Variabel terikat adalah air asam tambang dengan parameter logam berat Besi (Fe), Mangan (Mn), serta pH. Variabel Kontrol suhu karbonisasi 600°C , larutan KOH 1M, kecepatan pengadukan 100 rpm. Percobaan dengan menggunakan jar test secara batch. Konsentrasi awal limbah air asam tambang yaitu Fe=15,47 mg/L, Mn=10,72 mg/L dan pH=3,10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju penurunan kadar logam besi (Fe) optimum pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 3.091 mg/L dan penurunan kadar logam mangan (Mn) optimum pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 1.992 mg/L.

Kata kunci: adsorpsi, logam berat, serbuk kayu

Abstract

Acid mine drainage is water formed in the mining area, characterized by a low pH value (< 4). The adsorbent from wood powder can be used to treat acid mine drainage with parameters are Fe, Mn, and pH. The study of this research is to know the utilization of activated carbon of wood powder as adsorbent and to know the optimum adsorption capacity and efficiency of Fe and Mn metal, as well as changes in pH conditions of acid mine. The method used in this research is descriptive experimental. The independent variable in this study was the variation of contact time of 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, and 40 minutes and the variation of adsorbent size 80 mesh and 100 mesh. The dependent variable is acid mine water with heavy metal parameters Iron (Fe), Manganese (Mn), and pH. Variable Carbonization temperature control 600°C , 1M KOH, stirring speed 100 rpm. Concentration of acid mine waste water is Fe= 15.47 mg / L, Mn= 10.72 mg / L and pH = 3.10. The results of this study showed that the optimum contact time for iron (Fe) metal content to decrease was at 40 minutes contact time with 100 mesh adsorbent and size variation of 3,091 mg / L. Meanwhile, the decrease in Manganese (Mn) metal content at 40 minutes contact time with 100 mesh adsorbent and size variation is 1,992 mg / L.

Keywords : adsorption, heavy metal, wood powder

1. PENDAHULUAN

Pertambangan batubara, terdapat dua tipe sistem yaitu, pertambangan terbuka (*open pit mining*) dan pertambangan bawah tanah (*underground mining*) yang dapat menyebabkan terlepasnya unsur-unsur kimia tertentu yang menghasilkan air buangan bersifat asam (Afrianty dkk., 2012). Air asam tambang atau dalam bahasa asing disebut *Acid Mine Drainage* merupakan air yang terbentuk di lokasi penambangan dengan nilai pH yang rendah ($\text{pH} < 4$). Nilai pH yang rendah pada air asam tambang menyebabkan mudahnya logam-logam tertentu larut dalam air seperti Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Jika dialirkan ke sungai akan berdampak terhadap masyarakat yang tinggal disepanjang aliran sungai serta akan mengganggu biota yang hidup di darat juga biota di perairan. Oleh karena itu perairan umum harus diselamatkan (Irawan dkk., 2016).

Banyak metode yang dikembangkan untuk mengurangi kadar logam berat dalam perairan, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorben yang paling potensial adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon (Tandy dkk., 2012). Industri penggergajian kayu menghasilkan limbah berupa serbuk kayu dimana limbah serbuk kayu belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Limbah serbuk kayu meranti dapat dijadikan untuk bahan baku pembuatan karbon aktif karena kandungan karbon pada kayu meranti rata-rata lebih dari 60% (Sulistyo dan Fitriana, D, 2016).

Pengolahan air asam tambang saat ini menggunakan bahan kimia seperti kapur untuk menetralkan logam-logam air asam tambang. Metode ini kurang efisien karena membutuhkan biaya yang besar. Bahan alami seperti limbah organik serbuk kayu dapat dijadikan adsorben untuk penertal logam-logam pada air asam tambang. Keuntungan menggunakan adsorben alami pada proses adsorpsi yaitu selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis (Jalali dkk., 2002). Menurut penelitian terdahulu mengenai pengolahan pencemaran air metode adsorpsi banyak dilakukan dengan menggunakan adsorben karbon aktif, seperti penurunan ion Besi dan Mangan dengan serbuk kayu kamper (Mandasari dan Purnomo, 2016).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian menggunakan adsorben dari serbuk kayu meranti dengan variasi ukuran butir dan waktu kontak untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi logam Besi (Fe), Mangan (Mn) dan kondisi pH pada air asam tambang.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode experimental deskriptif. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit serta variasi ukuran adsorben 80 mesh dan 100 mesh. Variabel terikat adalah air asam tambang dengan parameter logam berat Besi (Fe), Mangan (Mn), serta pH. Variabel Kontrol suhu karbonisasi 600°C, larutan KOH 1M, kecepatan pengadukan 100 rpm.

2.1 Pembuatan Adsorben

Serbuk kayu dibersihkan dan dicuci menggunakan aquades lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 1 jam. Tujuan dari metode pengeringan yaitu selain untuk mengurangi kadar air tetapi juga dapat menghilangkan zat pengotor pada serbuk kayu. Selanjutnya serbuk kayu dikarbonisasi dengan suhu 600°C selama 2 jam menggunakan *furnace* dengan tujuan agar karbon tetap terjaga dan tidak menjadi abu. Setelah karbonisasi, diperoleh arang sebanyak sebanyak 500 gram dan dilanjutkan dengan tahap pengayakan arang dengan ukuran 80 mesh dan 100 mesh.

Arang yang diperoleh dengan ukuran yang diinginkan selanjutnya diaktivasi kimia menggunakan aktivator Kalium Hidroksida (KOH). Tujuannya yaitu untuk menghilangkan zat pengotor yang melapisi permukaan arang dengan ion OH⁻ agar porositas dapat ditingkatkan. Ukuran arang dibagi dua yaitu 150 gram ukuran 80 mesh dan 150 gram ukuran 100 mesh. Aktivasi dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* dan *hot plate* selama 15 menit. Kemudian arang diendapkan selama 24 jam. Selanjutnya arang dicuci menggunakan aquadest agar mineral sisa karbonisasi terlarut. Untuk nilai pH awal dari karbon aktif serbuk kayu setelah diaktivasi kimia cenderung basa yaitu 14. Sehingga perlu pencucian hingga pH netral yaitu 7,5. Setelah pencucian karbon aktif dioven untuk mengurangi kadar air dengan suhu 110°C selama 2 jam.

2.2 Percobaan dengan *Jar Test secara Batch*

Percobaan dengan metode *batch* dilakukan dengan menggunakan variasi ukuran adsorben yaitu 80 mesh dan 100 mesh dan variasi waktu kontak 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit. Air asam tambang sebanyak 200 ml dimasukkan ke dalam gelas beaker 500 ml, kemudian diaduk menggunakan *jar test* dengan pengadukan cepat 100 rpm. Diambil sample larutan menggunakan pipet tiap variasi kontak, sampel kemudian disaring dan selanjutnya dilakukan pengukuran parameter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kualitas Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu

Dilakukan pengujian kualitas adsorben karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia dengan karbon aktif serbuk kayu non-aktivasi kimia sebagai pembandingan yang meliputi:

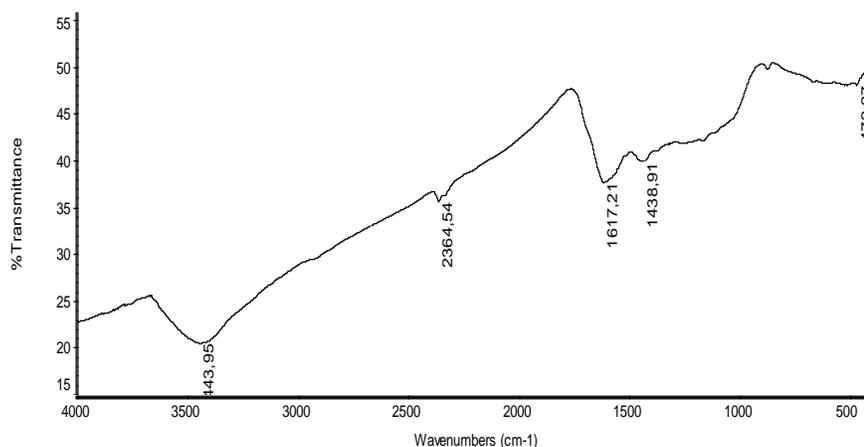
3.1.1. Uji Proksimat Arang

Berdasarkan hasil uji proksimat arang untuk kadar air adsorben non-aktivasi kimia 11.4141% dan 9.8125%, aktivasi kimia 8.2465% dan 8.5146 sehingga memenuhi SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis. Untuk kadar karbon terikat (*Fixed Carbon*) non-aktivasi kimia 40.7066% dan 41.6801%, aktivasi kimia 44.6801% dan 45.1411% sehingga tidak memenuhi SNI 06-3730-1995, diperkirakan karena tingginya kadar zat terbang dalam karbon aktif serbuk kayu non-aktivasi kimia dan karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia.

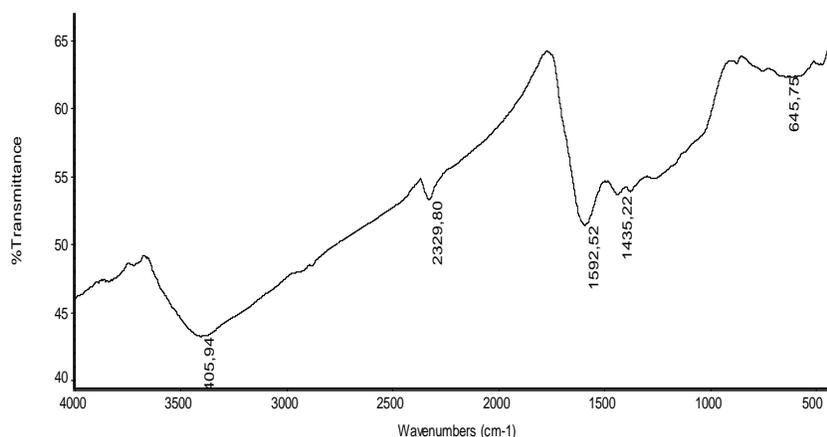
Setelah pengujian karbon terikat akan dilakukan pengujian luas permukaan dan gugus fungsi karena karbon terikat akan mempengaruhi kualitas karbon aktif. Makin tinggi nilai karbonnya, maka kualitas arang/material semakin meningkat Sedangkan luas permukaan dan gugus fungsi tidak mempengaruhi karbon terikat.

3.1.2 Uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Analisis *fourier transform infra red* (FTIR) dilakukan terhadap karbon aktif dengan ukuran 80 mesh dan ukuran 100 mesh sebagai adsorben. Hasil dari analisis FTIR untuk karbon aktif ukuran 80 mesh dan 100 mesh dapat untuk dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 secara berurutan.



Gambar 1. Hasil uji spektrum infra merah adsorben 80 Mesh



Gambar 2. Hasil uji spektrum infra merah adsorben 100 Mesh

Pergeseran bilangan gelombang yang terjadi pada spektrum FTIR karbon aktif dengan ukuran 80 mesh dan karbon aktif ukuran 100 mesh mengindikasikan terjadinya proses degradasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam serbuk kayu selama proses karbonisasi dan aktivasi kimia menggunakan KOH. Pita serapan yang menunjukkan vibrasi ulur O-H (gugus hidroksil) mengalami pergeseran bilangan gelombang dari $3424,68 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $3405,94 \text{ cm}^{-1}$ dan untuk pita serapan pada vibrasi C=C (gugus aromatik mengalami pergantian gugus fungsi menjadi vibrasi C≡N (nitril), serta untuk pita serapan yang menunjukkan vibrasi C-H (gugus alkil aromatik) mengalami pergantian gugus fungsi menjadi vibrasi C=C (gugus alkenil aromatik). Salah satunya yaitu muncul gugus C≡N (nitril) yang merupakan gugus basa lemah.

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa senyawa dari masing-masing jenis adsorben tersebut sesuai dengan struktur karbon aktif yang mengandung beberapa gugus fungsi yang dapat dijadikan sebagai gugus aktif untuk digunakan sebagai adsorben ion logam berat, khususnya gugus hidroksil.

3.1.3 Uji BET (Brunauer-Emmet-Teller) *Surface Area*

Berdasarkan hasil uji BET diperoleh luas permukaan area untuk karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia ukuran 80 mesh sebesar $13.5034 \text{ m}^2/\text{g}$ dan karbon aktif serbuk kayu aktivasi kimia ukuran 100 mesh sebesar $16.3763 \text{ m}^2/\text{g}$. Hasil uji BET pada penelitian ini sesuai penelitian sebelumnya bahwa dengan menambah luas adsorben maka akan memperbesar luas permukaan.

3.2 Hasil Adsorpsi Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia

Proses adsorpsi logam Fe dan Mn dilakukan menggunakan adsorben karbon aktif serbuk kayu yang telah diaktivasi secara kimia. Variasi yang digunakan dalam proses adsorpsi yaitu variasi adsorben dan waktu kontak. Pengaruh variasi adsorben dan waktu kontak terhadap konsentrasi logam Fe dapat dilihat pada Tabel 1 dan pada logam Mn dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Pengaruh Variasi Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Logam Fe

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Fe (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)
			Ulang 1	Ulang 2	
80 mesh	15.470	10	0.169	0.171	0.170
		20	0.178	0.172	0.175
		30	0.052	0.047	0.049
		40	0.049	0.035	0.042
100 mesh		10	0.156	0.122	0.139
		20	0.092	0.070	0.081
		30	0.045	0.022	0.033
		40	0.027	0.001	0.014

Penurunan konsentrasi logam Fe terbesar pada variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada menit ke-40 dengan konsentrasi Fe sebesar 0,042 mg/L. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam Fe terkecil pada variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada waktu kontak 20 menit dengan konsentrasi Fe 0,175 mg/L. Terjadi peningkatan konsentrasi pada waktu kontak 20 menit dengan variasi ukuran adsorben 80 tersebut diperkirakan disebabkan oleh belum maksimalnya proses tumbukan antara partikel adsorbat dan adsorben sehingga menyebabkan molekul adsorbat terlepas kembali ke arus fluida.

Pada variasi ukuran adsorben 100 mesh penurunan konsentrasi logam Fe terbesar adalah pada menit ke-40 dengan konsentrasi Fe sebesar 0,014 mg/L. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam Fe terkecil pada variasi ukuran adsorben 100 mesh adalah pada waktu kontak 10 menit dengan konsentrasi Fe 0,139 mg/L. Terjadi peningkatan konsentrasi setiap waktu kontak.

Penurunan terbesar pada variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada menit ke-30 dengan konsentrasi mn sebesar 1.554 mg/l. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam mn terkecil pada

variasi ukuran adsorben 80 mesh adalah pada waktu kontak 10 menit dengan konsentrasi mn 2.042 mg/l.

Tabel 2. Pengaruh Variasi Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Konsentrasi Logam Mn

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Mn (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)
			Ulang 1	Ulang 2	
80 mesh	10.720	10	2.063	2.021	2.042
		20	1.852	1.695	1.773
		30	1.575	1.534	1.554
		40	1.584	1.546	1.564
Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Mn (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)
			Ulang 1	Ulang 2	
100 mesh	10.720	10	1.998	1.879	1.938
		20	1.466	1.298	1.382
		30	1.277	1.188	1.232
		40	0.834	0.685	0.759

Sumber: Data Primer, 2018

Pada ukuran adsorben variasi 100 mesh penurunan konsentrasi logam Mn terbesar terjadi pada menit ke-40 dengan konsentrasi Mn 0.759 mg/L. Sedangkan, penurunan konsentrasi logam Mn terkecil pada ukuran adsorben variasi 100 mesh terjadi pada waktu kontak 10 menit dengan konsentrasi Mn 1.938 mg/L.

Dalam Penelitian Wardhana dkk (2009) semakin kecil ukuran media karbon aktif, maka luas permukaan kontak antara karbon aktif dengan ion dalam logam berat semakin besar, sehingga makin banyak ion-ion yang tersisihkan. Selain itu menurut Syauqiyah dkk (2011) mengatakan Semakin lama waktu aduk, waktu kontak antara partikel logam dengan karbon aktif akan semakin lama. Sehingga kapasitas adsorpsi logam pada permukaan karbon aktif juga semakin meningkat.

3.3 Efisiensi Adsorpsi Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia

Proses adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif serbuk kayu yang telah diaktivasi secara kimia bertujuan untuk menurunkan konsentrasi logam besi (Fe) dan mangan (Mn). Efisiensi

adsorpsi logam Fe dapat dilihat pada Tabel 3 dan efisiensi adsorpsi logam Mn dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Efisiensi Adsorpsi Logam Fe

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Fe (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Fe Setelah Adsorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi (%)
			Ulang 1	Ulang 2		
80 mesh	15.470	10	0.169	0.171	0.170	98.901
		20	0.178	0.172	0.175	98.886
		30	0.052	0.047	0.049	99.680
		40	0.049	0.035	0.042	99.728
100 mesh		10	0.156	0.122	0.139	99.101
		20	0.092	0.070	0.081	99.476
		30	0.045	0.022	0.033	99.789
		40	0.027	0.001	0.014	99.909

Sumber: Data Primer, 2018

Tabel 4. Efisiensi Adsorpsi Logam Mn

Ukuran Adsorben	Konsentrasi Awal Mn (mg/L)	Waktu Kontak (Menit)	Konsentrasi Mn Setelah Adsorpsi		Rata Rata Konsentrasi Setelah Adsorpsi (mg/L)	Efisiensi Adsorpsi (%)
			Ulang 1	Ulang 2		
80 mesh	10.720	10	2.063	2.021	2.042	80.923
		20	1.852	1.695	1.773	83.460
		30	1.575	1.534	1.554	85.530
		40	1.584	1.546	1.564	85.401
100 mesh		10	1.998	1.879	1.938	81.921
		20	1.466	1.298	1.382	87.108
		30	1.277	1.188	1.232	88.507
		40	0.834	0.685	0.759	92.919

Sumber: Data Primer, 2018

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa nilai efisiensi adsorpsi konsentrasi logam Fe terbesar yaitu 99.909% pada waktu kontak 40 menit variasi ukuran adsorben 100 mesh. Angka ini merupakan efisiensi adsorpsi optimum untuk konsentrasi logam Fe. Sedangkan nilai efisiensi

adsorpsi terkecil terjadi pada menit ke-20 dengan variasi ukuran adsorben 80 mesh yaitu dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 98.886%.

Terjadi peningkatan dan penurunan efisiensi adsorpsi logam Fe ini disebabkan oleh permukaan adsorben sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat. Lemahnya ikatan antara adsorben dan adsorbat mengindikasikan bahwa jenis interaksi yang lebih dominan terjadi adalah interaksi secara fisik (adsorpsi fisika).

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai efisiensi adsorpsi konsentrasi logam Mn terbesar yaitu 92.919% pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh. Angka ini merupakan efisiensi adsorpsi optimum untuk konsentrasi logam Mn. Sedangkan nilai efisiensi adsorpsi terkecil terjadi pada menit ke-10 dengan variasi ukuran adsorben 80 mesh yaitu dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 80.923%.

Logam Fe lebih banyak yang teradsorpsi daripada logam Mn diperkirakan disebabkan karena afinitas dari logam Fe lebih besar jika dibandingkan dengan logam Mn. Daya afinitas merupakan kecenderungan suatu unsur atau senyawa untuk membentuk ikatan kimia dengan unsur atau senyawa lain. Hal ini diperkuat oleh deret afinitas logam menurut (Zakaria dkk., 2012).

3.4 Penentuan Isoterm dan Kapasitas Adsorpsi Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia

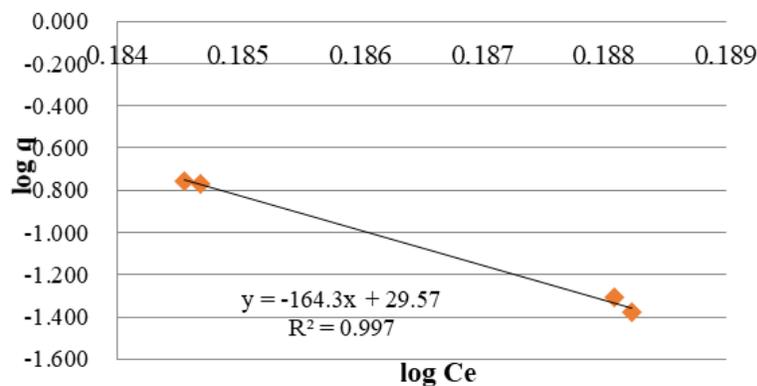
Pada proses adsorpsi telah banyak model adsorpsi dikembangkan, tetapi pengembangan model-model itu tidak lepas dari model adsorpsi yang umum digunakan yaitu model isoterm Freundlich dan Langmuir (Thcobanoglous dkk., 2003).

Model isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap *site* (Saadi dkk., 2015).

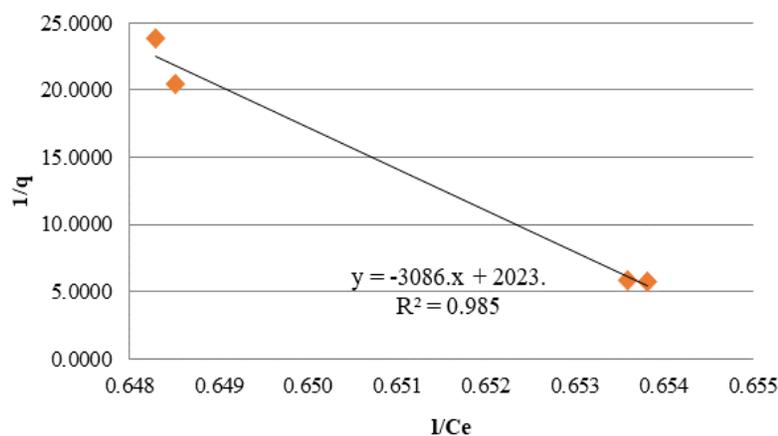
Model isoterm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben dan asumsi bahwa satu adsorbat berikatan dengan satu bagian pada adsorben dan seluruh bagian permukaan adsorben mempunyai daya tarik yang sama untuk adsorbat (Saadi dkk., 2015).

3.4.1 Isoterm Adsorpsi Logam Fe

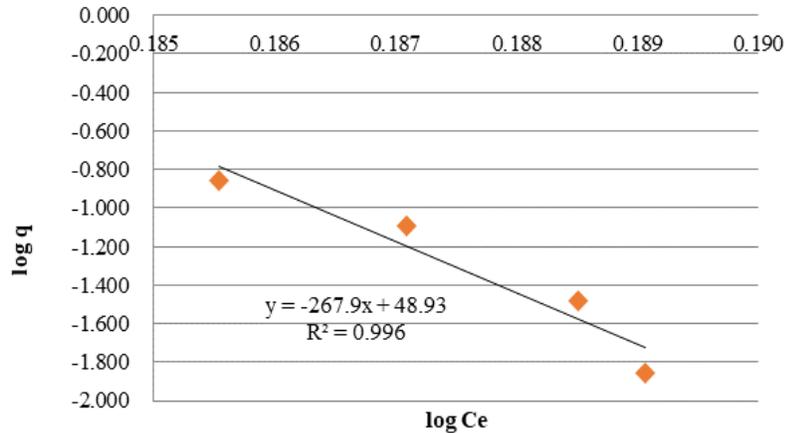
Model isoterm yang digunakan untuk mendeskripsikan proses adsorpsi logam Fe yaitu isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Dari kedua model isoterm tersebut kemudian ditentukan model isoterm yang lebih sesuai untuk bisa mendeskripsikan proses adsorpsi Fe. Grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Fe dengan ukuran adsorben 80 mesh dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 secara berurutan. Sementara itu, grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Fe dengan ukuran adsorben 100 mesh dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 secara berurutan.



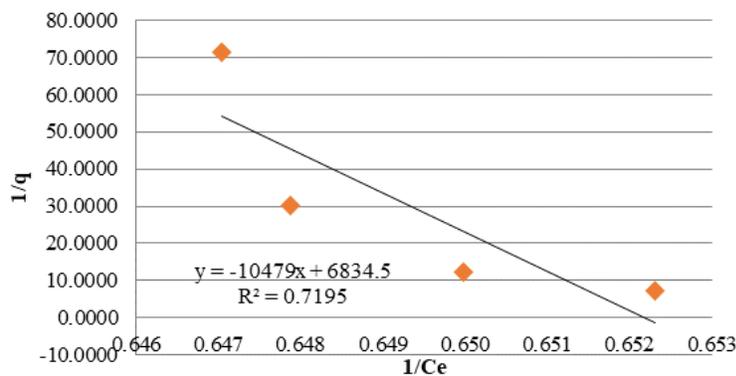
Gambar 3. Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Fe



Gambar 4. Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Fe



Gambar 5. Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsoben 100 Mesh untuk logam Fe



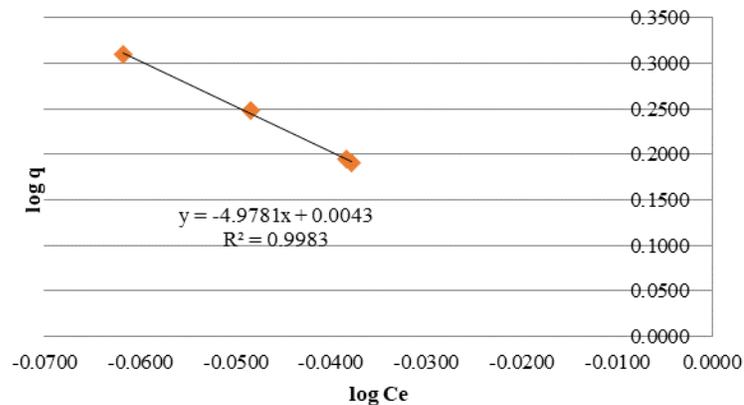
Gambar 6. Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsoben 100 Mesh untuk logam Fe

Berdasarkan penentuan isoterm pada adsorpsi logam Fe dengan variasi adsorben 80 mesh menggunakan model isoterm Freundlich dan Langmuir diperoleh nilai koefisien relasi (R^2) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,997 dan 0,985 secara beurutan. Untuk variasi adsorben 100 mesh diperoleh nilai koefisien relasi (R^2) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,926 dan 0,719 secara beurutan.

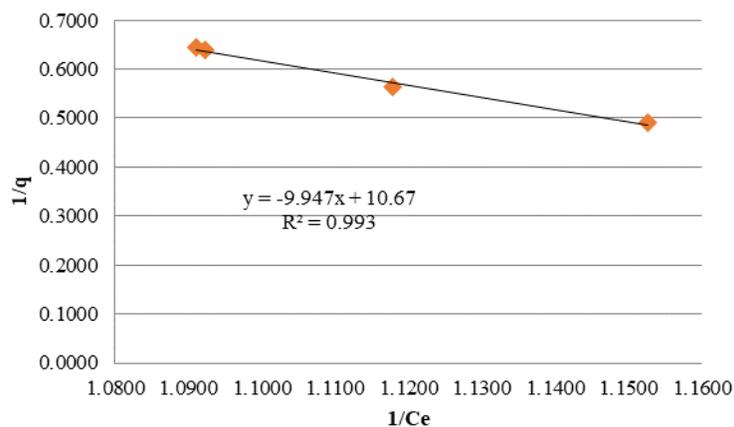
Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa nilai R^2 pada adsorben memiliki nilai yang mendekati 1 dengan model isoterm Freundlich. Nilai R^2 yang semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa proses adsorpsi dapat dimodelkan dengan isoterm adsorpsi (Mandasari, I dan Purnomo, A., 2016).

3.4.2 Isoterm Adsorpsi Logam Mn

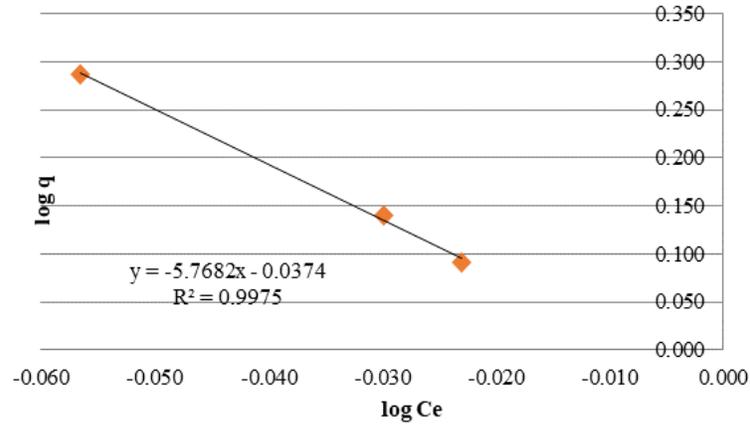
Model isoterm yang digunakan untuk mendeskripsikan proses adsorpsi logam Mn yaitu sama dengan proses adsorpsi logam Fe dengan menggunakan isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Dari kedua model isoterm tersebut kemudian ditentukan model isoterm yang lebih sesuai untuk bisa mendeskripsikan proses adsorpsi Mn. Grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Mn dengan ukuran adsorben 80 mesh dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 secara berurutan. Sementara itu, grafik isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir untuk logam Mn dengan ukuran adsorben 100 mesh dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10 secara berurutan.



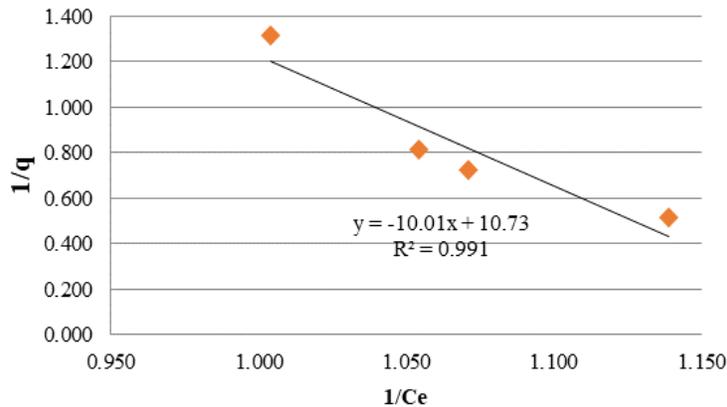
Gambar 7. Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Mn



Gambar 8. Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 80 Mesh untuk logam Mn



Gambar 9. Kurva Persamaan Freundlich Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 100 Mesh untuk logam Mn



Gambar 10. Kurva Persamaan Langmuir Adsorben Karbon Aktif Serbuk Kayu Aktivasi Kimia dengan Variasi Ukuran Adsorben 100 Mesh untuk logam Mn

Berdasarkan penentuan isoterm pada adsorpsi logam Mn dengan variasi adsorben 80 mesh menggunakan model isoterm Freundlich dan Langmuir diperoleh nilai koefisien relasi (R^2) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,998 dan 0,993. Untuk variasi adsorben 100 mesh diperoleh nilai koefisien relasi (R^2) untuk kedua model isoterm tersebut yaitu 0,997 dan 0,991.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa nilai R^2 pada adsorben memiliki nilai yang mendekati 1 dengan model isoterm Freundlich. Nilai R^2 yang semakin mendekati 1 menunjukkan bahwa proses adsorpsi dapat dimodelkan dengan isoterm adsorpsi (Mandasari, I dan Purnomo, A., 2016).

4. KESIMPULAN

Waktu kontak optimum penurunan kadar logam Besi (Fe) pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 3.091 mg/L. Sedangkan penurunan kadar logam Mangan (Mn) pada waktu kontak 40 menit dengan variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 1.992 mg/L.

Efisiensi optimum adsorben serbuk kayu meranti dalam penurunan kadar logam besi (Fe) pada variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 99.909%. Sedangkan efisiensi optimum adsorben serbuk kayu meranti dalam penurunan kadar logam mangan (Mn) pada variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 92.919%. Dengan menggunakan perhitungan persamaan isoterm, proses adsorpsi logam Fe dan Mn dengan variasi adsorben 80 mesh dan 100 mesh dapat dimodelkan menggunakan isoterm Freundlich.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianty, C., Gustin, L., dan Dewi, T.K. (2012). Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Menggunakan Teknologi Membran Keramik. *Jurnal Teknik Kimia*, 18 (3)
- Irawan, SN., Mahyudin, I., Razie, F., dan Susilawati, S. (2016). Kajian Penanggulangan Air Asam Tambang Pada Salah Satu Perusahaan Pemegang Ijin Usaha Pertambangan Di Desa Lemo Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah., *EnviroScience* 12 (1) .
- Jalali, R., Ghafurian, H., Davarpanah, S.J., dan Sepehr, S. (2002). Removal and Recovery of Lead Using Non Living Biomass of Marine Algae. *Journal of Hazardous Material*, B92, 253-262
- Mandasari, I dan Purnomo, A. (2016). Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Jurnal Teknik ITS* ,5 (1)
- Saadi, R., Saadi, Z., Fazeli, R., and Fard, N.E. (2015). Monolayer and multilayer adsorption isotherm models for sorption from aqueous media. *Korean J.Chem.Eng*, 32(5), pp. 787-799
- Standard Nasional Indonesia. (1995). SNI 06-3730-1995 : Arang Aktif Teknis. Badan Standarisasi Nasional.
- Sulistyo dan Fitriana, D. (2016). Aplikasi Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Jati Sebagai Adsorben Ion Logam Pb dan Analisis Menggunakan SPS. *Jurnal Kimia*, 1, (2).

- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, HA. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknik*, 12, (1).
- Tandy, E., Hasibuan, IF., dan Harahap, H. (2012). Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2).
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L. dan Stensel, H. D. (2003). Waste Water Engineering: Treatment and Reuse. *Metcalf & Eddy Inc., New York*
- Wardhana, I.W., Handayani, D.S dan Rahmawati, D.S. (2009). Penurunan Kandungan Phosphat Pada Limbah Cair Industri Pencucian Pakaian (Laundry) Menggunakan Karbon Aktif Dari Sampah Plastik Dengan Metode Batch Dan Kontinyu (Studi Kasus : Limbah Cair Industri Laundry Lumintu Tembalang, Semarang), 30 (2), pp. 119-127
- Zakaria, A., Rohaeti, E., Batubara, I., Sutisna dan Purwamargapratala, Y. (2012). Adsorpsi Cu (II) Menggunakan Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2012*