

**PEMANFAATAN BIOMASSA BATANG PISANG (*Musa paradisiaca*)
YANG TERIMMOBILKAN PADA ABU BATU BARA
SEBAGAI PENGADSORPSI ION LOGAM BESI (Fe)**

Saibun Sitorus¹, Otta Vianus²

¹Dosen Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Alumni Mahasiswa Program Studi Kimia Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok No.4 Kampus Gunung Kelua Samarinda 75123

Email : meinpensieve@gmail.com

Email: Ottavianus0707@gmail.com

Abstract

The using of banana stem biomass (*Musa paradisiaca*) was immobility at ash coal as an adsorb in metal ions iron (Fe) have been researched. The adsorption capacity determine of metal ions iron (Fe) used Isoterm Langmuir. The analysis of metal ions iron (Fe) by using spectrophotometer UV/Vis and characterization of functional group at biomass applies FTIR. The result of this research shows that banana stem biomass (*Musa paradisiaca*) was immobility at ash coal could adsorb metal ions iron (Fe). The optimum condition was achieved at the pH 5 (5,4196 mg/L), with optimum period of 60 minutes (5,4280 mg/L), proportion mass at 0,5:1 gram (5,5699 mg/L) and adsorption capacity of iron (Fe) (2,51004 mg/g). Functional groups in banana stem biomass (*Musa paradisiaca*) was immobility at ash coal as an adsorb in metal ions iron (Fe) be hydroxyl (-OH), carbonyl (-COO⁻), siloxane and silanol

Keywords : Biomass, *Musa paradisiaca*, ash coal, adsorption, metal ions iron (Fe)

Pendahuluan

Limbah cair sebagai hasil samping dari aktivitas industri sering menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Limbah cair tersebut mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun yang keberadaannya dalam perairan dapat menghalangi sinar matahari menembus lingkungan akuatik, sehingga mengganggu proses biologis yang terjadi di dalamnya (Widhianti, WD, 2010)

Hingga saat ini usaha untuk menanggulangi pencemaran lingkungan masih merupakan hal yang rumit dan mahal karena harus melewati berbagai tahapan yang kompleks, sehingga telah banyak penelitian dilaksanakan untuk mencari suatu solusi yang murah namun efektif dalam mengatasi masalah tersebut. Namun dalam kenyataannya selalu masih ada limbah yang dihasilkan dari suatu kegiatan industri dengan kandungan yang kompleks (Hidayatullah, 2002)

Batang pisang berpotensi digunakan sebagai adsorben. Hal ini disebabkan karena batang pisang banyak mengandung kadar hidrat arang atau karbon sekitar 49 gram tiap 100 gram berat kering batang pisang. Struktur karbon mengandung gugus fungsional polar yakni

gugus karboksil, hidroksil dan karbonil yang mampu melakukan interaksi dengan senyawa atau ion dalam media gas atau cair (Widhiati, I.A.G, 2012).

Biosorpsi menggunakan biomassa ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain ukurannya kecil, berat jenisnya rendah dan mudah rusak karena dekomposisi oleh mikroorganisme lain. Kesulitan ini dapat diatasi dengan melakukan imobilisasi untuk meningkatkan sifat fisis dan kimianya menggunakan abu batu bara (Pratiwi, N., 2009). Berdasarkan penjelasan di atas, peneliti tertarik untuk meneliti seberapa besar kapasitas adsorpsi ion logam besi (Fe) oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara yang dipengaruhi oleh waktu kontak, pH dan perbandingan massa dari biomassa batang pisang dan abu batu bara serta identifikasi gugus fungsionalnya

Metode

Batang pisang dicuci kemudian batang pisang yang sudah kering dihaluskan dengan menggunakan blender, diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Kemudian biomassa dicuci dengan HCl 0,1 N dan di sentrifuge pada 2800 rpm. Endapan di saring dan dicuci dengan aquadest. Kemudian untuk mengetahui apakah dalam biomassa batang pisang masih terdapat ion Cl^- , ditambahkan $AgNO_3$ kepada air cucian endapan. Kemudian endapan dikeringkan dalam oven pada suhu $60^\circ C$ selama 2 jam dan disimpan dalam desikator, kemudian disaring menggunakan saringan 200 mesh.

Abu batu bara di cuci dengan HCl 0,1 M beberapa kali untuk menghilangkan pengotor dan kemudian dicuci dengan aquadest. Kemudian abu batu bara ini dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu $60^\circ C$. Biomassa batang pisang dan abu batu bara yang telah siap di gunakan di analisis kadar proksimatnya. Sebanyak 1 gram biomassa batang pisang yang telah di preparasi dianalisis menggunakan alat TGA Analyzer LECO 701. Dilakukan hal yang sama untuk abu batu bara.

Biomassa batang pisang dan abu batu bara yang telah dipreparasi dan di analisis kadar proksimatnya kemudian digunakan sebagai pengadsorpsi ion logam besi (Fe) dengan menggunakan parameter variasi pH, waktu kontak, konsentrasi dan perbandingan massa. Variasi pH mulai pH 1, 2, 3, 4, 5 dan 6, variasi waktu kontak dimulai dari 15, 30, 45, 60, 90 dan 120 menit, variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80 dan 100 mg/L dan perbandingan massa biomassa batang pisang dan abu batu bara 0,5:0 ; 0,5; 0,5 ; 0,5:1 ; 0,5:1,5 dan 0,5:2 gram.

Pengolahan data dilakukan secara deskriptif yaitu dengan analisis data-data yang diperoleh, seperti identifikasi spektrum FTIR gugus fungsi ,membuat grafik hubungan antara pH, waktu kontak dan konsentrasi ion logam besi (Fe), perbandingan massa biomassa batang

pisang dan abu bara dengan daya adsorpsi terhadap logam ion logam besi (Fe) serta kurva linearitas Langmuir dalam adsorpsi ion logam besi (Fe) oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara

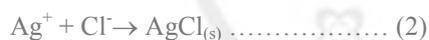
Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Preparasi Biomassa Batang Pisang

Biomassa dengan ukuran 200 mesh kemudian dicuci dengan HCl 0,1 N untuk menghilangkan pengotor dan melarutkan logam yang mungkin yang terdapat dalam biomassa yang mungkin dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Reaksi kimia yang terjadi :



Endapan disentrifuge pada 2800 rpm kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest berkali-kali hingga bersifat netral. Dimana kenetralannya diketahui dengan menambahkan AgNO_3 pada air pencucian, jika pada air cucian membentuk endapan putih, maka biomassa tersebut masih mengandung ion Cl^- , sedangkan jika pada air cucian tidak terbentuk endapan putih, maka dipastikan biomassa tidak mengandung ion Cl^- . Reaksi yang terjadi yaitu:



Setelah bersifat netral, maka endapan tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 2 jam dan disimpan dalam desikator, kemudian diayak kembali hingga lolos 200 mesh. Diayak dan biomassa yang telah siap digunakan kemudian di analisa kadar karbonnya dengan analisa proksimat menggunakan Thermogravimetri Analyzer (TGA) LECO 701.

Tabel 1 Hasil Uji Proksimat Biomassa Batang Pisang

No	Sifat yang diuji	% hasil
1	Kadar air	7,79
2	Kadar abu	6,09
3	Kadar yang menguap	38,92
4	Kadar karbon	47,20

2. Hasil Preparasi Biomassa Abu Batu Bara

Abu batu bara dicuci dengan HCl 0,1 N berkali-kali untuk menghilangkan pengotor dan melarutkan logam yang terdapat dalam abu batu bara tersebut. Dimana reaksi yang terjadi adalah:

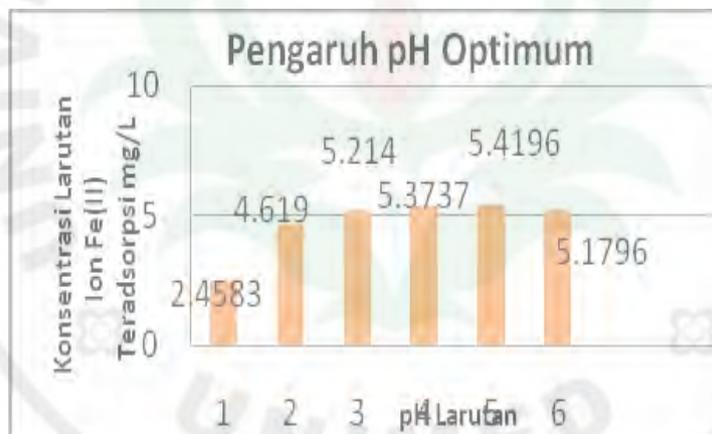


kemudian dicuci dengan aquadest berkali-kali dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 30 menit pada suhu 60°C. Abu batu bara yang telah siap digunakan kemudian di analisa kadar karbonnya dengan analisa proksimat menggunakan Thermogravimetri Analyzer (TGA) LECO 701

Tabel 2. Hasil Uji Proksimat Abu Batu Bara

No	Sifat yang diuji	% hasil
1	Kadar air	1,12
2	Kadar abu	97,25
3	Kadar yang menguap	1,45
4	Kadar karbon	0,18

3. Pengaruh Variasi pH Terhadap Adsorpsi Ion Logam Besi (Fe)



Gambar 1 Grafik hubungan variasi pH terhadap konsentrasi ion logam besi (Fe) teradsorpsi

Derajat keasaman (pH) memiliki pengaruh yang sangat besar dalam proses penjerapan logam oleh biomassa. pH akan mempengaruhi muatan situs aktif atau ion H^+ akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif yang terdapat dalam biomassa. Selain itu pH juga akan mempengaruhi spesies logam yang ada dalam larutan hingga akan mempengaruhi terjadinya interaksi ion logam dengan situs aktif adsorben Pratiwi, N.dkk. 2009. Dari gambar 1 terlihat jelas bahwa pH larutan sangat berpengaruh pada proses adsorpsi. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh kadar ion logam besi (Fe) yang teradsorpsi oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara, dimana terjadi adsorpsi logam dimulai pada pH 1 sebesar 2,4583 mg/L, pada pH 2 sebesar 4,6190 mg/L, pada pH 3 sebesar 5,2140 mg/L. pada pH 4 sebesar 5,3737 mg/L, pada pH 5 sebesar 5,4196 mg/L dan pada pH 6 Sebesar 5,1796 mg/L. Pada pH 5 daya adsorpsi meningkat sebesar 5,4196 mg/L dimana persentase daya adsorpsinya sebesar 54,20%. Hal ini dikarenakan pH mempengaruhi

muatan situs aktif, seperti gugus karboksil yang terdapat pada permukaan biomassa. Pada pH yang rendah (asam) mengakibatkan permukaan dinding sel biomassa bermuatan positif, sehingga memperkecil kemungkinannya untuk mengikat ion logam yang bermuatan positif, karena gugus karboksil cenderung bermuatan netral, dengan reaksi:



Sedangkan pada pH tinggi mengakibatkan permukaan dinding sel biomassa bermuatan negatif, sehingga gugus karboksil dapat mengikat kation logam lebih banyak. Pada umumnya, pengikatan kation logam semakin meningkat dengan meningkatnya pH, karena semakin banyak gugus R-COO^- biomassa yang bertindak sebagai ligan dalam pembentukan kompleks juga semakin banyak, dengan reaksi ;

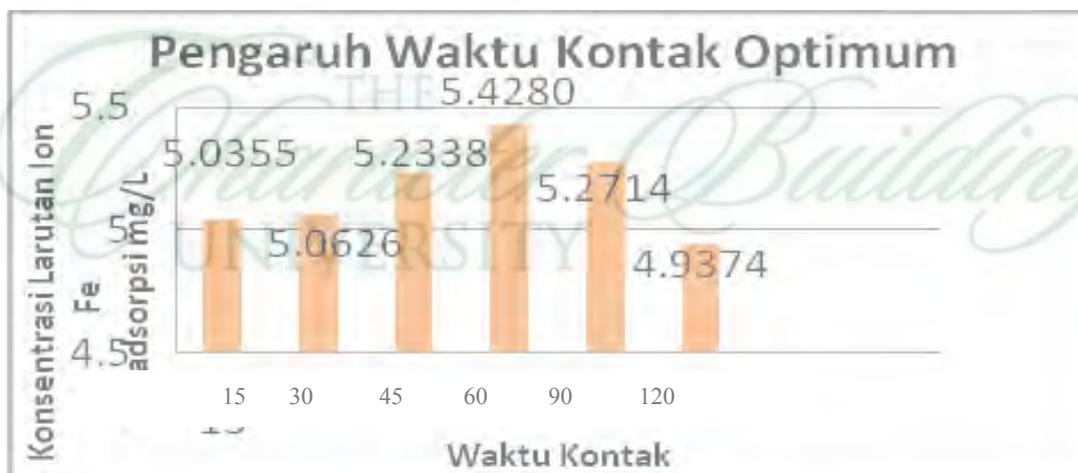


Adanya muatan negatif ini akan menimbulkan interaksi antara logam yang bermuatan positif dengan situs aktif pada permukaan dinding sel yang bermuatan negatif. Pada saat yang sama, logam permukaan akan berkompetisi dengan OH^- dalam mengikat kation logam, sehingga akan mengakibatkan terjadinya peningkatan adsorbs logam oleh biomassa (Hidayatullah, S., 2002). Ion-ion logam dalam larutan teradsorpsi oleh adsorben terlebih dulu mengalami hidrolisis, menghasilkan proton dan kompleks hidroksida logam seperti reaksi berikut:



Dimana M adalah logam berat bervalensi dua (Horsfall, A. & Spiff. 2004).

4. Pengaruh Variasi Waktu Kontak Optimum Terhadap Adsorpsi Ion Logam Besi (Fe)



Gambar 2 Grafik hubungan variasi pH terhadap konsentrasi ion logam besi (Fe) teradsorpsi

Dari gambar 2 dapat diketahui pengaruh waktu kontak terhadap daya adsorpsi biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara. Secara garis besar dapat dilihat bahwa pengaruh waktu kontak terhadap daya adsorpsi tidak berbeda jauh. Ini dikarenakan pH dari larutan sudah dikondisikan dengan menggunakan pH optimum yang diperoleh pada perlakuan sebelumnya. Pada waktu kontak 15 menit, biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara mampu mengadsorpsi ion logam besi (Fe) sebesar 5,0355 mg/L. Pada waktu kontak 30, 45, dan 60 menit terjadi peningkatan daya adsorpsi, biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara mengadsorpsi ion logam besi sebesar 5,0626 mg/L, 5,2338 mg/L dan 5,4280 mg/L yang merupakan waktu kontak optimum. Sedangkan pada waktu kontak 90 sampai 120 menit kemampuan adsorpsi biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara tersebut mengalami penurunan yaitu sebesar 5,2714 mg/L dan 4,9374 mg/L. Walaupun nilai penurunannya sangat kecil, hal ini menandakan biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara mengalami desorpsi yaitu melepaskan kembali ion logam besi (Fe) yang telah diadsorpsi karena telah mengalami kejenuhan oleh ion logam besi (Fe).

5. Pengaruh Perbandingan Massa Biomassa Batang Pisang dan Abu Batu Bara



Gambar 3. Grafik pengaruh variasi perbandingan massa biomassa batang pisang dan abu batu bara terhadap ion besi (Fe) teradsorpsi.

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa abu batu bara juga mampu menyerap ion logam. Abu batu bara adalah senyawa anorganik dimana abu batu bara mengandung gugus Si-O dari Si-OH (Silanol) dan Si-O dari (Siloksan) yang mampu menambah kemampuan dalam menyerap ion logam besi (Fe) Dimana pada perbandingan 0,5:0; 0,5:0,5; 0,5:1; 0,5:1,5; 0,5:2;

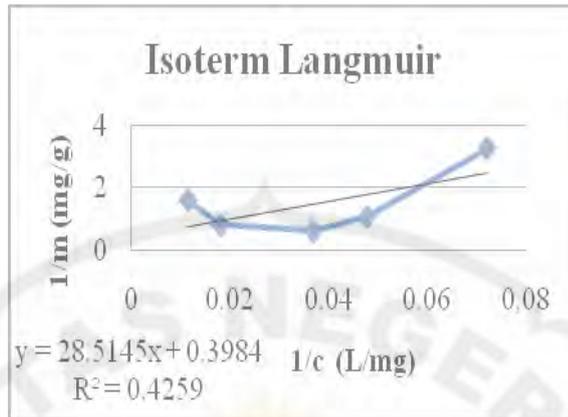
0,5:2,5 gram dan masing-masing teradsorpsi sebanyak 5,0105 mg/L, 5,4676 mg/L, 5,5699 mg/L, 5,2401 mg/L, 5,0679 mg/L dan 4,9061 mg/L. Serapan ion logam besi (Fe) tertinggi sebesar 5,5699 mg/L pada perbandingan biomassa batang pisang 0,5 gram dan abu batu bara 1 gram. Peran immobilisasi abu batu bara dalam penelitian ini terlihat jelas karena pada perbandingan massa terdapat nilai massa optimum pada perbandingan 0,5:1 gram, variasi massa ini digunakan pada perlakuan analisa kadar ion logam besi (Fe) pada air limbah.

6. Hasil Penentuan Kapasitas Adsorpsi



Gambar 4. Grafik hubungan variasi konsentrasi ion logam besi (Fe) terhadap konsentrasi ion logam besi (Fe) yang teradsorpsi

Dari gambar 4 dapat terlihat bahwa jumlah kation ion logam besi (Fe) teradsorpsi pada biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu baracenderung mengalami peningkatan hingga konsentrasi ion logam besi (Fe) 60 mg/L. Pada konsentrasi 20 mg/L yang teradsorpsi sebanyak 6,1624 mg/L, konsentrasi 40 mg/L yang teradsorpsi sebanyak 19,0524 mg/L dan pada konsentrasi 60 mg/L yang teradsorpsi sebanyak 32,8987 mg/L. Dimana pada konsentrasi 60 mg/L merupakan konsentrasi teradsorpsi terbesar dan merupakan nilai kapasitas adsorpsi. Pada konsentrasi 80 mg/L yang teradsorpsi sebanyak 24,7052 dan pada 100 mg/L yang teradsorpsi sebanyak 12,5510 mg/L.



Gambar 5 Kurva linieritas Langmuir ion besi (Fe)

Dari kurva linieritas Langmuir adsorpsi ion logam besi (Fe) diperoleh persamaan garis linier regresi

$$y = ax + b$$

$$y = 28,515x + 0,3984$$

$$R^2 = 0,4259$$

Oscik menyatakan, dengan membuat plot $1/m$ terhadap $1/c$, maka harga K dan b dapat dihitung dari slope dan *intersept* grafik. Dimana K adalah afinitas adsorpsi dan b adalah kapasitas adsorpsi.^[7] Dengan nilai *intersept* adalah $1/b$, dimana b adalah kapasitas adsorpsi maka kapasitas adsorpsi $1/0,3984 = 2,51004$ mg/g.

7. Hasil Adsorpsi Ion logam Besi (Fe) Pada Air Limbah Tambang Batu Bara

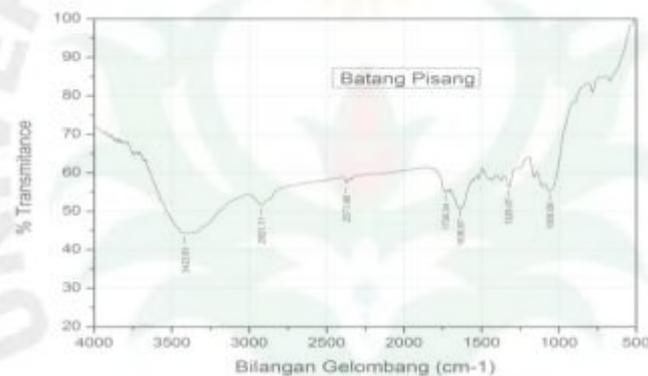
Sampel yang digunakan adalah air limbah dari tambang batu bara yang berasal dari pencucian batu bara kotor. Dimana sampel sebelum dilakukan proses adsorpsi dilakukan preparasi dengan mengasamkan sampel dengan penambahan $HCl_{(p)}$. Kemudian diambil 50 mL sampel dan diatur pada pH optimum yaitu pada pH 5 dan ditambahkan 5 ml hidrosilamin-HCl 5% yang berfungsi untuk mereduksi kemungkinan adanya Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} . Setelah itu dimasukkan sampel tersebut ke dalam Erlenmeyer yang telah berisi biomassa batang pisang dan Abu batu bara dengan perbandingan massa 0,5 : 1 gram yang merupakan perbandingan massa optimum dan dishaker selama waktu 60 menit yang merupakan waktu kontak optimum. Diambil 25 mL sampel tersebut ditambahkan 1 bungkus *Ferrous Iron Reagent Powder Pillows* kemudian ditunggu selama 3 menit hingga warna kompleks orange terlihat. Diambil 10 mL dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV/Vis HACH DR2800 pada panjang gelombang 510 nm dan didapatkan kadar ion logam besi (Fe^{2+}) pada air limbah yang tersisa adalah 76,7650 mg/L.

Dilakukan juga analisis air limbah tanpa proses adsorpsi dan didapatkan hasil kadar ion logam besi (Fe) pada air limbah adalah sebesar 90,6710 mg/L. Jika dibandingkan dapat

disimpulkan bahwa kemampuan biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara adalah sebesar 13,9060 mg/L atau sebesar 19,12%. Pada proses ini dapat dikatakan bahwa biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara kurang baik digunakan untuk mengadsorpsi ion logam besi (Fe) pada air limbah tambang batu bara karena kadar ion logam pada air limbah sangat besar dibanding kapasitas adsorpsi dari biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu bara.

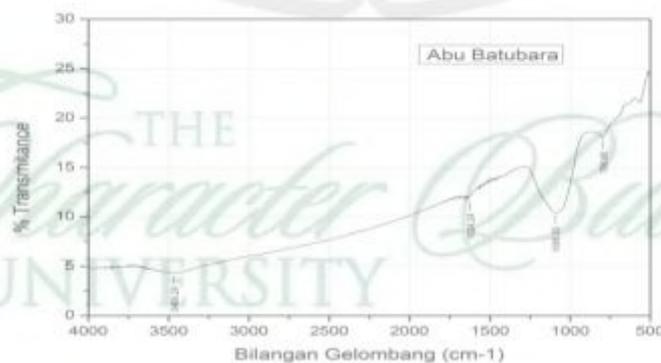
8. Karakteristik Gugus Fungsi

Identifikasi Gugus Fungsi Biomassa Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*). Hasil analisa gugus fungsionalnya berupa spectrum Inframerah dapat dilihat pada gambar 6.



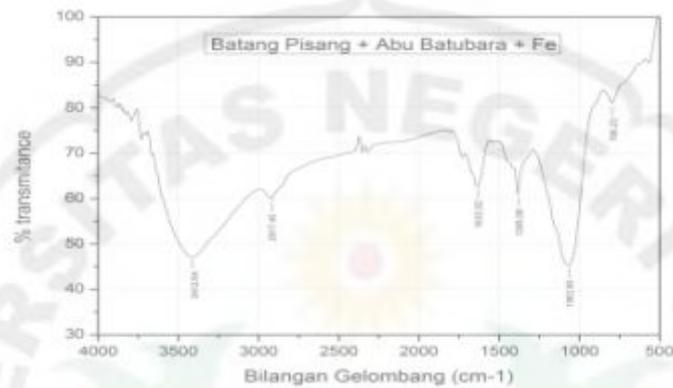
Gambar 6 Hubungan bilangan Gelombang (cm⁻¹) terhadap % transmittan Spektrum Inframerah

Hasil analisa gugus fungsionalnya berupa spektrum Inframerah dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Hubungan bilangan Gelombang (cm⁻¹) terhadap % transmittan Spektrum Inframerah Abu Batu Bara

Analisis spektrum yang dilakukan adalah dari biomassa *Musa Paradisica* yang terimmobilkan pada abu batu bara dan telah dikontakkan dengan ion logam besi (Fe). Hasil analisisnya berupa spektrum Inframerah yang dapat dilihat pada gambar 8:



Gambar 8 Hubungan bilangan Gelombang (cm^{-1}) terhadap % transmittan Spektrum Inframerah Biomassa Batang Pisang yang terimmobilkan pada Abu Batu Bara setelah dikontakkan dengan ion logam besi (Fe)

Spektrum Inframerah pada gambar 8 memperlihatkan adanya perubahan serapan pada beberapa bilangan gelombang dan adanya bilangan gelombang baru yang muncul. Hasil perubahan bilangan gelombang tersaji pada table 3:

Tabel 3 Tabel identifikasi gugus fungsi

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})		
	Biomassa Batang Pisang	Abu Batu Bara	Biomassa + Abu batu bara+ ion logam besi (Fe)
-OH	3423,61	3468.24	3412,64
-C-H	2921,11	-	2917,45
-COO	1738,34 ; 1636,67	-	1633,02
-C-O	1325,07	-	1385,08
Si-O dari (Si-O-Si)	-	1089,55	1063,95
Si-O dari (Si-OH)	-	796,96	796,23

Perubahan pada bilangan gelombang $3423,61 \text{ cm}^{-1}$ yang lebar dimana mengidentifikasi adanya vibrasi dari hidoksil (-OH) yang semakin lemah serapannya menjadi $3412,64 \text{ cm}^{-1}$. Kemudian pada bilangan gelombang $2921,11 \text{ cm}^{-1}$ yang serapannya melemah

menjadi $2917,45 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita serapan ulur dari -C-H alifatik. Pada serapan karboksil (-COO) memberikan 2 buah pita serapan, yaitu pita uluran yang tak simetrik pada bilangan gelombang $1738,34 \text{ cm}^{-1}$ $1636,67 \text{ cm}^{-1}$ mengalami perubahan bilangan gelombang menjadi $1633,02 \text{ cm}^{-1}$ dan bilangan gelombang pada pita serapan $1089,55 \text{ cm}^{-1}$ yang mengalami perubahan bilangan gelombang menjadi $1063,95 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita serapan dari gugus Si-O dari Si-O-Si (siloksan), serta bilangan gelombang $796,96 \text{ cm}^{-1}$ yang mengalami sedikit perubahan serapannya menjadi $796,23 \text{ cm}^{-1}$ dimana gugus ini merupakan gugus Si-O dari Si-OH (silanol) yang berada dalam senyawa anorganik abu batu bara yang telah digunakan untuk mengimmobilisasi biomassa batang pisang. Adanya perubahan bilangan gelombang dari gugus-gugus fungsi yang berinteraksi pada biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara menunjukkan bahwa biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara mampu mengikat ion logam besi (Fe), ditandai dengan intensitas yang lebih tajam pada spektrum IR akibat adanya vibrasi dari ikatan ion logam besi (Fe) dengan senyawa-senyawa organik yang ada pada biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu batu bara.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. pH optimum terjadi pada pH 5 dengan kadar teradsorpsi sebesar $5,4196 \text{ mg/L}$ dan waktu kontak optimum terjadi pada waktu 60 menit dengan kadar teradsorpsi sebesar $5,4280 \text{ mg/L}$.
2. Perbandingan massa optimum pada abu batu bara adalah 0,5 gram biomassa batang pisang dan 1 gram abu batu bara dengan jumlah ion logam besi (Fe) yang teradsorpsi sebesar $5,5699 \text{ mg/L}$.
3. Kapasitas adsorpsi maksimum biomassa batang pisang (*Musa Paradisiaca*) yang terimmobilkan pada abu batu bara terhadap adsorpsi ion logam besi (Fe) adalah sebesar $2,51004 \text{ mg/g}$.

Ucapan Terima kasih

Pada kesempatan ini, Penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. PT.Trubaindo Coal Mining, Bunyut Kutai Barat, Kalimantan Timur.
2. Pemerintah Kota Bontang yang memberikan bantuan Stimulan Tugas Akhir 2013

Daftar Pustaka

- Hidayatullah, S., 2002. *Alternatife Pemanfaatan Karbon Aktif Bagasse Untuk Menurunkan Kadar Ion Pb²⁺ dan Zat Warna Tekstil*. Vol 4 No.1 Jurnal Kimia Lingkungan Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret.
- Horsfall, A. & Spiff. (2004). Removal of Cu(II) and Zn(II) Ions from Wastewater by Cassava (*Manihot esculenta* Cranz) Waste Biomass. *African Journal of Biotechnology*. 2 (10): 360-364.
- Lestari, S.dkk. 2003. *Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa Saccharomyces cerevisiae yang Termobilkan pada Silika Gel Terhadap Tembaga (II)*. *Teknosains* 16A (3): 357 – 371.
- Oscik, J. 1982. *Adsorption*. New York: JohnWiley & Sons, Inc.
- Pratiwi, N.dkk. 2009. *Kajian Biosorpsi Al(III) dalam larutan Oleh Biomassa Batang Pisang (Musa Paradisiaca) Yang Terimobilkan Pada Abu Layang Batu Bara*. *Sains dan Terapan*. 2(1):73-84.
- Widhiati, I.A.G, dkk. 2012. *Studi Kinetika Adsorpsi Larutan Ion Logam Kromium (Cr) menggunakan Arang Batang Pisang (Musa Paradisiaca)* .6(1):8-16 Jurnal Kimia FMIPA Universitas Undayana, Bukit Jimbaran.
- Widhianti, WD, 2010. *Pembuatan Arang Aktif dari Biji Kapuk (Ceiba pentandra L) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B*. **Skripsi** Sarjana FSM. Universitas Airlangga. Samarinda.

