

**KAJIAN BIOSORPSI Al(III) DALAM LARUTAN OLEH BIOMASSA BATANG PISANG  
(*Musa Paradisiaca*) YANG TERIMMOBILKAN PADA ABU LAYANG BATUBARA**

**STUDY BIOSORPTION ION AL(III) IN SOLUTION BY BANANA STEM BIOMASS  
(*Mozes Paradisiaca*) WAS IMMOBILITY AT FLY ASH COAL**

**Nurhidayati Pratiwi, Megayulia Nooryaneti, Arini Purnamasari, Noer Komari**

Program Studi S-1 Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung  
Mangkurat, Jl. A. Yani Km. 35,800 Banjarbaru

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian tentang kajian biosorpsi ion Al(III) oleh biomassa batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang terimmobilkan pada abu layang batubara. Tujuan penelitian ini adalah menentukan pH, waktu optimum, kapasitas adsorpsi, dan mengetahui gugus fungsi dari biomassa batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang terimmobilkan pada abu layang batubara yang berinteraksi dengan Al(III). Ion logam yang teradsorpsi dihitung berdasarkan selisih konsentrasi ion logam dalam larutan sebelum dan setelah adsorpsi menggunakan AAS dan karakterisasi gugus fungsi pada biomassa menggunakan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH optimum untuk mengadsorpsi Al(III) pada pH 6 sebesar 66,23 %, dan waktu kontak optimum 15 menit sebesar 22,314 %. Kapasitas adsorpsi optimum pada konsentrasi 60 ppm sebesar 13,2 %. Gugus-gugus fungsi pada biomassa batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang terimmobilkan pada abu layang batubara yang mengalami interaksi dengan Al(III) adalah gugus hidroksil, karboksil, dan silanol.

**Kata kunci : biosorpsi, *Musa paradisiaca*, abu layang batubara**

**ABSTRACT**

*Research of study biosorption ion Al(III) by banana stem biomass (*Mozes paradisiaca*) was immobility at fly ash coal has been done. Purpose of this research are determine hydrogen ion exponent, optimum time, adsorption capacities, and knows functional group from banana stem biomass (*Mozes paradisiaca*) was immobility at fly ash coal having interaction with Al(III). Metal ion adsorption calculated based on difference concentration of metal ion in solution before and after adsorption applies AAS and characterization of functional group at biomass applies FTIR. Result of research indicates that adsorption optimum pH Al(III) at 6 is 66,23 %, and optimum residence time 15 minutes is 22,314 %. Optimum adsorption capacities at concentration of 60 ppm 13,2 %. Functional groups of banana stem biomass (*Mozes paradisiaca*) was immobility at fly ash coal experiencing interaction with Al(III) be hydroxyl bunch, carboksyl, and silanol.*

**Keywords : biosorption, *Mozes paradisiaca*, fly ash coal**

## PENDAHULUAN

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dalam kehidupan manusia dan digunakan masyarakat untuk berbagai kegiatan sehari-hari. Dewasa ini, masalah utama sumber daya air meliputi kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan manusia yang terus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik terus menurun khususnya untuk air minum. Salah satu parameter kimiawi untuk air minum yaitu rendahnya kandungan aluminium dalam air tersebut. Kandungan Al(III) dalam air minum yang diperbolehkan adalah kurang dari 0,2 mg/l (Herlambang, 2005).

Metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar Al(III) dalam air PDAM yaitu dengan biosorpsi. Salah satu tumbuhan yang bisa digunakan sebagai biomassa adalah *Musa paradisiaca* atau umumnya dikenal dengan sebutan pisang. Biosorpsi menggunakan biomassa ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain ukurannya kecil, berat jenis rendah dan mudah rusak karena dekomposisi oleh mikroorganisme lain. Kesulitan ini dapat diatasi dengan melakukan immobilisasi untuk meningkatkan sifat fisik dan kimianya menggunakan abu layang batubara.

Abu layang batubara merupakan limbah yang berasal dari proses pembakaran batubara pada PLTU. Saat

ini jumlah limbah abu layang batubara di dunia yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara di PLTU sangatlah besar, termasuk di Indonesia (Budhyantoro, 2003). Alternatif pemecahan masalah pencemaran ini ialah dengan menggunakan abu layang batubara sebagai adsorben logam. Hasil immobilisasi diharapkan memiliki kemampuan yang lebih besar dalam mengadsorpsi Al(III).

## METODOLOGI PENELITIAN

### ***Preparasi Biomassa dan Abu Layang Batubara***

Batang tanaman *Musa paradisiaca* diambil dari perkebunan pisang Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Setelah dikumpulkan bagian batang *Musa paradisiaca* dicuci dengan aquadest, dikeringkan dan dihaluskan menjadi berbentuk serbuk, kemudian disaring dengan menggunakan saringan 120 mesh dan disimpan dalam desikator.

Biomassa ini dicuci dengan HCl 0,1 M dan disentrifuge pada 2800 rpm. Endapan disaring dan dicuci dengan aquadest. Endapan dikeringkan dalam oven 60°C selama 2 jam dan disimpan dalam desikator kemudian disaring dengan menggunakan saringan 120 mesh. Biomassa ini siap digunakan untuk langkah berikutnya.

Abu layang batubara dicuci dengan HCl 0,01 M beberapa kali untuk menghilangkan pengotor dan kemudian

dicuci dengan aquadest. Kemudian abu layang batubara ini dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu 60 °C. Abu layang ini siap digunakan untuk proses selanjutnya.

#### **Penentuan pH Optimum**

Pengaruh pH terhadap adsorpsi Al(III) oleh *Musa paradisiaca* dan abu layang batubara ditentukan dengan cara memasukkan 1 gram biomassa *Musa paradisiaca* dan 1 gram abu layang batubara ke dalam tabung yang berisi 100 ml larutan Al(III) dengan konsentrasi 20 ppm yang sudah diatur pH nya dengan penambahan HCl 0,01 M sehingga pH larutan berturut-turut menjadi 2, 3, 4, 5, 6, 7. Larutan ini dikocok menggunakan shaker selama 5 jam dan disentrifuge pada 120 rpm selama 5 menit. Endapan disaring dan supernatant dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) untuk menentukan kadar logamnya.

#### **Penentuan Waktu Kontak Optimum**

Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Al(III) oleh *Musa paradisiaca* dan abu layang batubara ditentukan dengan cara memasukkan 1 gram biomassa *Musa paradisiaca* dan 1 gram abu layang batubara ke dalam tabung yang berisi 100 ml larutan Al(III) dengan konsentrasi 20 ppm yang sudah diatur pH-nya pada pH optimum. Supernatant yang dihasilkan diambil setelah waktu kontak selama 15, 30, 45, 60, 90, 120

dan 180 menit. Supernatant kemudian dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

#### **Kapasitas Adsorpsi Al(III) oleh Biomassa *Musa paradisiaca* dan Abu Layang Batubara**

Larutan Al(III) dibuat dengan berbagai konsentrasi yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm sebanyak 100 ml dan dimasukkan dalam Erlenmeyer 250 ml kemudian ditambahkan 1 gram biomassa *Musa paradisiaca* dan 1 gram abu layang batubara. Larutan dikocok selama waktu kontak optimum dan pH optimum kemudian disentrifuge dengan kecepatan 120 rpm selama 5 menit. Endapan disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman dan supernatant dianalisis dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS).

#### **Identifikasi gugus fungsional**

Untuk mengidentifikasi gugus fungsional pada biomassa dilakukan analisis dengan spektroskopi Infra Merah. Sebanyak masing-masing 1 mg sampel biomassa *Musa paradisiaca*, abu layang batubara, biomassa yang telah ditreatment dengan 100 mg/l Al(III), dan campuran biomassa dan abu layang batubara yang ditreatment dengan 100 mg/l Al(III) dibuat pelet dengan menggunakan KBr kering sebanyak 250 mg, hasil pelet masing-masing selanjutnya dianalisis menggunakan

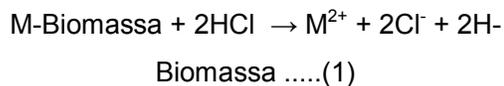
Spektroskopi Infra Merah (Shimadzu model FTIR-8201 P).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Preparasi Biomassa dan Abu Layang Batubara**

Batang tanaman *Musa paradisiaca* diambil dari perkebunan pisang Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Setelah dikumpulkan bagian batang *Musa paradisiaca* dicuci dengan aquadest, dikeringkan dan dihaluskan menjadi berbentuk serbuk, kemudian disaring dengan menggunakan saringan 120 mesh dan disimpan dalam desikator.

Biomassa ini dicuci dengan HCl 0,1 M untuk menghilangkan pengotor dan melarutkan logam yang mungkin terdapat dalam biomassa yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Reaksi kimia yang terjadi adalah :



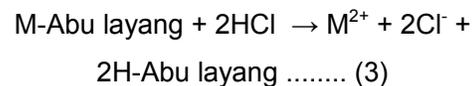
Kemudian larutan disentrifuge pada 2800 rpm untuk memudahkan proses penyaringan. Endapan disaring dan dicuci dengan aquadest hingga biomassa bersifat netral, yang diketahui dengan menambahkan  $\text{AgNO}_3$  pada air pencucian. Jika pada air terbentuk endapan putih, maka biomassa tersebut masih mengandung ion  $\text{Cl}^-$ , sedangkan jika pada air pencuci tidak terbentuk endapan putih, maka biomassa tersebut

sudah bebas dari ion  $\text{Cl}^-$ . Reaksi yang terjadi yaitu :



Endapan yang diperoleh dikeringkan dalam oven  $60^\circ\text{C}$  selama 2 jam dan disimpan dalam desikator kemudian disaring dengan menggunakan saringan 120 mesh. Penyaringan dilakukan untuk memperluas permukaan biomassa, sehingga dapat meningkatkan kemampuan biomassa untuk menyerap ion logam.

Abu layang batubara dicuci dengan HCl 0,01 M beberapa kali untuk menghilangkan pengotor dan melarutkan logam yang mungkin terdapat dalam abu layang tersebut. Reaksi yang terjadi adalah :

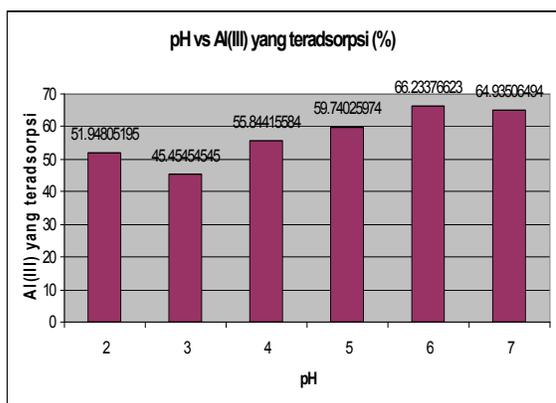


Abu layang kemudian dicuci dengan aquadest. Abu layang batubara ini dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu  $60^\circ\text{C}$ .

### **Pengaruh pH terhadap Adsorpsi Al(III)**

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor yang sangat mempengaruhi proses adsorpsi ion logam dalam larutan, karena keberadaan ion  $\text{H}^+$  dalam larutan akan berkompetisi dengan kation untuk

berikatan dengan situs aktif. Selain itu pH juga akan mempengaruhi spesies ion yang ada dalam larutan sehingga akan mempengaruhi terjadinya interaksi ion dengan situs aktif adsorben (Lestari dkk., 2003). Penentuan pH optimum adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan biomassa *Musa paradisiaca* dan abu layang batubara dengan larutan Al(III) yang sudah diatur pH nya menjadi 2, 3, 4, 5, 6, dan 7, dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 1.

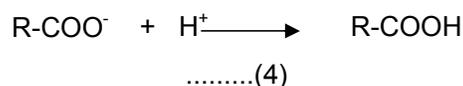


**Gambar 1 Pengaruh pH terhadap adsorpsi Al(III) oleh biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara**

Pada gambar 1 menunjukkan bahwa saat pH=2, Al(III) sudah mulai teradsorpsi pada biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara. Meningkatnya pH pada adsorpsi Al(III) oleh biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara memberikan pengaruh yang cukup signifikan. Nilai untuk pH optimum biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara dalam

mengadsorpsi Al(III) yaitu pada pH=6, dengan persen Al(III) yang teradsorpsi sebesar 66,234 %.

Pada pH rendah, permukaan dinding sel dari biomassa terprotonasi atau bermuatan positif, sehingga adsorpsi logam yang terjadi sangat kecil, karena gugus karboksilat cenderung berada dalam bentuk netral, dengan reaksi :



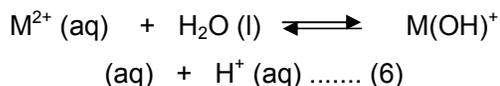
Pada pH tinggi, permukaan dinding sel biomassa bermuatan negatif, sehingga adsorpsi logam menjadi lebih besar. Semakin tinggi pH juga akan membuat semakin banyak gugus R-COO<sup>-</sup> biomassa yang dapat bertindak sebagai ligan dalam pembentukan kompleks juga semakin banyak, dengan reaksi:



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, ligan permukaan akan berkompetisi dengan OH<sup>-</sup> dalam mengikat kation logam, sehingga akan mengakibatkan terjadinya peningkatan adsorpsi logam oleh biomassa.

Selain berpengaruh terhadap muatan situs aktif pH juga berpengaruh pada spesies logam dalam larutan. Ion-

ion logam dalam larutan sebelum teradsorpsi oleh adsorben terlebih dulu mengalami hidrolisis, menghasilkan proton dan kompleks hidroksida logam seperti reaksi berikut :



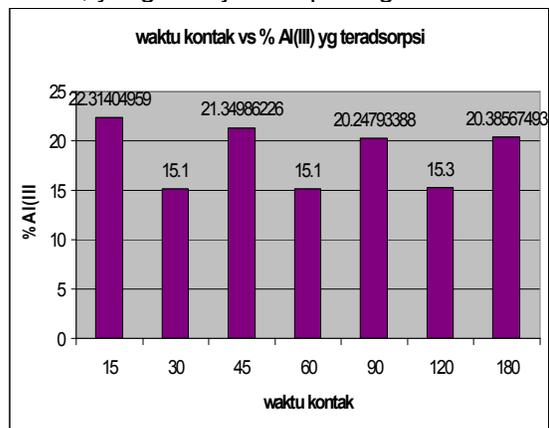
dengan  $M^{2+}$  adalah  $Pb^{2+}$  atau  $Zn^{2+}$  (Horsfall & Spiff, 2004).

### **Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Al(III)**

Faktor lain yang juga berpengaruh terhadap adsorpsi Al(III) pada biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara adalah waktu kontak. Untuk mencapai keadaan kesetimbangan (adsorpsi maksimum) logam oleh adsorben, maka diperlukan rentang waktu. Pada rentang waktu tertentu akan terjadi kesetimbangan antara adsorben (biomassa) dan adsorbat (logam), di mana waktu yang diperlukan untuk mencapai keadaan kesetimbangan ini disebut sebagai waktu optimum penyerapan logam berat (Lestari dkk., 2003).

Jumlah logam yang teradsorpsi meningkat seiring pertambahan waktu sampai pada suatu titik, dimana seluruh situs aktif pada biomassa telah jenuh oleh logam, maka jumlah logam yang teradsorpsi tidak mengalami perubahan yang signifikan. Untuk mempelajari

pengaruh waktu terhadap adsorpsi logam dengan biomassa maka diinteraksikan larutan dengan biomassa yang terimmobilkan pada abu layang batubara pada beberapa variasi waktu, yaitu pada 15, 30, 45, 60, 120, dan 180 menit, yang ditunjukkan pada gambar 2.



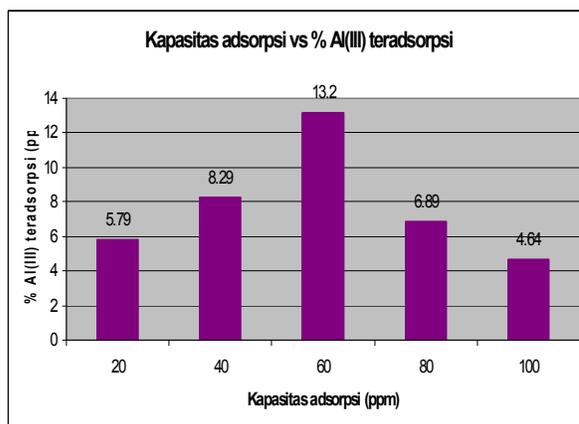
**Gambar 2 Pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi Al(III) oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu layang batubara**

Berdasarkan gambar 2 menunjukkan bahwa Al(III) sudah dapat teradsorpsi oleh biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara dalam waktu yang relatif singkat. Waktu optimum biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara untuk mengadsorpsi Al(III) terjadi pada waktu interaksi 15 menit. Waktu yang diperlukan pada proses adsorpsi Al(III) oleh biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara relatif singkat. Hal ini disebabkan interaksi yang terjadi merupakan interaksi pasif yang tidak melibatkan

proses metabolisme (Lestari dkk., 2003). Pada waktu 15 menit Al(III) yang teradsorpsi sebesar 22,314 %.

### ***Pengaruh Kapasitas Adsorpsi terhadap Adsorpsi Al(III)***

Konsentrasi awal Al(III) yang dikontakkan pada biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara juga berpengaruh pada proses adsorpsi. Variasi konsentrasi ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi maksimum Al(III) yang teradsorpsi pada biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara. Jika konsentrasi logam yang teradsorpsi sudah mencapai maksimum, maka jumlah logam yang teradsorpsi akan relatif konstan. Pada penelitian ini variasi konsentrasi awal yang digunakan adalah 20; 40; 60; 80; dan 100 ppm, dengan hasil dapat dilihat pada gambar 3.



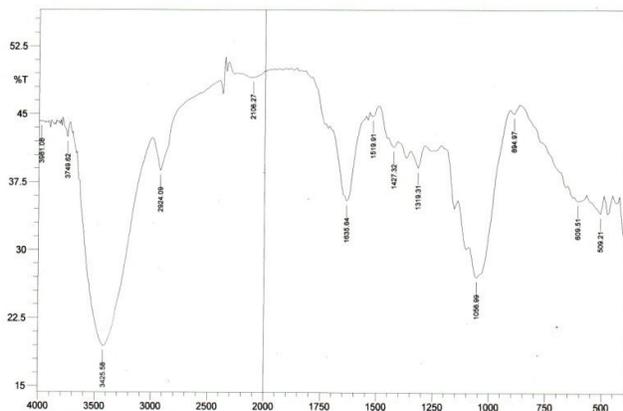
**Gambar 3** Pengaruh kapasitas adsorpsi terhadap adsorpsi Al(III) oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu layang batubara

Hasil penelitian menunjukkan jumlah Al(III) yang dapat teradsorpsi pada biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi Al(III) yang dipakai. Peningkatan yang relatif tajam terjadi mulai dari konsentrasi 20 ppm hingga 60 ppm. Selanjutnya, setelah konsentrasinya mencapai 60 ppm, kenaikan konsentrasi Al(III) relatif tidak banyak menaikkan jumlah logam yang teradsorpsi. Kapasitas adsorpsi Al(III) pada biomassa *Musa paradisiaca* yang terimmobilkan pada abu layang batubara terjadi pada pemberian konsentrasi awal 60 ppm yaitu sebesar 3,95 ppm dengan persen teradsorpsi sebesar 13,20 %.

### ***Identifikasi Gugus Fungsional***

#### **Identifikasi Gugus Fungsi Biomassa Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*)**

Biomassa *Musa paradisiaca* yang dianalisis merupakan biomassa yang belum diinteraksikan dengan logam Al(III). Biomassa tersebut dianalisis dengan FTIR Shimadzu model FTIR-8201 P untuk mengidentifikasi keberadaan gugus-gugus fungsional yang terdapat pada biomassa *Musa paradisiaca*. Hasil analisis gugus fungsional berupa spektrum Inframerah *Musa paradisiaca* dapat dilihat pada Gambar 4.



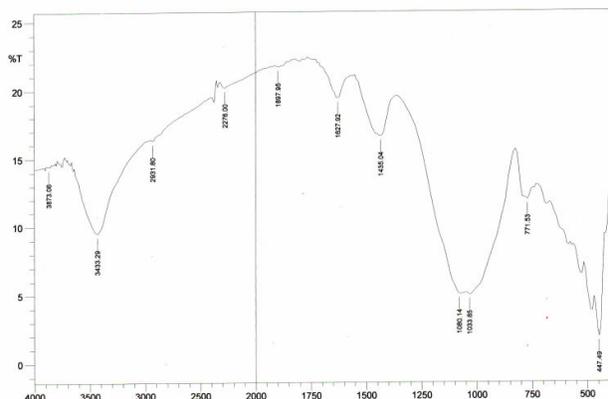
**Gambar 4 Spektrum Inframerah Biomassa Batang Pisang**

Berdasarkan spektrum Inframerah biomassa *Musa paradisiaca* yang disajikan pada gambar 4, terdapat beberapa puncak-puncak serapan pada bilangan gelombang sebagai berikut, 3425,58 ; 2924,09 ; 2106,27 ; 1635,64 ; 1519,91 ; 1427,32 ; 1319,31; dan 1056,99  $\text{cm}^{-1}$ . Pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 3425,58  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ulur -OH. Pada bilangan gelombang ini juga menunjukkan adanya vibrasi ulur N-H yang diperkuat dengan adanya pita serapan lemah di sebelah kiri bilangan gelombang 3425,58  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi dari ion ammonium. Serapan vibrasi  $\text{-COO}^-$  memberikan 2 buah pita serapan, yaitu pita uluran tak simetrik pada bilangan gelombang 1635  $\text{cm}^{-1}$  dan 1519,91  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan lemah pada bilangan gelombang 2924,09  $\text{cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya vibrasi ulur dari -CH alifatik untuk  $\text{CH}_2$ . Pada bilangan gelombang 2106,27  $\text{cm}^{-1}$  muncul pita serapan yang cukup kuat yang menunjukkan vibrasi ulur asimetri

anion  $\text{-COO}^-$ . Pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1635,64  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur C=C aromatik dan  $\text{-COO}^-$ . Pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1319,31  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ulur -C-O asam karboksilat dalam bentuk dimer. Pita serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1056,99  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi C-C, C-OH, dan C-O-C yang merupakan ciri khas sambungan glukosida, bahan polimer dan ketidakmurnian suatu senyawa (Tan, 1995), serta vibrasi ikatan -C-O yang merupakan puncak karakteristik untuk polisakarida (Aravindhram *et al*, 2004).

#### **Identifikasi Gugus Fungsi Abu Layang Batubara**

Abu layang batubara yang dianalisis merupakan abu layang yang belum diinteraksikan dengan logam Al(III). Abu layang tersebut dianalisis dengan FTIR Shimadzu model FTIR-8201 P untuk mengidentifikasi keberadaan gugus-gugus fungsional yang terdapat pada abu layang batubara. Hasil analisis gugus fungsional berupa spektrum Inframerah abu layang batubara dapat dilihat pada gambar 5.



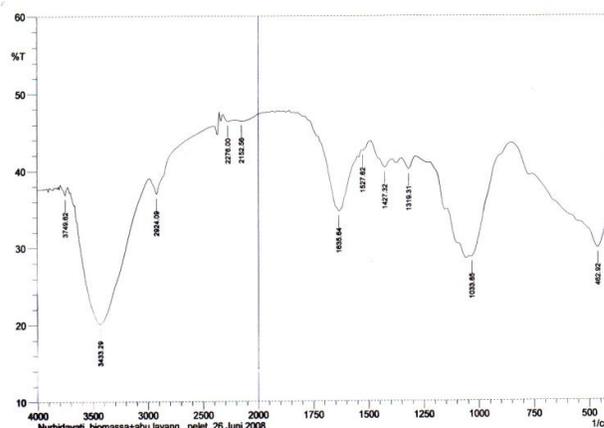
**Gambar 5 Spektrum Infra Merah Abu Layang Batubara**

Puncak-puncak serapan yang teridentifikasi pada abu layang batubara adalah pada bilangan gelombang 1080,14; 1033,85; 771,53; dan 447,49  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 1080,14  $\text{cm}^{-1}$  dan 1033,85  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi C-N dari amida dan uluran Si-OH (silanol). Pita serapan pada bilangan gelombang 771,53  $\text{cm}^{-1}$  mengidentifikasi adanya gugus Si-C. Pita serapan pada bilangan gelombang 447,49  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya uluran S-S dari ikatan disulfida (Tan, 1995).

#### **Identifikasi Gugus Fungsi Biomassa Batang Pisang yang Terimmobilkan pada Abu Layang Batubara setelah Dikontakkan dengan Al(III)**

Analisis spektrum Inframerah dilakukan pada biomassa batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang terimmobilkan pada abu layang batubara dan telah dikontakkan dengan Al(III). Analisis dilakukan menggunakan FTIR Shimadzu

model FTIR-8201 P untuk mengidentifikasi keberadaan gugus-gugus fungsionalnya. Hasil analisis gugus fungsional berupa spektrum Inframerah dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6 Spektrum Infra Merah Biomassa Batang Pisang yang Terimmobilkan pada Abu Layang Batubara setelah Dikontakkan dengan Al(III)**

Spektrum Inframerah yang tersaji pada gambar 6 memperlihatkan adanya pergeseran serapan pada beberapa bilangan gelombang, yaitu bilangan gelombang 3425,58  $\text{cm}^{-1}$  yang lebar mengidentifikasi adanya vibrasi O-H yang berikatan hidrogen menjadi semakin kuat serapannya dan mengalami pergeseran menjadi 3433,29  $\text{cm}^{-1}$ . Serapan vibrasi  $-\text{COO}^-$  memberikan 2 buah pita serapan, yaitu pita uluran tak simetris pada bilangan gelombang 1519,91  $\text{cm}^{-1}$  mengalami pergeseran menjadi 1527,62  $\text{cm}^{-1}$ . Panjang gelombang 1033,85  $\text{cm}^{-1}$  yang mengidentifikasi adanya uluran Si-

OH (silanol) mengalami perubahan serapan menjadi semakin lemah. Dengan demikian, gugus-gugus fungsi yang bereaksi pada biomassa batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang terimmobilkan pada abu layang batubara setelah dikontakkan dengan Al(III) adalah gugus hidroksil, gugus karboksil, dan gugus silanol.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. pH optimum untuk adsorpsi Al(III) oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu layang batubara adalah pada pH 6 sebesar 66,23%.
2. Waktu kontak optimum untuk adsorpsi Al(III) oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu layang batubara yaitu selama 15 menit dengan banyaknya Al(III) yang teradsorp sebesar 22,314%.
3. Kapasitas adsorpsi Al(III) oleh biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu layang batubara yaitu pada 60 ppm dengan banyaknya Al(III) yang teradsorp sebesar 13,2 %.
4. Gugus-gugus fungsi pada biomassa batang pisang yang terimmobilkan pada abu layang batubara yang mengalami interaksi dengan Al(III)

adalah gugus hidroksil, gugus karboksil, dan gugus silanol.

### UCAPAN TERIMA KASIH

1. Kepala laboratorium Dasar FMIPA Universitas Lambung Mangkurat beserta para teknisi.
2. Teknisi di Balai Riset dan Standarisasi Industri dan Perdagangan Banjarbaru.
3. Teknisi Laboratorium Kimia Organik FMIPA UGM Yogyakarta.
4. Bapak Noer Komari, S.Si, M.Kes selaku dosen pembimbing.

### DAFTAR PUSTAKA

- Baig, T.H., A.E. Garcia, K.J. Tiemann, & J.L. Gardea-Torresdey. 1999. Adsorption of Heavy Metal Ions by the Biomass of *Solanum elaeagnifolium* (Silverleaf nightshade). *Proceedings of the 1999 Conference on Hazardous Waste Research* : 131 - 142.
- Budhyantoro, A. Konversi Abu Layang Batubara Sebagai Material Pengemban Logam Nikel Dan Uji Ketahanan Struktur Padatan Terhadap Panas, *Jurnal ILMU DASAR Vol. 6 No. 1, 2005* : 24-32.
- Gadd. 1992. Microbial Control of Heavy Metal Pollutions, *General Microbiology Symposium*,

- Cambridge, Cambridge University Press, pp.59-88.
- Gardea-Torresdey, J.L., J.H. Gonzalez, K.J. Tiemann, & O. Rodriguez. 1998. Biosorption of Cadmium, Chromium, Lead, and Zinc By Biomass of *Medicago sativa* (Alfalfa). *Journal of Hazardous Materials*, 57: 29-39.
- Goksungur, Y., Uren, S., dan Guvenc, U. 2003. Biosorption of Copper Ions by *Caustic* treated Waste Baker's Yeast Biomass. *Turk Journal of Biology* (27) : 23-29.
- Herlambang, A. 2005. Air Bebas Bakteri dan Zat Kimia. <http://www.bppt.go.id> diakses tanggal 23 Juli 2007.
- Horsfall, M & A.I. Spiff. 2004. Studies on The Effect of pH on The Sorption of  $Pb^{2+}$  and  $Cd^{2+}$  Ions from Aqueous Solutions by *Caladium bicolor* (Wild cocoyam) Biomass. *Electronic Journal of Biotechnology*, 7 (3) : 313-323.
- Hutasoit, S. 2006. Studi Pengaruh Campuran Limbah Elektroplating dan Fly Ash terhadap Uji Triaksial pada Lempung Bandung. <http://digilib.itb.ac.id> Diakses tanggal 23 Juli 2007.
- Igwe J.C, D.N. Ogunewe, & A.A. Abia. 2005. Competitive adsorption of Zn(II), Cd(II) and Pb(II) Ions from Aqueous and Non-aqueous Solution by Maize Cob and Husk. *African Journal of Biotechnology*, 4 (10) : 1113-1116.
- Jasmidi. 2001. Kemampuan Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimobilisasi pada Silika Gel sebagai Penyerap Ion Mangan(II). Laporan Penelitian. UNIMED. Medan.
- Jasmidi, E. Sugiharto, & Mudjiran. 2002. Pengaruh Lama dan Kondisi Penyimpanan Biomassa terhadap Biosorpsi Timbal (II) dan Seng (II) oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *Indonesian Journal of Chemistry*: 11-15.
- Lestari, S., Eko Sugiharto, Mudasir. 2003. Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Termobilkan pada Silika Gel Terhadap Tembaga (II). *Teknosains* 16A (3): 357 – 371.
- Marganof. 2003. *Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, dan Tembaga) di Perairan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Rismunandar. 1989. *Mendayagunakan Tanaman Rumput*. Cetakan kedua. Penerbit Sinar Baru. Bandung.

Slamet, J. S. 1996. *Kesehatan Lingkungan*. Cetakan kelima. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. hlm 117.

Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Microorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. *Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21*, 1 : 1-9.

Sumitro, S. 2002. Pemanfaatan Batubara dalam Pembangunan Ketenagalistrikan dan Implikasi Lingkungannya. *Jurnal kimia Lingkungan*. Vol. 3. No. 2.

Sunardi. 2006. Abu Layang Batubara, Limbah atau Potensi?  
<http://www.terranel.or.id>.  
Diakses tanggal 29 Juli 2007.