

PEMANFAATAN ARANG AMPAS TEBU (BAGASSE) SEBAGAI ADSORBEN LARUTAN CAMPURAN ION Pb^{2+} DAN Cu^{2+}

Anggita Haywardini*, Bakti Mulyani

Pendidikan Kimia, FKIP Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir Sutami No.36 A , Surakarta , Jawa Tengah , 57126

Untuk korespondensi : anggitahaywardini@student.uns.ac.id (HP. 087728614785)

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui : (1) Pemanfaatan limbah ampas tebu sebagai adsorben. (2) Kompetisi daya adsorpsi antara larutan larutan ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} pada variasi massa adsorben ampas tebu. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium. Pada penelitian ini adsorben yang digunakan berupa arang ampas tebu. Untuk menentukan penurunan konsentrasi, dilakukan variasi massa adsorben ampas tebu aktivasi dan non aktivasi masing-masing 0,1 gram; 0,15 gram; 0,2 gram; 0,25 gram; dan 0,3 gram pada konsentrasi Pb^{2+} 8,1001 ppm dan Cu^{2+} 9,2460 ppm. Analisis dilakukan dengan Spektrofotometri Serapan Atom (AAS). Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa : (1) Arang ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben larutan campuran ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} . (2) Kompetisi daya adsorpsi antara larutan ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} pada variasi massa adsorben ampas tebu diperoleh hasil kapasitas adsorpsi ion logam Cu^{2+} lebih besar daripada kapasitas adsorpsi ion logam Pb^{2+} berdasarkan kapasitas adsorpsi terbesar pada massa adsorben ampas tebu non aktivasi 0,1 gram yaitu dengan kapasitas adsorpsi ion logam Pb^{2+} sebesar 0,4828 mg/g dan untuk ion logam Cu^{2+} sebesar 0,6423 mg/g.

Kata Kunci : adsorben, ampas tebu, ion logam Pb^{2+} , ion logam Cu^{2+}

ABSTRACT

This study aims to determine (1) Utilization of bagasse waste as adsorbent. (2) The adsorption power competition between Pb^{2+} and Cu^{2+} metal ion solutions on mass variations of bagasse adsorbent This research was conducted by using experimental methods in the laboratory. In this study, adsorbent used was bagasse charcoal. To determine the decrease in concentration, variations in the mass of activated and non-activated bagasse adsorbent were 0.1 gram each; 0.15 grams; 0.2 grams; 0.25 grams; and 0.3 grams at a concentration of Pb^{2+} 8,1001 ppm and Cu^{2+} 9,2460 ppm. Analyzes were performed using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Based on the research results it was known that: (1) Bagasse charcoal can be used as an adsorbent for a mixture of metal ion solutions of Pb^{2+} and Cu^{2+} . (2) The adsorption power competition between Pb^{2+} and Cu^{2+} metal ion solutions in mass variations of bagasse adsorbent the result obtained that the adsorption capacity of Cu^{2+} metal ions was greater than the adsorption capacity of Pb^{2+} metal ions based on the largest adsorption capacity in the mass of 0.1 gram of non-activated bagasse adsorbent, namely the adsorption capacity of Pb^{2+} metal ions was 0.4828 mg /g and for Cu^{2+} metal ions was 0.6423 mg / g.

Keywords: adsorbent, bagasse, Pb^{2+} metal ion, Cu^{2+} metal ion.

PENDAHULUAN

Logam berat merupakan komponen alamiah lingkungan yang menjadi perhatian

khusus karena adanya bahaya yang ditimbulkan apabila logam berat tersebut terpapar pada makhluk hidup dan

lingkungan [1]. Komponen logam berat bersifat *nonbiodegradable* (sulit terurai) akan tetapi mudah diserap dan akan terakumulasi dalam tubuh organisme diantaranya Hg, Cd, Ag, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Cu dan Zn. Logam berat banyak dihasilkan dari industri elektroplating, pengecoran baja, pembuatan kertas, industri tembaga dan kuningan [2]. Untuk menghilangkan logam berat dalam larutan, telah dilakukan beberapa metode baik secara fisika maupun kimia meliputi presipitasi, koagulasi, dan pertukaran ion [3]. Proses pemurnian atau pemisahan logam berat yang paling efektif yaitu melalui adsorpsi.

Terkadang, pencemaran logam pada suatu perairan tidak hanya mengandung satu jenis logam saja, tetapi terdapat beberapa jenis logam yang terkandung pada limbah dari industri tersebut. Contohnya pada plankton yang terdapat di perairan Muara Banyuasin Sumatera Selatan ditemukan bahwa terdapat kandungan logam Pb berkisar 0,0386-0,0700 ppm sedangkan kandungan logam Cu berkisar 0,0059-0,0325 ppm [4]. Ambang batas konsentrasi Cu yang diizinkan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, untuk biota dimana konsentrasi kandungan Pb dan Cu < 0,008 mg/L.

Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Keberadaan timbal sangat beracun pada sistem syaraf serta

dapat mempengaruhi kesehatan ginjal. Pb tidak musnah dalam peristiwa pembakaran dan akan terbuang ke udara. Pada perairan, Pb dapat masuk melalui pengkristalan Pb dengan air hujan. Di dalam perairan, logam Pb terdapat dalam bentuk ion bebasnya yaitu Pb^{2+} , selain itu juga terdapat dalam bentuk pasangan organik misalnya timbal (IV) karbonat $Pb(CO_3)_2$ [5].

Pencemaran logam Cu juga sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Logam Cu apabila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebih akan mengakibatkan efek beracun pada saluran pernafasan. Dalam perairan laut, Cu dapat ditemukan sebagai persenyawaan ion seperti $CuCO_3$, $CuOH$, dan masih banyak lainnya [5]. Timbal dan tembaga keduanya merupakan polutan yang berbahaya bagi tubuh manusia. Berdasarkan prinsip HSAB, ion Pb^{2+} dan ion Cu^{2+} keduanya termasuk dalam asam madya [6].

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman bahan baku pembuatan gula yang banyak tumbuh di daerah tropis. Ampas tebu biasanya digunakan sebagai bahan baku penghasil energi pada proses pembuatan gula. Komposisi kimia ampas tebu terdiri dari selulosa (35,01 %), hemiselulosa (25,24 %), lignin (6,4 %), dan silikat (9,35 %) [7]. Ampas tebu ini berpotensi digunakan sebagai arang aktif karena mengandung selulosa yang mengandung gugus aktif karboksil dan lignin yang mengandung gugus fenolat [8]. Penggunaan ampas tebu sebagai adsorben ion logam merupakan langkah yang tepat

untuk menghemat energi karena menggunakan bahan yang sudah tidak terpakai lagi. Selain itu karena ampas tebu mudah didapatkan dan dapat diregenerasi kembali serta memiliki harga yang murah dibandingkan adsorben sintesis lain. Hal tersebut menjadi keunggulan dari adsorben ampas tebu.

Ampas tebu yang teraktivasi berpotensi besar untuk dapat dijadikan sebagai adsorben ion logam Pb^{2+} [9]. Adsorben ampas tebu yang diaktivasi menggunakan asam nitrat memiliki kemampuan adsorpsi yang baik dalam mengadsorpsi kadmium (II) [10]. Oleh karena itu, penelitian tentang penggunaan adsorben ampas tebu untuk mengadsorpsi campuran ion logam masih belum banyak dilakukan. Berdasarkan prinsip HSAB ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} keduanya berada pada kelompok asam madya. Oleh karena itu, perlu diteliti mengenai bagaimana kapasitas adsorpsi apabila logam-logam tersebut berada dalam bentuk tunggal dan campuran serta kompetisi adsorpsi antara keduanya.

Pada penelitian ini akan diselidiki mengenai apakah ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben ion logam, khususnya ion logam campuran Pb^{2+} dan Cu^{2+} . Selain itu, pada penelitian ini juga akan dikaji mengenai kompetisi penyerapan antara larutan ion Pb^{2+} dan Cu^{2+} oleh adsorben ampas tebu. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai bahan-bahan adsorben dalam upaya untuk menanggulangi limbah cair yang mengandung logam berat berbahaya.

METODE

A. Preparasi Adsorben Arang Aktif Ampas Tebu

Diawali dengan mencuci 2 kg ampas tebu dengan air mengalir sampai bersih. Selanjutnya mengeringkan ampas tebu dengan bantuan sinar matahari selama ± 3 hari. Memotong ampas tebu menjadi ukuran yang lebih kecil masing masing ± 1 cm. Lalu menghaluskan karbon ampas tebu dengan blender sampai halus. Kemudian melakukan proses karbonisasi dalam *furnace* pada suhu $320^{\circ}C$ selama 2 jam. Mengayak karbon ampas tebu dengan ayakan 100 *mesh* dan karbon yang lolos dari ayakan digunakan sebagai adsorben. Menganalisis struktur karbon ampas tebu menggunakan instrumen FTIR. Merendam karbon ampas tebu dengan larutan NaOH 0,1 N lalu mendinginkan selama 24 jam. Menyaring karbon ampas tebu yang telah diaktivasi menggunakan kertas saring *whatman*. Merendam karbon ampas tebu menggunakan larutan CH_3COOH 2% selama 3 jam kemudian mencuci dengan akuades sampai pH netral. Mengeringkan karbon ampas tebu teaktivasi di dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$ selama 3 jam. Terakhir menganalisis struktur karbon ampas tebu teraktivasi menggunakan instrumen FTIR.

B. Proses Pencampuran Larutan Dua Ion Logam (Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+})

Pertama-tama mengambil 4 ml larutan Pb^{2+} 50 ppm dan 4 ml larutan Cu^{2+} 50 ppm yang telah dibuat. Kemudian memasukkan masing-masing larutan dalam

labu ukur 10 ml yang berbeda dan mengencerkan masing-masing dengan HNO_3 0,05 M sampai tanda batas. Selanjutnya Mencampurkan 10 ml larutan Pb^{2+} dan 10 ml Cu^{2+} pada Erlenmeyer. Larutan telah siap dikontakkan dengan adsorben arang aktif ampas tebu 0,1 g; 0,15 g; 0,2 g; 0,25 g; dan 0,3 gram dan satu lagi larutan ada yang bertindak sebagai blangko. Lalu mengulangi langkah percobaan 1-4 untuk 0,1 g; 0,15 g; 0,2 g; 0,25 g; dan 0,3 g ampas tebu non aktivasi.

C. Proses Pengontakan Larutan Sampel Dengan Adsorben Kompetisi Penyerapan Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+}

Mula-mula menimbang masing-masing 0,1 g, 0,15 g, 0,2 g, 0,25 g, dan 0,3 g adsorben karbon aktif ampas tebu dengan neraca analitik. Kemudian memasukkan adsorben ke dalam Erlenmeyer yang berisi 20 ml larutan campuran Pb^{2+} dan Cu^{2+} dengan perbandingan konsentrasi 20:20 ppm lalu menutup rapat Erlenmeyer. Mengaduk dengan *shaker* selama 60 menit. Lalu menyaring larutan dengan kertas saring sebanyak tiga lapis, memasukkan 10 ml filtrate ke dalam botol vial. Selanjutnya menganalisis kadar ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} yang terdapat pada filtrat dengan AAS. Mengulangi prosedur 1 sampai 5 untuk larutan sampel campuran Pb^{2+} dan Cu^{2+} pada variasi massa arang non aktivasi masing-masing 0,1 g, 0,15 g, 0,2g, 0,25 dan 0,3 g.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Adsorben Arang Aktif dari Ampas Tebu

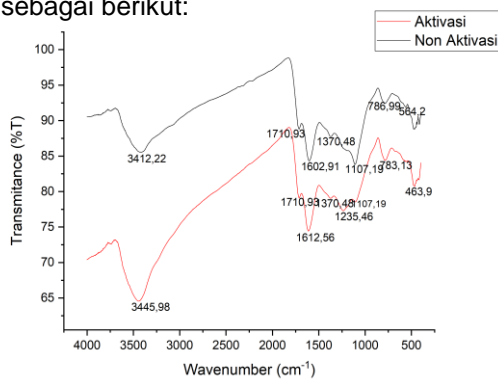
Pembuatan adsorben arang aktif dari ampas tebu diawali dengan mencuci 2 kg ampas tebu dengan air mengalir sampai bersih. Hal ini untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada ampas tebu. Selanjutnya mengeringkan ampas tebu dengan bantuan sinar matahari selama 3 hari. Tujuannya untuk menghilangkan kadar air yang diperoleh dari proses pencucian sehingga didapatkan ampas tebu yang benar-benar kering. Selanjutnya memotong-motong ampas tebu menjadi masing masing kurang lebih 1 cm lalu menghaluskannya dengan menggunakan blender. Proses pemotongan dan juga penghalusan dilakukan untuk mempercepat proses pengarangan ampas tebu. Ampas tebu yang telah kering lalu dikarbonisasi dalam *furnace* pada suhu 320°C selama 2 jam [11]. Ampas tebu yang telah dikarbonisasi dan menjadi arang kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh* [12]. Pengayakan bertujuan agar arang berukuran homogen dan memiliki permukaan yang lebih luas. Semakin kecil ukuran partikel arang ampas tebu maka semakin besar luas permukaan karbon yang dapat melakukan kontak saat proses aktivasi dan semakin banyak pori-pori yang terbentuk pada setiap partikel karbon [13].

Proses aktivasi dilakukan dengan metode kimia. Tujuan dari metode kimia ini yaitu untuk mendegradasi senyawa organik yang terbentuk selama proses karbonisasi,

serta memperbesar ukuran pori-pori dan luas permukaan arang aktif. Pada penelitian ini aktivator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu basa kuat NaOH. Proses aktivasi kimia menggunakan NaOH pH dari arang akan meningkat yakni bersifat basa [14]. Selanjutnya dilakukan penetralan dengan cara merendam karbon ampas tebu menggunakan larutan CH₃COOH 2% selama 3 jam untuk mempercepat proses penetralan [9]. Selanjutnya mencuci dengan akuades sampai pH netral. Pencucian dengan akuades ini dilakukan secara terus menerus sampai diperoleh pH yang netral. Arang aktif yang diperoleh kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang masih terdapat pada arang aktif ampas tebu.

A. Karakterisasi Arang Aktif

Hasil karakterisasi arang ampas tebu menggunakan FTIR sebelum dan setelah diaktivasi ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



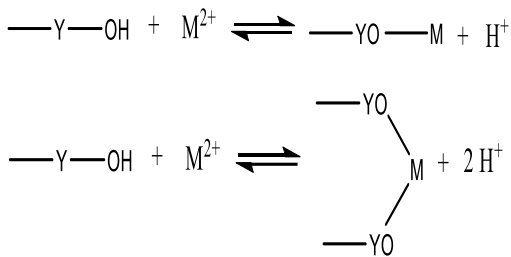
Gambar 1. Hasil Karakterisasi FTIR Arang Ampas Tebu Sebelum dan

Setelah Diaktivasi

Sebelum Aktivasi		Setelah Aktivasi	
Bilangan Gelombang	Gugus	Bilangan Gelombang	Gugus
3412,22 cm ⁻¹	O-H	3445,98 cm ⁻¹ 1	O-H
1710,93 cm ⁻¹	C=O	1710,93 cm ⁻¹ 1	C=O
1602, 91 cm ⁻¹	C=C	1612,56 cm ⁻¹ 1	C=C
1107,19 cm ⁻¹	C-O	1107,19 cm ⁻¹ 1	C-O

Spektrum FTIR arang ampas tebu sebelum dan setelah aktivasi yang diperoleh menunjukkan adanya perubahan pada nilai intensitasnya (%T). Adanya perbedaan nilai intensitas tersebut akan mempengaruhi proses adsorpsi dari ampas tebu. Adsorben ampas tebu yang telah diaktivasi memiliki nilai intensitas yang lebih rendah dibandingkan dengan sebelum diaktivasi. Hal ini mungkin terjadi karena adanya pembakaran lanjutan pada ampas tebu setelah pembakaran yang diinginkan terlampaui, sehingga diperoleh rendemen arang yang rendah dan terdapat kandungan abu yang cukup tinggi pada arang ampas tebu yang dihasilkan. Ampas tebu mengandung air, gula, serat dan mikroba, sehingga bila tertumpuk akan terfermentasi dan melepaskan panas. Oleh karena itu, ampas tebu memiliki karakteristik yang mudah terbakar [15].

Berdasarkan hasil analisa FTIR yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa terdapat ikatan hidrogen. Dengan adanya ikatan hidrogen tersebut, maka dapat diasumsikan bahwa mekanisme dari adsorpsi logam berat yang terjadi adalah sebagai berikut :

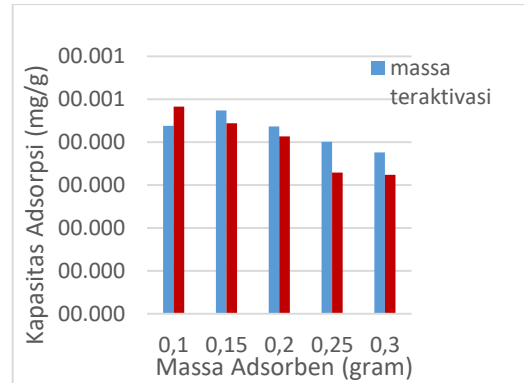


Gambar 2. Interpretasi Mekanisme

Adsorpsi dengan Adanya Ikatan -OH

Interaksi yang terjadi antara ion logam dengan gugus hidroksil juga disertai dengan terbentuknya ikatan kovalen koordinasi karena atom oksigen (O) pada gugus -OH memiliki pasangan elektron bebas sedangkan ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} memiliki orbital *d* yang kosong. Pasangan elektron dari atom oksigen akan mengisi orbital kosong yang dimiliki oleh ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} sehingga terbentuk suatu kompleks koordinasi [10].

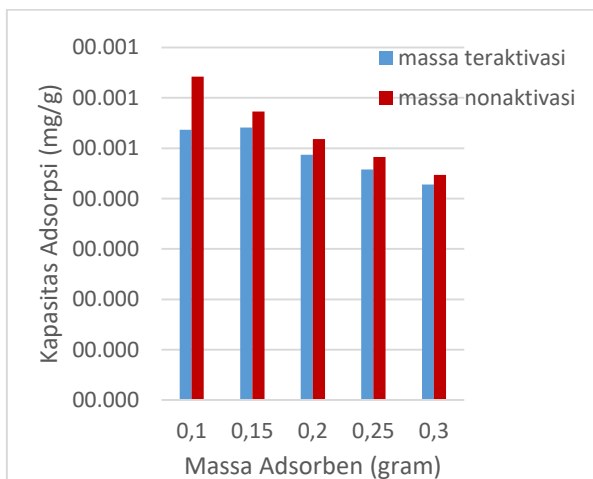
B. Adsorpsi Larutan yang Mengandung Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+}



Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Massa Adsorben Teraktivasi dan Non Aktivasi VS Kapasitas Adsorpsi Ion Pb^{2+}

Grafik di atas dapat menunjukkan hubungan antara massa adsorben teraktivasi dan massa adsorben non aktivasi terhadap kapasitas adsorpsi pada ion Pb^{2+} 8,1001 ppm. Dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya massa adsorben, maka semakin kecil kapasitas adsorpsi arang ampas tebu pada ion logam Pb^{2+} . Akan tetapi, pada saat massa adsorben ampas tebu aktivasi 0,15 gram, kapasitas adsorpsi terhadap ion logam Pb^{2+} mengalami kenaikan kemudian lalu kembali mengalami penurunan. Hal tersebut dapat disebabkan karena waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang terlalu lama sehingga melebihi batas waktu dan kemudian terjadi desorpsi. Faktor lainnya yaitu pada saat melakukan penambahan adsorben ke dalam larutan tidak secara bersama-sama, sehingga ada selisih waktu yang dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi.

Pada saat tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat, dan sebaliknya laju desorpsi cenderung meningkat [16]. Keadaan kesetimbangan terjadi ketika laju adsorpsi adalah sama dengan laju desorpsi. Perubahan yang terjadi pada saat terjadi keadaan kesetimbangan tidak dapat diamati secara makroskopis. Waktu kesetimbangan yang dimiliki oleh setiap proses adsorpsi berbeda-beda. Adanya perbedaan waktu kesetimbangan ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat [17].



Gambar 4. Grafik Pengaruh Variasi Massa Adsorben Teraktivasi dan Non Aktivasi VS Kapasitas Adsorpsi Ion Cu^{2+}

Grafik di atas dapat menunjukkan hubungan antara massa adsorben semakin bertambahnya massa adsorben, maka semakin besar kapasitas adsorpsi arang ampas tebu teraktivasi dan non aktivasi pada ion logam Cu^{2+} .

Berat adsorben yang semakin bertambah akan mengakibatkan adsorben

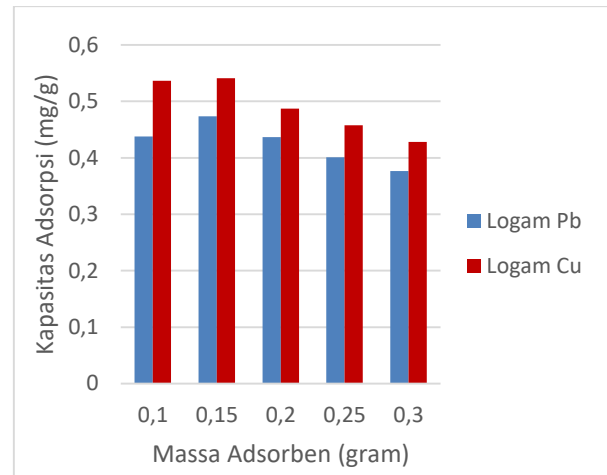
mencapai titik jenuh apabila permukaan adsorben telah terisi adsorbat [18]. Berdasarkan data yang ada dapat disimpulkan bahwa adsorben teraktivasi tidak menunjukkan kenaikan daya adsorpsi dibandingkan dengan adsorben non aktivasi, lebih baik tidak diaktivasi. Hal ini mungkin terjadi karena adanya pembakaran lanjutan pada ampas tebu setelah pembakaran yang diinginkan terlampaui, sehingga diperoleh rendemen arang yang rendah dan terdapat kandungan abu yang cukup tinggi pada arang ampas tebu yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan karakteristik dari ampas tebu yang mudah terbakar karena di dalamnya terkandung air, gula, serat dan mikroba, sehingga bila tertumpuk akan terfermentasi dan melepaskan panas [15]. Kenaikan konsentrasi NaOH tidak selalu menunjukkan kenaikan kemampuan adsorpsi, contohnya pada adsorpsi *Congo Red* dengan *Baggase Fly Ash* (BFA) lebih baik tidak diaktivasi [19].

Selain itu arang ampas tebu setelah aktivasi memiliki ukuran pori yang lebih besar daripada sebelum aktivasi, dimana hal ini dapat dilihat dari pergeseran bilangan gelombang yang terjadi pada hasil karakterisasi FTIR. Bilangan gelombang setelah aktivasi lebih besar daripada sebelum aktivasi yang menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi dan semakin besar energi sehingga permukaan tidak kaku/luas. Apabila ukuran pori adsorben semakin besar dan zat pengotor pada larutan yang memiliki ukuran yang lebih kecil daripada ukuran pori adsorben maka zat pengotor

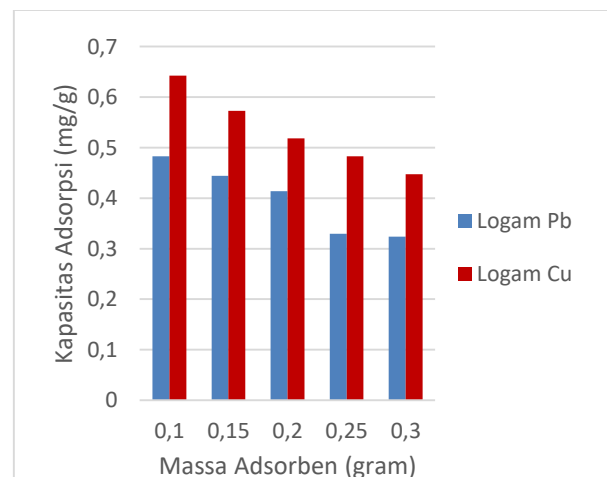
tersebut dapat masuk ke dalam adsorben dan terakumulasi dalam larutan [20]. Hal ini juga dapat menurunkan konsentrasi ion logam yang terserap karena terdapat akumulasi dari zat pengotor dalam larutan.

Data di atas menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi terbesar terjadi pada saat massa adsorben teraktivasi adalah 0,15 gram dan untuk adsorben non aktivasi sebesar 0,1 gram. Dapat disimpulkan bahwa adsorpsi untuk konsentrasi Pb^{2+} 8,1001 ppm dan Cu^{2+} 9,2460 ppm massa optimumnya adalah 0,1 gram adsorben non aktivasi. Untuk meneliti daya adsorpsi limbah cair dari industri songket oleh karbon aktif dari ampas tebu dibutuhkan kondisi optimum yakni dengan berat karbon aktif 0,1 g [21]. Pada sistem campuran kapasitas adsorpsi ion logam Cu^{2+} dan Pb^{2+} lebih kecil daripada dalam sistem tunggalnya. Hal ini karena dalam sistem campuran ion logam Cu^{2+} dan Pb^{2+} keduanya saling berkompetisi untuk dapat diadsorpsi oleh adsorben sehingga kapasitas adsorpsi dari masing-masing ion logam lebih kecil daripada saat dalam keadaan tunggal [22].

C. Kompetisi Adsorpsi Antara Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} oleh Adsorben Arang Ampas Tebu



Gambar 5. Grafik Pengaruh Variasi Massa Adsorben Teraktivasi VS Kapasitas Adsorpsi Ion Pb^{2+} dan Cu^{2+}



Gambar 6. Grafik Pengaruh Variasi Massa Adsorben Non Aktivasi VS Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Pb^{2+} dan Cu^{2+}

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil yaitu untuk ion logam Pb^{2+} kapasitas adsorpsi terbesar terjadi pada saat massa adsorben arang aktif ampas tebu 0,5 gram yaitu sebesar 0,4379 mg/g Sementara itu, untuk ion logam Cu^{2+} kapasitas adsorpsi terbesar terjadi pada saat massa adsorben arang aktif ampas tebu 0,5 gram, yaitu sebesar 0,5368 mg/g.

Sebagaimana yang telah diuraikan di atas, dapat diketahui bahwa adsorpsi ion logam ketika berada dalam campuran dan dalam keadaan tunggal mempunyai keadaan yang berbeda. Ketika ion-ion logam bercampur maka akan terjadi suatu kompetisi antara ion logam untuk dapat teradsorpsi lebih banyak. Baik dalam sistem tunggal maupun campuran, kapasitas adsorpsi untuk ion logam Cu^{2+} lebih besar daripada untuk ion logam Pb^{2+} karena ion logam Cu^{2+} memiliki afinitas elektron yang lebih tinggi daripada ion logam Pb^{2+} untuk mengikat gugus fungsi kitosan yang dimodifikasi TEPA. / CoFe_2O_4 [22].

Berdasarkan jari-jari ionnya, ion logam Cu^{2+} memiliki jari-jari ion yang lebih kecil daripada ion logam Pb^{2+} . Jari-jari ion ini pada konsep HSAB memiliki kaitan yang erat dengan keras lunaknya ion logam tersebut. Meskipun ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} keduanya merupakan asam menengah akan tetapi interaksi dengan adsorbat lebih kuat ion Cu^{2+} . Ini karena perbedaan jari-jari yang dimiliki antara ion Pb^{2+} dan Cu^{2+} . Pada adsorben terdapat situs aktif yakni gugus -OH yang merupakan basa keras. Sesuai dengan konsep HSAB maka basa keras akan lebih mudah berinteraksi dengan asamkeras. Oleh karena itu, gugus -OH pada adsorben yang merupakan basa keras akan lebih mudah berikatan dengan ion logam Cu^{2+} yang memiliki jari-jari ion lebih kecil dan menandakan memiliki sifat yang lebih keras daripada Pb^{2+} . Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dalam sistem

campuran ion logam Cu^{2+} lebih kompetitif daripada Pb^{2+} .

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan yakni : (1) Arang ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben larutan campuran ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} . (2) Kompetisi daya adsorpsi antara larutan ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} pada variasi massa oleh adsorben ampas tebu diperoleh hasil kapasitas adsorpsi ion logam Cu^{2+} lebih besar daripada kapasitas adsorpsi ion logam Pb^{2+} berdasarkan kapasitas adsorpsi terbesar pada massa adsorben ampas tebu non aktivasi 0,1 gram yaitu dengan kapasitas adsorpsi ion logam Pb^{2+} sebesar 0,4828 mg/g dan untuk ion logam Cu^{2+} sebesar 0,6423 mg/g.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada :

1. Ibu Dr. rer. nat. Sri Mulyani, M. Si selaku Kepala Program Studi Pendidikan Kimia FKIP UNS.
2. Ibu Dra. Bakti Mulyani, M.Si selaku dosen pembimbing sekaligus pembimbing akademik yang senantiasa memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Ibu Lina Mahardiani, S.T.,M.M.,M.Sc.,Ph.D. selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan motivasi, arahan, dan bimbingan dalam menyelesaikan penelitian ini.

4. Ibu Nanik Susilowati, A.Md dan Bapak Slamet Widdo yang telah membantu selama proses penelitian di laboratorium kimia Prodi Pendidikan Kimia FKIP UNS.
5. Bapak dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan dukungan.
6. Teman-teman Pendidikan Kimia angkatan 2017 yang selalu mendukung
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pino, Gabriela Huamán, Luciana Maria Souza De Mesquita, Mauricio Leonardo Torem, and Gustavo Adolfo Saavedra Pinto. (2006). "Biosorption of Cadmium by Green Coconut Shell Powder." *Minerals Engineering* 19(5): 380–387.
- [2] Rizky, Istria Pijar. (2015). "Aktivasi Arang Tongkol Jagung Menggunakan HCl Sebagai Adsorben." *Skripsi*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- [3] Apriliani, Ade. (2010). "Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu Dan Pb Dalam Air Limbah." *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- [4] Prasetio, Harry, dan Anna Ida S Purwiyanto. (2016). "Analisis Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Dalam Plankton di Muara Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan Analysis Of Heavy Metal Lead (Pb) andCopper (Cu) in Plankton at The Banyuasin Estuary South Sumatera Province." *MASPARI JOURNAL* 8(2): 73–82.
- [5] Palar, Heryando. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta : Penerbit Rineka Cipta.
- [6] Atkins, et al. (2010). *Inorganic Chemistry*. Great Britain : Oxford University.
- [7] Hidayati, A. S Dwi Saptati, Silva Kurniawan, Nalita Widya Restu, and Bambang Ismuyanto. (2016). "Potensi Ampas Tebu Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Karbon Aktif." *Natural B* 3(4): 311–317.
- [8] Yoseva, Patricia Lucy, Akmal Muhtar, dan Halida Sophia. (2015). "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Adsorben Untuk Peningkatan Kualitas Air Gambut." *JOM FMIPA* 2(1): 56-62.
- [9] Trisna, W. W. (2017). "Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Alternatif Adsorben Pb (II)." *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada* 17(2): 268–273.
- [10] Kusumawardani, Riska, dan dkk. (2018). "Adsorpsi Kadmium(II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat." *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 7(3): 75–83.
- [11] Asbahani. (2013). "Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kadar Besi Pada Air Sumur." *Jurnal Teknik Sipil UNTAN*. 13(1): 105-114.
- [12] Nurbaeti, Lutfi, Agung Tri Prasetya, and Ella Kusumastuti. (2018). "Arang Ampas Tebu (Bagasse) Teraktivasi Asam Klorida Sebagai Penurun Kadar Ion H₂PO₄⁻." *Indonesian Journal of Chemical Science* 7(2): 131–

- 139.
- [13] Alfiany, H, S Bahri, dan Nurakhirawati. (2013). "Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam." *Jurnal Natural Science Vol. 2 (3): 75-86 Desember 2013 ISSN: 2338-0950* 2(3): 75–86.
- [14] Utomo, Suratmin. (2014). "Pengaruh Waktu Aktivasi Dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivator NaOH." *Universitas Muhammadiyah Jakarta* (November): 1–4.
- [15] Nugraha, Justin Rexanindita. (2013). "Karakteristik Termal Briket Arang Ampas Tebu Dengan Variasi Bahan Perikat Lumpur UNESA *Journal of Chemistry*. 3(3): 159-163.
- [19] Ashadi, Haryono, dan Pranoto. (2015). "Aktivasi, Karakterisasi, dan Aplikasi *Bagasse Fly Ash* Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil." *Artikel Penelitian Bidang Fisika, Kimia, Biologi, dan IPA (Murni)*. ISSN : 2407-4659.
- [20] Syauqiah, Isna, Mayang Amalia, dan Hetty A Kartini. (2011). "Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif." *Info Teknik* 12(1): 11–20.
- [21] Sari, et al. (2017). "Penggunaan Karbon Aktif Dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket." *Journal of Natural Resources and Environmental Management* 7(1): 37–40.
- [22] Fan, Chunzhen et al. (2017). "Comparative and Competitive Adsorption of Pb(II) and Cu(II) Using Tetraethylenepentamine Lapindo." *Skripsi*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
- [16] Kurniawan, Mhd. Taufik, Yusnimar, dan Sri Helianty. (2015). "Penentuan Kesetimbangan Adsorpsi Regenerated Spent Bleaching Earth (RSBE) Terhadap Ion Fe (II)." *JOM FTEKNIK* 2(2).
- [17] Hasrianti. (2013). "Adsorpsi ion Cd²⁺ Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong." *Jurnal Dinamika* 4(2): 59-76.
- [18] Anjani, R.P. & T. Koestiari. (2014). "Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Granular sebagai Adsorben Logam Berat Pb(II) dengan Pesaing Ion Na⁺." Modified Chitosan/CoFe₂O₄ particles." *Journal of Hazardous Materials* 326(December): 211–20.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.12.036>