

Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash untuk Menjerap Logam Cu pada Sistem Batch

Adsorption Capability of Adsorbent Combination of Rice Husk and Bagasse Fly Ash for Cu Metal Adsorption on Batch System

Mardhiyah Ayu Astari*, Budi Utami

Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

*Corresponding: dhiyah43@gmail.com

Abstract : This research aims to find out the adsorption capability of combination of rice husk and bagasse fly ashes Cu metal adsorbent in batch system. The method of research included preparation of materials, activation of materials using HCl and NaOH solutions, characterization test using SEM, FTIR, and AAS. Determination of surface structure of rice husk and bagasse fly ash adsorbent using SEM instrument. Determination of functional group of rice husk and bagasse fly ash adsorbent using FTIR instrument. Determination of adsorption capacity test of rice husk and bagasse fly ash as adsorbent on variation of adsorbent composition, adsorbent mass, adsorbate concentration using AAS instrument. The results showed that rice husk and bagasse fly ash can be used as adsorbent because there were pores on surface structure of rice husk and bagasse fly ash. There is OH function group at wave number $3424,75968\text{ cm}^{-1}$ and Si-O function group from Si-O-Si at the wave number $1048,3565\text{ cm}^{-1}$ in combination of rice husk and bagasse fly ash adsorbent, the optimum composition ratio of rice husk and bagasse fly ash adsorbent was 1:2 with the percentage of 97% adsorbed Cu and adsorption capacity is $0,9164\text{ mg/g}$, the optimum adsorbent mass in Cu adsorption was $0,2\text{ g}$ with the percentage of 99,77% adsorbed Cu, and the optimum concentration of adsorbate was $10,1984\text{ mg/L}$ with the percentage of 97,22% adsorbed Cu and adsorption capacity $0,4958\text{ mg/g}$. The isotherm of adsorption pattern follows the Langmuir isotherm which means the adsorption process tends chemically.

Keywords : rice husk, bagasse fly ash, adsorption, Cu metal

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya industri diberbagai bidang menyebabkan meningkatnya kuantitas limbah yang dibuang ke lingkungan. Salah satu limbah tersebut adalah limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya (Sariwahyuni, 2006). Pembuangan limbah tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, misalnya pengurangan nilai estetika lingkungan yang berhubungan dengan perubahan warna, bau, dan rasa air. Limbah yang mengandung logam berat termasuk ke dalam golongan limbah B3. Pembuangan limbah yang mengandung logam berat ke perairan ataupun ke lingkungan secara langsung dapat merusak ekosistem yang ada. Keberadaan logam berat di lingkungan dalam jumlah yang melebihi ambang batas perlu diperhatikan karena sifat racun yang dimilikinya (Paduraru, 2008; Kaavessina, 2005).

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan berat jenis lebih besar dari 5 mg/cm^3 . Logam berat yang berbahaya di perairan diantaranya adalah

antimon (Sb), arsenik (As), berilium(Be), kadmium (Cd), kromium (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg), nikel (Ni), selenium (Se), kobalt (Co), dan seng (Zn) (Paduraru, 2008). Logam berat tersebut tidak dapat didegradasi oleh tubuh, memiliki sifat toksisitas (racun) pada makhluk hidup walaupun pada konsentrasi yang rendah, dan dapat terakumulasi dalam jangka waktu tertentu. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Efek selanjutnya, logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuk logam berat adalah melalui kulit, pernapasan dan pencernaan (Sembiring, 2008; Mahopatra 2009).

Tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik terhadap organisme air dan manusia pada batas konsentrasi tertentu. Batas maksimal logam Cu yang diizinkan di dalam air lingkungan berdasarkan Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup Kep.02/Men.KLH/1/1988 adalah $1,0\text{ mg/L}$. Bentuk tembaga yang paling

beracun adalah debu-debu Cu yang dapat mengakibatkan kematian pada dosis 3,5 mg/kg. Pada manusia efek keracunan utama yang ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap logam Cu adalah terjadinya gangguan pada jalur pernafasan sebelah atas dan terjadinya kerusakan atropik pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung (Palar, 2004). Logam Cu dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh, maka apabila konsentrasinya cukup besar logam Cu dapat meracuni tubuh. Pengaruh racun yang ditimbulkan dapat berupa muntah-muntah, rasa terbakar didaerah esopagus dan lambung, kolik, diare, yang kemudian disusul dengan hipotensi, nekrosis hati dan koma (Supriharyono, 2000).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi (Rios *et al.*, 1999). Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Pengolahan limbah logam pada umumnya dilakukan dengan cara koagulasi, flokulasi kemudian sedimentasi. Namun metode tersebut kurang efektif apabila diterapkan pada larutan yang memiliki konsentrasi logam berat antara 1–1000 mg/L dan membutuhkan bahan kimia dalam jumlah besar. Metode adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan karena metode ini aman, tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal, mudah pengerjaannya dan adsorben dapat didaur ulang (Erdawati, 2008).

Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi (*Oryza Sativa*) yang merupakan hasil samping saat proses penggilingan padi dilakukan. Sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam padi (Daifullah, 2003). Sekam padi merupakan salah satu bahan yang memiliki kandungan selulosa cukup banyak. Sekitar 34,34–43,80% berat sekam padi mengandung selulosa. Menurut data Kementerian Pertanian produksi padi pada 2017 naik 2,55 menjadi 81,38 juta ton berdasarkan Angka Ramalan (ARAM) II. Jumlah tersebut terdiri dari produksi padi sawah seberat 77,6 juta ton dan 3,78 juta ton padi ladang. Sementara luas lahan panen pada tahun lalu meningkat 4,17% menjadi 15,79 juta hektare (ha). Angka tersebut terdiri dari luas lahan untuk padi sawah seluas 14,63 ha dan lahan padi ladang 1,16 ha. Besarnya produksi padi di Indonesia menyebabkan hasil samping berupa sekam padi juga melimpah, namun potensi limbah sekam padi yang besar tersebut belum dimanfaatkan secara optimal.

Tebu (*saccharum officinarum*) merupakan bahan baku utama dalam pembuatan gula. Setelah tebu diperas dihasilkan ampas tebu (*bagasse*), yang digunakan sebagai bahan bakar pengolahan nira. Pembakaran ampas tebu menghasilkan abu terbang ampas tebu disebut *bagasse fly ash* (BFA) yang bisa mencemari udara. BFA belum banyak digunakan hanya dibiarkan menumpuk di sekitar pabrik dan sebagai bahan campuran semen dan beton, batu bata.

Sekam Padi dan *bagasse fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai adsorben, yang mana merupakan kombinasi antara bahan anorganik dan bahan organik. Penelitian sebelumnya BFA teraktivasi NaOH dapat digunakan untuk adsorben zat warna tekstil (Ashadi, 2015). Dipilihnya *bagasse fly ash* ini karena sekitar 95–99 % dari *fly ash* terdiri dari Si, Al, Fe, dan Ca. Sekitar 0,5–3,5 % terdiri dari Na, P, K, dan S (Gatima, 2005). Dimana unsur utama pembentuk *fly ash* adalah SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan CaO merupakan senyawa yang dapat menyerap logam-logam berat. Senyawa yang paling berperan dalam menyerap logam adalah silika. Silika mempunyai sifat unik yang tidak dimiliki oleh senyawa anorganik lainnya, seperti sifat inert, sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu untuk meningkatkan kinerjanya, kestabilan mekanik dan kestabilan termal tinggi, serta dapat digunakan untuk prekonsentrasi atau pemisahan analit karena proses pengikatan analit pada permukaan silika bersifat reversible (Pyrzynska, 2005). Silika yang digunakan dalam penelitian ini merupakan silika hasil karakterisasi. Permukaan silika yang dikarakterisasi menyebabkan hadirnya gugus silanol ($-\text{SiOH}$) dan siloksan (Si-O-Si) yang memungkinkan dapat mengikat ion logam secara lebih selektif dengan mekanisme tertentu (Mahmoud, 2000). *Bagasse fly ash* merupakan limbah jika tidak diolah lebih lanjut akan berdampak negatif bagi lingkungan. Sehingga penelitian ini memanfaatkan limbah untuk mengolah limbah lainnya. Sedangkan dipilihnya sekam padi karena memiliki selulosa yang dapat menyerap logam berat. Selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama gugus karboksil, hidroksil (Ibbet, 2006; Herwanto, 2006). Aktivasi selulosa dapat dilakukan dengan penambahan alkali misalnya NaOH, KOH atau LiOH. Menurut Fengel (2005), diungkapkan NaOH merupakan aktivator yang paling baik dibanding KOH dan LiOH. Penelitian sebelumnya sekam padi dapat menyerap logam Pb sebesar 99,38% dengan kapasitas penyerapan sebesar 0,4703 mg/g (Nurhasni, 2014) Adsorben bahan anorganik lebih stabil dan tidak mudah rapuh dibandingkan adsorben organik, Namun adsorben organik memiliki pori-pori relatif lebih besar dibanding adsorben anorganik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu kombinasi adsorben organik dan anorganik yang diharapkan dapat menyerap logam berat Cu secara optimal. Adsorpsi dilakukan dalam sistem *batch* dengan cara menambahkan adsorben dengan massa tertentu ke dalam limbah simulasi yang mengandung logam Cu. Penelitian ini diharapkan dapat diterapkan dalam adsorpsi logam Cu pada limbah asli Industri tekstil.



2. METODE PENELITIAN

2.1. Preparasi Sampel

Pada preparasi sampel, sekam padi dan *bagasse fly ash* dicuci bersih kemudian dikeringkan. Sekam padi dikeringkan dibawah sinar matahari, sedangkan *bagasse fly ash* dikeringkan dengan cara dioven dengan suhu 100°C selama 24 jam. Setelah kering, sekam padi digiling hingga menjadi serbuk dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. *Bagasse fly ash* yang telah kering dihaluskan menggunakan mortal dan alu supaya menjadi butiran halus dan selanjutnya di ayak menggunakan ayakan 100 mesh.

2.2. Proses Aktivasi

Hasil ayakan berupa serbuk sekam padi direndam dengan larutan NaOH 1M selama 24 jam untuk didelignifikasi. Hasil delignifikasi dicuci dengan akuades sampai netral. Kemudian diaktivasi dengan larutan HCl 1M selama 1 jam dengan suhu 90°C. Hasil aktivasi dicuci dengan akuades hingga netral (menggunakan pH meter stick). Setelah netral di keringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Hasilnya disebut adsorben sekam padi setelah aktivasi.

Hasil ayakan *bagasse fly ash* 100 mesh ditimbang dengan massa 40 gr. Memasukkan *bagasse fly ash* yang telah ditimbang ke dalam labu alas bulat kemudian ditambahkan 100 ml larutan NaOH 1,5M dan mengaduknya dengan *magnetic stirrer* dan direfluks pada suhu 90°C selama 6 jam. Kemudian *bagasse fly ash* hasil aktivasi dicuci dengan akuades hingga netral. Setelah itu dipanaskan dalam oven dengan suhu 100°C selama 6 jam. Hasilnya disebut adsorben *bagasse fly ash* setelah aktivasi.

2.3. Analisis Karakterisasi SEM dan FTIR

Sekam padi dan *bagasse fly ash* sebelum dan sesudah aktivasi dikarakterisasi dengan SEM untuk menentukan struktur permukaan adsorben.

Sekam padi dan *bagasse fly ash* sebelum dan sesudah aktivasi serta kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dikarakterisasi dengan FTIR untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada adsorben.

2.4. Pembuatan Larutan Sampel

Larutan sampel dibuat dengan cara mengencerkan larutan standar Cu 1000 mg/L dengan akuades menjadi larutan sampel yang konsentrasinya 10 mg/L.

2.5. Pengujian Daya Adsorpsi Adsorben Sekam Padi dan *Bagasse Fly Ash*

2.5.1. Variasi komposisi adsorben

Penentuan variasi komposisi optimum adsorben dilakukan dengan cara mengambil 10 ml larutan sampel Cu konsentrasi 10 mg/L kemudian dimasukkan dalam botol. Menimbang 0,1 gram adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan perbandingan komposisi sekam padi: *bagasse fly ash* yaitu 2:1, 1:1, 1:2. Kemudian mengkontakkan sampel dengan adsorben dengan cara diaduk pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit dengan shaker. Setelah selesai, disaring dengan kertas whatman no 42 dan filtratnya di uji AAS.

2.5.2. Variasi massa adsorben

Penentuan massa adsorben optimum dilakukan dengan mengambil larutan sampel Cu dengan konsentrasi 10 mg/L sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam botol. Kemudian mengkontakkan sampel dengan adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* pada perbandingan komposisi optimum dengan variasi massa adsorben 0,05 g; 0,1 g; 0,2 g. Larutan selanjutnya diaduk dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Setelah selesai, disaring dengan kertas whatman no 42 dan filtratnya di uji AAS.

2.5.3. Variasi konsentrasi larutan Cu

Penentuan konsentrasi larutan Cu optimum sebagai adsorbat dilakukan dengan cara mengambil larutan sampel Cu sebanyak 10 mL dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam botol. Sampel dikontakkan dengan adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan perbandingan komposisi adsorben optimum dan massa optimum. Proses pengkontakkan di aduk dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Setelah selesai, disaring dengan kertas whatman no 42 dan filtratnya di uji AAS.

2.6. Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

Penentuan pola isoterm adsorpsi dilakukan dengan cara mengambil larutan sampel Cu sebanyak 10 mL dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam botol. Sampel dikontakkan dengan adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan perbandingan komposisi adsorben optimum dan massa optimum. Proses pengkontakkan di aduk dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Setelah selesai, disaring dengan kertas whatman no 42 dan filtratnya di uji AAS. Kemudian di analisis berdasarkan pola isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

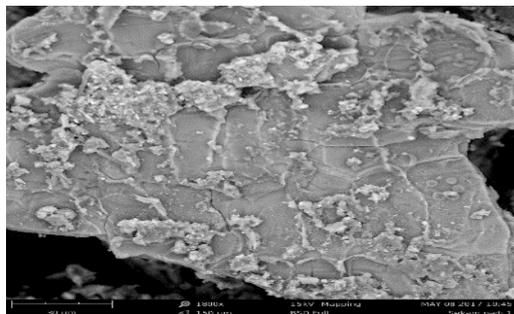
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum sekam padi digunakan sebagai adsorben, dilakukan proses delignifikasi dan aktivasi dengan menggunakan larutan NaOH 1 M dan HCl 1 M. Delignifikasi dilakukan untuk mengurangi kadar lignin pada sekam padi. Setelah serbuk sekam padi didelignifikasi selama 24 jam warna sekam padi yang semula coklat kehijauan menjadi coklat muda, hal ini menunjukkan pigmen telah terlarut. Kemudian sekam padi hasil delignifikasi diaktivasi menggunakan larutan HCl 1 M. Sekam padi hasil aktivasi berupa serbuk berwarna kuning pucat.

Bagasse fly ash diaktivasi dengan cara di refluks menggunakan larutan NaOH 1,5 M dengan suhu 90°C selama 6 jam. Setelah diaktivasi BFA yang semula berwarna hitam pekat menjadi hitam keabuan dan berupa serbuk halus. Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar luas permukaan pori-pori BFA sehingga dapat digunakan sebagai adsorben.

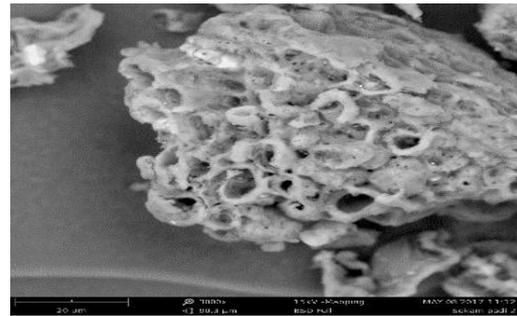
3.1. Analisis Hasil SEM

Karakterisasi sekam padi dan *bagasse fly ash* menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat struktur morfologi pori-pori pada permukaan sekam padi dan *bagasse fly ash* sebelum dan setelah diaktivasi. Hasil dari uji karakterisasi dengan menggunakan instrumen SEM sekam padi dan *bagasse fly ash* sebelum dan sesudah diaktivasi adalah sebagai berikut:



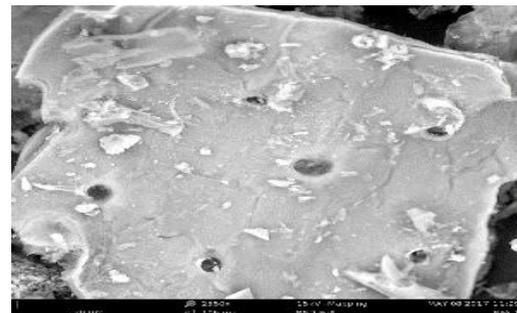
Gambar 1. Sekam Padi Sebelum Aktivasi

Berdasarkan Gambar 1. dapat diketahui bahwa permukaan sekam padi sebelum aktivasi masih tertutup atau belum terbentuk rongga. Selain itu terlihat bahwa masih terdapat zat-zat pengotor yang menyebabkan pori-pori dari sekam padi tersumbat.



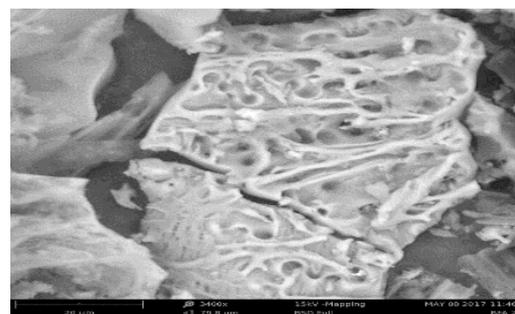
Gambar 2. Sekam Padi Setelah Aktivasi

Berdasarkan Gambar 2. dapat diketahui bahwa permukaan sekam padi setelah aktivasi sudah terbentuk pori-pori. Hal ini membuktikan bahwa proses aktivasi yang dilakukan dapat menghilangkan zat-zat pengotor yang menyumbat pori-pori sehingga bagian-bagian yang semula tertutup oleh zat pengotor menjadi terbuka dan terbentuk rongga. Hal ini mengakibatkan luas permukaan sekam padi menjadi lebih besar karena memiliki pori-pori yang jumlahnya cukup banyak, sehingga sekam padi dapat digunakan sebagai adsorben,



Gambar 3. Bagasse fly ash sebelum aktivasi

Berdasarkan Gambar 3. dapat diketahui bahwa permukaan *bagasse fly ash* sebelum aktivasi sudah terdapat rongga namun masih sedikit. Sehingga kemampuan adsorpsinya masih rendah karena pori-pori yang berperan untuk menyerap jumlahnya masih sedikit.



Gambar 4. *Bagasse fly ash* Setelah Aktivasi

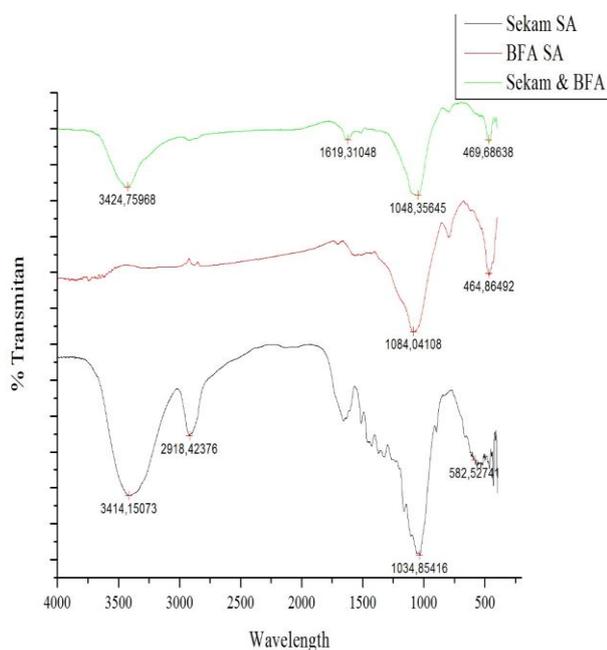


Berdasarkan Gambar 4. dapat diketahui bahwa permukaan *bagasse fly ash* setelah aktivasi terbentuk pori-pori yang lebih banyak. Hal ini membuktikan bahwa proses aktivasi mengakibatkan bagian-bagian pada permukaan *bagasse fly ash* yang sebelumnya tertutup oleh pengotor menjadi terbuka dan senyawa lainnya ikut terlarutkan. Hal ini mengakibatkan luas permukaan *bagasse fly ash* menjadi lebih besar karena memiliki pori-pori yang jumlahnya cukup banyak.

Berdasarkan hasil uji SEM, dapat disimpulkan bahwa sekam padi dan *bagasse fly ash* setelah aktivasi dapat dijadikan sebagai adsorben untuk adsorpsi logam Cu karena memiliki pori-pori pada struktur permukaannya.

3.2. Analisis Gugus Fungsi FTIR

Berikut ini adalah hasil FTIR dari adsorben sekam padi setelah aktivasi, *bagasse fly ash* setelah aktivasi, sertaperbandingan spektra sekam padi, *bagasse fly ash* dan adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash*. Uji FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada dalam adsorben.



Gambar 5. Perbandingan Spektra Sekam Padi, *Bagasse Fly Ash* dan Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan *Bagasse Fly Ash* Setelah Aktivasi

Berdasarkan hasil spektra IR pada Gambar 5. dapat diidentifikasi gugus-gugus fungsi yang serapannya kuat pada sekam padi sebelum dan setelah aktivasi yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Gugus Fungsi pada Adsorben

Sekam Padi		<i>Bagasse Fly Ash</i>		Kombinasi	
Gugus Fungsi	Serapan (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Serapan (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Serapan (cm ⁻¹)
-OH	3414,15	Si-O-Si	1084,04	-OH	3424,76
C-H alifatik	2918,42	Vibrasi tekuk Si-O	464,86	Si-O-Si	1043,36
C=C	1656,92			vibrasi tekuk Si-O	469,68
C-O	1034,85				

Pada spektra IR sekam padi, terdapat serapan yang melebar dan tajam bilangan gelombang 3414,15 cm⁻¹ serapan tersebut menunjukkan adanya vibrasi ulur gugus hidroksil (-O-H). Puncak 2700-3000cm⁻¹ merupakan serapan yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H alifatik. Pada sekam padi gugus ini muncul pada daerah bilangan gelombang 2918,42 cm⁻¹. Pembuktian adanya hidrokarbon alkana adalah adanya serapan vibrasi tekuk pada daerah bilangan gelombang 1450-1375 cm⁻¹ mengindikasikan banyaknya gugus hidrokarbon yang terdapat pada adsorben serbuk sekam padi. Serapan yang muncul pada daerah 1656,92 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=C. Pada daerah sidik jari muncul puncak yang tajam pada bilangan gelombang 1034,85 cm⁻¹ menunjukkan serapan vibrasi ulur gugus C-O yang merupakan penghubung rantai karbon dalam selulosa (ikatan glikosidik). Berdasarkan data gugus fungsi yang diperoleh dari karakterisasi FTIR di atas dapat disimpulkan bahwa pada sekam padi teraktivasi terdapat gugus -OH, C-H alifatik, C=C dan C-O.

Pada spektra IR *bagasse fly ash*, terdapat puncak pada bilangan gelombang 1084 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan vibrasi ulurdari Si-O-Si asimetris dan simetris. Adanya gugus fungsi Si-O-Si diperkuat dengan adanya serapan vibrasi tekuk pada bilangan gelombang 460-487 cm⁻¹ yang menunjukkan ikatan Si-O dan puncak pada 793,74 cm⁻¹ untuk yang timbul akibat deformasi ikatan Si-O pada SiO₄. Berdasarkan data gugus fungsi yang diperoleh dari karakterisasi FTIR di atas dapat disimpulkan bahwa pada *bagasse fly ash* teraktivasi terdapat gugus Si-O-Si, dan Si-O.

Spektra IR adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* teraktivasi menunjukkan serapan vibrasi yang muncul pada bilangan gelombang 3424,76 serapan tersebut menunjukkan adanya

vibrasi ulur gugus hidroksil (-O-H). Gugus hidroksil ini merupakan gugus yang berasal dari selulosa pada sekam padi. Puncak pada bilangan gelombang 2922,28 menunjukkan adanya serapan vibrasi ulur dari C-H alifatik. Serapan yang muncul pada daerah 1619,31 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C=C. Puncak pada bilangan gelombang 1048,36 cm^{-1} menunjukkan keberadaan vibrasi ulurdari Si-O-Si asimetris. Adanya gugus fungsi Si-O-Si diperkuat dengan adanya serapan vibrasi tekuk pada bilangan gelombang 460-487 cm^{-1} yang menunjukkan ikatan Si-O.

Berdasarkan data gugus fungsi yang diperoleh dari karakterisasi FTIR di atas dapat disimpulkan bahwa pada adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* teraktivasi terdapat gugus O-H, C-H alifatik, C=C, Si-O-Si, dan Si-O. Kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* ini memiliki dua gugus fungsi yang berperan penting dalam proses adsorpsi yaitu gugus O-H dan SiO₂, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben untuk menjerap Logam Cu.

3.3. Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan *Bagasse Fly Ash*

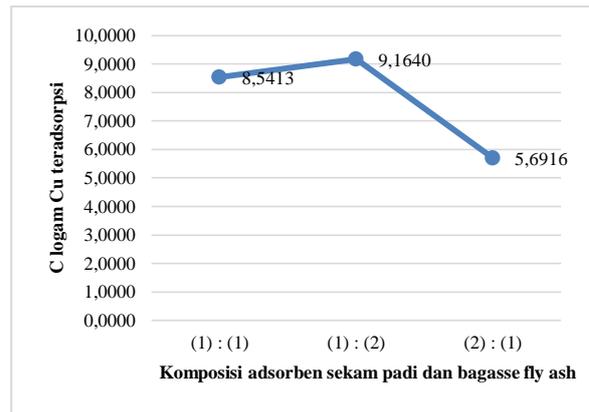
3.3.1 Variasi perbandingan komposisi

Dalam penelitian ini variasi komposisi sekam padi:*bagasse fly ash* yang digunakan yaitu 1:2, 1:1, 2:1. Konsentrasi awal larutan limbah simulasi yang digunakan adalah 10 ppm, volume adsorbat 10 mL dan waktu kontak 30 menit. Massa adsorben yang digunakan masing-masing adalah 0,1 gram. Hasil perbandingan komposisi adsorben optimum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Komposisi Optimum pada Adsorpsi Cu

Komposisi	C ₀ (mg/L)	C _e (mg/L)	q _e (mg/L)	%Cu teradsorpsi	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1:1	9,4925	0,9512	8,5413	90%	0,8541
1:2	9,4925	0,3285	9,164	97%	0,9164
2:1	9,4925	3,8009	5,6916	60%	0,5692

Berdasarkan Tabel 2. Dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Komposisi Optimum Terhadap Cu Teradsorpsi

Berdasarkan data di atas, komposisi adsorben yang paling optimum untuk mengadsorpsi logam Cu adalah komposisi 1 : 2 dimana 1 untuk sekam padi dan 2 untuk *bagasse fly ash*. Komposisi 1:2 menunjukkan logam Cu yang teradsorpsi mencapai 97% dengan kapasitas serapan 0,9164 mg/g pada massa adsorben 0,1 g dalam volume adsorbat 10 mL.

3.3.2. Variasi massa adsorben optimum

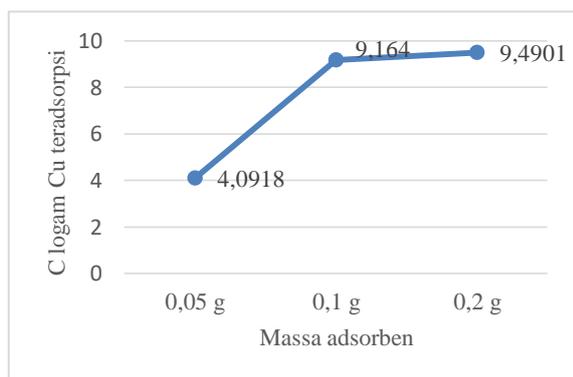
Penentuan massa adsorben juga bertujuan untuk mengetahui massa adsorben optimum yang dibutuhkan untuk menyerap logam Cu secara maksimum sampai tercapai keadaan jenuh. Besarnya adsorben yang digunakan juga mempengaruhi adsorpsi. Dalam penelitian ini variasi massa adsorben yang digunakan yaitu 0,05 gram ; 0,1 gram ; dan 0,2 gram. Konsentrasi awal larutan limbah simulasi yang digunakan adalah 10 ppm, volume adsorbat 10 mL dan waktu kontak 30 menit. Hasil penentuan massa adsorben optimum dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Massa Adsorben Optimum pada Adsorpsi Cu

Massa (g)	C ₀ (mg/L)	C _e (mg/L)	q _e (mg/L)	% Cu teradsorpsi
0,05	9,4925	5,4007	4,0918	43%
0,1	9,4925	0,3285	9,164	97%
0,2	9,4925	0,0024	9,4901	100%



Berdasarkan Tabel 3. Dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Variasi Massa Adsorben terhadap Cu Teradsorpsi

Berdasarkan gambar 7, dapat disimpulkan bahwa massa adsorben optimum adalah 0,2 g. Karena pada massa 0,2 g logam Cu yang teradsorpsi sebanyak 99,77%. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin besar daya adsorpsinya

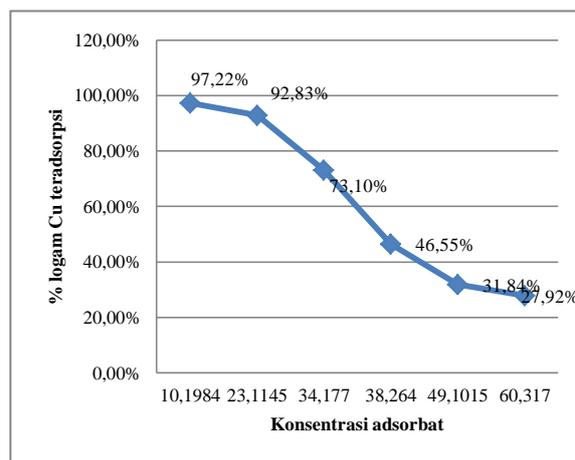
3.3.3 Variasi konsentrasi optimum

Setelah diperoleh massa adsorben optimum maka langkah selanjutnya adalah menentukan konsentrasi optimum larutan. Pada penelitian ini variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 10 ppm ; 20 ppm ; 30 ppm ; 40 ppm ; 50 ppm dan 60 ppm dengan volume 10 mL. Proses pengkontakkan dilakukan dengan instrumen shaker pada kecepatan 100 rpm dengan waktu kontak 30 menit. Hasil penentuan konsentrasi adsorbat optimum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi Optimum pada Adsorpsi Cu

Konsentrasi (mg/L)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/L)	% Cu teradsorpsi
10	10,1984	0,2832	9,9152	97,22%
20	23,1145	1,6574	21,4571	92,83%
30	34,177	9,1928	24,9842	73,10%
40	38,264	20,4515	17,8125	46,55%
50	49,1015	33,469	15,6325	31,84%
60	60,317	43,4775	16,8395	27,92%

Berdasarkan Tabel 4. Dapat dibuat grafik seperti pada Gambar 8.



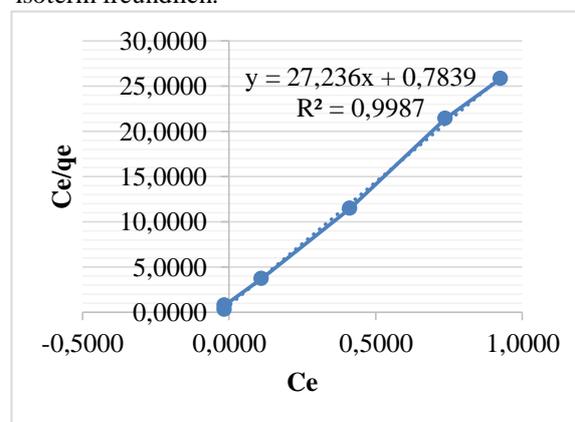
Gambar 8. Grafik Variasi Konsentrasi Adsorbat terhadap Cu Teradsorpsi

Berdasarkan data di atas konsentrasi logam Cu yang optimum dengan perbandingan komposisi 1:2, massa adsorben 0,2 g, volume adsorbat 10 mL, kecepatan pengadukan 100 rpm dan waktu kontak 30 menit adalah 10,1984 mg/L dan presentase logam Cu yang teradsorpsi sebesar 97,22%.

3.3.4. Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

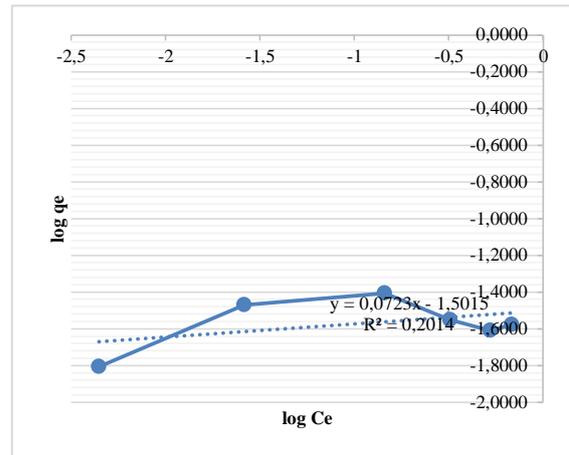
Tipe isoterm adsorpsi yang dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi fase cair-padat pada umumnya menganut tipe isoterm Freundlich dan Langmuir (Atkins, 1999).

Tujuan dari penentuan isoterm ini supaya mengetahui mekanisme adsorpsi yang terjadi pada adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dalam mengadsorpsi logam Cr apakah cenderung adsorpsi kimia atau adsorpsi fisika. Setiap adsorben memiliki pola isoterm adsorpsi berbeda-beda karena proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran molekul adsorbat, kepolaran zat adsorbat, suhu, ukuran adsorben, kemurnian adsorben, pH dan waktu kontak (Cheremisinoff & Ellerbusch, 1978). Berikut ini penentuan adsorpsi kimia dan fisika dilakukan dengan menentukan isoterm langmuir dan isoterm freundlich.



Gambar 9. Grafik Hubungan C_e/q_e dan C_e pada Pola Isoterm Langmuir

Berdasarkan Gambar 9. dapat diketahui bahwa nilai R^2 pada pola isoterm langmuir sebesar 0,9987.



Gambar 10. Grafik Hubungan Log q_e dan Log C_e pada Pola Isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar 10. dapat diketahui bahwa nilai R^2 pada pola isoterm langmuir sebesar 0,2014.

Berdasarkan data koefisien korelasi (R^2) dapat diketahui bahwa adsorpsi logam Cu menggunakan adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* lebih mengikuti model Langmuir daripada Freundlich. Hal ini didapat dengan membandingkan nilai R^2 dari kedua model tersebut. Isoterm Langmuir memiliki harga R^2 sebesar 0,9987 sedangkan isoterm adsorpsi Freundlich memberikan harga R^2 sebesar 0,2014. Isoterm adsorpsi Langmuir merupakan adsorpsi yang terjadi secara kimia, terdapat ikatan kimia antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia yang cukup kuat menyebabkan adsorbat hanya terserap pada lapisan pertama atau satu lapisan meskipun dilakukan penambahan konsentrasi dan suhu. Adsorpsi Langmuir berasumsi bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding dengan luas permukaan adsorben. Pada saat permukaan situs aktif belum jenuh dengan adsorbat, penambahan konsentrasi membuat jumlah adsorbat yang teradsorpsi semakin meningkat juga. Berbeda jika permukaan situs aktif sudah jenuh dengan adsorbat, penambahan konsentrasi tidak akan meningkatkan jumlah adsorbat yang terserap. Model isoterm Langmuir menandakan bahwa terbentuk lapisan monolayer dari logam Cu pada permukaan terluar dari kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* dan berlaku untuk adsorpsi kimia.



4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sekam padi dan *bagasse fly ash* dapat digunakan sebagai adsorben logam Cu
2. Pada kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* terdapat gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang 3424,75968 cm^{-1} dan gugus fungsi Si-O dari Si-O-Si pada bilangan gelombang 1048,35645 cm^{-1}
3. Perbandingan komposisi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* yang optimum adalah 1 : 2
4. Massa adsorben yang optimum adalah 0,2 g
5. Konsentrasi adsorbat yang optimum adalah 10,1984 mg/L
6. Proses adsorpsi logam Cu oleh adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* lebih dominan mengikuti pola isotherm langmuir yang berarti proses adsorpsi berlangsung secara kimia
7. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang adsorpsi menggunakan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan variabel bebas lainnya yaitu variasi waktu kontak, variasi pH, variasi kecepatan pengadukan dan suhu.
8. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan logam berat yang lain untuk menguji daya serap adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash*. Perlu dilakukan penelitian lain menggunakan aktivator lain. Misalnya H_2SO_4 , HNO_3 , KOH dan sebagainya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantudalam penelitian ini, khususnya penulis mengucapkan terimakasih kepada Budi Utami, S.Pd, M.Pd. selaku pembimbing dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Ashadi, Haryono, Pranoto. (2015). Aktivasi, Karakterisasi dan Aplikasi *Bagasse Fly Ash* sebagai adsorben zat warna tekstil. *Seminar Nasional Pendidikan Sains(SNPS)*. Halaman 561-572.

Atkins, P.W. (1999). *Kimia Fisika Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Cheremisinoff, P.N., & Ellerbusch, F. (1978). *Carbon Adsorption Handbook*. Michigan: Ann Arbor Science.

Daifullah, A.A.M., Girgis, B.S. & Gad, H.M.H. (2003). Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans. *Material Letters*, 57:1723–1731.

Erdawati. (2008). Kapasitas Adsorpsi Kitosan dan Nanomagnetik Kitosan terhadap Ion Ni(II), *Prosiding, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Lampung*, Lampung.

Fengel, D., and Gerd, W., 1995, *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Gatima, E., Mwinyihija, M., & Killham, K. (2005). Assessment of Pulverised Fly Ash (PFA) as an Ameliorant of Lead Contaminated Soils. *American Journal of Environmental Sciences*, 1(3), 230–238.

Herwanto, B., Santoso, E., 2006, Adsorpsi Ion Logam Pb (II) pada Membran Selulosa Kitosan Terikat Silang, *Akta Kimia Indonesia*, Vol 22 No. 1, 9-24.

Ibbet, R.N., Kaenthong, S., Philips, D.A.S., Wilding, M.A., 2006, Charaterisatim of Porosity of Regenerated Cellulosil Fibres Using Classical Dye Adsorbition Techniques, *Lenzinger Berichte*, Vol 88, 77-86.

Kaavessina, M., 2005, Keketimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) dengan Adsorben Chitin Secara Batch, *Ekulilibrium*, Vol. 4, hal 36-44.

Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor Kep 02/MENKLH/1/1988.

Mahmoud, M.E., Osman, M.M., Amer, M.E. 2000. Selective Preconcentration and Solid Phase Extraction of Mercury(II) from Natural Water by Silica Gel- Loaded Dithizone Phases. *Analytica Chimica Acta*, 415(1): 33-40.

Mahvi, A.H., Naghipour, D., Vaezi, F., Nazmara, S., 2005, Teawaste as An Adsorbent for Heavy Metal Removal from Industial Watewaters, *American journal of Applied Sciences*, Vol. 2, pp. 372-375

Mohapatra, M., Khatun, S., Anand, S., 2009, Adsorption Behaviour of Pb(II), Cd(II) and Zn(II) on NALCO Plant Sand, *Indian Journal of Chemical Technology*, Vol. 16, pp. 291-300.

Nurhasni, et.al. 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Limbah. *Valensi* . Vol. 4 No. 1, Mei 2014 (36-44).

Paduraru, C., Tofan, L., 2008, Investigations on The Possibility of Natural Hemp Fibres use for Zn (II) Ions Removal From Wastewaters, *Environment Engineering and Management Journal*, Vol.7, 687-693.

Palar. H. 2004. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Rineka cipta. Jakarta. p. 78-86.

Pyrzynska, K., Wierzbicki, T. 2005, *Analytical Sciences*, 21, 951-954.

Rios JP, Bess-Oberto L, Tiemann KJ, and Gardea-Torresdey. (1999). Investigation of Metal Ion Binding by Agricultural by Products. *Proceedings of the 1999 Conference on Hazardous*.

Sariwahyuni.(2006). Penyerapan Logam Pb dan Cd pada Berbagai Kombinasi pH Larutan Media Tanam dan Lama Penanaman Gulma Air Enceng Gondok (*Eichhornia crossipes*), *Majalah Teknik Industri* Vol : 11 No. 19.

Sembiring, Z., Suharso, Regina, Faradila, M., Murniyarti, .(2008). Studi Proses Adsorpsi – Desorpsi Ion Logam Pb (II), Cu (II), dan Cd (II) terhadap Pengaruh Waktu dan Konsentrasi pada Biomassa *Nannochloropsis* sp. Yang Terenkapsuli Aqua-Gel Silika dengan Metode Kontinyu, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-11*. 591-607.

Supriharyono.(2000). *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.



Diskusi:

Penanya:

Erna Widyasari (SMP Al Azhar Syifa Budi)

Mengapa sekam dan *bagasse fly ash* harus digabungkan?

Jawab:

Untuk mengkombinasikan antara adsorben organik dengan adsorben anorganik, dimana sekam padi merupakan adsorben organik yang pori-porinya lebih besar sedangkan BFA adsorben anorganik yang lebih stabil dan tidak mudah rapuh. Sehingga keduanya saling melengkapi dan diharapkan dapat meningkatkan daya adsorbsinya bila dikombinasikan.

Penanya:

Ninik Puji Astuti (Universitas Diponegoro)

Apa perbedaan adsorpsi Langmuir dan ficondlich?

Jawab:

Isotherm Langmuir bersifat kimia atau terbentuk ikatan kimia. Sedangkan isotherm ficondlich bersifat fisis dimana adsorben menempel pada permukaan adsorben