



EFEKTIVITAS SEKAM PADI DAN BAGASSE FLY ASH SEBAGAI ADSORBEN LOGAM Cr PADA SISTEM BATCH

The Effectiveness of Rice Husk and Bagasse Fly Ash as an Adsorbent of Cr on Batch System

Kharisma Resti Kurnia Diah Sangandita* dan Budi Utami

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

*Untuk korespondensi, telp: 087836231900, e-mail : resti3.kharis@gmail.com

Received: May 01, 2019

Accepted: August 29, 2019

Online Published: August 31, 2019

DOI : 10.20961/jkpk.v4i2.29724

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan sekam padi dan bagasse fly ash sebagai adsorben logam Cr. Pada penelitian ini, adsorpsi menggunakan sistem batch. Tahap-tahap penelitian ini meliputi preparasi bahan, aktivasi bahan dengan larutan HCl dan larutan NaOH, uji karakterisasi menggunakan SEM, FTIR dan AAS. Penentuan kondisi optimum adsorpsi logam Cr pada variasi komposisi adsorben, massa adsorben, konsentrasi adsorbat, dan kajian isoterm adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan adsorben sekam padi dan bagasse fly ash dapat digunakan sebagai adsorben karena terdapat pori-pori yang didasarkan pada analisis SEM, berdasarkan hasil FTIR terdapat gugus fungsi -OH (hidroksil) pada bilangan gelombang $3423,76\text{ cm}^{-1}$ dan gugus fungsi Si-O dari Si-O-Si (siloksan) pada bilangan gelombang $1048,36\text{ cm}^{-1}$ dalam kombinasi adsorben sekam padi dan bagasse fly ash, berdasarkan hasil AAS ditemukan bahwa perbandingan optimum adsorben sekam padi dan bagasse fly ash adalah 1:2 dengan presentase logam Cr teradsorpsi 98,90%, massa adsorben optimum 0,2 g dengan presentase logam Cr teradsorpsi 99,77%, dan konsentrasi adsorbat optimum pada 20,645 mg/L dengan presentase Cr teradsorpsi 99,63%. Pola isoterm adsorpsi cenderung mengikuti isoterm langmuir yang berarti proses adsorpsi secara kimia.

Kata Kunci: sekam padi, bagasse fly ash, adsorpsi, Cr

ABSTRACT

This study aimed to utilize rice husk and bagasse fly ash as Cr metal adsorbent. In this study, the adsorption used batch system. The steps of research were preparation of materials, activation of materials with HCl and NaOH solutions, characterization test using SEM, FTIR and AAS. Determination of optimum condition of Cr metal adsorption on variation of adsorbent composition, adsorbent mass, adsorbate concentration and isotherm adsorption study. The result showed that the adsorbent of rice husk and bagasse fly ash can be used as adsorbent because there were pores that is based on SEM analysis, based on FTIR results that there were a -OH (hydroxyl) functional group at wavenumber 3424.76 cm^{-1} and Si-O from Si-O-Si (siloxane) functional group at wavenumber 1048.36 cm^{-1} in the combination of rice husk and bagasse fly ash adsorbent, based on AAS results it was found that the optimum composition ratio of rice husk and bagasse fly ash adsorbent was 1:2 with the percentage of Cr adsorbed 98.90%, the optimum adsorbent mass at 0.2 g with the percentage of Cr adsorbed 99.77% and the optimum adsorbate concentration at 20.645 mg/L with the percentage of Cr adsorbed 99.63%. The pattern of adsorption isotherm tends followed the Langmuir isotherm which means the adsorption process chemically.

Keywords: rice husk, bagasse fly ash, adsorption, Cr

PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil dan produk tekstil di Indonesia mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Pesatnya perkembangan industri tekstil berdampak positif pada pertumbuhan ekonomi nasional dan sebagai tempat untuk menyerap tenaga kerja yang banyak. Namun disisi lain perkembangan industri tekstil berdampak negatif terhadap lingkungan dimana limbah yang dihasilkan terus meningkat. Menurut keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor kep 51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair industri tekstil dinyatakan debit limbah maksimum 150 m³ per ton produk tekstil [1].

Limbah cair tekstil yang sering ditemui adalah logam kromium. Kromium merupakan logam berat yang memiliki tingkat toksik tinggi, karsinogenik, sulit diuraikan dan berdampak buruk bila masuk dalam tubuh manusia hingga menyebabkan kematian [2]. Bila kadar kromium pada limbah cair industri tekstil melebihi ambang batas yaitu 2 mg/L nilai baku mutu krom total, maka dapat mencemari lingkungan dan makhluk hidup [1]. Maka dari itu perlu dan penting untuk dilakukan penanganan dalam mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan logam kromium. Salah satu cara mengatasi pencemaran lingkungan tersebut dengan menggunakan metode adsorpsi.

Metode adsorpsi merupakan proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat [3]. Adsorpsi merupakan metode yang sering digunakan mengatasi masalah logam berat, efektif, ekonomis dan lebih aman [4]. Pada

penelitian ini menggunakan adsorpsi sistem batch. Pada sistem batch partikel adsorben ditempatkan di sebuah wadah yang berisi larutan adsorbat kemudian diaduk merata sehingga terjadi proses adsorpsi. Penggunaan sistem batch ini karena sistem batch efektif untuk adsorpsi skala besar.

Adsorben yang digunakan pada penelitian ini berasal dari alam yaitu sekam padi dan *bagasse fly ash*, sebab adsorben yang berasal dari alam memiliki kemampuan adsorpsi baik dan lebih ekonomis [5]. Sekam padi merupakan hasil sampingan dari proses penggilingan padi yang memiliki berat 20% dari bobot padi [6]. Selama ini pemanfaatan sekam padi belum optimal hanya sebagai pakan ternak, media tanaman dan dibuang (dibakar). Padahal sekam padi memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu sebesar 35% dimana selulosa berpotensi besar untuk dijadikan adsorben karena gugus OH yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat [7], [8]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa arang sekam padi dapat menyerap ion Cr (VI) sebesar 17,204 mg/L dalam waktu 20 menit [9]. Sekam padi dapat menurunkan kadar logam timbal di dalam kerang rebus sebesar 40,15% [10]. Sedangkan *bagasse fly ash* (BFA) merupakan salah satu limbah yang dihasilkan pada pembakaran ampas tebu pada pabrik gula.

Limbah BFA ini akan terus meningkat seiring meningkatnya produksi gula. Apabila tidak diolah atau dimanfaatkan dengan baik, maka dapat mencemari lingkungan karena fly ash di kategorikan ke dalam limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) [11]. Selama ini pemanfaatan BFA belum

maksimal. Padahal *bagasse fly ash* mengandung silika oksida yang tinggi, dimana silika oksida berpotensi baik sebagai adsorben [12]. Penelitian sebelumnya BFA teraktivasi NaOH dapat digunakan untuk adsorben zat warna tekstil [13]. Berdasarkan penelitian sebelumnya sekam padi dan *bagasse fly ash* dapat dijadikan sebagai adsorben yang baik untuk menangani permasalahan pencemaran lingkungan.

Maka dari itu, penelitian ini memanfaatkan kedua adsorben tersebut yaitu sekam padi dan *bagasse fly ash* sebagai kombinasi adsorben organik dan anorganik. Kelebihan kombinasi adsorben organik dan anorganik ini lebih ekonomis. Kombinasi adsorben ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dalam adsorpsi. Dimana adsorben organik memiliki adsorpsi yang baik sedangkan adsorben anorganik lebih tahan termal dan tidak mudah rapuh. Pada penelitian ini mengkombinasikan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* untuk mengadsorpsi logam Cr pada larutan simulasi Cr. Diharapkan penelitian ini dapat menyerap logam Cr pada limbah cair industri tekstil untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Morfologi permukaan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash*, gugus fungsi kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash*, mengetahui perbandingan komposisi adsorben optimum, massa adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* optimum dalam mengadsorpsi logam Cr, konsentrasi adsorbat optimum dan pola isotherm adsorpsi yang terjadi pada adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash*.

METODE PENELITIAN

1. Preparasi sampel

Pada preparasi sampel ini sekam padi dan *bagasse fly ash* dicuci bersih kemudian dikeringkan. Sekam padi dikeringkan di bawah sinar matahari sedangkan *bagasse fly ash* dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 100°C. Kemudian sekam padi digiling atau diblender supaya menjadi bentuk serbuk selanjutnya diayak dengan ayakan 100 mesh [14]. Sedangkan *bagasse fly ash* setelah kering digerus dengan mortal dan alu supaya menjadi butiran halus. Selanjutnya *bagasse fly ash* diayak dengan ayakan 100 mesh [13].

2. Proses aktivasi

Hasil ayakan sekam padi berupa serbuk padi direndam dengan larutan NaOH 1 M selama 24 jam untuk delignifikasi. Perbandingan adsorben dengan larutan NaOH adalah 3 : 10 [10]. Selanjutnya dicuci dengan akuades sampai pH netral (menggunakan pH meter stick). Kemudian diaktivasi dengan larutan HCl 1 M selama 1 jam dengan suhu 90°C. Hasil aktivasi dicuci dengan akuades hingga netral. Setelah netral dikeringkan dalam oven pada suhu 60° selama 24 jam [15]. Hasilnya disebut adsorben sekam padi setelah aktivasi. Sedangkan hasil ayakan *bagasse fly ash* berupa butiran halus ditimbang seberat 40 g. Kemudian dimasukkan dalam labu alas bulat, ditambahkan 100 ml larutan NaOH 1,5 M dan magnetic stirer. Selanjutnya direfluks selama 6 jam dengan suhu 90°C [16]. Kemudian *bagasse fly ash* hasil aktivasi dicuci dengan akuades hingga netral. Setelah itu dipanas-

kan dalam oven dengan suhu 100°C selama 6 jam [13]. Hasilnya disebut adsorben *bagasse fly ash* setelah aktivasi.

3. Analisis karakterisasi SEM dan FTIR

Adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* sebelum dan sesudah aktivasi diuji SEM untuk mengetahui morfologi permukaannya. Sedangkan adsorben sekam padi setelah aktivasi, adsorben *bagasse fly ash* setelah aktivasi dan kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* setelah aktivasi diuji FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya.

4. Pembuatan larutan sampel

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

5. Pengujian efektivitas adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash*

a. Variasi komposisi adsorben

Penentuan komposisi adsorben optimum dilakukan dengan mengambil larutan sampel Cr 10 mg/L sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam botol. Kemudian dikontakkan dengan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* yang massa totalnya 0,1 gram dengan perbandingan 2:1, 1:1 dan 1:2. Larutan selanjutnya diaduk dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit [17]. Setelah selesai disaring dengan kertas whatmann no 42 dan filtrat siap diuji AAS.

b. Variasi massa adsorben

Penentuan massa adsorben optimum dilakukan dengan mengambil larutan sampel Cr 10 mg/L sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam botol. Kemudian dikontakkan

dengan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* pada perbandingan komposisi optimum dengan massa 0,05 g, 0,1 g dan 0,2 g [18]. Larutan selanjutnya diaduk dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit [17]. Setelah selesai disaring dengan kertas whatmann no 42 dan filtrat siap di uji AAS.

c. Variasi konsentrasi adsorbat

Penentuan konsentrasi larutan Cr optimum dilakukan dengan mengambil larutan Cr sebanyak 10 mL dengan konsentrasi 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L dan 30 mg/L lalu dimasukkan kedalam botol. Kemudian dikontakkan dengan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan perbandingan komposisi adsorben optimum dan massa adsorben optimum. Larutan selanjutnya diaduk dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit [17]. Setelah selesai disaring dengan kertas whatmann no 42 dan filtrat siap diuji AAS.

6. Penentuan pola isoterm adsorpsi

Penentuan pola isoterm adsorpsi dilakukan dengan mengambil larutan sampel Cr dengan konsentrasi 10 mg/L, 20 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L, 50 mg/L dan 60 mg/L. Kemudian masing-masing dimasukkan ke dalam botol. Selanjutnya dikontakkan dengan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan perbandingan komposisi adsorben dan massa adsorben yang optimum. Larutan selanjutnya diaduk dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Setelah selesai disaring dengan kertas whatmann no 42 dan filtrat siap diuji AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses preparasi sampai aktivasi terjadi perbedaan warna atau tekstur pada sekam padi dan *bagasse fly ash*. Tahap preparasi awal sekam padi masih berbentuk butir padi namun ringan, berwarna kuning kecokelatan dan agak kotor. Setelah proses preparasi sekam padi berbentuk serbuk, dan berwarna coklat muda. Kemudian setelah melalui tahap preparasi terjadi perubahan warna yaitu ketika proses delignifikasi warna menjadi coklat kehijauan. Proses delignifikasi ini bertujuan untuk menghilangkan lignin yang terkandung dalam sekam padi dimana persentase lignin sebesar 20% dalam sekam padi [7]. Lignin dihilangkan karena dapat menghambat proses adsorpsi [14]. Penggunaan NaOH dapat menghilangkan lignin, karena ion OH⁻ dari NaOH dapat memutuskan ikatan-ikatan struktur dasar lignin sehingga mudah larut [19].

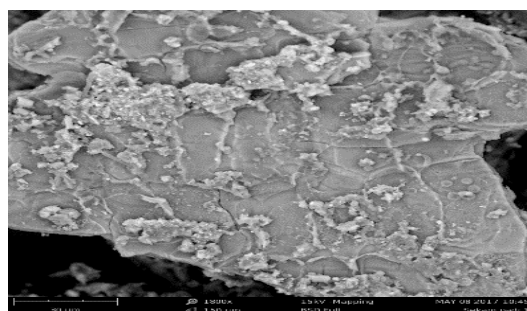
Kemudian diaktivasi dan dikeringkan dalam oven. Setelah selesai sekam padi berbentuk serbuk halus dan berwarna coklat muda. Tujuan dilakukan proses aktivasi ini untuk memperbesar pori-pori sekam padi sehingga kemampuan menyerap logam meningkat [20]. Pada penelitian ini sekam padi diaktivasi dengan larutan HCl. Aktivator asam menyebabkan terjadinya dekarbonisasi dimana dapat menyebabkan bertambahnya luas pori-pori karena berkurangnya pengotor yang menutupi pori-pori adsorben [21].

Sedangkan *bagasse fly ash* sebelum dipreparasi berwarna hitam, bentuk kasar dan agak kotor. Setelah preparasi *bagasse fly ash* bentuknya butiran halus, hitam dan bersih. Kemudian setelah selesai proses

aktivasi dengan larutan NaOH *bagasse fly ash* berwarna hitam dan butiran sangat halus. Proses aktivasi ini bertujuan untuk memperbesar pori-pori permukaan adsorben. Penggunaan larutan NaOH atau aktivator basa supaya menurunkan tingkat kristalinitas silika pada *bagasse fly ash*, karena tingkat kristalinitas yang tinggi dapat menurunkan kapasitas adsorpsi [12]. Kedua adsorben ini yaitu sekam padi dan *bagasse fly ash* siap untuk digunakan dan diuji SEM serta uji FTIR.

1. Analisis hasil SEM

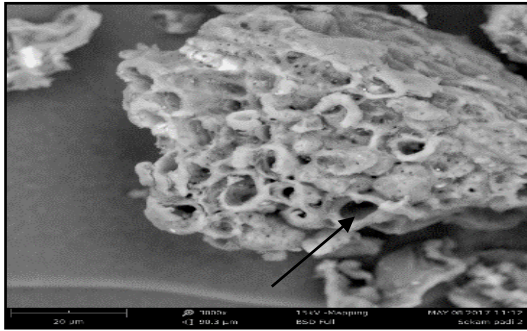
Berikut ini hasil uji SEM untuk adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* sebelum dan setelah aktivasi. Tujuan uji SEM mengetahui morfologi permukaan adsorben. Morfologi permukaan suatu adsorben berpengaruh dengan proses adsorpsi. Salah satu kriteria adsorben dapat digunakan adalah memiliki pori-pori karena pori-pori digunakan untuk menyerap zat adsorbat (logam).



Gambar 1. Sekam padi sebelum aktivasi

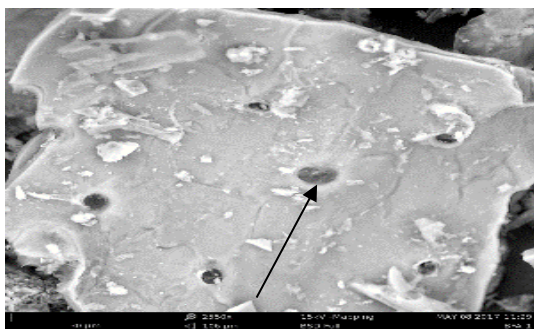
Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa sekam padi sebelum aktivasi permukaannya masih tertutup dan belum terbentuk pori-pori. Pada gambar dapat dilihat bahwa permukaan sekam padi juga tertutup oleh pengotor. Berdasarkan hal ini dapat diketahui bahwa pada tahap

preparasi walaupun sekam padi sudah dibersihkan ternyata secara mikroskopis masih terdapat zat pengotor yang menutupi permukaan dan pori-pori belum terbuka.



Gambar 2. Sekam padi setelah aktivasi

Berdasarkan Gambar 2, dapat diketahui bahwa sekam padi setelah aktivasi pada permukaannya sudah terbentuk pori-pori. Pori-pori ditunjukkan pada anak panah. Pori-pori ini yang merupakan syarat adsorben untuk melakukan adsorpsi. Pada gambar dapat dilihat bahwa sudah tidak ada lagi zat pengotor yang menutupi permukaan adsorben sekam padi. Berdasarkan hal ini bahwa proses aktivasi berpengaruh pada morfologi permukaan adsorben selain menghilangkan zat pengotor yang menutupi permukaan juga dapat membuka pori-pori permukaan pada sekam padi.



Gambar 3. Bagasse fly ash sebelum aktivasi

Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa *bagasse fly ash* sebelum aktivasi sudah terbentuk rongga atau pori-pori, namun jumlahnya masih sedikit. Sehingga sebenarnya *bagasse fly ash* sebelum aktivasi sudah dapat digunakan sebagai adsorben.



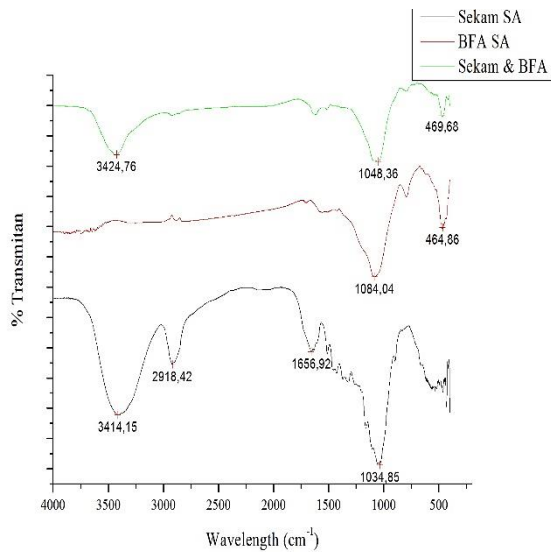
Gambar 4. Bagasse fly ash setelah aktivasi

Berdasarkan gambar 4, dapat diketahui bahwa *bagasse fly ash* setelah aktivasi mengalami peningkatan jumlah pori-pori di permukaannya.

Berdasarkan hasil SEM dapat disimpulkan bahwa sekam padi dan *bagasse fly ash* setelah aktivasi dapat digunakan sebagai adsorben untuk adsorpsi logam Cr. Karena adsorben setelah aktivasi permukaannya sudah terbentuk pori-pori.

2. Analisis gugus fungsi FTIR

Berikut ini adalah hasil FTIR dari adsorben sekam padi, adsorben *bagasse fly ash* dan adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash*. Tujuan uji FTIR ini mengetahui gugus fungsi yang ada dalam adsorben.



Gambar 5. Perbandingan gugus fungsi adsorben sekam padi, adsorben *bagasse fly ash* dan adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash*

Berdasarkan gambar di atas, maka dapat diidentifikasi gugus-gugus fungsi yang serapannya kuat pada sekam padi, *bagasse fly ash* dan kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Gugus-gugus fungsi adsorben

Sekam padi		Bagasse fly ash		Kombinasi	
Gugus fungsi	Serapan (cm ⁻¹)	Gugus fungsi	Serapan (cm ⁻¹)	Gugus fungsi	Serapan (cm ⁻¹)
O-H	3414,15	Si-O	1084,04	O-H	3424,76
C-H alifatik	2918,42	Vibrasi Si-O	464,86	Si-O	1048,36
C=O	1656,92			Vibrasi Si-O	469,68
C-O	1034,85				

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 1, pada adsorben sekam padi setelah diaktivasi ditemukan beberapa gugus fungsi yaitu gugus fungsi O-H pada serapan 3414,15 cm⁻¹, gugus fungsi C-H alifatik pada serapan 2918,42 cm⁻¹, gugus fungsi C=O pada serapan 1656,92 cm⁻¹ dan gugus fungsi C-O pada serapan 1034,85 cm⁻¹. Sedangkan

pada adsorben *bagasse fly ash* setelah aktivasi serapan kuat ditunjukkan oleh gugus fungsi Si-O dari Si-O-Si (siloksan) pada serapan 1084,04 cm⁻¹. Adanya gugus Si-O ini diperkuat dengan adanya puncak pada serapan bilangan gelombang 464,86 cm⁻¹, dimana menunjukkan vibrasi bengkokan Si-O-Si. Daerah serapan sekitar 1250-950 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur asimetris Si-O [22].

Pada kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* terdapat gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang 3424,76 cm⁻¹, gugus Si-O dari Si-O-Si (siloksan) pada bilangan gelombang 1048,36 cm⁻¹. Bukti bahwa yang terbentuk itu adalah gugus fungsi Si-O bukan C-O karena pada bilangan gelombang 469,68 cm⁻¹ terdapat vibrasi bengkokan dari Si-O-Si dan intensitasnya tidak tajam. Setelah dikombinasikan gugus fungsi O-H (hidroksil) intensitasnya menjadi lebih rendah dan ada beberapa gugus fungsi dari sekam padi yang tidak menunjukkan serapan yang kuat yaitu gugus fungsi C-H alifatik dan gugus fungsi C=O. Sebenarnya C-H alifatik ada pada adsorben kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* namun intensitasnya sangat lemah yaitu 2922,28 cm⁻¹. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 5 spektrum IR warna hijau terdapat puncak dengan intensitas sangat lemah pada bilangan gelombang sekitar 3000-2900 cm⁻¹.

Hal tersebut dimungkinkan karena pada hasil FTIR kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* tersebut merupakan kombinasi dengan perbandingan komposisi 1:2. Dimana adsorben *bagasse fly ash* memiliki komposisi yang lebih banyak dibanding sekam padi, sehingga pada hasil

uji FTIR untuk kombinasi sekam padi dan *bagasse fly ash* gugus fungsi O-H intensitas lebih rendah dan C-H alifatik tidak terlalu nampak. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan pada kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* terdapat serapan kuat gugus fungsi O-H dan Si-O dari Si-O-Si. Kedua gugus fungsi ini berperan dalam proses adsorpsi. Gugus-gugus ini yang akan berinteraksi dengan logam Cr, dimana dapat terjadi secara mekanisme kimia atau fisika. Adanya gugus fungsi –OH pada adsorben menyebabkan adsorben bersifat polar sehingga adsorben lebih kuat mengadsorpsi zat adsorbat yang bersifat polar dibanding yang kurang polar [23].

3. Pengujian efektivitas adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash*

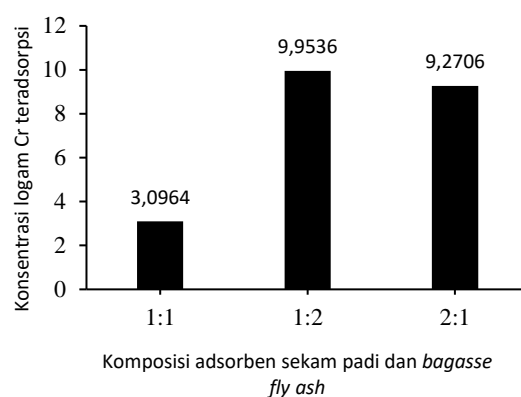
a. Variasi komposisi adsorben optimum

Pada penelitian ini dilakukan pengujian larutan sampel yang konsentrasinya 10 mg/L sebanyak 10 mL dikontakkan dengan massa adsorben 0,1 g dengan perbandingan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* yaitu 1:1, 1:2 dan 2:1. Ketika dikontakkan diaduk dengan shaker kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Hasil perbandingan komposisi adsorben optimum dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan komposisi adsorben

Komposisi	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Ct (mg/L)	% Cr teradsorpsi
1:1	10,0643	6,9679	3,0964	30,77%
1:2	10,0643	0,1107	9,9536	98,90%
2:1	10,0643	0,7937	9,2706	92,11%

Berdasarkan tabel 2, dapat dibuat grafik pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan komposisi adsorben optimum

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 6 dapat disimpulkan bahwa komposisi adsorben optimum pada perbandingan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* 1 : 2, dimana konsentrasi logam terserap mencapai 9,9536 mg/L dengan presentase logam yang teradsorpsi sebesar 98,90%. Perbandingan optimum adsorben 1:2 ini menunjukkan bahwa interaksi antara adsorben *bagasse fly ash* dengan adsorbatnya yaitu gugus Si-O dari Si-O-Si (siloksan) dengan logam Cr lebih kuat dibanding adsorben sekam padi dengan adsorbat yaitu gugus –OH (hidroksil) dengan logam Cr.

b. Variasi massa adsorben optimum

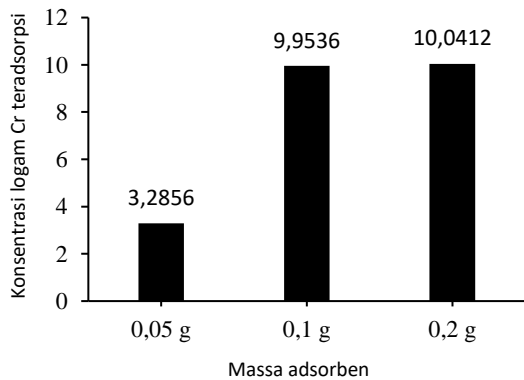
Pada penelitian ini dilakukan pengujian larutan sampel yang konsentrasinya 10 mg/L sebanyak 10 mL dikontakkan dengan adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan perbandingan optimum yaitu 1:2. Massa adsorben yang dikontakkan sebanyak 0,05 g, 0,1 g dan 0,2 g. Ketika dikontakkan diaduk dengan shaker kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Hasil

perbandingan massa adsorben optimum dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan massa adsorben

Massa	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Ct (mg/L)	% Cr teradsorpsi
0,05 g	10,0643	6,7787	3,2856	32,65%
0,1 g	10,0643	0,1107	9,9536	98,90%
0,2 g	10,0643	0,0231	10,0412	99,77%

Berdasarkan Tabel 3, dapat dibuat grafik pada Gambar 7.



Gambar 7. Massa adsorben optimum

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 7 dapat disimpulkan bahwa massa adsorben optimum pada massa 0,2 g. Karena pada massa 0,2 g logam yang teradsorpsi sebanyak 10,0412 mg/L dengan presentase logam yang teradsorpsi sebanyak 99,77%. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka semakin besar daya adsorpsinya.

c. Variasi konsentrasi adsorbat optimum

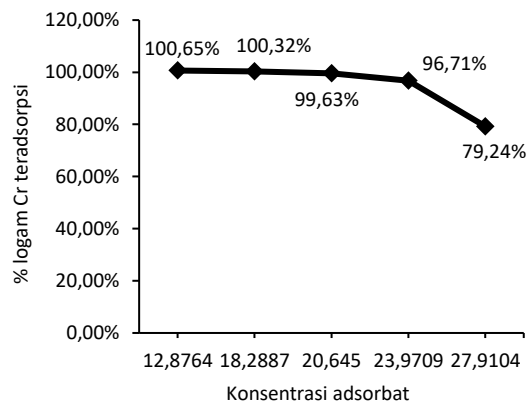
Pada penelitian ini dilakukan pengujian larutan sampel yang konsentrasinya 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L dan 30 mg/L sebanyak 10 mL. Kemudian

dikontakkan kedalam adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dengan perbandingan 1:2 sebanyak 0,2 g. Selanjutnya diaduk dengan shaker kecepatan 100 rpm selama 30 menit. Hasil konsentrasi adsorbat yang optimum dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan konsentrasi adsorbat

Konsentrasi (mg/L)	% Cr teradsorpsi
10	100,65%
15	100,32%
20	99,63%
25	96,71%
30	79,24%

Berdasarkan Tabel 4, dapat dibuat grafik pada Gambar 8.



Gambar 8. Konsentrasi adsorbat optimum

Pada penelitian ini konsentrasi adsorbat yang terukur di AAS adalah 12,8764 mg/L; 18,2887 mg/L; 20,645 mg/L; 23,9709 mg/L dan 27,9104 mg/L. Penggunaan lima larutan sampel ini karena rentang antara konsentrasi satu dengan yang lain tidak terlalu jauh jadi konsentrasinya bisa ditentukan dengan tepat. Berdasarkan tabel 4 dan gambar 8 dapat disimpulkan bahwa konsentrasi adsorbat yang optimum pada konsentrasi 20,645 mg/L karena presentase

logam Cr teradsorpsi sebesar 99,63%. Dimana pada konsentrasi ini adsorben hampir mengalami kejenuhan. Ketika adsorben mengalami kejenuhan atau hampir jenuh maka akan terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya atau multilayer, sehingga adsorbat yang belum diadsorpsi akan berdifusi ke luar pori dan kembali ke arus fluida [24].

d. Penentuan pola isoterm adsorpsi

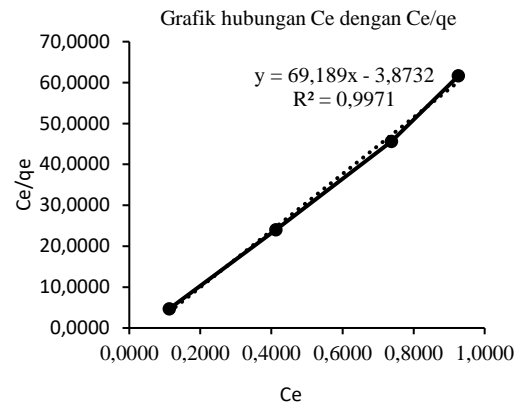
Pada penelitian ini menentukan pola isoterm adsorpsi. Tujuan dari penentuan isoterm ini supaya mengetahui mekanisme adsorpsi yang terjadi pada adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* dalam mengadsorpsi logam Cr apakah cenderung adsorpsi kimia atau adsorpsi fisika. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran molekul adsorbat, kepolaran zat adsorbat, ukuran adsorben, kemurnian adsorben, suhu, pH dan waktu kontak [20]. Berikut ini data penentuan Isoterm Langmuir (IL) dan Isoterm Freundlich (IF).

Tabel 5. Data nilai Ce, qe, Ce/qe, log Ce dan log qe

Ce (mmol/L)	qe (mmol/L)	Ce/qe	log Ce	log qe	R ² IL	R ² IF
-0,0157	0,0107	-1,468	-	-1,9701		
-0,0145	0,0205	-0,7063	-	-1,6887		
0,1118	0,0241	4,6379	-0,9515	-1,6178	0,9971	0,9816
0,4125	0,0172	23,9971	-0,3846	-1,7647		
0,7371	0,0162	45,6041	-0,1325	-1,7915		
0,9256	0,015	61,5893	-0,0336	-1,8231		

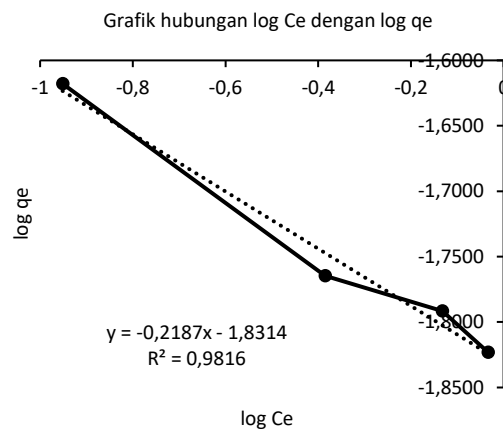
Berdasarkan Tabel 5, hanya 4 titik saja yang digunakan karena 2 titik memiliki hasil negatif pada Ce/qe dan log Ce tidak bisa dihitung. Hal ini disebabkan karena hasil setelah adsorpsi negatif karena konsentrasi

akhir logam (Ce) terlalu sedikit sehingga tidak terdeteksi. Pola isoterm Langmuir dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pola isotermal Langmuir

Berdasarkan gambar 9 dapat diketahui bahwa pada isoterm Langmuir memiliki nilai R² sebesar 0,9971. Isoterm Langmuir merupakan proses adsorpsi secara kimia [25]. Proses ini terjadi di lapisan tunggal saja (monolayer). Pada adsorpsi kimia terjadi interaksi kimia. Sedangkan Isoterm Freundlich merupakan proses adsorpsi secara fisika, dimana peristiwa penyerapan partikel adsorbat ke dalam pori-pori permukaan adsorben karena adanya gaya Van Der Waals [3], [26]. Pola isoterm Freundlich dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Pola Isoterm Freundlich

Berdasarkan Gambar 10 dapat diketahui bahwa pola isoterm Freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,9816. Pola isoterm yang terjadi ditentukan dari perbandingan nilai koefisien determinasi (R^2) antara isoterm Langmuir dan Freundlich. Penentuan pola isoterm adsorpsi ini dengan melihat nilai R^2 yang mendekati nilai 1 [27].

Berdasarkan perbandingan isoterm Langmuir dan Freundlich diketahui bahwa kedua isoterm memiliki harga koefisien determinasi $\geq 0,9$. Sebenarnya isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi ini. Namun jika dilihat kecenderungannya isoterm Langmuir memiliki nilai R^2 yang lebih besar dibanding isoterm Freundlich yaitu 0,9971. Maka, pada adsorpsi logam Cr oleh adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* mengikuti pola isoterm Langmuir dimana adsorpsi cenderung terjadi secara kimia. Proses adsorpsi kimia terjadi ikatan kimia yang kuat antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan yang cukup kuat membuat logam Cr terserap pada lapisan pertama atau monolayer. Selain itu faktor adsorben dan adsorbat berperan penting dalam proses adsorpsi ini. Penggunaan adsorben yang mengandung gugus-gugus fungsi yaitu anion dari basa keras yaitu OH^- dan O^{2-} dengan adsorbat larutan sampel Cr yang mengandung kation Cr yang merupakan asam keras memiliki interaksi yang kuat [28], [29].

Pada proses adsorpsi terjadi reaksi antara selulosa (gugus -OH) pada adsorben dengan logam Cr. Menurut Yantri bahwa mekanisme serapan yang terjadi antara gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada

permukaan dengan ion logam bermuatan positif adalah mekanisme pertukaran ion. Interaksi antara gugus hidroksil dengan ion logam juga memungkinkan terjadinya reaksi pembentukan kompleks koordinasi, dimana atom O pada gugus hidroksil (-OH) memiliki pasangan elektron bebas yang dapat ditempati oleh ion logam membentuk kompleks [30]. Sedangkan pada gugus Si-O dari Si-O-Si merupakan gugus aktif pada silika dimana ikatan gugus siloksan cenderung lebih bersifat kovalen dilihat dari nilai keelektronegatifitasnya, sehingga dimungkinkan terjadi interaksi kovalen dengan logam Cr.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa sekam padi dan *bagasse fly ash* dapat digunakan sebagai adsorben logam Cr, didukung dengan hasil SEM adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* setelah aktivasi terbentuk pori-pori pada permukaannya. Kombinasi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* terdapat gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang $3424,76 \text{ cm}^{-1}$ dan gugus fungsi Si-O dari Si-O-Si pada bilangan gelombang $1048,36 \text{ cm}^{-1}$. Perbandingan komposisi adsorben sekam padi dan *bagasse fly ash* yang optimum adalah 1:2 dengan presentase logam Cr teradsorpsi sebesar 98,90%. Massa adsorben optimum pada 0,2 g dengan presentase logam Cr teradsorpsi sebesar 99,77%. Konsentrasi logam Cr yang optimum sebesar 20,645 mg/L dengan presentase logam Cr teradsorpsi sebesar 99,63%. Proses adsorpsi logam Cr oleh adsorben

sekam padi dan *bagasse fly ash* cenderung mengikuti pola isotherm langmuir yang berarti proses adsorpsi berlangsung secara kimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam penelitian ini, khususnya kepada Kemristekdikti atas dana PKM 2017.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] S. Kusumaatmadja, *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Hotel*, no. 52. Jakarta, 1995, pp. 1–60.
- [2] Widowati, Wahyu, Astiana, and Raymond, *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Andi, 2008.
- [3] P. W. Atkins, *Kimia Fisika Jilid 1 edisi empat*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [4] K. Dermentzis, Christoforidis, Valsamidou, Lazaridou, and Kokkinos, "Removal of Hexavalent Chromium from Electroplating Wastewater by Electrocoagulation with Iron Electrodes," *Glob. NEST J.*, vol. 13, no. 4, pp. 412–418, 2011.
- [5] R. Jalali, H. Ghafourian, Y. Asef, S. J. Davarpanah, and S. Sepehr, "Removal and recovery of lead using nonliving biomass of marine algae," *J. Hazard. Mater.*, vol. 92, no. 3, pp. 253–262, 2002.
- [6] H. Harsono, "Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi," *J. Ilmu Dasar*, vol. 3, no. 2, pp. 98–103, 2002.
- [7] I. B. Ugheoke and O. Mamat, "A critical assessment and new research directions of rice husk," *Maejo Int. J. Sci. Technol.*, vol. 6, no. 03, pp. 430–448, 2012.
- [8] B. K. Aji and F. Kurniawan, "Pemanfaatan Serbuk Biji Salacca (*Salacca zalacca*) sebagai Adsorben Cr(VI) dengan Metode Batch dan Kolom," *J. Sains Promits*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
- [9] M. A. Yusuf and S. Tjahjani, "Adsorpsi Ion Cr (VI) Oleh Arang Aktif Sekam Padi," *J. Chem.*, vol. 2, no. 1, pp. 84–88, 2013.
- [10] W. Sari, "Pemanfaatan Sekam Padi sebagai Adsorben Logam Berat Timbal dalam Kerang Darah," Institut Pertanian Bogor, 2014.
- [11] J. Setiaka and N. Widiastuti, "Adsorpsi Ion Logam Cu (II) dalam Larutan pada Abu Dasar Batubara menggunakan Metode Kolom," *Pros. Kim. FMIPA ITS*, 2011.
- [12] W. Astuti and W. Mahatmanti, "Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya sebagai Adsorben Timbal dalam Pengolahan Limbah Elektroplating," *J. Penelit. Fak. Tek. UNNES*, pp. 112–118, 2008.
- [13] Ashadi, Haryono, and Pranoto, "Aktivasi, Karakterisasi dan Aplikasi *Bagasse Fly Ash* sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil," *Pros. Semin. Nas. Pendidik. Sains*, vol. V, no. 19, pp. 561–572, 2015.
- [14] L. Safrianti, N. Wahyuni, and T. A. Zaharah, "Adsorpsi Timbal(II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak," *JKK*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2012.
- [15] I. Mandasari and A. Purnomo, "Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 1, pp. 1–6, 2016.
- [16] N. D. Nurhayati and S. Yuli, "Aktivasi dan Karakterisasi Fly Ash sebagai Material Adsorben Limbah Timbal," *Semin. Nas. Kim. dan Pendidik. Kim.*, vol. V, no. 6, pp. 257–265, 2006.

- [17] C. Irawan, B. Dahlan, and N. Retno, "Pengaruh Massa Adsorben, Lama Kontak dan Aktivasi Adsorben Menggunakan HCl terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat (Fe) dengan Menggunakan Abu Layang sebagai Adsorben," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 3, no. 2, 2015.
- [18] R. Afrianita, Y. Dewilda, and M. Rahyu, "Studi Penentuan Kondisi Optimum Fly Ash Sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Logam Berat Kromium (Cr)," *J. Tek. Lingkungan. UNAND*, vol. 10, no. 2, pp. 104–110, 2013.
- [19] S. Safaria, N. Idiawati, and T. A. Zaharah, "Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* Dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa," *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 2, no. 1, pp. 46–51, 2013.
- [20] P. N. Cheremisinoff and F. Ellerbusch, *Carbon Adsorption Handbook*. Michigan: Ann Arbor Science, 1978.
- [21] D. Srihapsari, "Penggunaan Zeolit Alam yang telah Diaktivasi dengan Larutan HCl untuk Menyerap Logam-Logam Penyebab Kesadahan Air," Universitas Negeri Semarang, 2006.
- [22] P. Hanipa, Pardoyo, Taslimah, Arnelli, and Y. Astuti, "Pengaruh Variasi Waktu Hidrotermal terhadap Sintesis dan Karakterisasi Nanokristal Zeolit A dari Abu Sekam Padi," *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 20, no. 2, pp. 79–83, 2017.
- [23] H. Adisesa, "Beberapa Perubahan Struktur Dalam Selulosa Pada Pengeringan," Institut Teknologi Bandung, 1993.
- [24] R. Wijayanti, "Arang Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas," Institut Pertanian Bogor, 2009.
- [25] R. A. Alberty and F. Daniel, *Kimia Fisika Jilid 1 edisi empat*. Jakarta: Erlangga, 1983.
- [26] A. Apriliani, "Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2010.
- [27] R. Nafi'ah, "Kinetika Adsorpsi Pb (II) dengan Adsorben Arang Aktif dari Sabut Siwalan," *J. Farm. Sains dan Prakt.*, vol. I, no. 2, pp. 28–37, 2016.
- [28] R. G. Pearson, "Hard and Soft Acids and Bases," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 85, no. 22, pp. 3533–3539, 1963.
- [29] K. H. Sugiyarto, *Kimia Anorganik I*. Yogyakarta: UNY, 2000.
- [30] I. Y. Sukarta, "Adsorpsi Ion Cr³⁺ oleh Serbuk Gergaji Kayu Albizia (*Albizia falcate*): Studi Pengembangan Bahan Alternatif Penyerap Limbah Logam Berat," Institut Pertanian Bogor, 2008.