

Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L*) terhadap Kromium (Cr) Total

Adsorption Capacity of Cacao Shell (*Theobroma cacao L*) Activated Charcoal towards Total Chromium (Cr)

¹⁾Radiyahwati, ²⁾Diana Eka Pratiwi, ³⁾Muh. Yunus

^{1,2,3)}Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Makassar, Jl. Dg Tata Raya Makassar, Makassar 90224
Email:Radiyahwati20@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum, dan kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah kakao terhadap Cr total. Penentuan kadar air dan kadar abu arang aktif kulit buah kakao menggunakan metode gravimetri, waktu kontak optimum menggunakan metode *batch* dengan variasi waktu yaitu 10, 20, 40, 60 dan 120 menit dan penentuan kapasitas adsorpsi menggunakan pola isotherm Freundlich dan Langmuir dengan variasi konsentrasi Cr 10, 25, 50, 75, dan 100 ppm. Banyaknya konsentrasi Cr total yang terserap diukur menggunakan Spektrofotometer Serepan Atom (SSA). Hasil penelitian yang diperoleh berupa kadar air sebesar 7,74%, dan kadar abu sebesar 8,76%. Waktu kontak optimum tercapai pada menit ke-40 dengan mengikuti pola isotherm Freundlich dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,0129 mg/g.

Kata kunci: *Adsorpsi, Arang aktif, Cr total, Kapasitas adsorpsi*

ABSTRACT

The aims of this study was to know optimum contact time and adsorption capacity of cacao shell (*Theobroma cacao L*) activated charcoal towards total chromium (Cr). Determination of water and ash content use gravimetric method, optimum contact time use batch method with variation time of 10, 20, 40, 60 and 120 minutes, and adsorption capacity by use isotherm absorption of Freundlich and Langmuir with metal variation concentration of 10, 25, 50, 75, and 100 ppm. The amount of Cr total adsorpted was measured by using Atomic Absorption Spectrophotometers (AAS). The results of research obtained water content of 7.74% and ash content of 8,76%. The optimum contact time achieved in 40 minutes which follow isotherm absorption of Freundlich with adsorption capacity of 0,0129 mg/g.

Keywords: *Adsorption, Active charcoal, Cr total, Adsorption capacity*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang semakin pesat yang diikuti dengan bertambahnya jumlah industri dan jumlah penduduk membawa akibat bertambahnya beban pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan limbah industri dan domestik. Salah satu masalah lingkungan yang serius saat ini adalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh logam berat karena sifat akumulasi logam tersebut dalam mahluk hidup dan kerugiannya di dalam ekosistem. Pencemaran lingkungan tersebut biasanya terjadi karena pembuangan limbah yang tidak terkontrol.

Salah satu logam berat yang merupakan polutan lingkungan yang berasal dari kegiatan industri adalah kromium. Sumber masuknya krom di dalam lingkungan antara lain disebabkan oleh kegiatan industri seperti pabrik semen, cat, baja, tekstil, kulit, keramik, dan kertas. Kromium yang merupakan salah satu unsur logam berat yang penting bagi manusia ternyata dapat berdampak negatif jika berada di ambang batas, dimana batas toleransi logam kromium dalam tubuh sebesar 0,05 mg/ L (Widowati, 2008). Menurut Khairani dkk (2007), Kontaminasi logam kromium dapat terjadi melalui makanan dan minuman yang tertumpuk di ginjal dan akan mengakibatkan keracunan akut yang akan ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati dan dalam waktu yang cukup panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker paru-paru.

Kromium heksavalen diketahui sebagai bentuk kromium yang sangat beracun sedangkan bentuk kromium yang lain adalah

kromium trivalen yang tidak beracun namun dalam jumlah yang berlebihan akan bersifat toksik. Kadar logam kromium total dalam limbah industri dapat dianalisis secara kualitatif maupun kuantitatif dengan beberapa metode salah satunya dengan metode analisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah pencemaran kromium di perairan adalah menetralkan limbah cair industri sebelum dibuang ke perairan melalui metode adsorpsi dengan arang aktif. Bahan baku yang dapat dibuat menjadi arang aktif adalah semua bahan yang mengandung lignoselulosa (lignin dan selulosa), baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan maupun dari binatang. Bahan organik yang mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif karena lignin dan selulosa sebagian besar tersusun atas unsur karbon.

Buah kakao (*Theobroma cacao L*) merupakan salah satu hasil perkebunan yang menghasilkan limbah berupa kulit dengan jumlah yang besar. Sejauh ini pemanfaatan limbah kulit buah kakao oleh masyarakat setempat masih sangat terbatas bahkan sebagian besar masih merupakan limbah perkebunan karena hanya dikumpulkan pada lubang tertutup atau di buang di sekitar tanaman kakao sehingga nilai ekonomi yang diperoleh dari pemanfaatan kulit buah kakao tersebut masih cukup rendah.

Kulit buah kakao memiliki kandungan kimia yang tersusun dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang tinggi. Menurut Aji dkk (2011), Kulit buah kakao mengandung selulosa 36,23%, hemiselulosa 1,14% dan lignin 20%-27,95%. Selulosa mempunyai potensi yang cukup besar untuk dijadikan sebagai penyerap karena apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan kehilangan atom-atom hidrogen dan oksigen sehingga tinggal atom karbon yang terikat membentuk struktur segi enam dengan atom-atom karbon terletak pada setiap sudutnya. Pelepasan atom hidrogen dan oksigen yang terjadi pada suhu tinggi (proses karbonisasi) berlangsung dengan cepat dan tidak terkendali sehingga merusak penataan cincin segi enam yang ada. Ketidaktepatan penataan antar lapisan maupun cincin segi enam yang dimiliki, mengakibatkan tersedianya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang memungkinkan adsorbat (logam Cr) terserap masuk kedalam struktur arang aktif yang berpori (Muna, 2011).

Adsorpsi arang aktif dapat ditingkatkan dengan cara aktivasi yaitu suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori. Ada dua cara proses aktivasi yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia, aktivasi secara fisika dilakukan dengan pemanasan pada suhu tinggi sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan senyawa kimia. Menurut Meisrilestari dkk (2013), senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai bahan pengaktif antara lain KCl,

NaCl, ZnCl₂, CaCl₂, MgCl₂, H₃PO₄, Na₂CO₃ dan garam mineral lainnya.

Putranto dan Razif (2005) telah menguji tiga aktivator untuk mengaktifkan arang dari kulit biji mente yaitu H₃PO₄, ZnCl₂ dan NaOH dalam menurunkan kadar fenol. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, penurunan kadar fenol terbesar didapatkan oleh arang aktif yang diaktivasi dengan ZnCl₂ dengan persen daya adsorpsi sebesar 98,52 %.

Penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit buah kakao sebagai arang aktif dalam menyerap logam berat telah dilakukan diantaranya penelitian tentang adsorpsi arang aktif kulit buah kakao terhadap logam Cd (II) oleh Masitoh dan Sianita (2013), dalam penelitiannya menggunakan aktivator ZnCl₂ 9 % dan diperoleh waktu optimum 60 menit dengan konsentrasi Cd (II) yang teradsorpsi 23,738 ppm dan kapasitas adsorpsi 94,075 %.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas yang umum digunakan, lumpang dan alu, *shaker*, spatula, eksikator, ayakan 100 mesh, neraca analitik, pH meter, oven, tanur, krus porselin, dan Spektrofotometer Serapan Atom (AA-700 Atomic Absorption Spektrofotometer).

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Zink klorida (ZnCl₂) 10%, padatan Kalium bikromat (K₂Cr₂O₇),

akuades, Asam asetat (CH_3COOH) 0,2 M, padatan Natrium asetat (CH_3COONa), aluminium foil dan kertas saring dan kertas pH.

B. Prosedur Kerja

1. Penyiapan Sampel

Kulit buah kakao yang diperoleh dipotong dadu kira-kira ukuran 3 cm^2 kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel.

2. Tahap Pembuatan Arang Aktif Kulit Buah Kakao (Adsorben)

a. Dehidrasi

Kulit buah kakao yang sudah dipotong-potong dijemur di bawah sinar matahari hingga kering.

b. Karbonisasi

Sebanyak 500 g kulit buah kakao kering ditimbang dan ditempatkan dalam tanur pada suhu 500°C selama 2 jam. Arang yang diperoleh didinginkan, digiling dan diayak menggunakan ayakan 100 Mesh.

c. Aktivasi

Arang aktif hasil karbonisasi ditimbang dan diaktivasi dengan ZnCl_2 10% sebanyak 25 mL per 10 g sampel. Proses aktivasi dilakukan pada suhu 80°C dan dikocok dengan *shaker* selama 120 menit. Arang aktif hasil aktivasi kemudian dicuci dengan akuades panas hingga pH filtrat netral. Kemudian dipanaskan pada suhu 105°C selama 2 jam lalu ditimbang.

3. Pengujian (Karakterisasi Arang Aktif)

a. Penentuan Kadar Air (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak 1,000 gram arang aktif ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselen. Dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Kemudian didinginkan dalam eksikator dan ditimbang sampai berat konstan. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali. Kadar air dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100\%$$

Dimana :

M_1 = bobot cawan kosong + bobot sampel sebelum pemanasan (gram)

M_2 = bobot cawan kosong + bobot sampel setelah pemanasan (gram)

b. Penentuan Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak 1,000 gram arang aktif diabukan dalam tanur pada suhu 750°C selama 6 jam. Kemudian didinginkan dalam eksikator dan ditimbang. Dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali. Kadar abu dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Dimana:

A = bobot abu (gram)

B = bobot sampel (gram)

4. Penetapan Rendemen Arang

Penetapan rendemen arang aktif yang dihasilkan dilakukan dengan menghitung perbandingan berat bahan baku dengan berat arang setelah karbonisasi.

5. Pembuatan Larutan Buffer Asetat pH 4

Sebanyak 80 mL larutan natrium asetat 0,02 M ditambahkan dengan 20 mL larutan asam asetat 0,02 M. Larutan diukur dengan menggunakan pH meter hingga pH 4.

6. Pembuatan Larutan Cr

Pembuatan larutan induk Cr 1000 ppm dilakukan dengan menimbang 0,2827 gram padatan $K_2Cr_2O_7$ kemudian dilarutkan dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dalam labu ukur 100 mL. Selanjutnya membuat larutan 500 ppm, 100 ppm, 75 ppm, 50 ppm, 25 ppm dan 10 ppm.

7. Penentuan Waktu Kontak Optimum Cr Total oleh Arang Aktif Kulit Buah Kakao

Larutan Cr dengan konsentrasi 25 ppm disiapkan dalam 15 Erlenmeyer yang berbeda dengan volume masing-masing 25 mL kemudian diatur pH nya dengan larutan buffer pH 4. Ke dalam 25 mL larutan Cr ditambahkan 0,5 gram arang aktif yang telah dibuat. Campuran dikocok menggunakan *shaker* dengan variasi waktu 10, 20, 40, 60, dan 90 menit, setelah itu disaring dengan kertas saring biasa untuk memperoleh filtrat Cr. Absorbansi filtrat diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

8. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Cr Total Oleh Arang Aktif Kulit Buah Kakao

Sebanyak 25 mL larutan Cr dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm disiapkan kemudian diatur

pH larutan dengan menambahkan larutan buffer pH 4. Ke dalam tiap-tiap 25 mL larutan Cr tersebut ditambahkan 0,5 gram arang aktif. Tiap-tiap campuran dikocok dengan *shaker* selama waktu optimum, kemudian disaring dengan kertas saring biasa. Absorbansi filtrat diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penetapan rendemen arang bertujuan untuk mengetahui jumlah arang aktif yang dihasilkan dari proses karbonasi. Rendemen arang yang dihasilkan dari kulit buah kakao adalah sebesar 31.70 %.

1. Karakterisasi Arang Aktif Kulit Buah Kakao

Pengujian arang aktif dari kulit buah kakao dilakukan agar arang aktif yang diperoleh memenuhi persyaratan arang aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI No. 06-3730-95) sehingga dapat digunakan sebagai adsorben terhadap Cr total. Pengujian arang aktif kulit buah kakao meliputi penentuan kadar air dan kadar abu. Hasil karakterisasi arang aktif yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut diperoleh kadar air sebesar 7.74 % dan kadar abu 8.76 %.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Arang Aktif Kulit Buah Kakao

Karakterisasi	Hasil (%)	SNI (%)
Kadar air	7.74	≤ 15
Kadar abu	8,76	≤ 10

2. Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao terhadap Cr Total

Konsentrasi Cr total yang diadsorpsi oleh arang aktif kulit buah kakao diperoleh dengan melakukan variasi waktu kontak. Hasil yang diperoleh digunakan untuk menentukan waktu optimum adsorpsi

Cr total dengan cara menghitung daya serap setiap waktu yang digunakan. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi bertujuan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh adsorben arang aktif kulit buah kakao dalam menyerap Cr total secara maksimum. Hasil analisis Cr total yang terserap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-Rata Cr Total yang Teradsorpsi dengan Menggunakan Arang Aktif Kulit Buah Kakao pada Berbagai Waktu Kontak

Waktu	Konsentrasi awal larutan Cr (ppm)	Konsentrasi larutan Cr yang sisa (ppm)	Konsentrasi larutan Cr yang terserap (ppm)	Daya serap (mg/g)
10	96.3571	91.5857	4.7714	0,2383
20	96.3571	82.9571	13.4000	0,6664
40	96.3571	79.9286	16.4285	0,8206
60	96.3571	80.5714	15.7857	0.7883
90	96.3571	82.5286	13.8285	0,6910

3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Cr Total oleh Arang Aktif Kulit Buah Kakao

Penentuan Kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu adsorban (arang

aktif kulit buah kakao) dalam menyerap atau mengadsorpsi adsorbat (Cr total). Hasil analisis Cr total yang teradsorpsi pada berbagai konsentrasi dengan menggunakan waktu optimum 40 menit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-Rata Cr Total yang Teradsorpsi dengan Menggunakan Arang Aktif Kulit Buah Kakao

Sampel (ppm)	Konsentrasi awal logam Cr (ppm)	Konsentrasi logam Cr yang sisa (ppm)	Daya serap (mg/g)	Log w	Log C _e	C _e /W
10	12.0714	10.1428	0.0963	-1.0164	1.0061	105.3250
25	26.3142	22.9000	0.1705	-0.7683	1.3598	134.3108
50	50.0714	44.4857	0.2789	-0.5545	1.6482	159.5041
75	72.5714	61.9285	0.5315	-0.2745	1.7919	116.5165
100	94.3286	84.1428	0.5085	-0.2937	1.9250	165.4726

B. Pembahasan

1. Karakterisasi Arang aktif Kulit buah Kakao

a. Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis suatu arang aktif. Metode yang digunakan pada penentuan kadar air arang aktif adalah metode gravimetri yang merupakan analisis kimia berdasarkan penimbangan perbedaan bobot awal sampel dan bobot akhir sampel setelah perlakuan. Kadar air yang diperoleh dari hasil pengamatan pada Tabel 1 adalah 7.74%, kadar air ini telah memenuhi standar arang aktif yang ditetapkan oleh SNI No. 06-3730-95 yaitu maksimal 15%. Semakin tinggi kadar air menunjukkan semakin banyak air yang tertinggal dan menutupi pori adsorben.

b. Kadar Abu

Penetapan kadar abu arang aktif dimaksudkan untuk mengetahui banyaknya oksida logam yang terdapat pada arang aktif. Abu merupakan komponen organik yang tertinggal setelah bahan dipanaskan pada suhu 600-800°C dan terdiri dari Kalium, Natrium, Magnesium, Kalsium dan komponen lain dalam jumlah kecil.

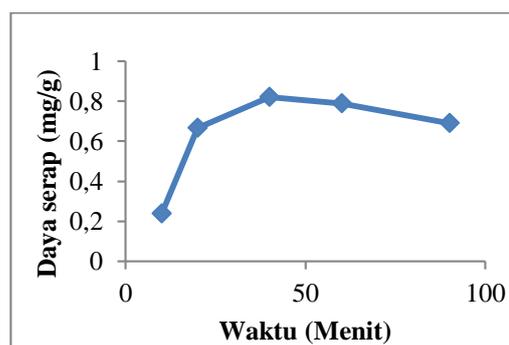
Metode yang digunakan pada penentuan kadar abu arang aktif adalah metode gravimetri. Dari hasil penelitian pada Tabel 1 diperoleh kadar abu arang aktif kulit buah kakao sebesar 8,76 %. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar abu arang aktif kulit buah kakao sudah memenuhi syarat mutu SNI No. 06-3730-95 yaitu kurang dari 10% yang artinya bahwa arang aktif kulit buah

kakao layak digunakan sebagai adsorben.

Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas arang aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori sehingga luas permukaan arang aktif menjadi berkurang dan kemampuan dalam menyerap logam semakin kecil.

2. Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao terhadap Cr Total

Waktu kontak optimum merupakan waktu kontak dimana terjadi penyerapan Cr total paling banyak oleh adsorben. Dari data Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa waktu kontak optimum Cr total yaitu pada waktu 40 menit dengan Cr total yang teradsorpsi tiap gram arang aktif sebesar 0,8206 mg/g.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Daya Adsorpsi (mg/g) Arang Aktif Kulit Buah Kakao terhadap Cr Total pada Berbagai Waktu

Dari grafik diketahui bahwa pada waktu kontak 10 sampai 40 menit terjadi kenaikan adsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak semakin banyak partikel-partikel arang aktif yang bertumbukan dan berinteraksi

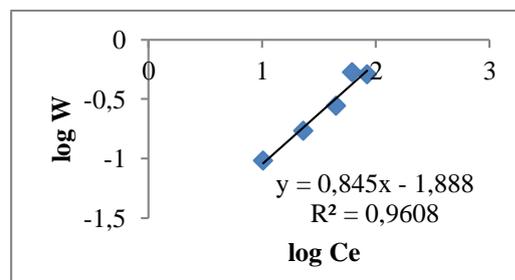
dengan Cr total sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat. Sedangkan pada waktu 60 sampai 90 menit grafik terlihat menurun. Hal ini menandakan bahwa waktu kontak optimum tercapai pada waktu 40 menit. Hasil ini juga menunjukkan bahwa pada waktu optimum arang aktif sudah tidak mampu lagi mengadsorpsi Cr total karena permukaan arang aktif akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan pun menjadi menurun.

3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao terhadap Cr Total

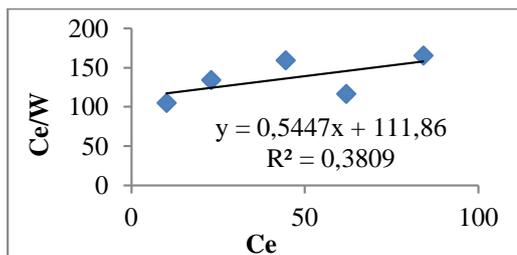
Kapasitas adsorpsi adalah kemampuan suatu adsorban dalam menyerap atau mengadsorpsi adsorbat. Dari grafik diketahui bahwa pada konsentrasi 10 ppm sampai 75 ppm terjadi kenaikan adsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi Cr total maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben sehingga kemampuan adsorpsinya meningkat. Sedangkan pada konsentrasi 100 ppm grafik terlihat menurun. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah pertikel arang aktif yang tersedia sehingga permukaan arang aktif akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapan pun menjadi menurun.

Arang aktif yang digunakan sebagai adsorben dapat mengadsorpsi Cr total. Hal ini dikarenakan arang aktif tersebut merupakan arang amorf yang pada pembentukannya (pada saat karbonisasi) atom karbon yang dihasilkan terikat membentuk struktur segi enam dengan atom-atom karbon terletak pada setiap sudutnya. Ketidaktepatan penataan antar lapisan maupun cincin segi enam yang dimiliki, mengakibatkan tersedianya ruang-ruang dalam struktur arang aktif yang menyebabkan adsorbat (Cr total) masuk kedalam struktur arang aktif berpori (Muna, 2011). Adapun proses teradsorpsinya Cr oleh arang aktif kulit buah kakao disebabkan karena adanya gaya Van Der Waals yaitu gaya tarik-menarik yang lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben.

Dari tabel 3 dibuat model isoterm adsorpsi. Adapun model isotherm adsorpsi yang sesuai pada penelitian ini adalah model isotherm Freundlich karena koefisien regresi liniernya lebih mendekati satu yakni 0.9608 dibandingkan dengan isotherm Langmuir 0.3809.



Gambar 2. Grafik Isoterm Freundlich Adsorpsi Cr total oleh Arang Aktif Kulit Buah Kakao



Gambar 3. Grafik Isoterm Langmuir Adsorpsi Cr Total oleh Arang Aktif Kulit Buah Kakao

Isotherm Freundlich mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi secara fisik artinya penyerapan lebih banyak terjadi pada permukaan arang aktif. Pada adsorpsi fisik adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan yang lain, dan pada permukaan yang ditinggalkan dapat digantikan oleh adsorbat yang lainnya. Adsorpsi fisik ini terjadi karena adanya ikatan Van Der Waals yaitu gaya tarik-menarik yang lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben.

Berdasarkan grafik model isotherm Freundlich hubungan antara $\log W$ dan $\log Ce$ diperoleh persamaan garis lurus $y = 0.8450x - 1.8880$ dengan nilai $R^2 = 0.9608$, dari persamaan garis ini diperoleh kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah kakao terhadap Cr total adalah 0,0129 mg/g.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dibahas pada bab sebelumnya, mengenai arang aktif kulit buah kakao maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Waktu kontak optimum adsorpsi Cr total

oleh arang aktif kulit buah kakao dicapai pada waktu 40 menit dengan Kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah kakao terhadap Cr total adalah 0,0129 mg/g.

B. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, maka penulis menyarankan sebaiknya dilakukan pemanasan arang aktif pada suhu 120°C sehingga kandungan air yang terikat pada arang aktif dapat menguap secara sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, D.P., Sri U dan Suparwi. 2013. Fermentasi Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Menggunakan *Aspergillus Niger* Pengaruhnya Terhadap Kadar Vfa Dan N-Nh Secara *In-Vitro*. *Jurnal Ilmiah Peternakan* 1(3): 774-780.
- Masitoh, Y.F dan Sianita M.M. 2013. Pemamfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma Cacao L*) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd(II) Dalam Pelarut Air. *journal of Chemistry*, Vol 2 No.2, 23-28.
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R dan Wija, H. 2013. Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia. *Jurnal Konversi*, Volume 2 No. 1.
- Muna, Ai Nalil. 2011. *Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif dari Batang Pisang Sebagai*

- Adsorben untuk Penyerapan Ion Logam Cr (VI) pada Limbah Industri.* Semarang: Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang.
- Putranto, A.D dan Razif. 2005. Pemanfaatan Kulit Biji Mete untuk Arang Aktif Sebagai Adsorben terhadap Penurunan Parameter Phenol. *Jurnal Purifikasi*, Vol 6 No. Hal. 37-42.
- Widowati, Wahyu., Sastiono, Astiana dan Jusuf, Raymond. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran.* Yogyakarta: Andi Offset.