

Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dengan Aktivator Asam Klorida (Asam Klorida (HCl)) dan Asam Fosfat (H_3PO_4) Sebagai Adsorben Logam Kromin (Cr) pada Limbah Tekstil

Utilization of Active Charcoal of Arabica Coffee (*Coffea arabica*) With Chloride (Asam Klorida (HCl)) and Phosphoric Acid (H_3PO_4) Activator as Adsorbent of Metal Chromium (Cr) in Textile Waste

Dody Guntama^{(1, a)*}, Mubarakah Nuriani Dewi⁽¹⁾, Lukman Nulhakim⁽¹⁾, Samuel Armawan Sandi⁽¹⁾, Audina Trisnaeni⁽¹⁾, Ayu Lintang⁽¹⁾

⁽¹⁾Teknik Kimia Universitas Jayabaya, Jalan Raya Bogor km 28,8, Cimanggis Jakarta Timur.

Email : ^(a*) dodysopril@gmail.com

Diterima (03 April 2023), Direvisi (15 June 2023)

Abstract. Advances in technology and chemistry are currently driving development in various industrial fields, one of which is the textile industry. The increase in the growth of the textile industry sector is directly proportional to water pollution caused by Chromium (Cr). Chromium (Cr) heavy metal is persistent, biocumulative and toxic to living organisms. The concentration of chromium metal can be minimized by adsorption process. Coffee grounds are organic materials that can be used as active charcoal for adsorbers. The purpose of this research is to find out the suitable activator in making coffee grounds activated charcoal according to SNI. Activated charcoal is made by drying coffee grounds for 24 hours followed by carbonization in a furnace at 200 °C. Activated charcoal was sifted through an 80 mesh sieve. Charcoal was activated with 1500 mL of 0.1 N Hydrochloric Acid (HCl) and 1500 mL of 0.1 N Phosphoric Acid (H_3PO_4) for 48 hours. Activated charcoal was tested for ash content, water content, Iodine absorption, and Chromium (Cr) absorption. Based on SNI No. 06-3730-1995 The results showed that the active charcoal content of coffee grounds with 0.1 N Hydrochloric Acid (HCl) activator was 8.1175% and 0.1 N Phosphoric Acid (H_3PO_4) was 8.0259%. The ash content obtained from coffee grounds activated charcoal with 0.1 N Hydrochloric Acid (HCl) activator was 4.5981% and 0.1 N H_3PO_4 was 4.3491%. The absorption capacity of activated charcoal iodine using 0.1 N Hydrochloric Acid (HCl) activator was 401.7964 mg/g and 0.1 N Phosphoric Acid (H_3PO_4) was 406.08 mg/g. Both samples did not meet the criteria as activated charcoal with a standard >750mg/g. In general, the results are in accordance with SNI No. 06-3730-1995. Testing the absorption of chromium using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) test and the Scanning Electro Microscope - Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) test showed that the best activator for the active charcoal of coffee grounds was Hydrochloric Acid (HCl).

Keywords: adsorption, coffee grounds, charcoal activated, chromium

Abstrak. Kemajuan teknologi dan ilmu kimia saat ini mendorong pembangunan dalam berbagai bidang industri, salah satunya industri tekstil. Peningkatan pertumbuhan sektor industri tekstil berbanding lurus dengan pencemaran air yang disebabkan oleh Kromium (Cr). Logam berat Kromium (Cr) bersifat persisten, biokumulatif dan toksik bagi kehidupan organisme. Konsentrasi logam kromium dapat diminimalisir dengan proses adsorpsi. Ampas kopi merupakan bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif untuk absorber. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivator yang cocok dalam pemsebagian arang aktif ampas kopi yang sesuai SNI. Arang aktif disebagai dengan pengeringan ampas kopi selama 24 jam dilanjutkan karbonisasi dengan *furnace* pada suhu 200 °C. Arang aktif diayak dengan ayakan 80 mesh. Arang diaktivasi dengan aktivator Asam Klorida Asam Klorida (HCl) 0,1 N sebanyak 1500 mL dan Asam Posfat (H_3PO_4) 0,1 N sebanyak 1500 mL selama 48 jam. Arang aktif dilakukan pengujian kadar abu, kadar air, daya serap Iodin, dan daya serap terhadap Kromium (Cr). Berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 didapatkan hasil kadar arang aktif ampas kopi dengan aktivator Asam Klorida Asam Klorida (HCl) 0,1 N sebesar 8,1175 % dan Asam Posfat (H_3PO_4) 0,1 N adalah 8,0259 % . Kadar abu yang didapat arang aktif ampas kopi dengan aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N adalah 4,5981% dan H_3PO_4 0,1 N adalah 4,3491%. Daya serap terhadap iodium arang aktif menggunakan aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N adalah 401,7964 mg/g dan Asam Posfat (H_3PO_4) 0,1 N adalah 406,08 mg/g. Kedua sampel tidak memenuhi kriteria sebagai arang aktif dengan standar >750mg/g. Secara garis besar hasil tersebut sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995. Pengujian daya serap kromium menggunakan uji *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan uji *Scanning Electro Microscope - Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* menunjukan aktivator terbaik untuk aranga katif ampas kopi adalah Asam Klorida (HCl).

Kata kunci: *adsorpsi, ampas kopi, arang aktif, kromium.*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dan ilmu kimia saat ini mendorong pembangunan dalam berbagai bidang industri. Salah satunya sektor industri yang mengalami perkembangan yaitu industri tekstil. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) pada triwulan 1 tahun 2019 tercatat pertumbuhan industri tekstil dan pakaian mencapai 18,98% [1]. Data tersebut dapat terus bertambah bersamaan dengan peningkatan jumlah penduduk. Perumbuhan industri tekstil memiliki potensi kontribusi besar terhadap pencemaran air. Kromium (Cr) merupakan salah satu bahan pencemar yang terdapat dalam limbah tekstil [2]. Kromium (Cr) ialah salah satu logam berat yang digunakan sebagai bahan cat serta tinta. Logam berat kromium bersifat persisten, biokumulatif, dan toksik untuk kehidupan organisme[3]. Logam kromium (Cr) sulit terurai sehingga berpotensi sebagai pencemar untuk lingkungan[4]. Konsentrasi logam Kromium (Cr) dalam limbah cair dapat diminimalisir dengan proses adsorpsi dengan bantuan *adsorben*[5].

Ampas kopi merupakan bahan yang murah, mudah didapatkan, dan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan menjadi arang aktif sebagai adsorben [6]. Ampas kopi memiliki kandungan total karbon sebesar 47, 8- 58, 9%, total nitrogen sebesar 1, 9- 2, 3%, abu sebesar 0, 43- 1, 6%, serta selulosa 8, 6%[8]. Riset yang telah dilakukan oleh Jariah (2019) disebutkan bahwa, bahan organik yang sangat baik sebagai sintesis karbon aktif adalah ampas kopi[7]. Pada penelitian yang telah dilakukan, digunakan aktivator Asam Nitrat (HNO_3) dan Asam Posfat (H_3PO_4). Pada penelitian tersebut menetapkan bahwa Asam Nitrat (HNO_3) merupakan aktivator yang paling tepat untuk menghasilkan arang aktif sesuai dengan persyaratan SNI. Pada riset Suhariyanto (2019) disebutkan bahwa arang

aktif berbahan bawah ampas kopi tipe arabika lebih efisien dibandingkan arang aktif berbahan baku ampas kopi robusta dalam mengabsorpsi nilai pencemar limbah cair[13]. Aktivator asam digunakan karena asam merupakan *dehydrating agent* yang kokoh sehingga pengembangan pori di dalam struktur karbon dapat diperbaiki[10]. Asam Klorida (HCl) ialah asam kokoh yang dapat digunakan sebagai aktivator arang aktif ampas kopi, sebaliknya sebagai H_3PO_4 adalah asam lemah yang dapat digunakan sebagai aktivator[11]. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan asam yang tepat untuk menghasilkan arang aktif sesuai dengan standar SNI. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan dan informasi mengenai kegunaan ampas kopi, maka akan dilakukan riset pembuatan arang aktif dengan bahan baku kopi arabika dengan aktivator Asam Klorida (HCl) dan Asam Posfat (H_3PO_4) dengan konsentrasi 0, 1 N.

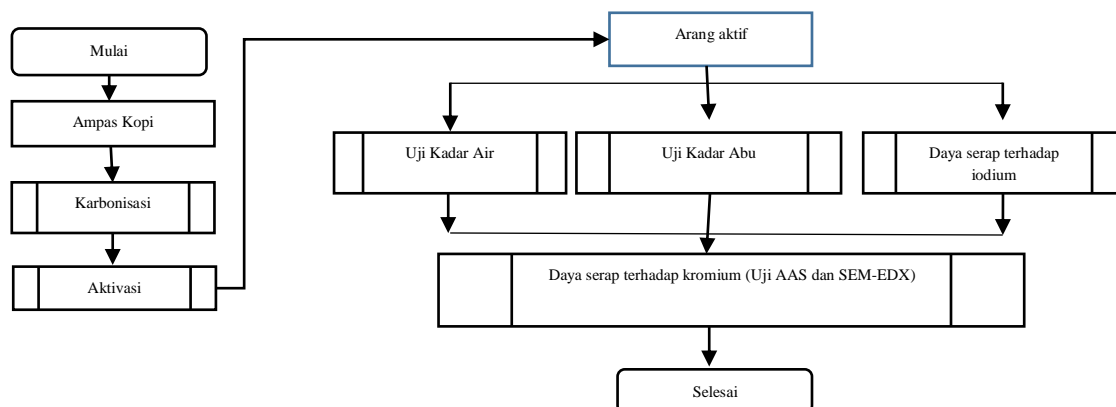
METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini mencakup gelas ukur 10 mL (*pyrex*), gelas ukur 1000 mL (*pyrex*), ayakan 80 mesh, botol semprot 500 mL, piala gelas 2000 mL, cawan porselin, desikator, neraca analitik, oven UM-200 (*Memmert*), pH meter, *furnace*, dan labu erlenmeyer 250 mL (*pyrex*).

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi ampas kopi arabika, aquadest, Asam Klorida 0,1 N (p.a, merck), dan H_3PO_4 0,1 N (p.a, merck).

Secara garis besar rancangan proses penelitian ini meliputi preparasi arang aktif yang dilanjutkan dengan proses analisis uji kadar air, kadar abu, daya serap terhadap iodium yang kemudian diuji respon serapan terhadap logam kromium. Proses rancangan dijabarkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Diagramam Alir Penelitian

Persiapan Ampas Kopi

Pada proses persiapan, ampas kopi dikeringkan di bawah sinar matahari selama 24 jam. Ampas kopi yang telah kering kemudian dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 200 °C selama 7 menit kemudian dilanjutkan dengan pengeringan, perhitungan rendemen, dan pengayakan dengan ukuran ayakan 80 mesh. Ampas kopi yang telah halus selanjutnya diaktivasi dengan aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N dan H_3PO_4 sebanyak

1500 ml di dalam piala gelas 2000 ml selama 48 jam lalu dilakukan pemisahan antara arang aktif dengan aktivator menggunakan kertas saring dan selanjutnya diakhiri dengan pencucian menggunakan aquadest sampai dengan pH netral.

Analisis Daya Serap Iodine

Arang aktif ditimbang sebanyak 1,5 gramam. Arang aktif dimasukkan ke dalam blanko serta dibungkus *aluminium foil* dan ditambahkan 7,5 ml larutan iodium 0,1 N. Campuran dihomogenkan dengan *centrifuge* kecepatan 400 rpm selama 20 menit. Filtrat yang telah terpisah dari endapat dipipet sebanyak 1 mL dan dititrasi dengan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N sampai diperoleh titik akhir bercorak biru larutan pas lenyap. Daya serap iodine dapat diketahui dengan perhitungan sesuai Persamaan (1) berikut:

$$\text{Daya serap iodine} = \frac{10 - \left(\frac{N \times V}{0.1} \right)}{S} \times 12.69 \times 5 \quad (1)$$

Dimana, N : Normalitas larutan thiosulfat, V : Larutan natrium thiosulfat yang diperlukan, dan S : Berat karbon aktif

Analisis Kadar Abu

Cawan porselen kosong dibersihkan dan dioven selama 30 menit pada suhu 110°C . Cawan kemudian dikeringkan di dalam desikator dan ditimbang. Sampel arang aktif ditimbang di dalam cawan sebanyak 1 gramam. Arang aktif kemudian dibakar di dalam *furnace* pada suhu 500°C selama 5 menit dan diabukan pada suhu 700°C . Abu kemudian didinginkan didalam desikator dan ditimbang hingga didapat bobot konstan. Perhitungan analisis kadar abu dapat dihitung sesuai persamaan (2) berikut:

$$\text{Kadar abu } (A_c) = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Dimana, A_c : Kadar abu, W_1 : Berat cawan porselin kosong, W_2 : Berat cawan porselin + cuplikan mula-mula, dan W_3 : Berat cawan porselin + cuplikan residu

Analisis Kadar Air

Cawan porselen kosong dibersihkan dan dioven selama 30 menit suhu 110°C . Cawan kemudian dikeringkan di dalam desikator dan ditimbang. Sampel arang aktif ditimbang di dalam cawan sebanyak 1 gram. Arang aktif kemudian dipanaskan di dalam oven *Memmert* UM-200 pada suhu 110°C selama 120 menit. Cawan dan arang kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang hingga bobot konstan. Perhitungan analisis kadar air dapat dihitung dengan persamaan (3) berikut:

$$\text{Kadar air } (I_M) = \left(\frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Dimana, I_M : Kadar air, W_1 : Berat cawan porselin kosong, W_2 : Berat cawan porselin + cuplikan mula-mula, dan W_3 : Berat cawan porselin + cuplikan residu

Preparasi Larutan Kromium

Ditimbang padatan asam kromat ke dalam gelas ukur sebanyak 50,0058 gramam dan ditambahkan 500 mL aquadest. Larutan diambil sebanyak 100 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu *erlenmeyer* serta ditambahkan arang aktif sebanyak 10 gram. Larutan serta arang aktif diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 180 menit dengan kecepatan 150 rpm. Larutan serta endapan disaring dan filtrat dikeringkan dalam oven pada temperatur 110 °C selama 3 jam. Nilai penyerapan terhadap kromium diuji dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan topogramafi penyerapan kromium dianalisa dengan *Scanning Electro Microscope - Energy Dispersive X-Ray* (SEM- EDX).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan rendemen merupakan tata cara yang digunakan sebagai mengenali jumlah arang aktif setelah diaktivasi. Penentuan rendemen dilakukan dengan penimbangan perbandingan bobot antara arang aktif sebelum dikarbonisasi dengan setelah dikarbonisasi.

Tabel 1 Rendemen Arang Aktif

Berat Kopi (gram)		Rendemen (%)
Sebelum Karbonisasi	Sesudah Karbonisasi	
32,2	19,7	61,1801
26,5	14,7	55,4716
32,1	19,0	59,1900
28,5	15,3	53,6842
35,6	20,0	56,1797
28,3	15,2	53,7102
35,2	21,1	59,9431
30,5	18,0	59,0163
38,52	25,4	65,9397
31,5	20,6	65,3968
35,7	21,3	59,6638
34,1	20,4	59,8240
36,1	25,5	70,6371
31,0	19,5	62,9032
32,4	18,8	58,0246
27,7	15,9	57,4007
34,7	22,6	65,1296
27,7	16,7	60,2888
14,5	8,0	55,1724
Rata-rata		59,9345
Simpangan		3,3623

Pada Tabel 1 hasil rendemen arang aktif, didapat rata- rata rendemen sebesar 59, 9345% dengan simpangan sebesar 3, 3623% Jumlah rendemen yang dihasilkan dipengaruhi oleh udara saat karbonisasi, ukuran bahan baku serta temperatur akhir karbonisasi. Ukuran bahan yang sangat kecil menyebabkan kehilangan arang dalam jumlah yang relatif banyak

karena abu yang dihasilkan saat proses pembakaran semakin banyak, sebaliknya dimensi bahan yang sangat besar menimbulkan kurang meratanya pengarangan sehingga berpotensi sebagian bahan tidak terkarbonisasi secara sempurna. Temperatur akhir karbonisasi berpengaruh terhadap jumlah rendemen yang kecil sebab dihasilkan tar dalam jumlah yang banyak[6].

Tabel 2 Kadar Air Arang Aktif

Aktivator	Berat Arang (gram)		Kadar Air	SNI 06-3730-1995
	Sebelum dioven	Setelah dioven		
Asam Klorida (HCl)	1,0003	0,9191	8,1175 %	< 15 %
H_3PO_4	1,0005	0,9202	8,0259 %	

Penetapan kandungan air diperuntukan untuk mengetahui tingkat higromoskopis dari arang aktif ampas kopi. Tabel 2 menguraikan hasil kandungan air yang didapat dari arang aktif dengan aktivator Asam Klorida (HCl) sebesar 8,1175% sebaliknya pada aktivator H_3PO_4 sebesar 8,0259%. Hasil tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 dengan standar kandungan air maksimum sebesar 15%. Molekul air yang terikat pada arang aktif menjadikan pori-pori arang semakin membesar [12]. Pori-pori yang semakin membesar berbanding lurus dengan luas permukaan karbon aktif. Kandungan air rendah menjadikan ruang dalam pori yang dihuni oleh adsorbat semakin banyak, sehingga optimalisasi adsorpsi meningkat[13].

Tabel 3 Kadar Abu Arang Aktif

Aktivator	Berat Arang (gram)		Kadar Abu	SNI 06-3730-1995
	Sebelum pembakaran	Setelah pembakaran		
Asam Klorida (HCl)	1,0004	0,9544	4,5981 %	< 10 %
H_3PO_4	1,0002	0,9567	4,3491 %	

Penentuan kandungan abu bertujuan untuk mengetahui sisa mineral dalam arang aktif yang tidak terdegradasi saat karbonisasi serta aktivasi. Mineral yang menimbulkan terbentuknya penyumbatan pori-pori arang aktif sehingga pengaruhi proses adsorpsi [14]. Kandungan abu arang aktif yang teraktivasi dengan Asam Klorida (HCl) dan Asam Fosfat H_3PO_4 dijabarkan pada Tabel 3. Pada tabel 3 terlihat bahwa kandungan abu dari arang aktif sesuai dengan standar yaitu <10%.

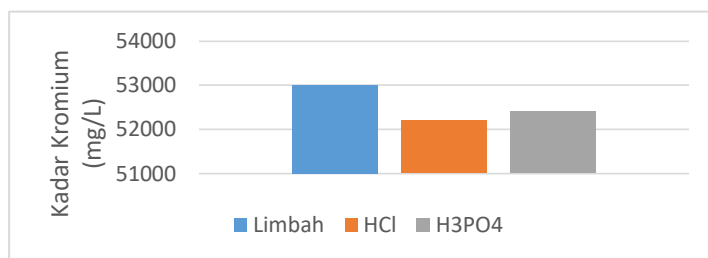
Tabel 4 Daya serap terhadap iodium

Aktivator	Daya Serap	SNI 06-3730-1995
Asam Klorida (HCl)	401,7964 mg/g	>750 mg/g
H_3PO_4	406,0800 mg/g	

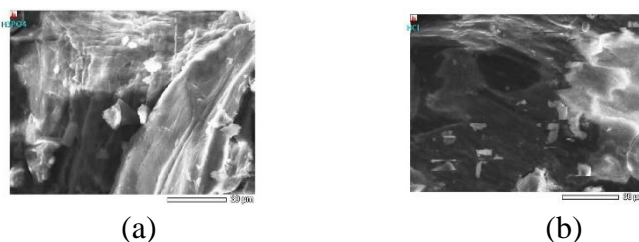
Uji Iodium bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil dan zat dalam fasa cair. Semakin tinggi angka iod maka kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul yang kecil ataupun zat dalam fasa cair akan semakin baik[14].

Hasil uji iodium pada Tabel 4 didapatkan daya serap <750 mg/g. Hasil ini belum memenuhi standar. Anomali pada hasil uji dapat disebabkan akibat proses perendaman arang dalam bahan aktivator secara statis sehingga menyebabkan arang tidak menyerap aktivator secara sempurna. Daya serap yang kecil terhadap iodium juga disebabkan karena masih tertinggalnya senyawa hidrokarbon yang terdiri dari abu, air, nitrogen, dan sulfur pada saat proses aktivasi sehingga permukaan arang menjadi kurang aktif [15].

Hasil uji Kromium (Gambar 2) dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) mempresentasikan adanya penurunan kandungan Kromium pada air limbah sebelum ditambahkan arang aktif. Kandungan Kromium pada air limbah sebelum ditambahkan arang aktif didapat sebesar 53.000 mg/L. kandungan Kromium menurun mencapai 52.200 mg/L menggunakan arang aktif dengan aktivator Asam Klorida (HCl) dan 52.400 mg/L menggunakan arang aktif dengan aktivator H_3PO_4 .



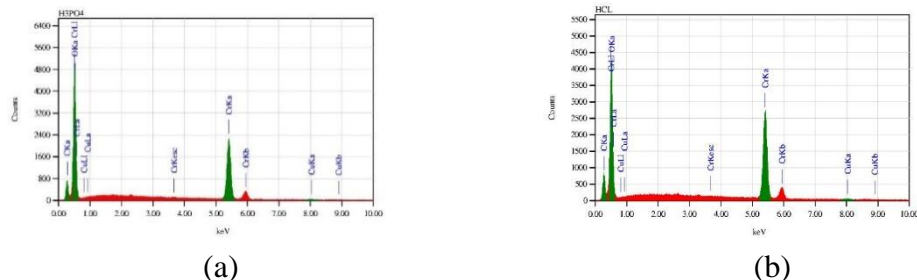
Gambar 2 Gramafik Hubungan Antara Limbah Kromium Murni dengan Arang Aktif Ampas Kopi Menggunakan Aktivator Asam Klorida (HCl) dan Asam Posfat (H_3PO_4)



Gambar 3 Hasil Analisis Morfologi Menggunakan SEM pada Perbesaran 1000 Kali (a) Arang Aktif Teraktivasi H_3PO_4 (b) Arang Aktif Teraktivasi Asam Klorida (HCl)

Hasil uji *Scanning Electro Microscope - Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) (Gambar 3) memberikan korelasi jumlah kromium yang terserap dengan jenis aktivator pada arang aktif. Pada hasil uji SEM arang aktif dengan aktivator Asam Klorida (HCl) memiliki permukaan lebih gelap dibandingkan arang aktif dengan aktivator Asam Posfat (H_3PO_4). Objek yang semakin gelap pada hasil uji SEM merepresentasikan kedalaman permukaan objek tersebut. Semakin gelap citra permukaan, maka kedalaman objek akan

semakin dalam, sehingga ketika dikontakkan dengan limbah, pori-pori masih memiliki ruang untuk penyerapan limbah yang lebih banyak [16].



Gambar 4 Fraktogramam Hasil Analisa EDS (a) Arang Aktif yang Diaktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl) (b) Arang Aktif yang Diaktivasi Menggunakan H_3PO_4

Komposisi arang aktif dapat diketahui dengan *Energy Dispersive X-ray Spectrometer* (SEM EDX). Gambar SEM menunjukkan peta unsur pada permukaan sampel dapat diperlihatkan [16]. Pengotor pada arang aktif dari ampas kopi terdiri dari tembaga berkisar 0,7% masa untuk aktivator Asam Klorida (HCl) dan 0,96% masa untuk aktivator H_3PO_4 . Pengotor oksigen pada arang aktif didapat 41,71% , aktivator Asam Klorida (HCl) dan 49,3% untuk aktivator Asam Posfat (H_3PO_4) [20].

KESIMPULAN

Parameter kualitas arang aktif ini mengacu pada SNI No. 06-3730-1995. Kadar air yang didapat untuk arang aktif ampas kopi dengan menggunakan aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N adalah 8,1175 % dan H_3PO_4 0,1 N adalah 8,0259 % . Kedua sampel memenuhi kriteria sebagai arang aktif dengan maksimal kadar 15%. Kadar abu yang didapat untuk arang aktif ampas kopi yang menggunakan aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N adalah 4,5981% dan H_3PO_4 0,1 N adalah 4,3491%. Kedua sampel memenuhi kriteria sebagai arang aktif dengan standar maksimal 10%. Daya serap terhadap iodium yang didapat untuk arang aktif ampas kopi yang menggunakan aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N adalah 401,7964 mg/g dan H_3PO_4 0,1 N adalah 406,08 mg/g. Kedua sampel tidak memenuhi kriteria sebagai arang aktif dengan standar >750mg/g.

Hasil uji *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) pada panjang gelombang 267,716 nm menunjukkan bahwa kadar logam kromium pada limbah menurun setelah proses absorpsi. Didapat kadar kromium pada limbah sebelum absorpsi sebesar 53.000 mg/L. Kadar kromium mengalami penurunan setelah absorpsi dan didapat kadar kromium akhir sebesar 52400 mg/L pada aktivator Asam Posfat (H_3PO_4) dan 52200 mg/L pada aktivator Asam Klorida (HCl). Hasil analisis morfologi menggunakan SEM pada perbesaran 1000 kali tampak arang aktif dengan aktivator Asam Klorida (HCl) memiliki

permukaan lebih dalam sehingga didapat adsorpsi logam kromium lebih tinggi. Aktivator Asam Klorida (HCl) yang digunakan sebagai bahan aktivasi arang aktif ampas kopi dinilai lebih efektif dibandingkan dengan aktivator H_3PO_4 .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada FTI Universitas Jayabaya atas fasilitas yang diberikan dalam proses pengambilan data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kemenprin, "Kementerian Perindustrian Republik Indonesia," Siaran Press, 12 Mei 2019. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/20666/Lampau-18-Persen,-Industri-Tekstil-dan-Pakaian-Tumbuh-Paling-Tinggi>. [Accessed 17 Juli 2022].
- [2] R. A. Malik, W. Surakusumah and H. K. Surtikanti, "Potensi Tanaman Air Sebagai Fitoakumulator Logam Kromium dalam Limbah Cair Tekstil," *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, vol. 7, no. 1, pp. 45-52, 2016.
- [3] M. N. Azis, T. Herawati, Z. Anna and I. Nurruhwati, "Pengaruh Logam Kromium (Cr) Terhadap Histopatologi Organ Insang, Hati Dan Daging Ikan Di Sungai Cimanuk Bagian Hulu Kabupaten Garut," *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 9, no. 1, pp. 119-128, 2018.
- [4] S. Kristianto, S. Wilujeng and D. Wahyudiarto, "Analisis Logam Berat Kromium (Cr) Pada Kali Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan di Wilayah Sidoarjo," *Jurnal Biota*, vol. 3, no. 2, pp. 66-70, 2017.
- [5] R. Rahmi and S. , "Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Dalam Limbah Cair," in *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2017*, Aceh, 2017.
- [6] Irmato dan Suyata, "Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi," *Molekul*, vol. 5, no. 1, pp. 22-32.
- [7] A. Jariah and H. , "Sintesis Dan Analisis Hasil Uji Karbon Aktif Berbahan Dasar Organik Yang Berbeda-beda," *Jurnal Teknosains*, vol. 13, no. 1, pp. 47-56, 2019.
- [8] N. Caetano, S. V and M. T, "Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 26, p. 267–272, 2012.

- [9] e. a. Suharyanto, "Kemampuan Absorben Arang Aktif Dalam Ampas Kopi Dalam Mengurangi Kadar Limbah Industry Laundry," in *Seminar Nasional V*, 2019.
- [10] P. Baryatik, A. D. Moelyaningramum, U. Asihta, W. Nurcahyaningasih, A. Baroroh and H. Riskianto, "Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Kadmium pada Air Sumur," *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 02, no. 1, pp. 11-19, 2019.
- [11] V. M. Paputungan and H. Iyabu, "Pengaruh Aktivator Asam Klorida (HCl) dan H_3PO_4 terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb)," *Jurnal Entropi*, vol. 13, no. 1, pp. 67-75, 2018.
- [12] E. Sahara, D. E. Permatasari and I. W. Suarsa, "Pemsebagiaan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Limbah Tanaman Gunitir Dengan Aktivator $ZnCl_2$," *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)*, vol. 13, no. 1, pp. 95-103, 2019.
- [13] S. Muji'ah, "Pemsebagiaan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa pleifera* Lank) dengan NaCl sebagai bahan Pengaktif," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2010.
- [14] R. Idrus, B. P. Lapanporo and Y. S. Putra, "Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa," *Prisma Fisika*, vol. 1, no. 1, pp. 50-51, 2013.
- [15] S. Fatmawati, I. N. Syar, S. D. Maulina and R. Ariyadi, "Arang Aktif Gambut Sebagai Filter Logam Berat Mercury (Hg)," *Jurnal Ilmia Sains*, vol. 21, no. 1, pp. 63-72, 2021.
- [16] E. Heraldly and D. Prowida, "Study Karakterisasi dan Aktivasi Tanah Andisol Alam serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Berat Zn Menggunakan Kolom," *Journey Alchemy*, vol. 3, no. 1, pp. 32-42, 2004.
- [17] Rahmadani, "Adsorpsi Logam Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Usaha Sablon Menggunakan Biomassa Daun Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)," Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar, 2019.
- [18] Widyawati, "Pengaruh Variasi Biomassa Eceng Gondok Terhadap Kandungan Krom Limbah Cair Industri Sablon," Yogyakarta, 2013.
- [19] G. Sethia and A. Sayari, "Activated Carbon With Optimum Pore Size Distribution For Hydrogen Storage," *Carbon N.Y*, vol. 99, no. 1, pp. 289-294, 2016.

- [20] A. J. Alkhatib and K. Al Zailey, "Medical And Environmental Application Of Activated Charcoal," *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 3, pp. 50-56, 2015.