

PENURUNAN KADAR COD (*Chemical Oxygen Demand*) LIMBAH CAIR INDUSTRI KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN ARANG AKTIF BIJI KAPUK (*Ceiba Petandra*)

Rita Duharna Siregar^{1*}, Titin Anita Zaharah¹, Nelly Wahyuni¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jl. Prof. Dr. H.Hadari Nawawi

*email: duharnarita@ymail.com

ABSTRAK

Limbah cair industri kelapa sawit dapat menimbulkan pencemaran karena mengandung polutan organik yang cukup tinggi. Pengolahan yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas limbah cair industri kelapa sawit tersebut adalah menggunakan adsorpsi dimana adsorben yang digunakan adalah arang aktif biji kapuk. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakter arang aktif yang dibuat dari biji kapuk yang digunakan untuk menurunkan kadar COD limbah cair industri kelapa sawit dan mengetahui efisiensi adsorpsinya. Pada penelitian ini dilakukan pengaktifan arang aktif dari biji kapuk menggunakan NaHCO_3 4% dengan melakukan variasi waktu dan suhu aktivasi untuk meningkatkan daya serapnya terhadap senyawa organik limbah cair industri kelapa sawit. Uji efektivitas arang aktif biji kapuk sebagai adsorben senyawa organik limbah cair industri kelapa sawit dilakukan variasi waktu kontak dan massa adsorben. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dan suhu aktivasi optimum adalah 2 jam dengan suhu 400°C dengan nilai luas permukaan terbesar yaitu sebesar $27,53 \text{ m}^2/\text{g}$. Sedangkan waktu kontak optimum adsorpsi arang aktif biji kapuk adalah 40 menit dan massa optimum adsorben arang aktif biji kapuk adalah 3,5 g dengan nilai efisiensi adsorpsi sebesar 73,28%.

Kata kunci: *arang aktif, biji kapuk, COD, limbah cair kelapa sawit.*

PENDAHULUAN

Limbah cair hasil samping aktivitas industri menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Limbah cair industri kelapa sawit dapat menimbulkan pencemaran karena mengandung polutan organik yang cukup tinggi, sehingga harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan hidup disekitarnya (Krim dkk.2006). Berdasarkan uji pendahuluan sampel limbah cair industri kelapa sawit memiliki kadar COD sebesar $402,43 \text{ mg/L}$. Nilai COD ini melewati ambang batas yang ditetapkan Kepmen LH No.KEP-51/MENLH/10/1995 mengenai batasan air limbah untuk industri yaitu 350 mg/L . Oleh karena itu, diperlukan suatu tindakan pengendalian untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair dari industri kelapa sawit, salah satu metode yang dapat digunakan yaitu metode adsorpsi. Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan

menggunakan arang aktif sebagai adsorben.

Penelitian penggunaan arang aktif untuk menurunkan kadar COD pada limbah cair pernah dilakukan oleh Kasam (2005) yang menunjukkan bahwa arang aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan HCl dapat menurunkan kadar COD pada limbah cair laboratorium sebesar 68%. Selain itu, Nailasa dkk (2013) arang aktif biji kapuk yang diaktivasi menggunakan HCl dapat meningkatkan nilai pH dan menurunkan nilai TSS, BOD, serta kadar nitrat dari limbah cair industri tahu, namun belum memenuhi baku mutu sedangkan konsentrasi nitrat memenuhi baku mutu yaitu berada di bawah 10 mg/L . Pada penelitian ini penurunan kadar COD pada limbah cair industri kelapa sawit akan dilakukan dengan menggunakan adsorben arang aktif dari biji kapuk. Arang biji kapuk akan diaktivasi menggunakan larutan soda kue 4%.

METODOLOGI PENELITIAN

ALAT DAN BAHAN

Alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas, alat penyaring, ayakan, desikator, *hot plate*, kuvet, inkubator, *magnetic stirrer*, neraca analitik, oven, spektrofotometer UV-Vis Genesys 6, dan tanur.

Bahan-bahan yang digunakan adalah asam sulfat, biji kapuk (*Ceiba petandra*), kalium dikromat, H₂O, limbah cair industri kelapa sawit yang telah melalui proses pengolahan dan siap dibuang ke lingkungan, metilen biru, perak sulfat, merkuri sulfat, ferro ammonium sulfat dan soda kue komersil cap onta.

Pembuatan Karbon Aktif dari Biji Kapuk (Ismadi, 2009; Widhianti, 2010)

Biji kapuk disangrai hingga asapnya hilang, kemudian dikarbonisasi selama 1 jam pada suhu 500°C. Arang yang sudah terbentuk digerus dan diayak 150 mesh, kemudian direndam dalam larutan soda kue 4% selama 24 jam. Dilakukan pemanasan menggunakan tanur dengan variasi waktu pemanasan 1 dan 2 jam, serta temperatur pemanasan 400°C, 500°C, dan 600°C. Dicuci menggunakan larutan HNO₃ 0,1 M dan menggunakan H₂O hingga pH netral. Selanjutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven selama 24 jam pada temperatur 105-110°C.

Penentuan Kadar Air Arang Aktif (Widhianti, 2010)

Sebanyak 2 gram arang aktif dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 2 jam. Kemudian didinginkan dan ditimbang hingga diperoleh berat konstan (Widhianti, 2010).

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{(a - b)}{b} \times 100\%$$

Dimana:

a = bobot sebelum dipanaskan (g)

b = bobot setelah dipanaskan (g)

Penentuan Kadar Abu Arang Aktif (Widhianti, 2010)

Sebanyak 2 gram arang aktif dikeringkan dalam oven selama 2 jam pada suhu 110°C. Selanjutnya arang aktif diabukan menggunakan tanur selama 1 jam dengan suhu 600°C. Abu yang diperoleh

didinginkan dan ditimbang hingga beratnya konstan.

$$\text{kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

Penentuan Luas Permukaan Arang Aktif (Nailasa, dkk. 2013)

Penentuan luas permukaan arang aktif dilakukan dengan mengukur panjang gelombang maksimum metilen biru 3,0 ppm pada panjang gelombang 500-700 nm. Selanjutnya dibuat kurva standar metilen biru dengan variasi konsentrasi 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 dan 4,0 ppm pada panjang gelombang maksimum. Sebanyak 0,1 gram arang aktif dicampur dengan 15,0 mL larutan metilen biru 50 ppm. Dilakukan pengadukan selama 40 menit kemudian didiamkan. Campuran disaring dan diukur absorbansinya. Konsentrasi metilen biru yang teradsorpsi digunakan untuk menghitung luas permukaan arang aktif menggunakan persamaan:

$$S = \frac{Q_t \times N \times A}{M_r}$$

Dimana:

S = luas permukaan adsorben (m²/g)

N = bilangan avogadro (6,022x10²³mol⁻¹)

Q_t = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)

A = luas penutupan oleh 1 molekul metilen blue (197x10⁻²⁰m²)

M_r = massa molekul relatif metilen blue (320,5 g/mol)

Penentuan Waktu Kontak optimum

Sebanyak 2 gram arang aktif ditimbang kemudian dicampurkan dalam 10 mL limbah cair kelapa sawit dan diaduk dengan variasi waktu 30, 35, 40, dan 45 menit. Campuran kemudian disaring dan diukur nilai COD dari filtratnya.

Penentuan Massa adsorben optimum

Arang aktif ditimbang dengan variasi massa 3; 3,5; 4; 4,5 dan 5 gram dicampur dalam 10 mL limbah cair, diaduk selama waktu kontak optimum. Campuran disaring dan diukur nilai COD dari filtratnya.

Analisis COD (SNI 06-6989.15-2004)

10 mL sampel dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan

0,2 gram serbuk HgSO_4 , 5 ml larutan kalium dikromat 0,25N dan 15 mL pereaksi asam sulfat – perak sulfat perlahan-lahan. Dipanaskan selama 2 jam pada suhu 150°C . Dinginkan, ditambahkan indikator ferroin 2-3 tetes, dititrasi dengan larutan FAS (*Ferro Ammonium Sulfat*) 0,1 N sampai warna merah kecoklatan, catat kebutuhan larutan FAS. Lakukan langkah yang sama terhadap air suling sebagai blanko. Catat kebutuhan larutan FAS.

$$\text{COD mg/L} = \frac{(\text{V. FAS1} - \text{V. FAS2}) \cdot \text{NFAS} \cdot 8000}{\text{volume sampel}}$$

Dimana:

V. FAS1 = Volume FAS blanko

V. FAS2 = Volume FAS sampel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif

Pembuatan arang aktif biji kapuk sebagai adsorben dilakukan melalui dua tahap, yaitu tahap pengarangan dan tahap pengaktifan. Pembentukan arang diawali dengan menyangrai biji kapuk yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kandungan minyak yang terdapat pada biji kapuk serta menghindari terbentuknya abu. Untuk menghilangkan zat-zat organik yang tidak mudah hilang dalam proses pembakaran, maka arang yang diperoleh dikarbonasi dalam tanur pada suhu 500°C selama 1 jam. Arang yang dihasilkan, kemudian digerus dengan tujuan untuk memperkecil ukuran partikel agar luas permukaannya menjadi semakin besar. Selanjutnya dilakukan pengayakan dan aktivasi menggunakan larutan soda kue komersil 4% yang bertujuan untuk membuka pori-pori arang yang tertutupi oleh zat-zat pengotor yang tidak ikut terlepas pada saat karbonisasi.

Karakterisasi arang aktif dari biji kapuk dilakukan agar hasil arang aktif yang diperoleh dapat diketahui kualitasnya. Karakterisasi arang aktif meliputi penentuan kadar air, kadar abu dan daya serap terhadap metilen biru.

Tabel 1 karakter arang aktif dari biji kapuk

Suhu ($^\circ\text{C}$)	waktu (jam)	Kadar air (% b/b)	Kadar abu (% b/b)	luas permukaan (m^2/g)
400	1	6,36	6,38	27,28
	2	5,25	5,14	27,54
500	1	3,9	5,21	26,87
	2	4,66	4,99	26,91
600	1	5,33	5,18	27,5
	2	4,52	2,31	27,17
SNI (06-3730-1995)		≤ 15	≤ 10	

Keberadaan air didalam arang berkaitan dengan sifat higroskopis dari arang aktif, dimana arang aktif mempunyai sifat afinitas yang besar terhadap air. Sifat yang sangat higroskopis inilah yang menyebabkan arang aktif digunakan sebagai adsorben. Besar kecilnya kadar air arang aktif yang dihasilkan disebabkan oleh sifat higroskopis dari arang aktif sehingga pada waktu proses pendinginan, uap air dari udara terserap ke dalam pori (Hassler, 1974). Kadar abu merupakan banyaknya kandungan oksida logam yang terdiri dari mineral-mineral dalam suatu bahan yang tidak dapat menguap pada proses pengabuan (Budiono dkk., 2009).

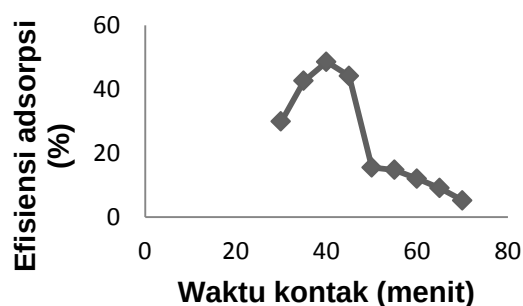
Hasil penelitian ini menunjukkan adanya kecenderungan semakin rendah suhu aktivasi maka kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Darmawan (2009) yang melakukan optimasi suhu dan lama aktivasi dengan asam fosfat dalam produksi arang aktif tempurung kemiri, dimana semakin rendah suhu aktivasi, kadar abu yang dihasilkan semakin tinggi. Semakin meningkatnya kadar abu pada arang aktif menurut Sudrajat (1985) dalam Fauziah (2009) terjadi karena terbentuknya garam mineral pada saat proses pengarangan.

Penentuan temperatur dan waktu aktivasi optimum dilakukan berdasarkan kemampuan daya serap terhadap metilen biru dari masing-masing arang aktif. Besarnya konsentrasi metilen biru yang teradsorpsi digunakan untuk menghitung luas permukaan arang aktif.

Pada penelitian ini terlihat bahwa karbon aktif dari biji kapuk mengalami penurunan luas permukaan dengan kenaikan suhu aktivasi. Menurut Pujiyanto (2010), hal ini disebabkan karena kandungan karbon yang sedikit sehingga pada saat aktivasi dengan suhu yang tinggi mengakibatkan rusaknya struktur karbon, dan terbentuknya lubang pori yang terlalu besar yang mengakibatkan luas permukaan menjadi lebih rendah.

Variasi Waktu Kontak dan Massa Adsorben

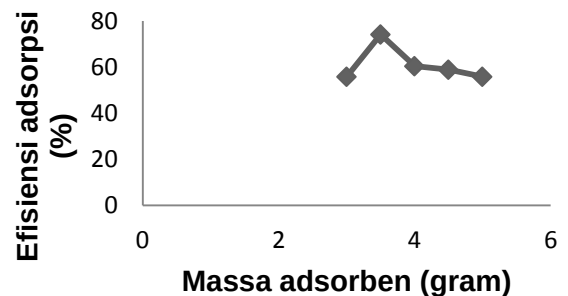
Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi adsorpsi. Penentuan waktu kontak dilakukan dengan mencampurkan limbah cair industri kelapa sawit dengan arang aktif biji kapuk dengan berbagai variasi waktu kontak.



Gambar 1. Pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa pada waktu kontak 30-40 menit terjadi kenaikan adsorpsi. Sedangkan pada waktu di atas 40 menit terjadi penurunan kemampuan adsorpsi karena lapisan luar pada arang aktif telah jenuh sehingga kurang mampu mengadsorpsi senyawa organik yang terdapat pada limbah cair industri kelapa sawit. Menurut Kasam (2005) yang melakukan penurunan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dalam limbah cair laboratorium menggunakan filter karbon aktif arang tempurung kelapa, efisiensi karbon aktif dalam meremoval COD semakin menurun seiring dengan bertambahnya waktu operasi. Hal ini terjadi karena kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi berkurang. Berkurangnya kemampuan karbon aktif disebabkan karena pori-pori pada permukaan karbon telah jenuh.

Penentuan massa optimum arang aktif dilakukan dengan mengontakkan limbah cair industri kelapa sawit dengan arang aktif pada berbagai variasi massa selama 40 menit. Peningkatan jumlah adsorben cenderung meningkatkan daya serap terhadap adsorbat (Bhattacharyya, 2008).



Gambar 2. Pengaruh massa adsorben terhadap efisiensi adsorpsi

Berdasarkan Gambar 2 dalam penentuan massa optimum ditunjukkan adanya peningkatan dan penurunan % senyawa organik limbah cair industri kelapa sawit teradsorpsi dalam variasi massa arang aktif. Proses adsorpsi senyawa organik limbah cair industri kelapa sawit terjadi seiring dengan meningkatnya massa karbon aktif dari massa 3,0 g sampai massa 3,5 g. Hal tersebut menunjukkan bahwa massa adsorben berpengaruh terhadap proses adsorpsi karena semakin bertambahnya massa adsorben, maka nilai senyawa organik limbah cair industri kelapa sawit yang teradsorpsi juga semakin meningkat dan mencapai kesetimbangan.

Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahayu (2014), yang melakukan adsorpsi besi pada air tanah menggunakan adsorben tongkol jagung, dimana terjadi penurunan nilai efisiensi adsorpsi ketika massa adsorben ditambahkan. Pada penelitian ini, ketika massa adsorben 4,0 g proses adsorpsi dinyatakan berhenti karena jumlah molekul adsorbat yang berikatan dengan adsorben semakin sedikit. Menurut Anjani (2014), hal tersebut terjadi dikarenakan jumlah adsorben mempengaruhi proses adsorpsi dimana semakin bertambahnya massa akan menyebabkan adsorben mencapai titik jenuh jika permukaannya telah terisi oleh adsorbat.

SIMPULAN

1. Karakter kadar air dan kadar abu arang akti biji kapuk telah memenuhi Standar Nasional Indonesia dengan nilai kadar air dibawah 10%, kadar abu dibawah 15% dan luas permukaan sebesar 27,54 m²/g.
2. Efisiensi adsorpsi arang aktif biji kapuk dalam menurunkan COD limbah cair industri kelapa sawit adalah sebesar 73,28%, dengan massa dan waktu kontak adsorpsi optimum sebesar 3,5 g dan 40 menit dalam 25 mL.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani, R.P., Toeti, K., 2014, Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Granular Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) dengan Pesain Ion Na⁺, Universitas Negeri Surabaya, *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 3(3).
- Bhattacharyya, K., Sharma, A., 2004, Adsorpsi of Pb(II) from aqueous solution by *Azadirachta indica* (Neem) leaf powder, *Journal of Hazardous Material* B113.
- Budiono, Ari, S., dan Gunawan., 2005, Pengaruh aktivasi arang tempurung kelapa dengan asam sulfat dan asam fosfat untuk adsorpsi fenol. Universitas Diponegoro, Yogyakarta.
- Darmawan, S., Gustan, P., dan Kurnia, S., 2009, Optimasi Suhu dan Lama Aktivasi dengan Asam Phosfat dalam Produksi Arang Aktif tempurung Kemiri, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Fauziah, N., 2009, Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung Dari *Acacia mangium* Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya Sebagai Adsorben, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Hassler, J.W. (1974). Purification with activated carbon: Industrial, commercial, environmental. Chemical Publishing, New York.
- Ismadi, M., 2009, Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Teraktivasi Soda Kue, Universitas Tanjungpura, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Pontianak, (Skripsi).
- Kasam, Andik, Y., dan Titin, 2005, Penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dalam Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Filter Karbon Aktif Arang Tempurung, FTSP UII, *Jurnal Logika*, 2(2).
- Keputusan Meteri Negara Lingkungan Hidup, 1995, Baku Mutu Air Limbah Industri menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: KEP-51/MENLH/10/1995, Jakarta.
- Krim, L., Sahmoune, N., and Goma, B., 2006, Kinetics of Chromium Sorption on Biomass Fungi from Aqueous Solution, *American Journal of Environmental Sciences* 2(1).
- Nailasa, T., Hermania, E.W., Luther, K., 2013, Pemanfaatan Arang aktif Biji Kapuk Sebagai adsorben Limbah Cair Tahu, Universitas Nusa Cendana Kupang, *Jurnal Kimia terapan*, Vol.1.
- Pujiyanto, 2010, Pembuatan Karbon Aktif Super Dari Batubara Dan Tempurung Kelapa, Universitas Indonesia, Depok, (Thesis).
- Rahayu, A.N., Adhtiyawarman, 2014, Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Besi Pada Air Tanah, Universitas Tanjungpura, JKK 3(3).
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.15-2004, Air dan Air Limbah-Bagian 15: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) refluks terbuka dengan refluks terbuka secara titrimetri, Jakarta.
- Widhianti, W., 2010, Pembuatan Arang Aktif dari Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra L.*) Sebagai A dsorben Zat Warna Rhodamin B, Universitas Airlangga, Surabaya.