

Potensi Arang Aktif yang Terbuat dari Kulit Biji Nyamplung Sebagai Adsorben Logam Berat Kromium (VI)

¹Nadhifah Al Indis, ²Muhammad Alwi Syahara,

¹ Program Studi Kimia, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Kediri
Jl. Sersan Suharmaji, No.38, Manisrenggo, Kecamatan Kota Kediri,
Kediri, Jawa Timur 68128
(0354) 683243
¹nadhifah-uniska.kediri.ac.id

Abstrak

Salah isu penting di era industr 4.0 adalah masalah lingkungan perairan yang tercemar oleh limbah logam berat khususnya kromium (VI). Kromium (VI) dapat terakumulasi pada organisme perairan dan masuk ke dalam tubuh manusia yang dapat mengakibatkan ruam kulit, gagal ginjal, kanker, serta mutasi genetic. Salah satu metode untuk mengatasi limbah yang mengandung kromium (VI) adalah adsorpsi menggunakan arang aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung. Arang aktif dikarbonasi dari biomassa hingga menjadi arang dengan rendemen 22,36%, dan diaktivasi menggunakan larutan H₂SO₄ (50:50). Berdasarkan hasil pengamatan arang aktif memiliki warna hitam pekat dan didalamnya terdapat ikatan karbon-karbon cross-links (dari uji FTIR). Hasil analisis kadar air dengan metode gravimetri sebesar 5,21%. Analisis arang aktif sebagai material berpori dengan metode BET dan BJH diperoleh luas permukaan sebesar 61,339 m²/g, diameter pori 3,781 nm, dan volume porinya 0,015 cm³/g. Uji adsorpsi arang aktif sebanyak 0,1g terhadap 50mL kromium (VI) dengan variasi konsnetrasi 25, 50, 75, dan 100 mg/L, pada pH = 1, waktu kontak 150 menit, dan kecepatan rotasi batch 500 rpm, diperoleh kapasitas adsorpsi (qt) sebesar 8,57 mg/g.

Kata kunci : kromium (VI), nyamplung, karbon aktif

Abstract

*The important issues in era industrial 4.0 is the problem of environment polluted by heavy metal waste water, especially chromium (VI). Chromium (VI) can accumulate in aquatic organisms and enter the human body, which caused the skin rashes, cancer, and genetic mutations. One way to reducing chromium (VI) in waste water using adsorption method with activated carbon made from Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) seed shell. Biomass was carbonized to produce carbon (yield 22.36%), and then it activated by H₂SO₄ (50:50) solution. Based on observations, activated carbon has a black color and contains carbon-carbon cross-links (FTIR test). Gravimetric method to analyze of water content obtained 5.21%. Analysis of porous material using the BET and BJH methods, obtained the surface area was 61,339 m²/g, the pore diameter was 3.781 nm, and the pore volume was 0.015 cm³/g. Adsorption test of 0.1g activated charcoal against 50mL of chromium (VI) with various concentrations 25, 50, 75, and 100 mg/L, at pH = 1, timing 150 minutes, and 500 rpm batch rotation speed, obtained the adsorption capacity of activated carbon (q_t) is 8.57 mg/g.*

Keyword: Chromium (VI), Calophyllum inophyllum, activated carbon

1. Pendahuluan

Di era industri 4.0 isu mengenai lingkungan merupakan hal yang paling disoroti. Efek beralihnya dunia pertanian dan perkebunan menjadi era industri salah satunya adalah masalah limbah yang berdampak buruk pada lingkungan. Logam berat merupakan zat kimia berupa logam yang bersifat toksik / racun, biasanya terdapat pada perairan yang tercemar oleh limbah (Budi, 2007). Dalam kadar yang rendah sekalipun, logam berat seperti raksa (Hg), cadmium (Cd), kromium (Cr), dan timbal (Pb) bersifat toksik dan berbahaya bagi lingkungan (Asmysari, 2010). Air yang tercemar logam berat akan mengendap menjadi lumpur/sedimen. Makhluk hidup di perairan juga dapat mengadsorpsi logam berat ini, sehingga dapat membahayakan lingkungan terutama kesehatan manusia yang berada di puncak rantai makanan memiliki akumulasi pencemaran terbesar (Soegianto dan Supriyanto, 2008).

Kromium merupakan logam golongan transisi dengan bilangan oksidasi 2, 3, dan 6. Kromium (II) cenderung kurang stabil, kromium (III) lebih stabil dan esensial bagi tubuh, sedangkan kromium (VI) bersifat toksik. Beberapa efek buruk akibat keracunan kromium (VI) adalah ruam kulit, gagal ginjal, kanker, dan mutasi genetik (Orozco et al., 2008). Cara untuk menangani limbah yang mengandung logam berat salah satunya menggunakan reagen pengendap yang bersifat basa, tetapi tidak semua jenis logam berat bisa diendapkan. Kromium (VI) ini salah satu logam berat yang tidak dapat mengendap dengan hidoksida, oleh karena itu cara mengatasinya dengan menggunakan adsorben. Adsorben merupakan material berpori, salah satu contohnya adalah arang aktif. Penelitian ini akan membuat arang aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung, mengkaraktirisasi, dan mengaplikaskannya sebagai adsorben untuk logam berat kromium (VI). Tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn.) merupakan tanaman yang banyak memiliki manfaat bagi kehidupan, pohonnya dapat menghasilkan kayu, buahnya dapat diekstraksi menjadi minyak. Diketahui kandungan buah nyamplung adalah 75% (Dweek dan Meadows, 2002). Pengolahan minyak biji nyamplung akan menghasilkan limbah yang berupa tempurung. Kulit biji nyamplung (tepurung) ini yang akan diolah menjadi arang aktif, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat khususnya kromium (VI).

2. Metodologi

2.1. Bahan habis pakai dan Peralatan yang Digunakan

Bahan habis pakai yang dipergunakan antara lain kulit biji nyamplung yang diambil dari limbah pengolahan minyak nyamplung yang dilakukan oleh dosen-dosen di departemen kimia, fakultas sains dan analitik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Sedangkan bahan kimia yang diperlukan adalah H_2SO_4 pekat, HNO_3 pekat, aseton, buffer pH 10, pH 7, dan pH 4, KBr, aquadestilasi, aqua DM, dan garam $K_2Cr_2O_7$.

Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain disk mill, ayakan mesh, muffle furnace, blender, oven, neraca analitik, pipet ukur, pro pipet, beker gelas, kaca arloji, pipet volume, kertas saring Whatman, corong buchner, kertas pH, pH meter, spatula, magnetic stirrer, hot plate, corong gelas, labu ukur, botol semprot, mortar, erlenmeyer, botol gelas, dan plastik wrab. Instrumen yang digunakan adalah Perkin – Elmer SSA 5100 PC, Perkin – Elmer FTIR, dan Micromeritics ASAP 2020.

2.2. Metode Pengumpulan Data

Data diperoleh dari percobaan yang dilakukan di laboratorium kimia, FAPERTA, UNISKA, untuk analisis filtrate hasil adsorpsi menggunakan instrumen SSA (Spektroskopi Serapan Atom). Karakterisasi arang aktif dilakukan di laboratorium departemen kimia, fakultas sains dan analitik, ITS, dengan menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan Micromeritics (*Surface Area and Porosity Analyzer*) ASAP 2020.

2.3. Alur Penelitian

1. Preparasi Bahan Baku (Gercel dan Gercel 2007)

Kulit biji nyamplung dicuci bersih menggunakan air yang mengalir dan dikeringkan pada suhu ruang. Tempurung yang kering digiling menggunakan alat diskmill dan dihaluskan menggunakan blender. Serbuk nyamplung yang diperoleh ukurannya diseragamkan dengan

ayakan mesh ukuran 120 mikron. Kemudian serbuk direndam dengan aseton selama 12 jam untuk menghilangkan lemak yang terkandung di dalamnya. Setelah itu serbuk dikeringkan pada suhu 110°C menggunakan oven, didinginkan dalam suhu ruang, dan diperoleh biomassa (serbuk tempurung nyamplung). Biomassa diarangkan menggunakan muffle furnace / tanur pada suhu 350°C selama 60 menit. Arang / karbon yang diperoleh diaktivasi menggunakan larutan H₂SO₄ (50:50).

2. Karakterisasi Arang Aktif

Beberapa karakterisasi yang aplikasikan pada arang aktif antara lain prosentase rendemen arang aktif dari biomassa, analisa gugus fungsional menggunakan instrumen FTIR, serta analisa luas permukaan, diameter, dan volume pori menggunakan metode BET dengan instrumen ASAP.

3. Proses Adsorpsi (Acharya at. al., 2009)

Adsorpsi dilakukan dengan menggunakan adsorben arang aktif 2g/L, konsentrasi kromium (VI) 25, 50, 75, dan 100 mg/L, volume larutan 50mL, pH larutan = 1, dan waktu kontak 150 menit, dengan menggunakan metode batch. Filtrat hasil adsorpsi dianalisis sisa konsentrasi kromium (VI) dan dihitung prosentase adsorpsinya. Perhitungan prosentase adsorpsi menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\% \text{ Adsorpsi} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

C₀ = adalah konsentrasi kromium (VI) mula-mula (mg/L)

C₁ = konsentrasi kromium (VI) filtrate (mg/L)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakterisasi Arang Aktif

Berikut ini adalah gambar serbuk kulit biji nyamplung yang belum dikarbonisasi dan sesudah dikarbonisasi dengan aktivator H₂SO₄ 50% (v/v) :

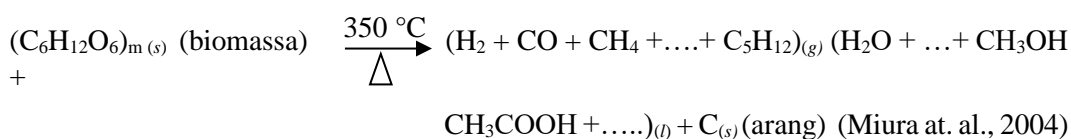


Gambar 1. (a) Serbuk kulit biji nyamplung (biomassa) dan (b) serbuk arang aktif

Aktivasi arang aktif dengan menggunakan larutan H₂SO₄ (50:50) dapat meningkatkan terbentuknya *cross-links* pada arang aktif. Penggunaan larutan asam sulfat sebagai aktivator terbukti lebih baik daripada aktivator ZnCl₂ karena jika menggunakan ZnCl₂ akan meninggalkan residu Zn pada arang aktif (Karthikeyan, 2004).

A. Analisis Persentase Rendemen

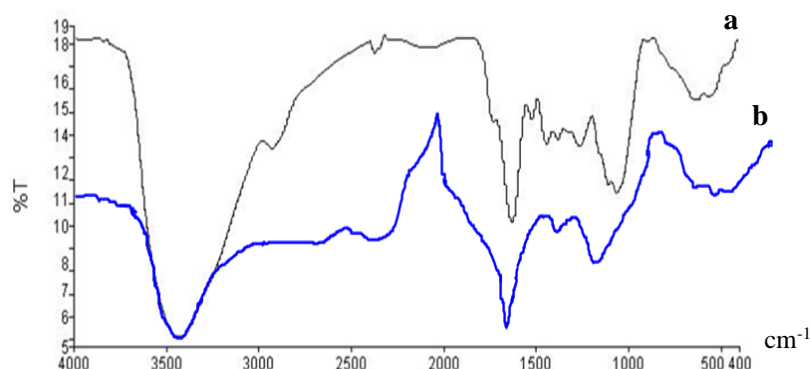
Serbuk kulit biji nyamplung berwarna coklat muda, arang aktif berwarna hitam pekat, yang dapat dilihat pada Gambar 1. Perubahan warna tersebut diakibatkan proses karbonisasi, yaitu terjadi perubahan selulosa menjadi atom-atom karbon yang berwarna hitam. Prosentase rendemen dihitung dengan menggunakan metode gravimetri dan diperoleh hasil sebesar 22,36%. Reaksi karbonisasi selulosa dapat dilihat pada persamaan berikut :



B. Analisis Gugus Fungsional Menggunakan FTIR

Puncak-puncak spektogram FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dari biomassa dan arang aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung dapat dilihat pada Gambar 2. Nama-nama

puncak spektogram FTIR dari biomassa kulit biji nyamplung dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan puncak spektogram aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2. Spektogram FTIR (a) biomassa dan (b) arang aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung

Gambar 2 (a) memiliki 6 buah puncak. Puncak-puncak pada bilangan gelombang 3434,46, 2933,23; 2375,85; 1627,97; 1258,21; dan 1059,13 cm^{-1} , berturut-turut menunjukkan adanya gugus -O-H , $\text{-C-H } sp^3$, $\text{-C}\equiv\text{N}$, -C=C- , -C-C- , dan $\text{-C-O } sp^3$. Gugus-gugus fungsi tersebut berada dalam struktur molekul biomassa kulit biji nyamplung. Beberapa gugus fungsi tersebut akan hilang dengan adanya proses karbonisasi. Biomassa yang berwarna coklat selama proses karbonisasi akan mengalami pirolisis menjadi atom-atom karbon yang berwarna hitam. Gambar 2 (b) memiliki 3 buah puncak. Berarti ada 3 gugus fungsi yang hilang selama proses karbonisasi, yaitu $\text{-C-H } sp^3$, $\text{-C}\equiv\text{N}$, dan $\text{-C-O } sp^3$. Puncak yang lebar pada bilangan gelombang 3422,13 cm^{-1} merepresentasikan gugus -O-H . Gugus -O-H ini berasal dari molekul H_2O yang terjebak pada arang aktif. Dua puncak yang lain menunjukkan adanya ikatan karbon-karbon. Ikatan karbon-karbon pada karbon aktif adalah ikatan tunggal, puncak pada bilangan gelombang 1624,87 cm^{-1} ini merupakan ikatan karbon-karbon sp^2 yang diperoleh dari pembentukan siklik pada struktur arang aktif.

Tabel 1. Nama-nama puncak spektogram FTIR biomassa kulit biji nyamplung

Jenis gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})	% Transmitan
-O-H	3434,46	5,04
$\text{-C-H } sp^3$	2933,23	13,42
$\text{-C}\equiv\text{N}$	2375,85	17,66
$\text{C}=\text{C}$	1627,97	10,18
-C-C-	1258,21	13,58
$\text{-C-O } sp^3$	1059,13	11,46

Tabel 2. Nama-nama puncak spektogram FTIR arang aktif dari kulit biji nyamplung

Jenis gugus	Bilangan gelombang (cm^{-1})	%Transmitan
-O-H	3433,13	2,12
$\text{C}=\text{C}$	1624,87	4,5
-C-C-	1223,68	6,5

C. Analisis Kadar Air

Kadar air diukur menggunakan metode gravimetri. Kadar air maksimal pada arang aktif menurut SNI sebesar 6%, sedangkan kadar air arang aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung ini adalah 5,21% (memenuhi standart SNI). Jika kadar air pada arang aktif terlalu

besar, maka proses adsorpsinya tidak berjalan optimal, karena molekul-molekul air bisa masuk kedalam pori-pori arang aktif atau melapisi permukaan arang aktif. Hal tersebut menyebabkan adsorbat sulit teradsorpsi oleh adsorben.

D. Analisis Luas Permukaan, Diameter, dan Volume Pori

Karakterisasi dengan metode BET (Brunauer-Emmet-Teller), menghasilkan luas permukaan arang aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung sebesar 61,339 m²/g. Karakterisasi dengan metode BJH (Barret-Joyner-Halenda), diperoleh diameter pori arang aktif yaitu 3,781 nm (tergolong padatan mesopori menurut Jankowska, 1991), dan volume pori sebesar 0,015 cm³/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa arang aktif merupakan material berpori dan bervolume serta memiliki luas permukaan yang cukup baik untuk digunakan sebagai adsorben. Mekanisme adsorpsi bisa terjadi dalam dua bentuk, yaitu adsorpsi fisik melalui permukaan adsorben, dan adsorpsi kimia melalui pori-pori, dimana adsorbat terjebak pada pori yang terdalam.

3.2. Proses Adsorpsi

Setelah adsorpsi, filtrat dianalisis dengan instrument SAA pada lambda 425,4 nm, arus lampu 7 mA, dan bahan bakar gas asetilena. Instrument ini mampu bekerja pada kisaran konsentrasi kromium (VI) 0,5-50 mg/L pada panjang gelombang tersebut. Berdasarkan kurva kalibrasi kromium (VI), diperoleh persamaan regresi linier yaitu $y = 0,018x + 0,016$. Persamaan kurva kalibrasi tersebut, digunakan untuk menghitung prosentase adsorpsi kromium (VI) yang dapat diamati pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase (%) Adsorpsi Kromium (VI) Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Biji Nyamplung

Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C ₁)	% Adsorpsi
25 mg/L	22,28	10,88
50 mg/L	36,87	26,26
75 mg/L	59,44	20,07
100 mg/L	82,86	17,14

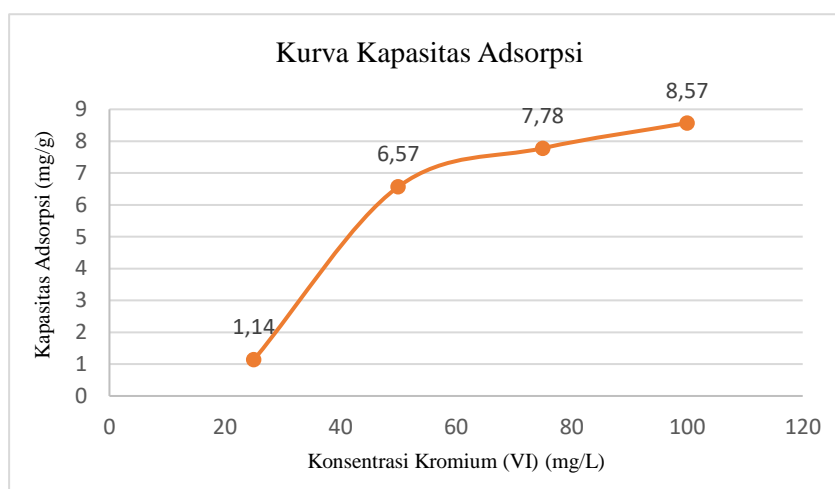
Setelah diperoleh persentase adsorbs, selanjutnya dihitung kapasitas adsorpsi (q_t). Kapasitas adsorpsi merupakan ukuran seberapa banyak adsorbat dalam penelitian ini adalah kromium (VI) yang mampu terserap ke dalam adsorben, selama proses adsorpsi berlangsung (Arulkumar, 2012). Rumus perhitungan kapasitas adsorpsi (q_t) menurut (Chairat at. al., 2006) adalah :

$$q_t = \frac{C_{\text{teradsorp}} \times V}{W}$$

Tabel 4. Kapasitas Adsorpsi (q_t) Arang Aktif dari Kulit Biji Nyamplung

Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C ₁)	Konsentrasi Teradsorpsi	Volume Larutan (L)	Massa Adsorben (g)	Kapasitas Adsorpsi
25 mg/L	22,28	2,27	0,05	0,1	1,14
50 mg/L	36,87	13,13	0,05	0,1	6,57
75 mg/L	59,44	15,56	0,05	0,1	7,78
100 mg/L	82,86	17,14	0,05	0,1	8,57

Berdasarkan persamaan tersebut, diperoleh kapasitas adsorpsi (q_t) arang aktif dari kulit biji nyamplung yang disajikan pada Tabel 4. Hasil perhitungan pada Tabel 4, kemudian disajikan dalam bentuk kurva konsentrasi awal versus kapasitas adsorpsi (q_t) yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif dari Kulit Biji Nyamplung Terhadap Adsorbat Kromium (VI)

Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa konsentrasi adsorbat yang semakin besar, menghasilkan nilai kapasitas adsorpsi (q_t) yang semakin besar pula. Hasil kapasitas adsorpsi (q_t) maksimum diperoleh pada konsentrasi kromium (VI) sebesar 100 mg/L.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa arang aktif yang terbuat dari kulit biji nyamplung dapat digunakan sebagai adsorben logam berat kromium (VI) dan berpotensi sebagai solusi bagi pencemaran logam berat di lingkungan perairan. Adapun karakteristik arang aktif tersebut adalah sebagai berikut :

- Berbentuk serbuk berwarna hitam pekat
- Memiliki rendemen sebesar 22,36% dari biomassa
- Memiliki ikatan karbon-karbon *cross-links*
- Memiliki kadar air sebesar 5,21%
- Memiliki diameter pori sebesar 3,781 nm, volume pori 0,015 cm³/g, dan luas permukaan 61,339 m²/g, serta
- Memiliki kapasitas adsorpsi (q_t) sebesar 8,57 mg/g.

Daftar Pustaka

- Acharya, J., Sahu, J. N, Sahoo, B.K, Mohanty, C.R, dan Meikap, B.C., (2009), "Removal of Chromium (VI) from Wastewater by Activated Carbon Developed from Tamarind Wood Activated with Zinc Chloride", *Chemical Engineering Journal*, 150, 25–39.
- Arulkumar, M., Thirumalai, K., Sathishkumar, P., dan Palvanan, T., (2012), "Rapid Removal of Chromium from Aqueous Solution Using Novel Prawn Shell Activated Carbon", *Chemical Engineering Journal*, 178– 186.
- Asmysari, A. S. (2010). Konsentrasi Pb, Cd dan Hg dalam Ikan Julung-Julung (*Hyporhamphus affinis*) di Pantai Jawa Timur serta Batas Aman Konsumsinya. Tesis. Program Studi Magister Biologi, Universitas Airlangga. Surabaya. Hal 57.
- Badan Standarisasi Nasional. (1995). Standar Nasional Indonesia (SNI) Standart Mutu Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995). Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Budi, A. (2007). Pengaruh Logam Berat Timbal (Pb) terhadap Gambaran Histopatologis Hepatopankreas Udang Windu (*Penaeus monodon Fabricus*). Skripsi. Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Airlangga. Surabaya. Hal 49.

- Chairat, M., Rattanaphani, S., Bremner, J.B., Rattanaphani, V., (2006), "Adsorption Kinetic Study of Lac Dyeing on Cotton", *Journal of Hazardous Materials*, 1-5.
- Dweek, A.C. dan Meadows, T., (2002), "Tamanu (*Callophylum inophyllum*) the Africa, Asia Polynesian and Pasific Panacea", *Journal of Cosmec Science*, 24, 1-8.
- Gercel, O. dan Gercel, H., (2007), "Adsorption of Lead(II) Ions from Aqueous Solutions by Activated Carbon Prepared from Biomass Plant Material of *Euphorbia rigida*", *Chemical Engineering Journal*, 132, 289–297.
- Jankowska, H., Swiatkowski, A., dan Choma, J., (1991), *Active Carbon*, Prentice - Hall : England.
- Karthikeyan, G., Anbalagan, K., Andal, N.M. (2004). Adsorption Dynamics and Equilibrium Studies of Zn(II) Onto Chitosan. *Indian Journals Chemistry Science*. 119-127.
- Miura, M., Kaga, H., Sakurai, A., Kakuchi, T., dan Takahashi, K., (2004), "Rapid Pyrolysis of Wood Block by Microwave Heating". *Journal of Analitical Applied Pyrolysis*, 71,99-187.
- Orozco, A.M.F., Contreras, E.M., dan Zaritsky, N.E., (2008), "Modelling Cr(VI) Removal by A Combined Carbon-Activated Sludge System", *Journal of Hazardous Materials*. 46–52.
- Soegianto, A and A.
- Supriyanto. 2008. Concentration of Pathogenic Bacteria and Tracemetals in Bivalvia Molusca *Anadara granosa* (Bivalvia: Arcidae) Harvested from East Java Coast Indonesia. *Cahiers de Biologie Marine*. 49, 201-207.