

KARAKTERISASI KARBON AKTIF KOMERSIAL SERTA APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ION TIMBAL(II) DAN KROM(III)

Ni Ayu Putu Tejawati*, Manuntun Manurung dan Oka Ratnayani

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80361

**E-mail: putuayutj@yahoo.com*

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukankarakterisasi karbon aktif komersial serta aplikasinya sebagai adsorben Pb(II) dan Cr(III). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari karbon aktif komersial berdasarkan SNI (Standar Nasional Indonesia) dibandingkan dengan karbon aktif komersial yang diaktifkan kembali dengan pemanasan pada suhu 600°C selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan, nilai kadar air adalah 6,8%, kadar zat menguap 13,22%, kadar abu total 1,9% dan kadar karbon terikat sebesar 79,1%. Bilangan iodin 774,2159 mg/g dan luas permukaan 8,9400 m²/g. Dengan pemanasan karbon aktif pada suhu 600°C selama 2 jam, bilangan iodin naik menjadi 864,7238 mg/g dan luas permukaan karbon aktif 9,2511 m²/g. Kapasitas Adsorpsi karbon aktif komersial terhadap Pb(II) adalah 0,3438 mg/g dan Cr (III) 0,1861 mg/g, sedangkan karbon teraktivasi panas kapasitas adsorpsinya adalah 0,6775 mg/g untuk Pb(II) dan 0,3033 mg/g pada Cr(III).

Kata kunci : karbon aktif komersial, Pb(II), Cr(III)

ABSTRACT

This study is about the characterization of commercial activated carbon and its application as adsorbent for Pb(II) and Cr(III). This research aimed to find out the quality of commercial activated carbon based on the Indonesian National Standard (SNI 06 – 3730 – 1995) and its capacity for adsorbing Pb(II) and Cr(III), compared to the physically reactivated commercial carbon by heating at a temperature of 600°C for 2 hours. The results showed that the commercial activated carbon contained 6.8% of moisture, 13.22% of volatile matter, 1.9% of total ash and 79.1% of fixed carbon. The iodine number of commercial activated carbon was 774.2159 mg/g, and after the carbon was reactivated physically the number increased to 864.7238 mg/g. Similarly, the surface area of the activated carbon was 8.9400 m²/g and after the carbon reactivation was 9.2511 m²/g. Furthermore, the adsorption capacity of activated carbon for Pb(II) also improved from 3.4384 mg/g to 6.7712 mg/g and for Cr(III) from 1,8609 mg/g to 3.0340 mg/g.

Keywords : commercially activated carbon, Pb(II), Cr(III)

PENDAHULUAN

Limbah logam berat bila dibuang ke perairan tanpa pengolahan akan mencemari lingkungan dan dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup, diantaranya timbal dan krom. Logam timbal berasal dari buangan industri metalurgi, yang bersifat racun dalam bentuk Pb-arsenat. Di dalam tubuh manusia, timbal mengakibatkan terhambatnya aktifitas enzim yang terlibat dalam pembentukan hemoglobin yang dapat menyebabkan penyakit anemia (Marganof, 2003). Untuk menghindari keracunan dari logam ini, batas maksimum timbal dalam makanan laut yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan RI dan FAO adalah sebesar 2,00ppm. Pada organisme air kadar maksimum Timbal

yang aman dalam air adalah sebesar 50 ppb (Hutagalung, 1984).

Sumber utama pencemaran krom ke lingkungan adalah dari pembakaran batu bara dan minyak bumi. Krom termasuk logam berat yang mempunyai toksisitas yang tinggi. Keracunan akut disebabkan oleh ion krom (Cr³⁺ dan Cr⁶⁺) ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati.

Berdasarkan standar Departemen Kesehatan RI tahun 2010 No. 492/MENKES /Per/IV/2010 kadar maksimal krom pada air minum adalah 0,05 mg/L sedangkan menurut keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Tanggal 4 Juli 2007 No. 10 Tahun 2007 kadar maksimal krom pada air limbah adalah 1 mg/L.

Karbon aktif merupakan karbon yang tidak berbentuk yang diolah secara khusus untuk menghasilkan luas permukaan yang besar, yaitu antara 300-2000 m²/g. Arninda (2015) melakukan penelitian terhadap karbon aktif dari kulit pisang kepok, yang digunakan untuk mengadsorpsi ion Pb(II) dan ion Cr(III). Kapasitas adsorpsi ion Pb(II) adalah 13,5071 mg/g dan 8,0490 mg/g untuk ion Cr(III). Sulfikar (2015) juga melakukan penelitian terhadap kapasitas adsorpsi dari karbon aktif ijuk pohon aren terhadap ion Pb²⁺ dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 6,81 mg/g.

Di pasaran berbagai jenis karbon aktif komersial ditawarkan kepada konsumen, salah satunya karbon aktif komersial import. Menurut SNI 06-3730-1996 tahun 1995 kadar air maksimal 15%, kadar abu maksimal 10%, kadar zat menguap maksimal 25%, kadar karbon terikat minimal 65% dan daya serap terhadap iodin minimal 750 mg/g. Pada penelitian ini dipelajari sifat fisik dan kimia dari salah satu karbon aktif komersial yang disesuaikan dengan prosedur SNI. Selain itu karbon aktif komersial ini diaktivasi secara fisika pada suhu 600°C selama 2 jam dan selanjutnya dipelajari kemampuan adsorpsinya terhadap ion Pb(II) dan Cr(III).

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu; karbon aktif komersial, kalium iodida, iodium, aquades, natrium tiosulfat (Na₂S₂O₃), larutan kanji, H₃PO₄, HNO₃, KBr, aquades, biru metilen, CrCl₃.6H₂O dan Pb(NO₃)₂.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, oven, desikator, cawan, tanur, gelas beker, erlenmeyer, pipet volume, pipet tetes, batang pengaduk, labu ukur, pemanas, seperangkat alat titrasi, gelas ukur, filler, pompa hidrolik, tabung setrifugal, FTIR, spektrofotometer UV-Vis dan AAS.

Cara Kerja

Preparasi Sampel

Karbon aktif komersial digerus dengan mortar dan diayak dengan ayakan 250 µm dan tertahan pada 106 µm. Serbuk karbon yang tertahan pada 106 µm ini kemudian ditimbang untuk penelitian selanjutnya.

Aktivasi Fisika Karbon Aktif

Ditimbang sebanyak 10 gram karbon aktif komersial, kemudian dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 600°C dan dipanaskan selama 2 jam. Setelah itu karbon aktif komersial ini disimpan dan digunakan pada prosedur selanjutnya.

Penentuan Kadar Air

Pertama-tama ditimbang 5 gram karbon aktif komersial, kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 105 °C sampai beratnya konstan (±1 jam). Selanjutnya karbon aktif ini dimasukkan ke dalam desikator sampai beratnya konstan, kemudian ditentukan kadar air (KA) dalam persen (%).

Penentuan Kadar Zat Menguap

Cawan berisi karbon aktif yang kadar airnya sudah ditetapkan dimasukkan dalam tanur pada suhu 900°C selama 15 menit. Selanjutnya cawan dimasukkan dalam desikator sampai beratnya konstan dan ditimbang.

Penentuan Kadar Abu

Cawan yang sudah berisi karbon aktif yang kadar air dan kadar zat menguapnya sudah ditetapkan, lalu di letakkan dalam tanur, perlahan-lahan dipanaskan mulai dari suhu kamar sampai 800°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator sampai beratnya konstan kemudian ditimbang bobotnya.

Penetapan Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat adalah fraksi karbon yang terikat dalam ruangan selain fraksi air, zat menguap dan abu. Kadar karbon terikat diperoleh dari selisih persentase total dengan jumlah persentase kadar air, kadar zat menguap, dan kadar abu total dari karbon aktif.

Karakterisasi Karbon Aktif Dengan FTIR

Untuk mengkarakterisasi gugus fungsi karbon aktif komersial digunakan spektrofotometer infra merah dengan metode pellet KBr. Pertama sampel karbon aktif sebanyak 2 mg dicampur dengan 100 mg serbuk kering KBr dan ditumbuk hingga halus. Campuran tersebut kemudian dimampatkan dalam sebuah cetakan menggunakan pompa hidrolik sehingga membentuk pellet. Kemudian pellet ini dianalisis dengan spektrofotometer infra merah.

Daya Serap Karbon Aktif Terhadap Iodin

Sebanyak 0,5 gram karbon aktif yang belum dan sudah diaktivasi dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang tertutup. Kemudian dimasukkan 25 ml larutan iodin 0,125N dan diaduk selama 15menit dan disimpan selama 2 jam. Larutan ini disaring dan kemudian dipipet 10 ml lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Larutan ini dititrasasi dengan natrium tiosulfat sampai warna kuning pada larutan mulai samar. Setelah itu ditambahkan amilum 1% sebagai indikator dan larutan kemudian dititrasasi kembali hingga warna biru tua menjadi warna bening. Penentuan daya serap karbon aktif terhadap iodin dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dan dihitung volume natrium tiosulfat yang digunakan (ASTM D4607-94).

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Biru Metilen

sebanyak 10 ml larutan standar biru metilen 20 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang antara 400-700 nm pada spektrofotometri UV-Vis. Kemudian larutan standar biru metilen 0, 1, 2, 3, dan 4 ppm diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum. Selanjutnya dibuat kurva kalibrasi standar biru metilen.

Penentuan Luas Permukaan Karbon Aktif

Sebanyak 0,5 gram karbon aktif ditambahkan ke dalam 20 ml larutanbiru metilen 50 ppm, lalu diaduk dengan variasi waktu kontak 10, 20, 30,40,50, dan 60 menit. Larutan ini lalu disaring dengan kertas saring dan filtratnya dianalisis dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Absorbansi yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier biru metilen, sehingga diperoleh konsentrasi biru metilen dalam filtrat.

Penentuan Kurva Standar Pb(II) dan Cr(III)

Larutan standar Pb(II) dan Cr(III) dengan konsentrasi 0, 5, 10, dan 15 ppm diukur pada AAS dengan panjang gelombang 217,0 nm untuk Pb(II) dan 357,9 nm untuk Cr(III). Selanjutnya dibuat kurva kalibrasi yang merupakan plot antara intensitas dengan konsentrasi.

Penentuan Waktu SetimbangPb(II) dan Cr(III)

Sebanyak 25 ml larutan Pb(II) danCr(III) dengan konsentrasi 15 ppm dimasukkan ke

dalam labu erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 0,5 gram karbon yang belum diaktivasi dan yang teraktivasi ke dalam masing-masing larutan. Campuran dikocok menggunakan shaker dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Campuran lalu disaring dengan kertas saring biasa untuk memperoleh filtratnya. Setelah itu diukur absorbansinya dengan AAS untuk mengetahui banyaknya adsorbat yang tersisa dalam larutan.

Penentuan Kapasitas Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cr(III)

Sebanyak 25 ml larutan ion Pb(II) dan Cr(III) dengan konsentrasi 5, 10, 15, dan 20 ppm, ditambahkan 0,5 gram karbon aktif yang belum diaktivasi dan yang teraktivasi. Tiap-tiap campuran dikocok dengan shaker selama waktu setimbang, kemudian disaring dengan kertas saring biasa.Selanjutnya diukur absorbansinya dengan AAS sehingga kapasitas adsorpsi dan pola isoterm adsorpsinya dapat ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi karbon aktif komersial

Karakterisasi karbon aktif komersial ini dilakukan sesuai prosedur SNI 06 – 3730 – 1995 tentang persyaratankarbonaktifteknis. Beberapa parameter uji yang dianalisis meliputi kadar air, kadar zat menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat. Hasil dari penelitian yang diperoleh disajikan dalam Tabel 1.

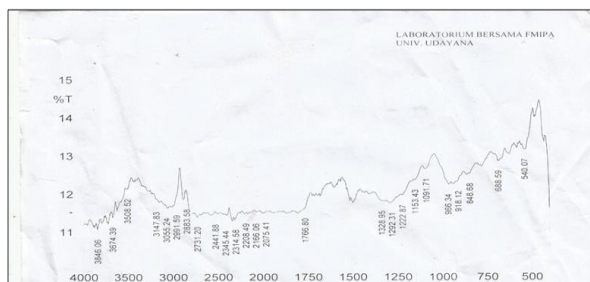
Secara keseluruhan karbon aktif ini telah memenuhi persyaratan kualitas karbon aktif, karena kadaraair, kadar zat menguap, kadaraabu total dan kadar karbon terikat seluruhnya sesuai dengan Standar Nasional Indonesia. Hal ini berarti secara teknis karbon aktif komersial yang dikarakterisasi telah memenuhi standar SNI.

Tabel 1 Parameter Fisikokimia Karbon Aktif Komersial

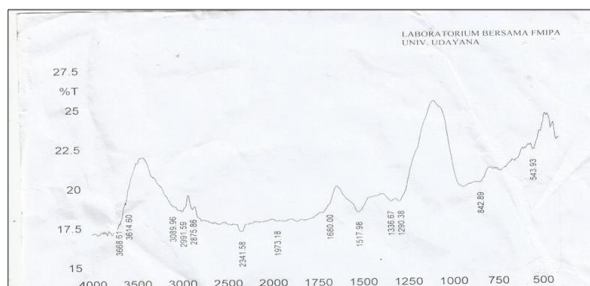
Parameter	Hasil
Kadar air	6,8 %
Kadar zat menguap	13,22%
Kadar abu total	1,9 %
Kadar karbon terikat	79,1%

Identifikasi Gugus Fungsi

Pada penelitian ini telah dilakukan karakterisasi karbon aktif komersial dan yang teraktivasi pada suhu 600°C selama 2 jam dengan Spektrofotometer FTIR. Berikut ini ditampilkan gambar spektra IR dari karbon yang tidak diaktivasi dan gambar spektra IR dari karbon yang teraktivasi.



Gambar 1 Spektra karbon aktif komersial tanpa aktivasi



Gambar 2 Spektra karbon aktif komersial dengan aktivasi fisika pada suhu 600°C

Hasil identifikasi dari karbon aktif komersial dan yang teraktivasi menunjukkan bahwa karbon aktif ini mengandung gugus aromatik, hidrokarbon serta gugus OH. Namun jika dilihat dari kedua spektra karbon aktif adanya aktivasi tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap gugus-gugus fungsi yang terkandung pada kedua karbon aktif. Gugus-gugus fungsi yang muncul pada spektra karbon aktif komersial dan yang teraktivasi sama, hanya saja bilangan gelombangnya berbeda. Aktivasi fisika menyebabkan terjadinya pergeseran lingkungan kimia karbon aktif. Gugus fungsi OH mengalami pergeseran bilangan gelombang dan semakin tajam setelah mengalami aktivasi. Sedangkan untuk pita serapan yang melebar pada karbon aktif sebelum teraktivasi diperkirakan karena masih banyaknya uap air pada karbon. Kandungan uap air yang banyak dapat mengurangi jumlah pori-

pori pada luas permukaan. Jadi, perbedaan tersebut diperkirakan bersesuaian dengan kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi lebih tinggi pada karbon aktif yang teraktivasi.

Pengaruh aktivasi fisika terhadap sifat karbon aktif komersial

Untuk mengetahui pengaruh aktivasi fisika ini digunakan parameter bilangan iodin, luas permukaan dan kapasitas adsorpsi karbon aktif terhadap kation Pb dan Cr. Dari perhitungan yang telah dilakukan diperoleh nilai bilangan iodin dan luas permukaan karbon aktif seperti pada Tabel 2 berikut.

Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa karbon aktif komersial yang teraktivasi fisika memiliki nilai bilangan iodin dan luas permukaan yang lebih besar daripada yang tidak diaktivasi fisika. Hal ini disebabkan aktivasi fisika dapat menghilangkan pengotor sehingga dapat memperluas bidang penyerapan karbon aktif, yang mengakibatkan jumlah pori-pori yang ada pada karbon aktif semakin banyak sehingga daya serapnya terhadap iodin dapat semakin meningkat.

Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif

Dalam menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif terlebih dahulu ditentukan pola isoterm adsorpsinya. Perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini digunakan pola isoterm adsorpsi *Langmuir* yang diperoleh dengan menghubungkan antara konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (C_e) serta konsentrasi adsorbat saat ke-setimbangan per banyaknya zat yang terserap per satuan berat adsorben. Penentuan Isoterm adsorpsi Freundlich dapat diperoleh dengan mem-plotkan antara $\ln(C_e)$ dan $\ln m$. Dari kurva isoterm adsorpsi diketahui nilai koefisien korelasi (R^2) pada karbon aktif komersial dengan pola isoterm adsorpsi *langmuir* adalah 0,991 untuk ion Pb (II) dan 0,962 untuk Cr (III). Selanjutnya untuk pola isoterm adsorpsi Freundlich adalah 0,165 untuk ion Pb (II) dan 0,031 untuk Cr (III). Pada karbon aktif teraktivasi nilai koefisien korelasi (R^2) pola isoterm adsorpsi langmuir sebesar 0,996 untuk ion Pb (II) dan 0,986 untuk Cr(III). Pada pola isoterm adsorpsi freundlich adalah 0,519 ion Pb (II) dan 0,135 untuk Cr (III).

Tabel 2 Nilai bilangan iodine dan luas permukaan karbon aktif

Karbon Aktif	Bilangan iodin (mg/g)	Luas permukaan (m ² /g)
Komersial	774,2159	8,9400
Teraktivasi	864,7238	9,2511

Persamaan regresi linier pada kurva isoterm *langmuir* dapat dihitung kapasitas adsorpsi dari karbon aktif komersial. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi karbon aktif seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Kapasitas adsorpsi karbon aktif

Karbon aktif	Kation	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	Energi adsorpsi (kJ/mol)
Karbon aktif komersial	Pb (II)	0,3438	3,6391
	Cr (III)	0,1861	0,2748
Karbon aktif komersial teraktivasi	Pb (II)	0,6775	4,4893
	Cr (III)	0,3033	2,2393

Kapasitas adsorpsi terbesar pada penelitian ini terdapat pada karbon aktif yang diaktivasi fisika dalam penyerapan ion Pb(II). Sedangkan untuk penyerapan ion Cr(III) lebih kecil di-bandingkan dengan ion Pb(II). Pada proses adsorpsi ion Pb(II) mempunyai jari-jari yang lebih besar, yang dapat membentuk molekul hidrasi yang lebih kecil sehingga dapat mengisi semua jenis pori yang terdapat pada karbon aktif baik berukuran mikropori, mesopori maupun makro-pori. Ukuran molekul hidrasi Cr(III) lebih besar karena memiliki jari-jari ion yang lebih kecil, sehingga Cr(III) kemungkinan hanya bisa mengisi pori yang berukuran mesopori dan makropori saja, sedangkan mikropori tidak bisa dimasuki oleh Cr(III) sehingga jumlah ion yang teradsorpsi berkurang (Atandawu, 2013).

Energi adsorpsi yang diperoleh dari rumus $E_a = R.T.\ln k$, nilainya kurang dari 20 kJ/mol sehingga adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini adalah adsorpsi fisik. Ini sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Adamson (1990) dimana adsorpsi fisika energi adsorpsinya <20 kJ/mol, sedangkan adsorpsi

kimia energi adsorpsinya lebih tinggi (>20 kJ/mol).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Karbon aktif komersial sudah memenuhi standar SNI 06 – 3730 – 1995 tentang kualitas karbon aktif teknis. Dimana kadar air sebesar 6,8 %, kadar zat menguap sebesar 13,22%, kadar abu sebesar 1,9 % dan kadar karbon terikat sebesar 79,1%.
2. Aktivasi fisika dengan pemanasan pada suhu 600⁰C selama 2 jam menyebabkan nilai bilangan iodin karbon aktif komersial yang awalnya sebesar 774,2159 mg/g naik menjadi 864,7238 mg/g. Luas permukaan karbon aktif komersial dari 8,9400 naik menjadi 9,2511 m²/g.
3. Kapasitas adsorpsi karbon aktif komersial terhadap ion Pb(II) dan Cr(III) sebesar 0,3438 mg/g dan 0,1861 mg/g sedangkan karbon aktif komersial teraktivasi sebesar 0,6775 mg/g dan 0,3033 mg/g.

Saran

1. Perlu dikaji lagi aktivitas dari karbon aktif komersial ini pada suhu yang lebih tinggi atau perpaduan aktivasi fisika dan kimia.
2. Perlu dikaji kemampuannya dalam menyerap zat warna

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Unud atas bantuan dana yang diberikan melalui hibah penelitian unggulan perguruan tinggi tahun ajaran 2016 dengan kontrak nomor : 641-22/UN14.2/PNL.01.03.00/2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W., 1990, *Physical Chemistry on Surface*, 4th Ed, Jhon Willey & Sons, New York.
- Arninda, A., 2015, Adsorpsi Ion Logam Pb(II) dan Cr(III) dengan Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiacal Linn*), *Tesis*, Program Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makasar.

- Hutagalung, H.P., 1989, *Mercury and Cadmium Content in Green Mussels, Mytilus Visidis L from Onrust Water*, Jakarta Bay, Jakarta.
- Marganof, 2003, Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium, Tembaga) di Perairan, *Tesis*, Pengantar Ke Falsafah Sains Program Pascasarjana S3 IPB, Bogor
- Muhammad, M. dan Achmad, S., 1990, *Aplikasi Analisis Spektrofotometer UV-Vis*, Mecphiso Grafika, Surabaya.
- Palar. H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Sulfikar, J., dan Ramlawati, 2015, Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) terhadap Pb^{2+} , *Jurnal Sainsmat*, 4(1): 57-56
- Suligundi, B.T., 2013, Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Karet Dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Yang 39 Dilanjutkan Dengan Reaktor Activated Carbon, *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 13(1): 14-20
- Syarief, 2010, Pengaruh Konsentrasi Adsorbat, Temperatur, dan Tegangan Permukaan pada Proses Adsorpsi Gliserol oleh Alumina, *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Triyana, M., dan Sarma, T., 2003, Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya), *Skripsi*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.