



KAJIAN PENGGUNAAN ARANG AKTIF TONGKOL JAGUNG SEBAGAI ADSORBEN LOGAM PB DENGAN BEBERAPA AKTIVATOR ASAM

Herlin Alfiany¹, Syaiful Bahri², Nurakhirawati³

²Lab. Penelitian Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

³Lab. Kimia Fisik Jurusan Kimia Fakultas MIPA, Universitas Tadulako

ABSTRACT

Research on the activated charcoal, by some acid activators, as an Pb adsorbent has been done. Corncobs as agricultural waste having a huge potential as a material in activated charcoal. It because of easily to be obtained, but also it is containing high levels of elemental carbon (43.42 %) and hydrogen (6.32 %) which calorific value ranging between 14.7 - 18.9 MJ/kg. This study aimed to determine the effect of acid activation on waste corncobs and the level of lead (II) absorption. Corncob charcoal were activated by soaked for 24 hours in nitric acid and hydrochloric acid. The results showed that the absorption of iodine on activated charcoal by hydrochloric acid (HCl) was 773.85 mg/g, by sulfuric acid (H₂SO₄) was 665.76 mg/g and by nitric acid (HNO₃) was 637.82 mg/g. Charcoal of 14 g had the best absorption (0.508 ppm) compare to other treatments. The best absorption capacity (23.80 %) was found in 12 grams of charcoal.

Keywords: *Corn Cob, activated charcoal, lead, adsorption capacity.*

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang kajian penggunaan arang aktif tongkol jagung sebagai adsorben logam Pb dengan beberapa aktivator asam. Tongkol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang sangat potensial dimanfaatkan untuk dijadikan arang aktif, karena selain bahan ini mudah didapat dengan jumlah yang berlimpah juga mengandung kadar unsur karbon 43,42% dan hidrogen 6,32% dengan nilai kalornya berkisar antara 14,7 - 18,9 MJ/kg. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aktivasi asam dan variasi banyaknya arang tongkol jagung terhadap adsorpsi timbal (II) oleh limbah tongkol jagung. Aktivasi arang tongkol jagung menggunakan asam sulfat, asam nitrat dan asam klorida dengan waktu perendaman 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya serap iod pada arang aktif tongkol jagung yang diaktivasi asam klorida (HCl) sebesar 773,85 mg/g, asam sulfat (H₂SO₄) sebesar 665,76 mg/g dan asam nitrat (HNO₃) sebesar 637,82 mg/g. Jumlah arang dengan serapan terbaik adalah 14 gram dan ion terserap 0,508 ppm. Kapasitas adsorpsi yang terbaik pada berat 12 gram sebesar 23,80 %.

Kata kunci : *Tongkol Jagung, arang aktif, timbal, kapasitas adsorpsi.*

I. LATAR BELAKANG

Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap). Daya serapnya ditentukan oleh seberapa luas permukaan partikelnya dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika arang tersebut diaktivasi dengan bahan – bahan kimia seperti HCl, HNO₃, dan lain – lain ataupun dengan cara pemanasan pada suhu 500 – 900°C. Arang yang diaktifkan akan mengalami perubahan sifat – sifat fisika dan kimia (Muallifah *dalam* Muthmainnah, 2012).

Arang aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon, baik bahan organik maupun anorganik. Beberapa bahan baku yang dapat digunakan antara lain : kayu, tempurung kelapa, limbah batu bara, limbah pengolahan kayu dan limbah pertanian seperti kulit buah kopi, kulit buah coklat, sekam padi, jerami, tongkol dan pelepah jagung (Asano dkk. 1999 dalam Rumidatul, 2006).

Tongkol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang sangat potensial dimanfaatkan untuk dijadikan arang aktif, karena limbah tersebut sangat banyak dan terbuang percuma. Limbah ini dapat ditingkatkan nilai ekonominya bila diolah, juga dapat mengurangi potensi pencemaran

lingkungan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Sulawesi Tengah, produksi jagung tahun 2010 diperkirakan sebesar 171.179 ton pipilan kering, dan dalam bobot tongkol jagung terdiri dari kurang lebih 30% buah jagung. Selama ini masyarakat cenderung memanfaatkan limbah tongkol jagung hanya sebagai bahan pakan ternak, bahan bakar atau terbuang percuma. Untuk menghindari hal ini perlu adanya pemanfaatan limbah tongkol jagung tersebut, salah satunya yaitu sebagai bahan baku arang aktif (Huda dalam Muthmainnah, 2012).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan modifikasi tongkol jagung sebagai adsorben logam berat timbal, tetapi belum ada penelitian yang memanfaatkan arang aktif limbah tongkol jagung dengan beberapa aktivator seperti asam sulfat, asam nitrat dan asam klorida sebagai adsorben logam berat seperti timbal. Berdasarkan uraian tersebut, maka dalam penelitian ini memanfaatkan tongkol jagung sebagai adsorben dengan menggunakan aktivator asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄) dan asam nitrat (HNO₃) untuk menurunkan konsentrasi ion timbal.

II. BAHAN DAN METODE

2.1 BAHAN

Bahan dasar yang digunakan yaitu tongkol jagung pulut (*Zea mays ceritina Kulesh*). Bahan kimia yang digunakan untuk analisis mencakup HCl 4 N, H₂SO₄ 4 N, HNO₃ 4 N, Pb(NO₃)₂, Na₂S₂O₃ 0,1 N, I₂ 0,1 N, aquadest, indikator amilum 1 %, aluminium foil dan kertas saring, kertas pH.

Peralatan yang digunakan yaitu: Oven analitik, ayakan 60 mesh, tanur, neraca analitik, desikator, buret 25 ml, spektrofotometri serapan atom (SSA), dan alat-alat gelas yang umum digunakan dalam Laboratorium kimia.

2.2 METODE

Persiapan Tongkol Jagung

Tongkol jagung yang telah diambil terlebih dahulu dicuci untuk menghilangkan pengotor yang mungkin melekat pada tongkol jagung hingga benar-benar bersih. Tongkol jagung yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan. Setelah itu dipanaskan dalam tanur dengan suhu 400 °C selama 1 jam untuk memperoleh arang. Arang yang diperoleh kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk. Setelah berbentuk serbuk selanjutnya diayak dengan ayakan 60 mesh.

Aktivasi arang dengan asam

Sebanyak 50 gr arang (lolos ayakan 60 mesh) direndam dalam reagen aktivator asam selama 24 jam, dimana asam yang digunakan adalah H₂SO₄ 4 N, HNO₃ 4 N dan HCl 4 N. Selanjutnya saring dan cuci dengan aquades. Arang yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 3 jam, selanjutnya didinginkan dalam desikator.

Penentuan bilangan iod (SNI 1995)

Sebanyak 0,5 gr arang yang telah teraktivasi, dipindahkan ke dalam wadah yang berwarna gelap dan tertutup. Ke dalam wadah dimasukkan 50 ml larutan iodium 0,1 N kemudian dikocok selama 15 menit lalu disaring. Filtrat di pipet sebanyak 10 ml ke dalam erlenmeyer kemudian dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N. Jika warna kuning larutan hampir hilang, ditambahkan indikator pati 1 %. Titrasi dilanjutkan sampai mendapatkan titik akhir (warna biru tepat hilang).

Pembuatan larutan induk Pb 100 ppm

Ditimbang sebanyak 0,1598 gram Pb(NO₃)₂ dan dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml dan diimpitkan dengan aquadest hingga tanda batas.

Pembuatan deret larutan standar

Larutan induk 100 ppm dipipet ke dalam labu ukur 50 ml masing-masing 2,5, 5, 7,5,10 dan 12,5 ml untuk pembuatan larutan standar 5, 10,15, 20 dan 25 ppm.

Penentuan berat adsorben terhadap adsorpsi

Dalam erlenmeyer dimasukkan masing-masing arang yang telah di aktivasi dengan variasi 6 g, 8 g, 10 g, 12 g dan 14g, ditambahkan dengan 200 ml larutan Pb(II) dengan kosentrasi 100 ppm dishaker selama 300 menit. Campuran kemudian disaring dan dianalisis filtratnya dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Persiapan tongkol jagung

Pada penelitian ini, tongkol jagung yang akan di jadikan arang terlebih dahulu dibersihkan dengan air mengalir. Pembersihan bertujuan untuk mengurangi kotoran yang melekat pada tongkol jagung. Selanjutnya tongkol jagung tersebut dimasukkan ke dalam tanur untuk dijadikan arang. Setelah terbentuk menjadi arang atau karbon, kemudian dihaluskan dan diayak dengan 60 mesh. Pengayakan ini dimaksudkan agar arang lebih berukuran homogen dan memiliki permukaan yang lebih luas.

Penghalusan melalui pengayakan ini akan memperkecil ukuran partikel arang. Ukuran partikel ini akan mempengaruhi luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran partikel arang / karbon akan memperbesar luas permukaan karbon yang dapat melakukan kontak sewaktu proses aktivasi sehingga lebih banyak karbon yang teraktivasi dan semakin banyak pori-pori yang terbentuk pada setiap partikel karbon.

Banyaknya pori-pori yang terbentuk, luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan akan semakin meningkat. Dalam pembuatan arang aktif umumnya berlangsung tiga tahap yaitu proses dehidrasi adalah proses untuk menghilangkan kadar H₂O (air) dimana bahan baku dipanaskan hingga mencapai temperatur 170 °C, proses karbonasi adalah pemecahan bahan-bahan organik menjadi panas kering (steaming) dan asam sebagai aktivator.

Penelitian ini menggunakan dua tahap yaitu karbonasi dan aktivasi karena pada proses dehidrasi dilakukan bersamaan dengan proses karbonasi karbon dan proses aktivasi adalah dekomposisi dan perluasan pori-pori, dapat dilakukan dengan uap.

3.2 Proses aktivasi arang tongkol jagung

Proses aktivasi tongkol jagung dilakukan dengan metode kimia (Prasetyo, dkk). Metode ini berfungsi untuk

mendegradasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan serta melindungi permukaan karbon.

Untuk proses aktivasi kimia ini digunakan 3 macam asam yaitu HCl 4 N, H₂SO₄ 4 N, dan HNO₃ 4 N. Menurut Aswin (2011) bahwa asam-asam ini akan lebih mudah melarutkan zat-zat pengotor yang bersifat basa sehingga akan membentuk garam-garam mineral anorganik selain itu juga akan memberikan efek sinergis yang berfungsi sebagai aktivator.

Pada saat perendaman arang tongkol jagung dengan larutan HCl 4 N, H₂SO₄ 4 N, dan HNO₃ 4 N selama 24 jam, dapat melarutkan tar dan mineral anorganik. Hilangnya zat tersebut dari permukaan arang aktif akan menyebabkan pori-pori arang aktif akan menjadi terbuka lebih besar dari sebelumnya. Besarnya pori arang aktif berakibat meningkatnya luas permukaan arang aktif. Hal ini akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari arang aktif.

Arang yang telah teraktivasi selanjutnya dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan sisa HCl, H₂SO₄, dan HNO₃ yang masih terdapat dalam karbon

aktif. Pencucian dengan aquadest ini dilakukan dengan berkali-kali sampai pH netral yang diuji dengan menggunakan kertas pH. Arang aktif tersebut selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 110 °C selama 3 jam. Karbon aktif yang didapatkan kemudian disimpan di dalam desikator untuk menjaga agar karbon aktif tetap dalam kondisi kering.

3.3 Penentuan daya serap terhadap iodium

Berdasarkan standar kualitas arang aktif menurut SNI penetapan daya serap arang aktif terhadap iodium merupakan persyaratan umum untuk menilai kualitas arang aktif yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif untuk menyerap zat dengan ukuran molekul yang lebih kecil. Semakin besar angka iod yang dihasilkan maka semakin besar kemampuan dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Salah satu cara dalam menganalisis daya serap arang aktif terhadap iod adalah dengan cara metode titrasi iodometri.

Pada penentuan daya serap iodium ini arang aktif diambil sebanyak 0,5 gr dan kemudian ditambahkan dengan larutan iodin 0,1 N yang berfungsi sebagai adsorbatnya, Iodium akan di serap oleh arang aktif sebagai adsorbennya. Terserapnya larutan iodin ditunjukkan dengan adanya pengurangan konsentrasi

larutan iodin. Untuk mengetahui seberapa banyak iodium terserap, maka dilakukan pengujian terhadap iodium sisa dan dapat dilakukan dengan cara menitrasi larutan iod dengan menggunakan larutan natrium tiosulfat 0,1 N dan indikator yang digunakan adalah amilum karena warna biru gelap dari kompleks iodin amilum bertindak sebagai suatu tes yang amat sensitif untuk iodin. Filtrat yang sudah ditambahkan dengan larutan iod dititrasi dengan menggunakan natrium tiosulfat sampai titik akhir terjadi bila mana warna dari iod hilang. Terbentuknya warna biru setelah penambahan amilum, dikarenakan struktur molekul amilum yang berbentuk spiral, sehingga akan mengikat molekul iodin maka terbentuklah warna biru (Winarno, 2002 dalam Mu'jizah, 2010). Hasil analisis bilangan iodium ini seperti terlihat pada Tabel 1.

No	Aktivator	Pengulangan (mg/g)			Rata-rata (mg/g)
		1	2	3	
1	H ₂ SO ₄	661,53	664,70	671,05	665,76
2	HNO ₃	636,15	641,17	636,15	637,82
3	HCl	783,74	796,43	741,39	773,85

Tabel 1. Bilangan iod arang aktif tongkol jagung

Berdasarkan data diatas terlihat bahwa daya serap iodium yang tertinggi dihasilkan oleh arang yang teraktivasi dengan asam klorida yaitu 773,85 mg/g dan daya serap terendah dihasilkan oleh arang yang teraktivasi dengan asam H₂SO₄ yaitu 665,76 mg/g dan HNO₃ yaitu 637,82 mg/g.

Menurut Pari dkk. (2010) tinggi rendahnya daya serap arang aktif terhadap iodium ini menunjukkan banyaknya diameter pori arang aktif yang berukuran 10 Angstrom dan permukaan arang aktifnya lebih bermuatan positif sehingga akan lebih menjerap senyawa yang bermuatan negatif.

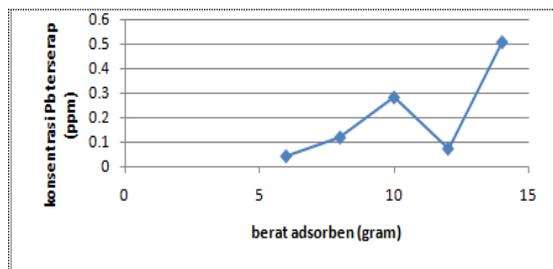
Arang aktif yang diaktivasi dengan asam klorida (HCl) memiliki daya serap iodium lebih tinggi karena aktivator asam klorida (HCl) dengan mineral-mineral yang ada akan membentuk senyawa yang menghasilkan garam. Menurut (Kusuma dan Utomo, 1970 dalam Mu'jizah, 2010) garam tersebut dapat berfungsi sebagai *dehydrating agent* dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi sehingga angka iodin juga cenderung bertambah besar dan penambahan bahan-bahan mineral akan melindungi permukaan karbon aktif . Semakin besar jumlah HCl semakin tinggi larutan mineral yang terlarut yang berada pada pori – pori. Meningkatnya ukuran pori maka kemampuan untuk adsorpsi semakin besar.

Menurut Budiono dkk. (2006), pada aktivator H₂SO₄ dan HNO₃ diperoleh kecilnya daya adsorpsi terhadap iod disebabkan karena rusaknya dinding struktur dari arang tersebut. Hal tersebut akan berakibat pada daya adsorpsi terhadap iod semakin kecil.

3.4 Penentuan pengaruh berat optimum arang aktif

Setelah mengetahui daya serap iod yang paling tinggi dan mendekati nilai Standar Nasional Indonesia (SNI) maka aktivator yang digunakan untuk penentuan berat arang aktif tongkol jagung adalah aktivator HCl.

Pengaruh berat arang aktif pada penelitian ini ditentukan dengan berbagai variasi berat yaitu 6 g, 8 g, 10 g, 12 g, dan 14 g, larutan yang digunakan adalah larutan Pb(II) dengan konsentrasi 100 ppm. Pengukuran yang dilakukan terhadap logam Pb tersebut seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara berat adsorben terhadap konsentrasi Pb yang terserap

Berdasarkan data pada gambar 1 hasil penelitian ini, berat adsorben 14 g memiliki nilai aktifitas adsorpsi yang tinggi, yaitu 0,508 ppm, hal ini disebabkan karena semakin banyak arang aktif yang digunakan, maka nilai adsorpsinya terhadap ion logam semakin tinggi dan sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan arang aktif.

Selanjutnya pada penambahan berat 12 mg relatif menurun logam yang terserap,

walaupun terlalu berbeda jauh seperti tampak pada nilai serapannya sebesar 0,072 ppm. Menurut Djufri hal ini berarti bahwa permukaan adsorben telah berada dalam keadaan jenuh oleh ion-ion logam dimana pusat aktif telah jenuh dengan ion-ion logam maka peningkatan berat adsorben relatif tidak meningkatkan penyerapan ion logam oleh adsorben.

Dari hasil analisis data berat optimum dengan menggunakan statistika uji anova menghasilkan nilai t hitung sebesar 3,705 dan pada nilai p-value sebesar 0,092. Hasil dari analisis ini menyimpulkan bahwa variasi berat berpengaruh tidak nyata terhadap daya serap arang tongkol jagung yang mengindikasikan tidak terjadinya interaksi yang bermakna.

Selanjutnya hasil analisis dengan menggunakan uji Duncan jika tiap kelompok berada dalam kolom subset yang sama atau berbeda maka ada perbedaan tiap kelompok yang dilihat dari nilai harmonik mean. Pada hasil ini massa adsorben diperoleh bahwa massa adsorben maksimum pada 14 gram, akan tetapi pada perhitungan statistik berpengaruh nyata pada taraf 0,05% hal ini karena dari pada berat 10 gram dan 14 gram masuk dalam kolom subset 2 yang mengindikasikan adanya interaksi bermakna antara masing-masing berat.

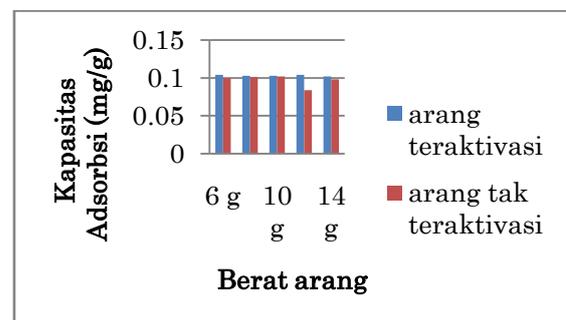
3.5 Penentuan Kapasitas adsorpsi serbuk arang tongkol jagung (mg/g)

Hasil perhitungan pada variasi berat arang teraktivasi dan tak teraktivasi lebih besar pada variasi berat arang teraktivasi dibandingkan pada arang tak teraktivasi. Hal ini karena memiliki daya serap iod yang lebih baik dan permukaannya Variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi arang aktif dalam mengadsorpsi ion logam. Kapasitas adsorpsi dinyatakan dalam mg/g. Kapasitas adsorpsi dapat diartikan bahwa jumlah logam (mg) yang dapat dijerap oleh tiap satu gram penjerap (gram arang aktif). Perbandingan pengaruh relatif bebas dari lapisan hidrokarbon. Kapasitas adsorpsi ini juga lebih besar karena diakibatkan oleh berkurangnya zat-zat yang dapat menghalangi kontak antara gugus aktif pada selulosa serta hemiselulosa. Di samping itu adanya pengotor lain yang ada pada pori-pori serbuk arang tongkol menyebabkan adsorpsi ion Pb^{2+} oleh serbuk tongkol berlangsung tidak maksimal. Hal ini karena pada permukaannya masih tertutup oleh tar, lapisan hidrokarbon yang menghalangi keaktifannya.

Hasil dari kapasitas adsorpsi antara variasi berat arang aktif teraktivasi dengan arang tak teraktivasi menunjukkan bahwa pada berat 12 gr terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi sebesar 0,02 mg/g (23,80%).

Penelitian yang dilakukan oleh Sulistyawati (2008) memperlihatkan bahwa tongkol jagung yang mengandung selulosa berpotensi sebagai adsorben logam Pb. Kapasitas adsorpsi Pb(II) oleh adsorben modifikasi asam nitrat adalah 2,27460 mg/g adsorben dan adsorben tanpa modifikasi, yaitu 1,36211 mg/g adsorben. Arang aktif yang digunakan sebagai pembanding memiliki kapasitas adsorpsi Pb(II) sebesar 2,90807 mg/g. Hasil ini membuktikan bahwa aktivator asam pada adsorben dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi.

Kapasitas adsorpsi serbuk arang tongkol jagung terhadap larutan ion logam Pb menghasilkan penyerapan yang sangat baik, akan tetapi kapasitas adsorpsi antara arang teraktivasi dan tidak teraktivasi tidak berbeda jauh, hal ini digunakan pada saat perendaman arang dengan aktivator tidak begitu efisien.



Gambar 2 : Kapasitas adsorpsi serbuk arang tongkol

Hasil uji T-Test Pair menunjukkan bahwa arang teraktivasi dan tak teraktivasi diperoleh nilai probabilitas

sebesar 0,024 dengan t hitung untuk kapasitas arang mempunyai korelasi -0,229. Nilai probabilitas tersebut lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$) berarti secara statistik tidak ada perbedaan yang nyata antara arang teraktivasi dengan tak teraktivasi. Dimana H_0 arang aktivasi tidak berbeda nyata dengan arang yang tak teraktivasi. Hasil ini juga menyimpulkan bahwa H_0 ditolak karena pada probabilitas kurang dari t hitung.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Aktivasi arang tongkol jagung terbaik adalah menggunakan HCl, dimana daya adsorpsinya terhadap iodin 773,85 mg/g sedangkan HNO_3 637,82 mg/g dan H_2SO_4 665,76 mg/g.
2. Jumlah arang aktif tongkol jagung tertinggi untuk menyerap Pb (II) adalah dengan berat 14 gram yaitu sebesar 0,508 ppm.

V. DAFTAR PUSTAKA

Aswin, 2011. *Preparasi dan karakterisasi karbon aktif dari kulit kacang mete (Anacardium occidentale) serta uji aktivitas adsorpsi menggunakan methylene blue.* Ilmu kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas

Gadjah Mada. Yogyakarta. (<http://lib.uin-yogyakarta.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps>) diakses 5 september 2012

Baon, L, L., 2003. *Laporan Praktikum Dasar - Dasar Genetika Segregasi Padi Tanaman Jagung* (<http://id.scribd.com/doc/55847613/Segregasi-Pada-Tanaman-Jagung> diakses 19 September 2012)

Boybul, Haryati, I., 2009. *Analisis unsur pengotor Fe, Cr, dan Ni dalam larutan uranil nitrat menggunakan spektrofotometer serapan atom,* (<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/G09ams.pdf> diakses 5 September 2012)

Budiono, A, Suhartana, Gunawan. 2006. *Pengaruh aktivasi arang tempurung kelapa dengan asam sulfat dan asam fosfat untuk adsorpsi fenol.* Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Kimia Analitik. Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro. (<http://lib.uin-Diponegoro.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 5 september 2012)

Djufri, H. 2009. *Variasi waktu kontak dan berat adsorben pada penentuan kapasitas adsorpsi Cr (VI) menggunakan ampas tahu.* Program Studi Pendidikan Kimia. Jurusan Pendidikan MIPA. Fakultas

- FKIP. Universitas Tadulako. Palu.
- Endrawati, N, M., 2006. *Penyerapan timbal menggunakan biji buah tanaman kelor dalam system terimobilisasi*, Program Studi Pendidikan Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia. Fakultas FKIP. Universitas Tadulako. Palu.
- Febriani, Y,S. Ruswandi, M. Rachmady, dan D. Ruswandi 2008. *Keragaman Galur-Galur Murni Elite Baru Jagung Unpad Di Jatinangor-Indonesia* (<http://lib.uin-jatinangor.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 14 september 2013)
- Gandhi, A. 2010. *Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung*. SMK Negeri 7 Semarang. (<http://lib.uin-semarang.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 14 september 2013)
- Herlina, 2003. *Pemanfaatan limbah tahu sebagai adsorben timbal (II) dari larutannya*, Program Studi Pendidikan Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia. Fakultas FKIP. Universitas Tadulako. Palu.
- Kemala T, Sjahriza A, Puspitasari D P. 2010. *Adsorpsi karbon aktif termodifikasi-zink klorida terhadap surfaktan anionic pada berbagai pH*. (<http://lib.uin-malang.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 5 september 2012)
- Lubis K. 2008. *Transformasi mikropori ke mesopori cangkang kelapa sawit terhadap nilai kalor bakar briket arang cangkang kelapa sawit*. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/5844/3/08E00468.pdf.txt> diakses 19 september 2013)
- Muthmainnah. 2012. *Pembuatan arang aktif tongkol jagung dan aplikasinya pada pengolahan minyak jelantah*, Program Studi Pendidikan Kimia. Jurusan Pendidikan Kimia. Fakultas FKIP. Universitas Tadulako. Palu.
- Mu'jizah S. 2010. *Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari biji kelor dengan NaCl sebagai bahan pengaktif*, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. (<http://lib.uin-malang.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 5 september 2012)
- Pari G, Widayati D T dan Yoshida M. 2010. *Mutu arang aktif dari serbuk gergaji kayu*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. (<http://lib.uin-medan.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 13 september 2012)

- Prasetyo A, Yudi A, Astuti R N. 2011. *Adsorpsi metilen blue pada karbon aktif dari ban bekas dengan variasi konsentrasi NaCl pada suhu pengaktifan 600 ° C dan 650 ° C.* (<http://lib.uin-malang.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 5 september 2012)
- R. Murni, Suparjo, Akmal, dan BL. Ginting 2008. *Pemanfaatan limbah sebagai bahan pakan ternak.* Buku ajar teknologi pemanfaatan limbah untuk pakan.Laboratorium makanan ternak fakultas peternakan universitas jambi. (<http://lib.uin-jambi.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 14 september 2013)
- Rumidatul A. 2006. *Efektivitas arang aktif sebagai adsorben pada pengolahan air limbah.* Sekolah Pascasarjana Institute Pertanian. Bogor. (<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/G09ams.pdf> diakses 5 September 2012)
- Sahan Y, Rahma S dan Agustin D. 2006. *Konversi Tongkol Jagung Menjadi Bio-Oil dengan Katalis Zeolit Alam.* Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Riau (<http://lib.uin-riau.ac.id/thesis/fullchapter/yusni.ps> diakses 14 september 2013)
- Setyadi J H, Rahardjo T, Suparwi 2013. *Kecernaan bahan kering dan bahan organik tongkol jagung (Zea mays) yang difermentasi dengan Aspergillus niger secara in vitro.* Fakultas Peternakan Universitas Jendral Soedirman. Purwokerto.Banyumas (<http://lib.uin-banyumas.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 14 september 2013)
- Suhendra D dan Gunawan E R 2010. *Pembuatan arang aktif dari batang jagung menggunakan aktivator asam sulfat dan penggunaannya pada penjerapan ion tembaga (II).* (<http://lib.uin-mataram.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 5 september 2012)
- Sulistiyawati S. 2008. *Modifikasi tongkol jagung sebagai adsorben logam berat Pb(II).* (<http://lib.uin-bogor.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps> diakses 5 september 2012)
- Suryani A M. 2009. *Pemanfaatan Tongkol Jagung Untuk Pembuatan Arang Aktif Sebagai Adsorben Pemurnian Minyak Goreng Bekas* (<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/G09ams.pdf> diakses 5 September 2012)
- Trijayanti R. 2010. *Pengaruh timbal (Pb) pada udara jalan tol terhadap gambaran mikroskopis hepar dan kadar timbal (Pb) dalam darah mencit balb/c jantan,* (<http://lib.uin>

[malang.ac.id/thesis/fullchapter/
siti-mujizah.ps](http://malang.ac.id/thesis/fullchapter/siti-mujizah.ps) diakses 5
september 2012)