

## **PEMBUATAN ARANG AKTIF DARI BATOK BIJI KLUWAK SEBAGAI ADSORBEN AIR SUMUR YANG TERCEMAR**

Sitti Fatimah, Iswadi, dan Muh. Said L  
Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar  
Email: massarasaima3@gmail.com, wadi.phys.uin@gmail.com,  
muhammadsaidlanto83@gmail.com

**Abstract:** This research aims to determine the mineral content of activated charcoal made from kluwak seed shell, the quality of activated charcoal made from kluwak seed shell, and the absorption capacity of kluwak seed shell charcoal as adsorbent of polluted well water after testing. From the results of XRF analysis, it can be seen that there are still several types of impurities in activated carbon shells of kluwak seeds. It can be said that the activated carbon obtained is not yet fully pure activated carbon because pure activated carbon only contains 100% carbon. Where the quality of activated charcoal made from kluwak seed shells meets the requirements of SNI-06-3730-1995 in terms of water content and ash content. And the absorption capacity of Kluwak sage shell charcoal as an adsorbent of contaminated well water after testing, namely the gravel, activated carbon, and silica sand have met the clean water eligibility standards when viewed from turbidity and color while in the gravel filter layer, silica sand, carbon and in the silica sand filter, activated carbon, gravel have not met the eligibility requirements for clean water because of the high turbidity and the solid color.

**Keywords:** activated carbon kluwak seeds, adsorbents, polluted well water

### **1. PENDAHULUAN**

Pencemaran air merupakan salah satu masalah serius di dunia ini. Perkembangan industri dan penggunaan senyawa organik memberikan dampak negatif yaitu tercemarnya sumber daya air permukaan maupun sumber daya air tanah. Pencemaran organik yang merupakan senyawa biodegradebel dan non-biodegradebel mempunyai sifat racun. Pencemar organik dari limbah industri adalah fenol, zat warna tekstil, pestisida dan senyawa organik lain yang telah ada dalam air akibat proses alami, misalnya asam humus didaerah rawa (Sumarno, 1999).

Air tanah yang tercemar menyebabkan air berwarna kuning kecoklatan, bercak-bercak pada pakaian, serta mengganggu kesehatan. Jika mengomsumsi air minum yang mengandung kandungan mangan, magnesium dan kalsium secara terus-menerus dimungkinkan adanya akumulasi logam dalam tubuh. Oleh karena itu untuk menghindari dampak negatif yang tidak diinginkan maka dilakukan suatu tehnik pengolahan air (Rahayu, 2004). Teknik pengolahan air ini dapat di lakukan beberapa metode. Menurut Partel dan Suresh (2008) metode yang tepat untuk mengurangi pencemaran lingkungan adalah metode absorpsi,

metode ini melebihi kelebihan dari metode lain karena prosesnya yang sederhana.

Proses adsorpsi merupakan salah satu teknik pengolahan limbah yang diharapkan dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam atau senyawa organik berlebihan. Salah satu adsorben yang sering digunakan adalah karbon aktif. Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95 % karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan suhu tinggi. Karbon aktif merupakan bahan adsorpsi dengan permukaan lapisan yang luas dengan berbentuk butiran atau serbuk (Syauqiah, 2011). Namun, karbon aktif yang tersedia secara komersial sangat mahal, sehingga telah dilakukan beberapa upaya pembuatan arang aktif yang harganya lebih murah namun biasa dijadikan sebagai pembanding dengan karbon aktif komersial dalam daya serap adsorbansinya. Karbon aktif dapat dibuat dari limbah pertanian atau senyawa yang mengandung karbon.

Beberapa limbah pertanian yang dapat dijadikan sebagai adsorben antara lain dari tempurung kelapa (Pembayun dkk, 2013), tempurung kenari (Halla dkk, 2010), serbuk gergaji campuran (Hendra, 2006), tandan kosong kelapa sawit (Purwanto, 2001) dan limbah kayu jati (Sudarja dan Cokro, 2012). Diantara limbah pertanian di atas salah satu limbah pertanian yang berpotensi untuk menghasilkan karbon aktif adalah cangkang biji kluwak. Tempurung biji kluwak biasanya hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar rumah tangga. Pada hal tempurung biji kluwak dapat memiliki nilai ekonomis tinggi yaitu sebagai arang aktif. Arang akan dijadikan sebagai adsorben karena kemampuannya untuk menyerap.

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu batok biji kluwak, NaOH dan air sumur yang tercemar yang diambil dari minasaupa, Makassar. Batok biji kluwak terlebih dahulu dibersihkan kemudian di arangkan dengan proses pembakaran manual yakni batok biji kluwak dibakar lalu di timbun sekan padi. Setelah 24 jam arang akan terbentuk.

Setelah arang terbentuk selanjutnya arang/carbon batok biji kluwak yang telah jadi dikeringkan dalam oven microwave sampai benar-benar kering. Setelah kering selanjutnya karbon batok biji kluwak diaktifasi menggunakan NaOH dengan konsentrasi 1% selama 24 jam. Selanjutnya dinetralkan dengan cara pencucian menggunakan aquades. Lalu dipanaskan kembali hingga benar-benar kering, maka jadilah karbon aktif batok biji kluwak. Selanjutnya dilakukan proses karakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Dan pengujian kualitas dengan memperhatikan parameter kadar air dan kadar abu.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karbon Aktif Batok Biji Kluwak

Karbon aktif dari tempurung batok biji kluwak ditunjukkan pada gambar 1. Proses pembuatan arang aktif meliputi beberapa proses yakni proses pengeringan cangkang batok biji kluwak, pengarangan, dan aktivasi. Pada proses pengeringan, batok biji kluwak dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kadar airnya menjadi sedikit atau cangkang biji kluwak menjadi kering, setelah batok biji kluwak menjadi kering selanjutnya batok biji kluwak tersebut di arangkan dengan cara pembakaran manual (pengarangan dengan pembakaran menggunakan

sekan padi), setelah cangkang batok biji kluwak telah membentuk arang selanjutnya dilakukan proses aktivasi.



**Gambar 1** Karbon aktif batok biji kluwak

Sebelum proses aktivasi dilakukan arang yang telah terbentuk selanjutnya digerus hingga ukurannya sebesar pasir, setelah digerus selanjutnya arang dikeringkan menggunakan suhu 105°C sampai arang benar-benar kering, kemudian arang tersebut diaktivasi menggunakan aktivasi kimia dengan cara perendaman larutan natrium hidroksida (NaOH) konsentrasi 1% sebagai zat aktifator guna untuk memecahkan ikatan karbon pada arang untuk menambah luas permukaan pada arang tersebut.

### **Karakterisasi Karbon Aktif Cangkang Batok Biji Kluwak**

#### **Karakterisasi XRF Karbon Aktif**

Spektroskopi XRF merupakan tehnik analisis unsur maupun oksida logam yang membentuk suatu material dengan dasar interaksi sinar-x dengan material analitit. XRF umumnya di gunakan untuk menganalisa unsur yang terkandung dalam mineral atau batuan. Unsur dapat ditentukan keberadaannya secara langsung tanpa adanya standar khusus. Hasil analisis XRF pada kandungan karbon aktif batok biji kluwak ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1** Hasil Analisis XRF pada Kandungan Karbon Aktif Batok Biji Kluwak

Kandungan Senyawa	Persentase (%)
Ca	56,65
K	40,24
Px	2,04
Nb	0,368
Mo	0,259

Dilihat dari kandungan yang terkandung dalam batok biji kluwak ternyata masi beberapa banyak zat pengotor diantaranya kalsium (Ca), kalium (K), niobrium (Nb) dan molibden (Mo). Zat pengotor ini dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori dalam karbon aktif sehingga dapat mempengaruhi pertambahan luas pori-pori karbon aktif.

**Karakterisasi SEM karbon Aktif**

Pengamatan morfologi arang aktif batok biji kluwak dilakukan menggunakan SEM dengan perbesaran 1000 kali di tunjukan pada gambar 2 berikut:



**Gambar 2** Morfologi Arang Aktif Batok Biji Kluwak

Gambar 2 menunjukkan morfologi arang aktif batok biji kluwak dimana tampak adanya pori pada permukaan arang aktif. Melihat adanya pori dapat dikatakan bahwa pembuatan arang aktif batok biji kluwak dengan proses pengarangan manual yang dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan zat aktifator NaOH yang bersifat basah kuat yang korosif, hal ini dapat menyebabkan banyaknya abu yang terlepas dari arang saat perendaman dan dapat memecahkan ikatan karbon pada arang, sehingga telah berhasil membuka pori-pori pada arang aktif yang dapat menunjang proses adsorpsi.

Struktur pori pada arang aktif ini menyebabkan karbon aktif dapat menyerap lebih baik dari arang biasa. Menurut Sembiring dan Sinaga (2003) semakin luas permukaan maka semakin kemampuan daya serapnya.

**Analisa Pengujian Karbon Aktif**

**Uji Kadar Air**

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang tersisa pada karbon aktif batok biji kluwak setelah dilakukan proses aktivasi. Hasil pengujian kadar air pada batok biji kluwak ini dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

**Tabel 2** Hasil Pengujian Kadar Air Pada Batok Biji Kluwak

Massa awal karbon(gr)	Massa cawan (gr)	Hasil pemanasan (gr)					Kadar air (%)
		60 menit	30 menit	30 menit	15 menit	15 menit	
1	26,7205	27,6902	27,6927	27,6902	27,6847	27,6844	3,74
1	37,2964	38,2692	38,3647	38,2642	38,2639	38,2635	3,40

Berdasarkan tabel 2 di atas, dapat dilihat parameter kadar air pada pengujian 1 dan 2 mencapai 3,74% dan 3,40%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa kadar air yang ditunjukkan oleh arang aktif pada penelitian ini telah memenuhi SNI-06-3730-1995 (parameter maksimal 15%).

**Uji Kadar Zat Menguap**

Uji kadar uap dilakukan untuk menguapkan zat-zat yang terkandung dalam karbon aktif yang tidak mampu diuapkan pada suhu 105°C.

Uji kadar zat menguap dilakukan dengan cara memanaskan karbon aktif dengan suhu 900°C dalam waktu 15 sekon. Tetapi hal ini tidak dapat dilakukan karena tanur *thermo scientific* yang ada di Laboratorium Kimia tidak mampu mencapai suhu 900 °C dalam waktu 15 sekon. Untuk mencapai suhu 900°C memerlukan waktu selama 4 jam. Apabila pemanasan ini tetap dilakukan maka karbon aktif akan berubah menjadi abu seperti pada gambar 4.3 berikut:



**Gambar 3** Karbon Aktif Dengan Pemanasan 900°C

Akibat rusaknya struktur karbon aktif maka dilakukan pengujian kadar air ulang untuk dilakukan pengujian kadar abu.

**Uji Kadar Abu**

Pengujian kadar abu dilakukan dengan memanaskan karbon aktif batok biji kluwak dalam tanur selama 6 jam pada suhu 650°C. hasil yang diperoleh berupa abu, abu adalah oksida-oksida logam dalam arang yang terdiri dari mineral yang tidak dapat mnguap pada proses pengabuan. Hasil pengujian kadar abu pada batok biji kluwak ini dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

**Tabel 3** Hasil pengujian kadar abu pada batok biji kluwak

No	Massa sampel(gr)	Massa cawan (gr)	Waktu (Jam)	Suhu (°C)	Massa Abu (gr)	Kadar Abu (%)
1	27,6844	26,7205	6	650	26,7346	1,46
2	38,2535	37,2964	6	650	37,3223	2,67

Berdasarkan tabel 3 di atas, dapat dilihat parameter kadar abu pada percobaan 1 dan 2 mencapai 1,46% dan 2,67%. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin kecil kadar abu pada karbon aktif maka pori-pori dari karbon aktif tersebut juga semakin besar. Hal ini disebabkan karena adanya proses aktivasi yang mengikat pengotor yang terdapat pada arang aktif. Kadar abu yang ditunjukkan oleh arang aktif pada penelitian ini telah memenuhi SNI-06-3730-1995 (parameter maksimal 10%)

### Uji Daya Serap

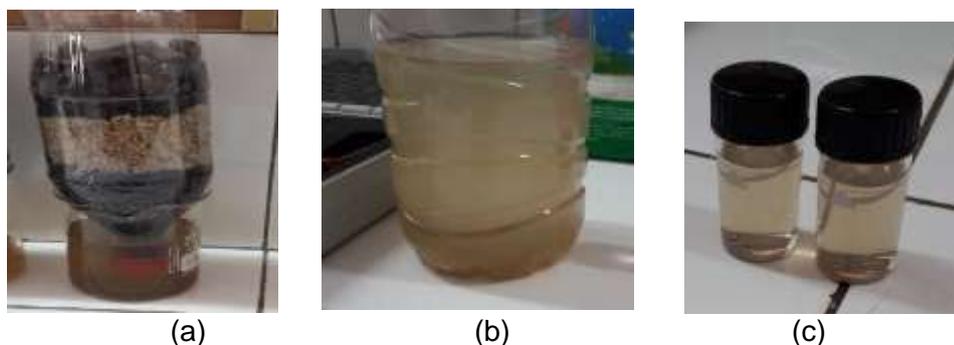
Pembuatan media filter dibuat dengan cara sederhana yakni dengan menggunakan botol plastik yang diisi dengan pasir silika, karbon aktif dan kerikil dengan ketebalan 5 cm. Setelah alat penyaringan dibuat selanjutnya dilakukan penyaringan air sumur yang tercemar yang diambil di daerah Makassar tepatnya di daerah Minasaupa. Air sumur yang tercemar yang dimaksud adalah air sumur yang tercemar dengan tingkat kekeruhan yang besar dan warna yang mencolok. Air tercemar ini kemudian diuji dengan media filter, media filter ini diuji dengan membolak balik lapisan penyaring.

Berikut hasil penyaringan dengan menggunakan media penyaring kerikil, karbon aktif dan pasir silika:



(a) (b) (c)  
**Gambar 4** (a) Lapisan filter (b) sampel sebelum penyaringan;  
(c) hasil penyaringan sampel (a)

Berikut hasil penyaringan dengan menggunakan media kerikil, pasir silika dan karbon aktif:



(a) (b) (c)  
**Gambar 5** (a) simulasi filter (b) sampel sebelum penyaringan; (c) hasil penyaringan sampel (a) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Berikut hasil penyaringan dengan menggunakan media pasir silika, karbon aktif dan krikil



**Gambar 6** (a) simulasi filter (b) sampel sebelum penyaringan; (c) hasil penyaringan sampel (a) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Pada pengujian hasil air dari penyaring menggunakan karbon aktif dengan menggunakan tiga cara tetapi hanya menggunakan satu sampel air sumur didapatkan tingkat kekeruhan yang berbeda. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

**Tabel 4** Hasil pengujian daya serap pada karbon aktif batok biji kluwak

No	Lapisan Penyaring	Parameter yang diuji			
		Kekeruhan (NTU)		Warna	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	Kerikil, karbon aktif, Pasir Silika	150	3,50	Cokelat Keruh	Jernih
2	Kerikil, Pasir Silika, karbon aktif	150	53,9	Cokelat Keruh	Cokelat
3	Pasir Silika, karbon aktif, Kerikil	150	28,3	Cokelat Keruh	Cokelat

**Tabel 5** Hasil pengujian daya serap pada karbon biasa batok biji kluwak

No	Lapisan Penyaring	Parameter yang diuji			
		Kekeruhan (NTU)		Warna	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	Kerikil, Arang, Pasir Silika	150	18,4	Cokelat Keruh	Jernih
2	Kerikil, Pasir Silika, Arang	150	72,1	Cokelat Keruh	hitam
3	Pasir Silika, Arang, Kerikil	150	58,7	Cokelat Keruh	hitam

Pembuatan karbon aktif ini dibuat sebagai solusi untuk memperoleh air bersih dari air yang tercemar. Dilihat dari sampel air yang digunakan dengan tingkat kekeruhan 150 NTU dan berwarna coklat keruh. Pada percobaan pertama yakni menggunakan lapisan kerikil, karbon dan pasir silika air hasil penyaringan yang dihasilkan dengan tingkat kekeruhan 3,50 NTU dan warna akhirnya menjadi lebih jernih. Dan pada percobaan kedua dengan menggunakan lapisan kerikil, pasir silika dan karbon aktif dihasilkan air dengan tingkat kekeruhan 53,9 NTU dan warna akhirnya coklat bening. Pada percobaan ketiga dengan lapisan pasir silika, karbon aktif dan kerikil. Menghasilkan hasil filter dengan kekeruhan 28,3 NTU dengan warna coklat bening.

Berdasarkan percobaan pertama hasil penyaringan air yang dihasilkan telah memenuhi standar air bersih jika mengacu pada tingkat kekeruhan karena tingkat kekeruhan air bersih yang layak digunakan adalah 5 NTU sementara pada percobaan kedua dan ketiga belum masuk kategori air bersih yang layak digunakan. Adanya perbedaan tingkat kekeruhan air hasil saring yang dihasilkan dikarenakan adanya perbedaan lapisan filter. Perbedaan lapisan filter ini mempengaruhi tingkat kejernihan air hasil penyaringan.

Jika dilihat dari percobaan pertama yang menghasilkan air bersih yang layak digunakan dikarenakan adanya pasir silika pada lapisan akhir, dimana telah diketahui bahwa pasir silika ini berfungsi untuk menyaring lumpur, tanah dan partikel besar atau kecil.

Sementara pada percobaan kedua menghasilkan warna coklat pekat hal ini disebabkan karena pada percobaan kedua ini lapisan akhirnya itu menggunakan karbon aktif sehingga karbon aktif yang berukuran halus atau sangat halus ikut tercampur dalam air hasil penyaringan. Pada percobaan ketiga menghasilkan air yang berwarna coklat muda, katidak layak hasil saring dipengaruhi oleh lapisan penyaring, dimana lapisan kedua adalah karbon aktif dan lapisan akhirnya adalah batu kerikil, sementara batu kerikil pada lapisan akhir hanya mampu untuk menyaring mineral-mineral yang berukuran besar.

Berdasarkan tabel 4.4 dan tabel 4.5 dapat dilihat adanya perbedaan hasil penyaringan air. Dimana pada karbon aktif ditemukan adanya air bersih yang telah layak digunakan yakni didapatkan pada media penyaring yang menggunakan filter kerikil karbon aktif dan pasir silika, namun pada karbon biasa hasil saring dengan menggunakan kerikil, karbon biasa dan pasir silika

didapatkan hasil yang jernih namun belum layak untuk digunakan karena tingkat kekeruhannya mencapai 18 NTU.

#### 4. PENUTUP

##### Kesimpulan

Dari hasil analisa XRF dapat dilihat bahwa masih terdapat beberapa jenis pengotor pada karbon aktif batok biji kluwak. Hal ini dapat dikatakan bahwa karbon aktif yang diperoleh belum sepenuhnya karbon aktif murni karena karbon aktif murni hanya mengandung 100% karbon. Kualitas arang aktif yang terbuat dari batok biji kluwak telah memenuhi syarat SNI-06-3730-1995 di tinjau pada parameter kadar air dan kadar abu.

Daya serap arang aktif batok biji kluwak sebagai adsorben air sumur yang tercemar setelah pengujian yakni pada lapisan kerikil, karbon aktif, dan pasir silika telah memenuhi standar kelayakan air bersih jika di tinjau dari kekeruhan dan warnanya sementara pada lapisan filter kerikil, pasir silika, karbon dan pada filter pasir silika, karbon aktif, kerikil belum memenuhi syarat kelayakan air bersih karena tingginya tingkat kekeruhan dan masi memiliki warna yang pekat.

##### DAFTAR PUSTAKA

- Andayani, W. dan A. Sumarno. *Aplikasi Radiasi Pengion Dalam Penguraian Limbah Industri Radiolisis Larutan standar Zat Warna Reaktif Cibacon Violet 2 R*. Batan. Vol.32, No. 1. 1999.
- Bening, Citra. *Water Treatment and Prefikation*. Darinetlibrary (online). Diakses pada tanggal 2 Januari 2018. 2011.
- Dwi T, Sabariah M, M Baharudin R. *A study on Artificial Recharge Well as a Part of Drainage System and Water Supply in UHTM. National Seminar on Environment, Development, and Sustainability*. 1:106-111. 2008.
- Gabriel, J.F. *Fisika Lingkungan*. Cet. I: Jakarta. 2001.
- Halla, Y. P. Taba dan A.B Susilawati. *Adsorpsi Rhodamin B Dalam Air oleh Karbon Aktif Tempurung Kenari*. Jurnal Alam dan Lingkungan. Vol.1 No.1. 2010.
- Hamer, M.J. *Water and Waste Water Technology*. Second edition, John Willey and Sons. 1986.
- Harmayani, K. D., Konsukartha, IG.M., *Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestic di Lingkungan Kumuh*. Vol. 5 No. 2. 2007.
- Hendra, D. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Biji Kelapa Sawit dan Serbuk Kayu Gergajian Campuan*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol.24 No.2. 2006.
- Isna, Syaukiah. *Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif*. Info Tehnik. Vol.12 No 1.2011.
- Juliandini, Fitrianita. *Uji Kemampuan karbon Aktif dari Limbah Kayu Sampah Kota Untuk Penyisihan Fenol*. Program Studi MMT-ITS, Surabaya. ISBN:978-979-99735-4-2. 2008.
- Kementerian Agama R.I. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. Surabaya. Duta Ilmu 2016
- Khansamida. *Structural Equation Modeling (SEM) Keunggulan SEM*. <https://khansamhamnida.wordpress.com>. 2011.
- Lempang, Mody. *Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif*. Makassar. Vol.11 No 2. 2014.
- Mars H, Reinoso. *Aktivated Karbon*. Amsterdam. Elsevier. 2006.

- Meisrilestari, Yessy. *Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktifasi Secara Fisika, Kimia dan Fisika-Kimia*. Konversi. Vol.2 No 1. 2013.
- Patel, R. and Suresh. *Kinetick and Ekuilibrium Studies on the Biosorption of Reaktif Blacj 5 Dyn By Aspergillus Foetidus*. Bioresours Technology. pp. 51-58. 2008.
- Pelita. *Manfaat dan Bahaya Biji Kluwak*. Wordpress.com. 2012. (1 Oktober 2017).
- Pembayun, G. Remigius. dkk. *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator  $\text{NaCl}_2$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebagai adsorben untuk Mengurangi Kadar Venol dalam Air Limbah*. Jurnal Teknik Pomits. Vol.2. No.1. 2013.
- Puan. *Mengenal Kluwak Lebih Dekat*. Wordpress. 2017. (1 Oktober 2017).
- Purwanto, D. *Arang dari Limbah Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq)*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Bogor. Vol.29, No. 1. 2011.
- Rahayu, Tuti. *Karakteristik Air Sumur Dangkal di Wilayah Kartusura dan Upaya Penjernihannya*. Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi. Vol, No.2 :104-124. 2004.
- Ramja, A fuadi. *Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa (cocos nunifera)*. *Jurnal Tehnik Kimia. Sumatra*. Vol. 15 No. 2:15. 2008.
- Roy GM. *Activated Karbon Applications in the Food and Pharmaceutical Industries*. Lancaster: Technomic. 1985.
- Sembiring MT, Sinaga TS. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Sumatera Utara: Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara. 2003.
- Sihab. M. Q. *Tafsir Almisbah*. PT. Lantera Hati Tangerang.1017
- SNI (Standar Nasional Indonesia). SNI- 06-3730-1995: *Arang Aktif Teknis Jakarta*. Badan Standar Nasional. 1995.
- Subroto. *Manfaat dan Bahaya Kluwek*. Wordpress. (Diakses pada tanggal 2 januari 2018). 2014.
- Sudarja, D. dan Cokro. *Kaji EkperimantalEfektifitas Penyerapan Limbah Cair Industri Batik Taman Sari Yokyakarta menggunakan Arang Aktif Mesh 80 dari Limbah Gergaji Kayu Jati*. Jurnal ilmiah semesta tehnik. Vol14:50-58. 2012.
- Villacarias F et al. *Adsorption of Simple Aromatic Compounds on Activated Karbon*. Journal of Colloid and Interface Science 293:128-136. Marsh H, 2005.
- Wahyu. *XRF*. <http://duniawahyu.blogspot.cp.id/2010/11/xrd-xray-difraction.html>. 2011.(8 Oktober 2017)
- Widyati, N. *Analisa Pengaruh Heating Rate Terhadap Tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gelombang Surya*. Surakarta. 2012.
- Wulandari, *Membuat Arang Batok Kelapa*. Edukasi. (Diakses pada tanggal 2 januari 2018). 2017