

## ANALISIS MUTU KARBON AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN LARUTAN AKTIFATOR $ZnCl_2$

Edwin Permana<sup>1\*</sup>, Indra Lasmana Tarigan<sup>2</sup>, Diah Riski Gusti<sup>2</sup>, Intan Lestari<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

<sup>2</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi

E-mail: edwinpermana86@unja.ac.id

### ABSTRACT

*Activated carbon is widely used in the industrial world, especially in water treatment. The raw material for activated carbon is quite a lot, namely from biomass, one of which is oil palm shell. The reason for using oil palm shells is because they contain high carbon content and are abundant in nature. activated carbon made the first few stages, namely the process of surface heating, dehydration, carbonization, activation and neutralization as well as drying. This study uses an activator  $ZnCl_2$  with variable concentrations of 5N, 7.5 N and 10 N. The results of the best research and meet the quality standards of SII No.0258-79 that is with a 10N activator solution that is a water content of 2.001%, the content of evaporating substances 15,004 %, ash content 8,888%, Fixed Carbon 74,107%.*

**Keywords:** Activator, Biomass, Palm Shell, Activated Carbon, Carbonization

### INTISARI

Karbon aktif banyak digunakan dalam dunia industri terutama dalam pengolahan air. Bahan baku karbon aktif cukup banyak yaitu dari biomassa, salah satunya cangkang kelapa sawit. Alasan menggunakan Cangkang kelapa sawit dikarenakan mengandung kandungan karbon yang cukup tinggi dan terdapat di alam yang cukup melimpah. karbon aktif dibuat beberapa tahap yang pertama yaitu proses pemanasan permukaan, dehidrasi, karbonisasi, aktivasi dan penetralan juga pengeringan. Penelitian ini menggunakan zat aktivator  $ZnCl_2$  dengan variabel konsentrasi larutan 5N, 7,5 N dan 10 N. Hasil penelitian yang paling baik dan memenuhi standar mutu SII No.0258-79 yaitu dengan larutan aktivator 10N yaitu kadar air 2,001 %, Kadar zat menguap 15,004%, kadar abu 8,888%, Fixed Carbon 74,107%.

**Kata Kunci:** Aktivator, Biomassa, Cangkang Sawit, Karbon Aktif, Karbonisasi

### PENDAHULUAN

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Cangkang sawit seperti halnya kayu diketahui mengandung komponen-komponen serat seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Menurut Widiarsi (2008), Cangkang kelapa sawit mempunyai komposisi kandungan selulosa (26,27 %), hemiselulosa (12,61 %), dan lignin (42,96 %). Analisis Cangkang Kelapa Sawit dengan Parameter yaitu Moisture 4,52%, Volatile Matter (VM) 82,86%, Kadar Fixed Carbon (FC) 11,02%, Kadar Ash 1,61%, dan Fuel Ratio 0,13% . (Yuliani dan Raharjo, 2012)

Cangkang kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif. Arang aktif dapat dibuat dengan melalui proses karbonisasi pada suhu 550°C selama kurang lebih tiga jam. Karakteristik arang aktif yang dihasilkan melalui proses tersebut memenuhi

(Standart Industri Indonesia) SII, kecuali kadar abu.

Karbon aktif atau sering juga disebut sebagai arang aktif, merupakan suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan sangat besar. Arang merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Arang selain digunakan sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai adsorben (penyerap) dan support katalis. Daya serap ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan ini dapat menjadi lebih tinggi jika terhadap arang tersebut dilakukan aktivasi dengan bahan-bahan kimia ataupun dengan

pemanasan pada temperatur tinggi. Dengan demikian, arang akan mengalami perubahan sifat fisika dan kimia. Arang yang demikian disebut sebagai arang aktif (Djarmiko et al, 2008).

Untuk mendapatkan arang tempurung kelapa sawit dengan mutu yang baik (nilai kalor dan kadar karbon yang tinggi, kadar air rendah, kadar abu dan zat terbang cukup rendah) maka suhu pengarangannya dapat digunakan antara 500 - 6000C, dengan waktu pengarangannya 2 - 3 jam (Purwanto dan satrio, 2011).

Sudrajat dan Soleh (1994) menjelaskan bahwa pembuatan arang aktif dilakukan dalam dua tahap, yaitu proses karbonisasi atau destilasi kering yang dilanjutkan dengan tahap pengaktifan atau pengeluaran senyawa yang menutupi rongga dan pori-pori arang aktif dengan cara dehidrasi menggunakan garam jenuh seperti  $MgCl_2$ ,  $ZnCl_2$ ,  $CaCl_2$ ,  $NaOH$ ,  $H_3PO_4$ , dan lain-lain. Selanjutnya, untuk membebaskan unsur karbon dari ikatan dengan unsur lain, terutama hidrogen dan oksigen, dilakukan oksidasi lemah dengan uap air pada suhu tinggi (1000°C).

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap, Danarto dan Samun (2008) adalah sebagai berikut:

a. Tahap dehidrasi

Tahap ini dilakukan dengan memanaskan bahan baku sampai suhu 100°C dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air.

b. Karbonisasi

Pada proses ini fasa pengarangannya dan fasa pengaktifannya berlangsung dalam satu tahap. Bahan baku direndam dalam larutan pengaktif selama 12 - 24 jam setelah itu ditiriskan, lalu diarang. Dengan adanya pemanasan pada suhu tinggi diharapkan aktivator dapat masuk di antara pelat heksagonal dari kristalit arang yang menyebabkan terjadinya pengikisan permukaan kristalit dan membuka permukaan arang yang tertutup sehingga menjadi aktif. Hal ini dapat terjadi karena arang aktif dengan strukturnya yang mirip grafit mempunyai lapisan karbon heksagonal yang tidak terapatkan, karena tiap atom karbon mempunyai bilangan koordinasi tiga dan ikatan antar lapisan lemah, sehingga memungkinkan terjadinya interkalasi di antara lapisan karbon. Pemakaian bahan kimia sebagai bahan pengaktif sering mengakibatkan pengotoran pada arang aktif yang dihasilkan. Umumnya aktivator meninggalkan sisa-sisa berupa oksida yang tidak larut dalam air pada waktu pencucian.

Oleh karena itu dalam beberapa proses sering dilakukan pelarutan dengan HCl untuk mengikat kembali sisa-sisa bahan kimia yang menempel pada permukaan arang dan kandungan abu yang terdapat dalam arang aktif (Sudrajat dan Soleh, 1994).

Menurut Tutik dan Faizah (2001) dalam Kurniati (2008), karbonisasi adalah proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275°C. Tahap karbonisasi merupakan proses pirolisis yaitu proses dekomposisi thermal pada suhu 600 – 1100°C. Selama proses ini, unsur-unsur selain karbon seperti hidrogen dan oksigen dibebaskan dalam bentuk gas. Proses karbonisasi akan menghasilkan 3 komponen utama, yaitu karbon (arang), tar, dan gas ( $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ , dan lain-lain) (Danarto dan Samun, 2008).

Proses karbonisasi terdiri dari empat tahap yaitu menurut Sudrajat dan Salim (1994) dalam Kurniati (2008) adalah sebagai berikut:

- Pada suhu 100–120°C terjadi penguapan air dan sampai suhu 270°C mulai terjadi peruraian selulosa. Distilat mengandung asam organik dan sedikit methanol. Asam cuka terbentuk pada suhu 200-270°C.
- Pada suhu 270-310°C reaksi eksotermik berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan piroligant, gas kayu dan sedikit tar. Asam merupakan asam organik dengan titik didih rendah seperti asam cuka dan methanol sedang gas kayu terdiri dari  $CO$  dan  $CO_2$ .
- Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar sedangkan larutan pirolignat menurun, gas  $CO_2$  menurun sedangkan gas  $CO$ ,  $CH_4$  dan  $H_2$  meningkat.
- Pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon.

c. Aktivasi

Pada proses ini terdapat dua tingkat operasi, yaitu fasa pembentukan pori dan fasa pengaktifan. Fasa pembentukan pori terjadi pada saat pengarangannya bahan baku, pada suhu 400-600°C. Pengarangannya di atas suhu 600°C akan menghasilkan arang dengan modifikasi sifat yang sukar diaktifkan, sedangkan arang yang dihasilkan pada suhu di bawah 600°C sangat efektif untuk diaktivasi tetapi arang ini masih dilapisi oleh senyawa hidrokarbon, sehingga menutupi pori arang aktif yang terbentuk. Untuk membersihkan permukaan arang dari senyawaan ini dapat dilakukan dengan jalan mengalirkan gas pada suhu 800 – 1000°C (Sudrajat dan Soleh, 1994).

Aktivasi adalah suatu perubahan fisika dimana luas permukaan karbon menjadi lebih besar karena hidrokarbon yang menyumbat pori-pori terbebaskan. Menurut Shreve (1997) dalam Kurniati (2008), Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan.

Menurut Tutik dan Faizah (2001) dalam Kurniati (2008), daya serap karbon aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori dari karbon aktif sehingga permukaan dari karbon aktif tersebut semakin lebar atau luas yang mengakibatkan semakin besar pula daya serap karbon aktif tersebut.

Ada 2 cara untuk melakukan proses aktivasi karbon menurut Danarto dan Samun (2008) adalah sebagai berikut:

a. Aktivasi secara fisika

Proses aktivasi ini dilakukan dengan mengalirkan uap atau udara pada suhu 800 – 1000°C

b. Aktivasi secara kimia

Metode ini dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia seperti  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $K_2S$ ,  $NaCl$ , dan lain-lain.

Beberapa jenis agen aktivasi yang umum digunakan adalah  $H_3PO_4$ ,  $KOH$ , dan  $ZnCl_2$ . Penggunaan masing-masing agen aktivasi dalam sintesis karbon aktif memiliki mekanisme aktivasi yang berbeda, dengan karakteristik karbon aktif yang dihasilkan berbeda pula. Menurut Alothman et al (2011),  $ZnCl_2$  berfungsi sebagai asam Lewis yang meningkatkan terjadinya reaksi kondensasi aromatik (polimerisasi), dan menghambat pembentukan senyawa volatil, sehingga meningkatkan perolehan karbon aktif (Alothman et al, 2011).

Hal ini lah yang menyebabkan perolehan karbon aktif pada sintesis dengan menggunakan  $ZnCl_2$  lebih besar dibandingkan dengan  $KOH$ . Hal ini disebabkan karena  $KOH$  bersifat sebagai katalis yang mendorong reaksi oksidasi biomassa pada proses karbonisasi (Yang dan Lua, 2003).

## METODE PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Cangkang Kelapa Sawit, Zinc Klorida ( $ZnCl_2$ ), dan aquades..

Peralatan yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah cawan, gelas ukur, timbangan analitik, oven, *furnace (Muffle Furnace Carbolite)*, desikator, pH meter, kertas indikator, kertas saring, labu ukur 500 mL, erlenmeyer 150 mL, mortal dan alu, ayakan 200 mesh, magnetic stirrer (*Thermo Scientific Cimarec*), dan termometer.

### Cara Kerja

#### a. Preparasi Larutan Aktivasi dan Sampel

Larutan aktivator yang digunakan adalah  $ZnCl_2$  masing-masing 5N, 7,5N, 10N.

Cangkang kelapa sawit sudah dibersihkan dan dikeringkan menjadi *Palm Kernel Shell*. Cangkang kelapa sawit dimasukkan dan ditimbang sebanyak setengah cawan yaitu 350,46 gram. Dikeringkan dalam oven selama 17 jam dengan suhu 45°C. setelah dikeringkan, didinginkan di desikator hingga sama dengan suhu ruang dan ditimbang kembali.

#### b. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit

Pembuatan karbon aktif terbagi dalam 3 tahapan sesuai metode Masitoh dan Sianita (2013), yaitu sebagai berikut:

- Dehidrasi: Cangkang dihilangkan kadar air dengan dipanaskan dalam *furnace* selama 1 jam dengan cawan terbuka pada suhu 105°C.
- Karbonisasi: Cawan ditutup dan dikarbonisasi selama 3 jam dalam *furnace* pada suhu 550°C.
- Cangkang kelapa sawit kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali.
- Aktivasi: 40 gram karbon dimasukkan ke dalam masing-masing 2 gelas kimia 500 mL kemudian ditambahkan masing-masing larutan aktivator 5N, 7,5N, 10N dengan volume yang sama yaitu sebanyak 400 mL. Kemudian direndam selama 24 jam dan disaring dengan kertas saring sambil dicuci dengan aquades hingga mencapai pH netral. Dikeringkan karbon aktif dalam oven selama 20 jam pada suhu 105°C.

Proses selanjutnya diambil 10 gram per sampel untuk diuji analisis sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

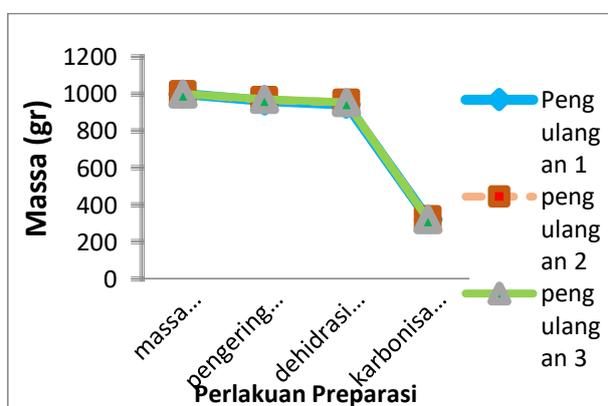
### Pembuatan Karbon Aktif

Pembuatan karbon aktif melalui beberapa tahap yang pertama yaitu proses pemanasan permukaan, dehidrasi, karbonisasi, aktivasi dan penetralan juga pengeringan. Dapat dilihat pada proses pengurangan massa seperti tabel dibawah ini

Tabel 1. Pembuatan Karbon ( pengeringan – karbonisasi)

| N o. | Massa Awal Cangkang kelapa sawit (gr) | Massa setelah Pengerangan 45 °C 17 jam (permuakaan) | Massa setelah Pengerangan 105°C 1 jam (dehidrasi permukaan) | Massa setelah Karbonisasi 550 °C 3 jam (gr) |
|------|---------------------------------------|---|---|---|
| 1.   | 1000                                  | 962,1 (96,21 %)                                     | 942,87 (94,28 %)  | 322,3 (34,18 %)                             |
| 2.   | 1000                                  | 969,34 (96,93 %)                                    | 954,6 (95,46 %)   | 324,33 (33,97 %)                            |
| 3.   | 1000                                  | 970,47 (97,04 %)                                    | 954,91 (95,49 %)  | 320,83 (33,59 %)                            |

Dari data tabel 1 dapat dirangkum hasil data dalam bentuk grafik dibawah ini dibawah ini yang menyatakan pengurangan massa dari proses pengeringan – karbonisasi :



Gambar 1. Grafik Pengurangan Massa Dari Pembuatan Karbon

Pada proses pembuatan karbon dari massa awal berupa cangkang kelapa sawit dilakukan 3 kali pengulangan yang hasilnya menyerupai tujuannya dilakukan 3 kali pengulangan untuk persiapan sample yang cukup banyak dan melihat seberapa akurat

pengaruh dari metode yang dilakukan apakah hasil yang valid didapatkan. Dari hasil rangkuman gambar grafik diatas dapat dinyatakan Pengaruh dari pengeringan permukaan dimana kondisi pada keadaan atmosfer ada pengotor yang menempel pada permukaan cangkang sehingga perlu dilakukan pemanasan untuk menghilangkan pengotor yang hasilnya massa awal cangkang berkurang menjadi 962,1- 970,47 gram, proses kedua yaitu dehidrasi permukaan cangkang dengan pemanasan suhu 105 °C menggunakan oven yang tujuannya untuk menghilangkan kadar air yang merupakan pengganggu/pengotor pada cangkang sehingga seharusnya dihilangkan. Tahap selanjutnya pembuatan Cangkang kelapa sawit menjadi Karbon dengan proses karbonisasi menggunakan suhu 550°C selama 3 jam dan hasil yang didapatkan berdasarkan tabel 1 dalam 322,3 – 320,83 dalam 3 kali percobaan hasil yang dilakukan sama dalam rentang (33,59%-34,18%). Menurut Sudrajat (1994), Pada suhu 310-500°C terjadi peruraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar, gas CO<sub>2</sub> menurun sedangkan gas CO dan CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub> meningkat kemudian pada suhu 500-1000°C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon. Sehingga produk yang terbentuk adalah karbon dari *biomassa* dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2. Karbon hasil Karbonisasi

Kemudian dilakukan proses aktivasi. Proses aktivasi ini bertujuan untuk membuka pori dari karbon dan memperluas permukaan dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa Karbonisasi (Kurniati, 2008). sehingga memiliki pori yang aktif dan lebih besar dibandingkan dengan karbon saja tanpa proses aktivasi. Proses aktivasi terdiri beberapa model namun kali ini menggunakan proses aktivasi secara kimia dengan larutan ZnCl<sub>2</sub> dari sumber referensi Gilar,etal (2013) pembuatan karbon aktif dengan larutan aktivator ZnCl<sub>2</sub> menghasilkan distribusi karbon yang baik dari pengaruh variasi

konsentrasi hasilnya terjadi kenaikan luas permukaan yang meningkat pergaruh aktivitas dengan menggunakan larutan aktivator ZnCl<sub>2</sub> dalam % larutan. dan dari data percobaan penelitian kali menggunakan larutan aktivator ZnCl<sub>2</sub> dalam konsentrasi Normalitas dan hasilnya dapat diketahui dari tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. Hasil Proses Aktivasi

| No | Konsentrasi | Massa Awal (gr) | Massa Akhir (gr) | pH   |
|----|-------------|-----------------|------------------|------|
| 1. | AC 5 N      | 150             | 149,75           | 7,5  |
| 2. | AC 7,5 N    | 150             | 148,6            | 6,39 |
| 3. | AC 10 N     | 150             | 142,18           | 6,65 |

Dari pengaruh aktivasi terhadap perubahan massa dari tabel 2 dimana hasilnya terjadi pengurangan massa yang kali ini dapat diidentifikasi merupakan pengotor sisa dari proses karbonisasi setelah pencucian mendekati pH normal rentang (6,3-7). Proses pencucian menggunakan aquadest ini bertujuan untuk menghasilkan karbon dalam kondisi pH yang netral sehingga tidak akan mempengaruhi proses pengaplikasiannya, dan juga dikeringkan menggunakan oven suhu 105°C selama 20 jam hal ini juga bertujuan mengeringkan karbon yang sudah diaktivasi dan menghilangkan kadar air dari proses pencucian menggunakan aquadest dengan suhu 105°C karena pada suhu tersebut air akan menguap dari permukaan karbon aktif yang dihasilkan.

Karbon aktif yang dihasilkan selanjutnya diuji sesuai dengan standar Industri Indonesia (SII No. 0258-79) apakah karbon yang dihasilkan memenuhi dari standar karbon aktif dari hasil uji coba didapatkan data berupa berikut pada tabel 3

Tabel 3. Uji mutu standar Karbon Aktif

| Keterangan                  | AC 5N (%) | AC 7,5N (%) | AC 10N (%) | Standar (Dalam Serbuk) (%) |
|-----------------------------|-----------|-------------|------------|----------------------------|
| Kadar Air                   | 0,727     | 3,131       | 2,001      | Max 15                     |
| Kadar Zat Menguap           | 25,003    | 8,2935      | 15,004     | Max 25                     |
| Kadar Abu                   | 8,442     | 9,429       | 8,888      | Max 10                     |
| Fix Carbon (Karbon Terikat) | 65,512    | 79,146      | 74,107     | Min 65                     |

Dari hasil analisa uji mutu standar karbon aktif yang dilakukan hasilnya dari ketiga karbon aktif (AC) dengan pengaruh variasi konsentrasi Aktivator ZnCl<sub>2</sub> dalam konsentrasi 5N, 7,5N dan 10N hasilnya sesuai ketiga sample tersebut dalam standar (SII No. 0258-79). Memenuhi standar kadar air dibawah 15%, kadar zat menguap dibawah 25%, kadar abu 10% dan karbon terikat minimal 65% sesuai dengan hasil standar yang ditetapkan.

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu :

1. Telah terperolehnya karbon aktif dari cangkang kelapa sawit dengan variasi konsentasi ZnCl<sub>2</sub> yang sesuai SII No. 0258-79
2. Karbon Aktif yang paling optimal yaitu dengan menggunakan larutan activator 10 N yaitu kadar air 2,001 %, Kadar zat menguap 15,004%, kadar abu 8,888%, Fixed Carbon 74,107%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alothman, Z. A.; Habila M. A. dan Ali R., Preparation of Activated Carbon Using the Copyrolysis of Agricultural and Municipal Solid Wastes at a Low Carbonization Temperature, International Conference on Biology, Environment and Chemistry, Singapore 2011, hal 67-72.
- Arifin. 2010. "Dekolorisasi Air yang Mengandung Zat Warna Tekstil Dengan Metode Koagulasi Poly Aluminium Chloride dan Adsorpsi Arang Aktif". Tangerang : PT. Tirta Kencana Cahaya Mandiri.
- Atkins, P. W., 1999, Kimia Fisika, (diterjemahkan oleh : Kartahadioprojo Irma I), edisi ke-2, Erlangga, Jakarta
- Bismo,S., A. S. Azhariyah dan A.
- Pradyasti. 2017. "Potensi Karbon Aktif sebagai Penyangga Katalis Dekomposisi Ozon". Seminar Nasional Integrasi Proses 2017:
- BSN, 1995. Mutu dan Cara Uji Arang Aktif Teknis. SNI 06-7370-1995. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Djarmiko, B., S.Ketaren dan S.Setyahartini,. 2008. Pengolahan Arang dan Kegunaannya. Agro Industri Press. Bogor.
- Karimnezhad, L., M.Haghighi dan E.Fatehifar . "Adsorption of benzene and toluene

- from waste gas using activated carbon activated by  $ZnCl_2$ ". *Front. Environ. Sci. Eng.*, 2014, 8(6), 835–844.
- Naswir, M dan I. Lestari. 2014. "Characterization Active Carbon and Clum Shell In Reducing pH, Color, COD, Fe and Organic Matter On Peat Water". *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)*. ISSN: 2349-2163.
- Rahmanpour S.H., M. Sharifirad Koohyar F., and Vahidifar M. 2012. "Preparation of Activated Carbon from Phragmites Australis": Equilibrium Behaviour Study. *Research Journal of Chemical Sciences* ISSN 2277-2502 Vol. 1(8), 10-16.
- Sam, C.A., U. Olsbye dan K.J. Jens. 2018. "Low temperature methanol synthesis catalyzed by copper nanoparticle". *Sciencedirect*.
- Tri Kurnia Dewi, Arif Nurrahman, Edwin Permana. 2009. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Kuli Ubi Kayu (Manihot esculenta)* Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya *Jurnal Teknik Kimia*, No. 1, Vol. 16.
- Yang, T. dan Lua A. C., Characteristics of activated carbons prepared from pistachio-nut shells by potassium hydroxide activation, *Microporous and Mesoporous Materials*, 2003, 63(1-3), 113-124.