

## PENGARUH DAYA IRADIASI GELOMBANG MIKRO TERHADAP SIFAT-SIFAT FISIKA KARBON AKTIF KAYU *EUCALYPTUS*

Widarti\*, Awitdrus, Rakhmawati Farma, Iwantono  
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru, 28293, Riau, Indonesia  
[\\*emil: widarti30@yahoo.co.id](mailto:widarti30@yahoo.co.id)

### ABSTRACT

The aim of this research is to determine the influence of microwave irradiation on the physical properties of activated Carbon based *Eucalyptus* wood. Activated Carbon were prepared from the conventional carbonized of wood *Eucalyptus* for 1.5 hours and microwave assisted Potassium Hydroxide with ratio of carbon and KOH of 2:1. The samples were irradiated by using the microwave for 20 minutes and the power output of 540; 630 and 720 Watt respectively. The microwave assisted Potassium Hydroxide Carbon activation are influenced of the physical properties of the samples. The higher of output power of irradiation shows the smaller of activated Carbon. The activated Carbon were irradiated with power output of 630 Watt producing the highest percentage of Methylene Blue degradation of 96.859%, where this value is supported by the highest of  $L_c$  value of 48.4733Å.

**Keywords:** *Eucalyptus Wood, Potassium Hydroxide, Microwave Irradiation, Activated Carbon, Physical Properties.*

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh daya iradiasi gelombang mikro terhadap sifat-sifat fisika karbon aktif kayu *Eucalyptus*. Karbon aktif dengan bahan pemula kayu *Eucalyptus* dikarbonisasi secara konvensional selama 1,5 jam dan aktivasi kimia dengan perbandingan massa karbon dan agen pengaktif KOH sebesar 2:1 dan diiradiasi dengan menggunakan gelombang mikro selama 20 menit dengan variasi daya antara 540; 630 dan 720 Watt. Aktivasi kimia dan iradiasi gelombang mikro berpengaruh terhadap sifat-sifat karbon aktif. Hasil karbon aktif setelah diiradiasi menggunakan gelombang mikro menunjukkan bahwa semakin tinggi daya iradiasi maka semakin kecil karbon aktif yang dihasilkan. Karbon aktif yang diiradiasi menggunakan daya 630 Watt menghasilkan persentase degradasi paling tinggi sebesar 96,859%, nilai ini didukung oleh nilai  $L_c$  yang tertinggi sebesar 48.4733Å.

**Kata Kunci:** *Kayu Eucalyptus, Kalium Hidroksida, Iradiasi Gelombang Mikro, Karbon Aktif, Sifat Fisika.*

## LATAR BELAKANG

Sekarang ini, produk-produk industri dan kegiatan yang menghasilkan limbah-limbah yang jika tidak dikelola dengan benar dapat mengancam kesehatan dan lingkungan. Karbon aktif telah terbukti sebagai salah satu penyerap yang efektif untuk mengangkat berbagai jenis polutan organik dan anorganik yang larut dalam air atau lingkungan ber-gas. Karbon aktif memiliki struktur pori yang baik, dengan ukuran pori dari pori mikro sampai pori makro (Li et al., 2009).

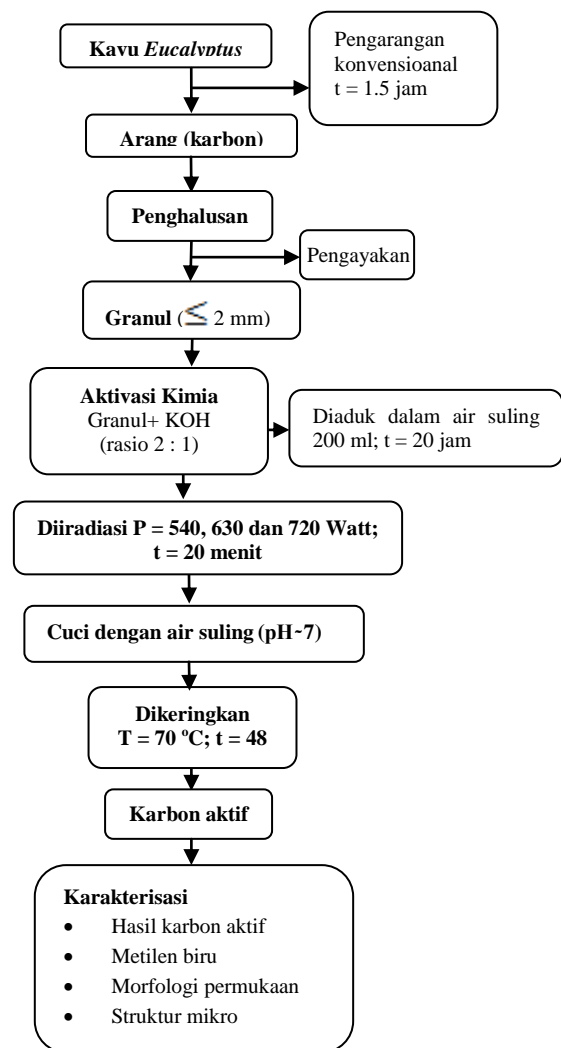
Karbon aktif dapat dibuat dari bahan baku fosil dan biomassa. karbon aktif berbahan baku fosil telah dihasilkan oleh batu bara (Khelifi et al., 2010) dan petroleum coke oleh (Kawano et al., 2008) dan karbon aktif berbahan baku biomassa yang telah dihasilkan dari tangkai kapas (Deng et al., 2009), batang tembakau (Li et al., 2008), serabut tandan kelapa sawit (Foo and Hameed, 2011), kayu cemara (Wu et al., 2006) dan karbon aktif dari tempurung kelapa (Iqbalidin et al., 2013).

Pengaktifan karbon menggunakan aktivasi kimia dan iradiasi gelombang mikro telah menarik minat peneliti. Pengaktifan karbon menggunakan iradiasi gelombang mikro memiliki beberapa keunggulannya yaitu efisiensi energi yang tinggi, laju pemanasan yang tinggi, pemanasan volumetrik dari sisi dalam ke sisi luar dan pemanasan yang beragam (Chen and Hashiso, 2012) dan waktu pemanasan yang relatif singkat

(Ahmed and Theydan, 2014), sehingga konsumsi energi menjadi lebih rendah dan konsumsi gas yang digunakan dalam perlakuan penghasiian karbon aktif juga dapat dikurangi. Gelombang mikro yang menginduksi reaksi kimia dapat digunakan sebagai salah satu pemecah masalah dalam menghasilkan karbon aktif.

## METODE PENELITIAN

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram penelitian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil Karbon pada Proses Karbonisasi

Perhitungan hasil karbon pada proses karbonisasi dilakukan pada empat buah sampel (potongan kayu *Eucalyptus*). Perubahan massa masing-masing sampel ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel. 1 Penyusutan massa pada proses karbonisasi.

Kode Sampel	Massa sebelum karbonisasi (kg)	Massa setelah karbonisasi (kg)	Penyusutan massa (%)
Sampel 1	1,62	0,85	47,53
Sampel 2	1,62	0,85	47,53
Sampel 3	1,60	0,83	48,12
Sampel 4	1,59	0,77	51,57
		Rata-rata	48,69

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari Table 1 menunjukkan bahwa rata-rata persentase penyusutan massa pada proses karbonisasi sebesar 48,69 %. Penyusutan massa ini disebabkan pada proses karbonisasi, sampel mengalami perubahan struktur material organik menjadi arang, sehingga senyawa-senyawa kompleks yang menyusun material organik terurai menjadi arang dengan kandungan unsur karbon yang tinggi.

### 2. Hasil Karbon Aktif

Sampel yang diiradiasi menggunakan gelombang mikro dengan variasi daya 540 Watt, 630 Watt dan 720 Watt selama masing-masing 20 menit ditunjukkan pada Tabel 2.

Pada daya 540 Watt terjadi proses penyusutan kadar air dan bahan non-karbon yang terdapat pada karbon aktif. Pada daya 630 Watt, persentase hasil karbon aktif sedikit berkurang dari persentase hasil karbon aktif yang diiradiasi menggunakan daya 540 Watt, karena pada saat karbon aktif diiradiasi menggunakan daya 630 Watt terjadipenyusutan kadar air, penyusutan bahan non-karbon dan pembentukan pori secara maksimum. Pada daya 720 Watt persentase hasil karbon aktif lebih kecil dari daya 630 Watt, karena karbon aktif yang diiradiasi menggunakan daya 720 Watt hanya terjadi proses penghancuran atau pembesaran struktur pori yang terbentuk pada karbon aktif yang diiradiasi menggunakan daya 630 Watt.

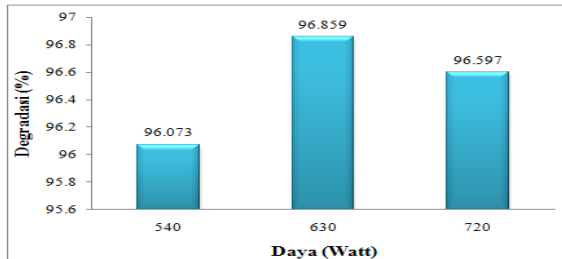
Tabel. 2 Hasil karbon aktif setelah diiradiasi selama 20 menit.

Daya iradiasi (Watt)	Massa awal (gram)	Massa akhir (gram)	Hasil karbon aktif (%)
540	200	183,87	91,935
630	200	182,00	91,000
720	200	180,49	90,245

### 3. Uji Metilen Biru

Daya serap karbon aktif terhadap variasi daya iradiasi gelombang mikro ditunjukkan pada Gambar 2. Besar daya serap karbon aktif terhadap metilen biru mengidentifikasi bahwa iradiasi gelombang mikro dengan waktu 20 menit dan daya 630 Watt menghasilkan struktur

pori yang efektif sebagai bahan penyerap. Hal ini disebabkan karbon aktif yang diiradiasi dengan daya 630 Watt memiliki persentase degradasi paling tinggi sebesar 96,859%.



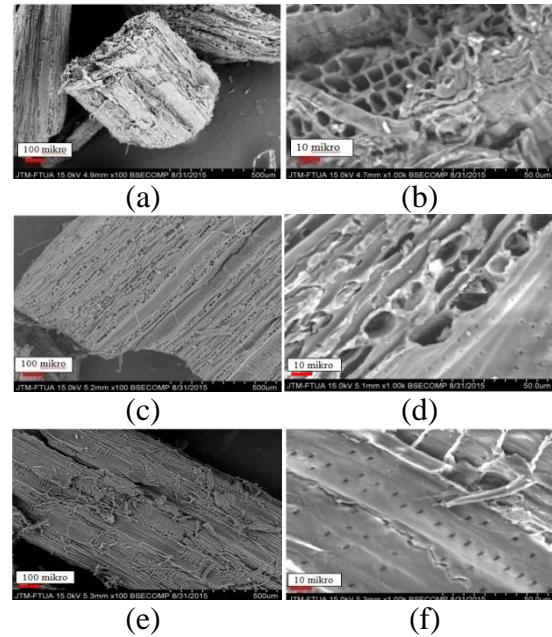
Gambar 2. Persentase degradasi karbon aktif terhadap metilen biru.

#### 4. Morfologi Permukaan Karbon Aktif

Mikroskop pindaian elektron (SEM) merupakan suatu karakterisasi yang digunakan untuk menentukan morfologi permukaan karbon.

Gambar 3 menunjukkan karakteristik morfologi permukaan karbon aktif kayu *Eucalyptus* setelah diiradiasi menggunakan gelombang mikro dengan variasi daya 540 Watt, 630 Watt dan 720 Watt dan masing-masing menggunakan perbesaran 100 X dan 1000 X.

Secara keseluruhan, hasil karakterisasi mikroskop pindaian elektron pada gambar 3. hanya menunjukkan pori-pori berukuran makro, sedangkan pori-pori berukuran mikro dan meso tidak dapat di amati. Pori mikro dan pori meso pada umumnya terdapat disekeliling pori makro, yang membentuk struktur seperti akar.



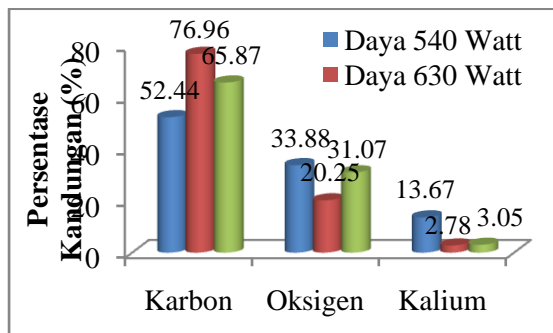
Gambar 3. Morfologi permukaan karbon aktif, (a,b) 540 Watt, (c,d) 630 Watt dan (e,f) 720 Watt.

#### 5. Komponen Karbon Aktif

Hasil karakterisasi Energi Dispersi sinar-X karbon aktif dari kayu *Eucalyptus* menunjukkan kandungan unsur-unsur yang terdiri dari karbon, oksigen dan kalium. Kalium tersebut berasal dari proses aktivasi yang menggunakan agen pengaktif KOH. Gambar 4 menunjukkan persentasi dari karakterisasi energi dispersi sinar-X karbon aktif setelah diiradiasi gelombang mikro dengan daya 540 Watt, 630 Watt dan 720 Watt selama 20 menit.

Jumlah oksigen dan kalium semakin berkurang karena setelah diiradiasi dengan gelombang mikro, jumlah oksigen dan kalium yang terdapat pada karbon aktif menguap. Semakin tinggi daya radiasi yang digunakan semakin tinggi temperatur yang

dihasilkan dan semakin banyak bahan non-karbon yang menguap (Fitriani et al, 2015).



Gambar 4. Persentase kandungan karbon aktif yang iradiasi menggunakan gelombang mikro selama 20 menit.

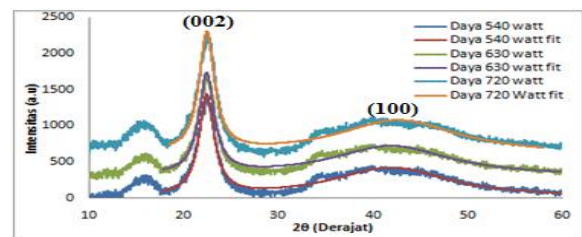
Rendahnya kandungan karbon pada karbon aktif ini disebabkan pemanasan yang tidak mencukupi untuk mengubah selulosa, hemiselulosa dan lignin menjadi karbon. Menurut Marsh & Rodrigues-Reinoso (2006) pada suhu pemanasan 927°C kandungan karbon berjumlah 90%, sedangkan pada suhu 1327°C berat kandungan karbon yang terbentuk besar dari 99%. Pembuangan unsur bukan karbon yang terjadi pada suhu di atas 1000°C, karbon yang dihasilkan disebut dengan karbon polymerik dan pemanasan yang terjadi dibawah 1000°C karbon yang dihasilkan bersifat antara polymer dan karbon (Jenkins and Kawamura, 1976).

## 6. Struktur Mikro Karbon Aktif

Karakterisasi difraksi sinar-X (XRD) dilakukan untuk mengidentifikasi padatan dari karbon aktif. Pada penelitian ini, difraksi sinar-X dilakukan pada interval  $2\theta$  sebesar  $10^\circ - 60^\circ$  terhadap karbon aktif kayu

*Eucalyptus* setelah diiradiasi menggunakan gelombang mikro dengan daya 540 Watt, 630 Watt dan 720 Watt.

Sampel yang diiradiasi dengan daya 540 Watt, 630 Watt dan 720 Watt memiliki bentuk pola difraksi sinar-X yang tidak jauh berbeda seperti yang terlihat pada Gambar 5. Besarnya sudut ini dipengaruhi oleh topologi permukaan dari sampel, karena sinar-X yang dipantulkan akan berkorelasi dengan kondisi permukaan sampel tersebut. Pantulan sinar-X yang ditangkap oleh detektor diterjemahkan sebagai puncak difraksi pada difraktogram (Fitriani et al, 2015).



Gambar 5. Pola difraksi sinar-X karbon aktif kayu *Eucalyptus*.

Hasil pengolahan parameter kisi dan dimensi Mikrokrystalit dari data difraksi sinar-X dari karbon aktif menggunakan program *Microcal Origin 3.5* dapat dilihat pada Tabel 3. *Microcal Origin 3.5* digunakan untuk mencari besar sudut  $2\theta$  untuk puncak difraksi (002) dan (100), dan lebar puncak setengah maksimum yang kemudian diolah untuk mengetahui  $d_{hkl}$ , dan untuk penghitungan tinggi lapisan ( $L_c$ ) dan lebar lapisan ( $L_a$ ) serta jumlah lapisan ( $N_p$ ) mikrokrystalin karbon aktif.

Pola difraksisinar-X dapat mengetahui dimensi mikro kristalin seperti tinggi lapisan ( $L_c$ ) dan lebar lapisan ( $L_a$ ) menggunakan persamaan Scherrer (Klug dan Elexander, 1970)

$$L_c = 0,89\lambda/\beta \cos \theta_{002} \quad (1)$$

$$L_a = 1,84\lambda/\beta \cos \theta_{100} \quad (2)$$

Di mana  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X dan  $\beta$  adalah lebar puncak setengah maksimum.

Tabel 3. Data parameter kisi dimensi mikrokrystalit

Daya Iradiasi (Watt)	$2\theta$		Jarak Antar Bidang ( $\text{\AA}$ )		Dimensi Mikrokrystalit ( $\text{\AA}$ )	
	(002)	(100)	$d_{002}$	$d_{100}$	$L_c$	$L_a$
540	22,44	41,90	3,958	2,154	47,313	11,687
630	22,47	42,75	3,952	2,113	48,473	10,347
720	22,48	41,93	3,950	2,152	47,356	11,600

Semakin besar daya iradiasi semakin besar pula sudut  $2\theta$  untuk puncak (002) dan (100), semakin kecil jarak antar bidang  $d_{002}$  dan  $d_{100}$ . Pada sampel yang diiradiasi dengan daya 630 Watt memiliki sudut  $2\theta$  lebih besar dibandingkan dengan daya 540 Watt dan 720 Watt. Nilai  $L_c$  pada sampel yang diiradiasi dengan daya 630 Watt lebih besar dibandingkan dengan sampel yang diiradiasi dengan daya 540 Watt dan 720 Watt, tetapi nilai  $L_a$  pada sampel yang diiradiasi dengan daya 630 Watt memiliki nilai yang paling kecil dan Nilai  $N_p$  pada sampel yang diiradiasi dengan daya 630 Watt memiliki nilai yang paling tinggi karena nilai  $L_c$  berbanding lurus dengan jumlah lapisan ( $N_p$ )

mikrokrystalin karbon aktif dan nilai  $d_{002}$  berbanding terbalik dengan jumlah lapisan ( $N_p$ ) mikrokrystalin karbon aktif. Nilai  $L_c$  dan  $L_a$  pada penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan nilai  $L_c$  dan  $L_a$  yang di dapat Nor et al (2015) dalam penelitian elektroda superkapasitor terbuat dari tandan kosong kelapa sawit dengan  $L_c = 13,078$  dan  $L_a = 46,383$ . Semakin tinggi nilai  $L_c$  maka luas permukaan karbon aktifnya semakin tinggi (Boyea et al., 2007; Qu, 2002).

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang di dapat dari hasil penelitian dan pembahasan karbon aktif kayu *Eucalyptus* yang diiradiasi menggunakan gelombang mikro dengan beberapa variasi daya adalah:

1. Karbon aktif kayu *Eucalyptus* yang diiradiasi menggunakan gelombang mikro dengan beberapa variasi daya selama 20 menit yang memiliki persentase degradasi Metilen biru paling tinggi terjadi pada daya 630 Watt yaitu sebesar 96,859 %.
2. Pada hasil Energi dispersi sinar-X, unsur karbon terbanyak pada karbon aktif kayu *Eucalyptus* yaitu saat karbon aktif diiradiasi menggunakan daya 630 Watt sebesar 76,96%.
3. Daya serap metilen biru tertinggi diperoleh pada daya 630 Watt sebesar 96,859 %. Nilai ini didukung oleh nilai  $L_c$  yaitu 48,4733 $\text{\AA}$ .

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Universitas Riau yang telah memberikan dukungan dana DIPA Universitas Riau melalui Penelitian Berbasis Laboratorium Tahun 2015 dengan no. kontrak : 467A/UN19.5.1.3/LT2015.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M.J., and Theydan, S.K. 2014. Optimisation of microwave preparation conditions for activated carbon from Albizia lebeck seed pods for methylene blue dye adsorption. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 105 (2014) 199–208.
- Boyea, J. M., Camocho, S.P and Ready, W.J. 2007. Carbon nanotube-based supercapacitor. *Technologies and markets*. 4(1):585-593.
- Chen, H. and Hashisho, Z. 2012. Fast preparation of activated carbon from oil sands coke using gelombang mikro-assisted activation. *Fuel* 95: 178–182.
- Deng, H., Yang, L., Tao, G. and Dai, J. 2009. Preparation and characterization of activated carbon from cotton stalk by gelombang mikro assisted chemical activation-Application in metilen biru adsorption from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*. 166: 1514-1521.
- Fitriani, Awitdrus, Farma. R. 2015. Studi Awal Pengaktifan Karbon Menggunakan Radiasi Gelombang Mikro Sebagai Bahan Penyerap Dari Kayu Eucalyptus. *Jurnal Online Mahasiswa*.
- Foo, K.Y. and Hameed B.H. 2011. Gelombang mikro-assisted preparation of oil palm fiber activated carbon for metilen biru adsorption. *Chemical Engineering Journal* 166: 792–795.
- Iqbaldin. M. M. N., Khudzir. I., Azlan. M. M. I., Zaidi. A. G, Surani. B, dan Zubri. Z. 2013. Properties Of Coconut Shell Activated Carbon. *Journal of Tropical Forest Science* 25(4): 497-503.
- Jenkins, G., M. and Kawamura, K. 1976. *Polymeric Carbon-Carbon Fiber Glass and Char*. London: Cambridge University press.
- Kawano, T., Kubato, M., Onyango, M., S., Watanabe, T., Matsuda, H. 2008. Preparation of activated Carbon From Petroleum Coke By KOH Chemical Activation For Adsorption Heat Pump. *Applied Thermal Engineering*. 28 (8-9):2.865-871.
- Khelifi. A., Almazan-Almazan, M.C., Perez-Mendoza, M., Domingo-Garcia and Addoun, A. 2010. Influence of nitric acid concentration on the characteristics of active carbons obtained from a mineral coal, *Fuel Process Technology*. 91: 1338-1344.
- Klug, H. P. and Alexander, L. E. 1970. *X-ray Diffraction procedures: For Polycrystalline and Amorphous*. New York: Jhon Wiley and Sons.
- Li, W., Zhang, L-B., Peng, J.-H., Li, N., Zhu, X-Y. 2008. Preparation of high surface area activated carbons from tobacco stems with K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> activation using gelombang mikro radiation. *Industrial Crops and Products*. 27: 341-347.
- Li, W. Peng, J.H. and Zhang, L.B. 2009. Preparation of activated carbon from coconut shell chars in pilot-scale gelombang mikro heating equipment at 60 kW, *Waste Management* 29: 756–760.
- Marsh, H. and Rodrigues-Reionoso, F. 2006. Activated Carbon. Elsevier Ltd. [http://www.Sciencedirect.Com/Science/600/9780080444635\[25 Januari 2009\]](http://www.Sciencedirect.Com/Science/600/9780080444635[25 Januari 2009]).
- Nor. N. S. M., Deraman. M., Omar. R., Awitdrus, Farma. R., Basri. N. H., Dolah. B. N. M., Mamat. N. F., Yatim. B., Daud. M. N. M. 2015. Influence of Gamma irradiation exposure on the Performance of Supercapacitor Electrodes Made from Oil Palm Empty

- Fruit Bunches. *Energy*. Vol. 79:183-194.
- Qu, D. 2002. Studies of the Activated Carbon Used in Double-Layer Supercapacitor. *Journal of Power Source*. 109(3): 403-411.
- Thoha. M. Y. dan Fajrin. D. E. 2010. Pembuatan Briket Arang Dari Daun Jati dengan Sagu Aren Sebagai Pengikat. *Jurnal Teknik Kimia*, vol 17(1):34-43.
- Wu, F.-C., Tseng, R.-L., Hu, C.-C. and Wang, C.-C. 2006. The capacitive characteristics of activated carbons-comparisons of the activation methods on the pore structure and effects of the pore structure and electrolyte on the capacitive performance, *Journal of Power Source*, 59(2) : 1532-154