

**PENGARUH VARIASI AKTIVASI KOH PADA ELEKTRODA KARBON
DARI TEMPURUNG KELAPA TERHADAP
SIFAT FISIS SUPERKAPASITOR**

Fajarini*, Erman Taer, Sugianto

**Mahasiswa Program S1 Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia
*fajarini28@gmail.com**

ABSTRACT

Production of carbon electrode supercapacitor made from coconut shell carbon has been demonstrated. Increment of porosity parametry was developed by KOH activation variations. Measurement of the physical properties of carbon powder carried by Scanning Electron Microscopy, X-ray diffraction for the structure of crystallinity, and energy X-ray dispersive for the content of the element. Results of Scanning Electron Microscopy characterization for KTK 3 was lighter than the KTK 1 sample. XRD characterization results for KTK 1 sample and KTK 3 sample have an amorphous structure. The percentage of carbon content was 92.82% for KTK 1 sample and 90.23% for the KTK 3 sample. The results indicated that the physical properties of supercapacitor electrode was strongly influenced by the concentration of the activator.

Keywords : Coconut shell carbon, carbon electrodes, variations in activation of KOH, supercapacitor

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pembuatan elektroda karbon superkapasitor dari karbon tempurung kelapa. Peningkatan sifat porositas dilakukan menggunakan variasi aktivasi KOH. Pengukuran sifat fisis serbuk karbon dilakukan dengan metode *scanning elektron microscopy*, difraksi sinar-X untuk melihat sifat struktur kristalinitas, dan energi dispersi sinar-X untuk melihat kandungan unsur. Hasil karakterisasi *scanning elektron microscopy* menunjukkan sampel KTK 3 berwarna lebih terang dari pada sampel KTK 1. Hasil karakterisasi XRD untuk sampel KTK 1 dan sampel KTK 3 memiliki struktur amorf. Persentase kandungan karbon 92,82 % untuk sampel KTK 1 dan 90,23 % untuk KTK 3. Berdasarkan semua hasil pengukuran ditunjukkan bahwa sifat fisis elektroda superkapasitor sangat dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pengaktif.

Kata Kunci : Karbon tempurung kelapa, elektroda karbon, variasi aktivasi KOH, superkapasitor.

PENDAHULUAN

Superkapasitor adalah kapasitor elektrokimia yang berdasarkan pada kapasitas listrik dua lapisan. Nilai kapasitansi superkapasitor jauh lebih besar dibandingkan dengan kapasitor komersil. Superkapasitor terdiri dari pengumpul arus (*current collector*), elektroda karbon, separator (pemisah) dan elektrolit. Bahan karbon merupakan bahan yang paling banyak menarik minat para peneliti dalam pembuatan elektroda superkapasitor, hal ini dikarenakan biaya yang relatif rendah, luas permukaan yang tinggi dan mudah didapat (Ruiz dkk., 2007).

Tempurung kelapa pada penelitian ini dipilih sebagai bahan pembuatan karbon aktif karena tempurung kelapa memiliki kandungan hemiselulosa, selulosa dan lignin yang cukup tinggi sehingga secara teori kandungan karbon pada tempurung kelapa juga sangat tinggi (Pugersari dkk., 2013). Superkapasitor bekerja berdasarkan prinsip lapisan ganda yang berhubungan dengan proses difusi ion antara pori elektroda dan elektrolit, sehingga luas permukaan spesifik yang tinggi dan volume pori yang besar pada elektroda merupakan persyaratan dasar untuk mencapai kapasitansi yang tinggi (Gao dkk., 2009). Pori yang berperan penting terhadap berlangsungnya proses difusi ion adalah mesopori dan mikropori. Beberapa cara untuk mendapatkan atau menambah jumlah struktur mesopori dan mikropori salah satunya adalah dengan cara mekanik, yaitu *ball milling* (Puspitasari, 2014). Proses ini mengandalkan peristiwa tumbukan antara bola penghancur dengan partikel karbon sehingga menyebabkan terjadinya pemecahan struktur partikel karbon yang menghasilkan butiran yang lebih kecil. Secara teori semakin lama peristiwa tumbukan terjadi maka akan semakin banyak partikel kecil yang dihasilkan

akibat perpecahan struktur partikel mula-mula (Nandhini dkk., 2012). Karbon tempurung kelapa memiliki mikropori yang banyak, kadar abu yang rendah, kelarutan dalam air yang tinggi dan reaktivitas yang tinggi (Subadra, dkk. 2005), hal ini yang menjadikan peneliti memanfaatkan tempurung kelapa sebagai karbon aktif dan nantinya karbon aktif diaplikasikan sebagai elektroda karbon. Cara yang sering digunakan untuk memperbesar nilai luas permukaan karbon aktif yaitu dengan cara diberikannya aktivator sebagai proses pengaktifan.

Aktivator serbuk karbon tempurung kelapa yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah Kalium Hidroksida (KOH). Pemilihan KOH sebagai aktivator dikarenakan KOH mampu mengontrol keasaman serbuk karbon tempurung kelapa sehingga mampu membuka pori, setelah diaktivasi menggunakan KOH diharapkan mampu memperbanyak struktur mikropori dan mesopori pada elektroda karbon. Penelitian ini akan membandingkan tiga variasi antara perbandingan jumlah massa KOH dengan jumlah massa sampel karbon tempurung kelapa yang bertujuan untuk mendapatkan sifat pengaktif yang paling baik pada luas permukaan karbon tempurung kelapa yang digunakan sebagai elektroda karbon.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode secara eksperimen di laboratorium.

A. Prosedur Pembuatan Sampel

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon tempurung kelapa, pada tahap ini karbon dihancurkan menggunakan lesung penggiling manual hingga menjadi partikel kecil berukuran 0,5 mm agar proses penggilingan menjadi serbuk karbon lebih

mudah. Karbon tempurung kelapa yang berbentuk partikel kecil digiling dengan menggunakan mesin *Ball milling* selama 20 jam, kemudian dilakukan pengayakan untuk memperoleh serbuk dengan ukuran 50-100 μm , setelah itu dilakukan aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dengan variasi aktivasi perbandingan massa karbon, massa KOH dan volume air suling 1:3:5 (KTK 1), variasi aktivasi perbandingan massa karbon, massa KOH dan volume air suling 1:4:5 (KTK 2) dan variasi aktivasi perbandingan massa karbon, massa KOH, dan volume air suling 1:5:5 (KTK 3).

Tahap aktivasi kimia, larutkan KOH dengan air suling sesuai takaran variasi sampel menggunakan *hot plate* dengan suhu 80°C dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 1 jam. Larutan KOH dicampur dengan serbuk karbon kemudian dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan suhu 80°C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama 2 jam, kemudian dilakukan penetralan dan pencucian. Penetralan dilakukan dengan mencampurkan larutan HCl sedikit-sedikit hingga mencapai pH netral lalu dilakukan pencucian dengan cara menambahkan aquades dan berulang, biarkan hingga mengendap, setelah itu cairan yang ada pada campuran dibuang hingga tersisa endapannya saja, setelah proses penetralan selesai maka larutan karbon ini di keringkan dengan menggunakan oven, kemudian setelah kering di jadikan berbentuk serbuk karbon kembali.

B. Karakterisasi Sifat Fisis Karbon Aktif

Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan keadaan morfologi dari serbuk karbon tempurung kelapa yang sudah diberikan perlakuan aktivasi.

1. Scanning Electron Microscopy

Mikroskop Pindaian Elektron (SEM) adalah salah satu jenis dari mikroskop elektron yang digunakan untuk melihat topologi dan morfologi suatu serbuk padatan. Mikroskop elektron adalah suatu instrumen yang menggunakan pancaran elektron berenergi tinggi sehingga memperbesar gambar dari satu partikel yang sangat kecil. Cara kerja SEM adalah menggunakan sinar elektron yang dipercepat dengan anoda dan difokuskan ke sampel. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scanning*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (Russell, 1985).

2. Difraksi Sinar-X

Salah satu kegunaan difraksi sinar-X (XRD) adalah untuk membedakan antara material yang bersifat kristal dengan amorf. Prinsip dari difraksi sinar-X adalah difraksi gelombang sinar-X yang mengalami hamburan setelah bertumbukan dengan atom kristal. Pola difraksi yang dihasilkan menampilkan struktur kristal. Analisa pola difraksi dapat ditentukan parameter kisi, ukuran kristal, identifikasi fasa kristalin. Jenis material dapat ditentukan dengan membandingkan hasil difraksi sinar-X dengan katalog hasil difraksi berbagai macam material (Schields, 1991).

3. Teori Energi Dipersif X-ray

Energi Dipersif sinar-X (EDX) merupakan karakterisasi material menggunakan sinar-X yang diemisikan ketika material mengalami tumbukan dengan elektron. Tingkat energi tergantung dari tingkatan energi kulit atom sebab sinar-X diemisikan dari transisi elektron

dari lapisan kulit atom. Sehingga dengan mendeteksi tingkat energi yang dipancarkan dari sinar-X dan intensitasnya, maka dapat diketahui atom-atom penyusun material dan persentase massanya.

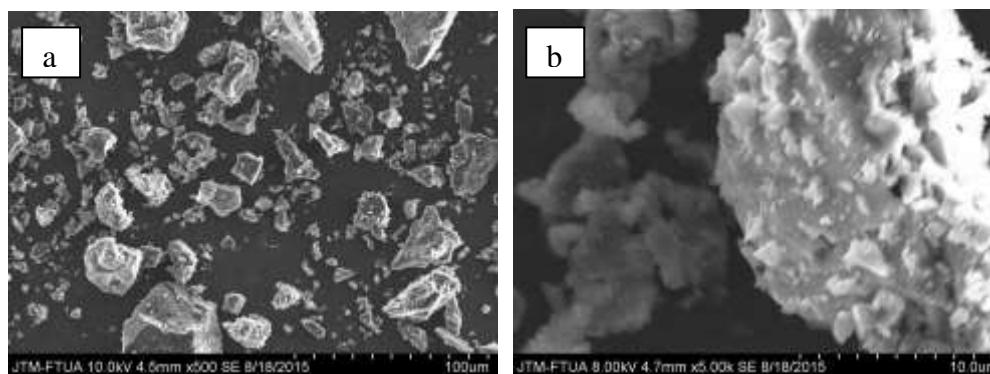
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa *Scanning Electron microscopy* (SEM)

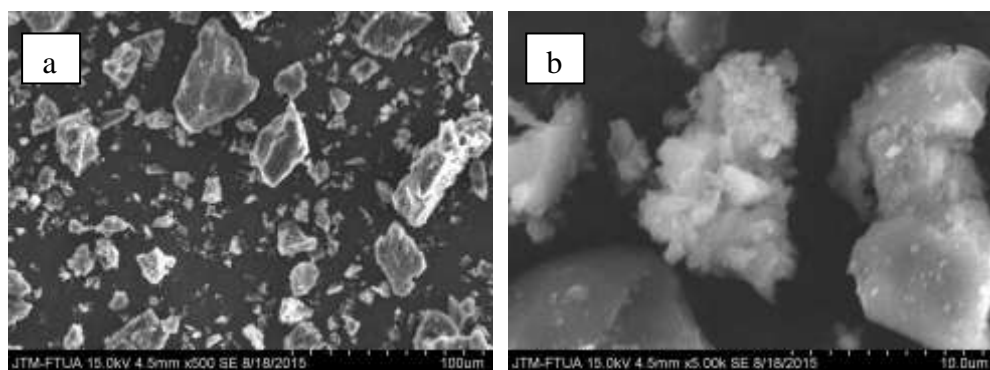
Gambar morfologi pada permukaan serbuk karbon tempurung kelapa yang telah diberi perlakuan aktivasi kimia menggunakan KOH dapat dilihat pada gambar di bawah ini dengan perbesaran 500 X dan 5000 X

Hasil uji Pindaian Mikroskop Elektron untuk sampel KTK 1 dapat

dilihat pada Gambar 1 dan untuk sampel KTK 3 dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2b menunjukkan bahwa lebih banyak pori yang terbentuk dibandingkan Gambar 1b. Struktur pori dapat dilihat dari pola gelap dan terang yang ditangkap oleh monitor melalui proses pindaian. Ketika sampel karbon ditembak oleh elektron maka elektron tersebut akan bertumbukan secara tidak elastis dan elastis sehingga menyebabkan terjadinya ionisasi elektron yang terdapat pada sampel. Elektron yang bertumbukan dengan sampel yang sedikit pori (pejal) akan terjadi tumbukan secara tidak elastis sedangkan elektron yang bertumbukan dengan permukaan sampel yang banyak pori akan bertumbukan secara elastis sehingga elektron yang terionisasi lebih besar.



Gambar 1. Hasil karakterisasi SEM sampel karbon KTK 1 (a) perbesaran 500 X (b) perbesaran 5000 X

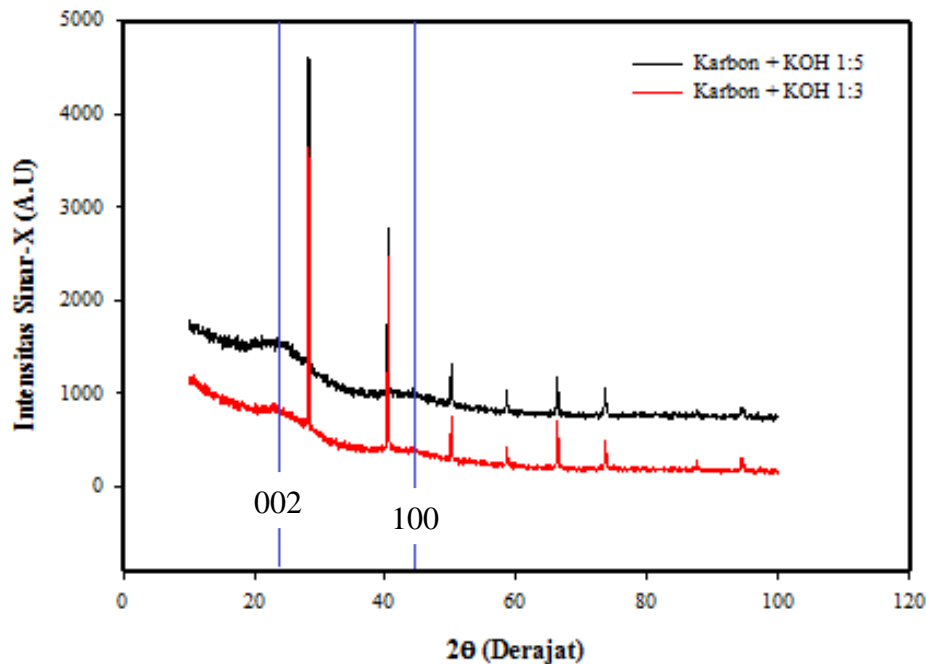


Gambar 2. Hasil karakterisasi SEM sampel karbon KTK 3 (a) perbesaran 500 X (b) perbesaran 5000 X

Elektron-elektron yang terionisasi tersebut menghasilkan elektron sekunder yang keluar dari sampel dan kemudian ditangkap oleh detektor dan dikirim ke layar monitor. Gambar pada monitor merupakan representasi dari elektron yang terpancar dari sampel. Area yang memantulkan banyak elektron akan menghasilkan gambar yang lebih terang sedangkan yang tidak reflektif akan terlihat lebih gelap (Russell, 1985). Gambar 2 menunjukkan warna lebih terang dibandingkan Gambar 1, itu dikarenakan sampel KTK 3 pada Gambar 2 memiliki pori lebih banyak dibandingkan sampel KTK 1 yang ditunjukkan pada Gambar 1.

2. Analisa Hasil Difraksi Sinar-X

Derajat kristalinitas diperoleh dari pengukuran Difraksi Sinar-X yang digunakan untuk menentukan sifat kristalinitas (kristal atau amorf) suatu material, parameter kisi dan jarak antara atom pada bidang kristal. Derajat kristalinitas merupakan tingkat keteraturan struktur suatu material (Husain, 2000). Gambar 3 menunjukkan hasil difraksi sinar-X pada karbon serbuk tempurung kelapa KTK 1 dan KTK 3.



Gambar 3. Pola difraksi sinar-X untuk sampel KTK 1 dan KTK 3

Hasil karakterisasi difraksi sinar-X pada karbon aktif tempurung kelapa adalah pola difraksi sudut 2θ yaitu dari rentang 0° - 100° dan pada intensitas sinar-X rentangnya 0-800 (A.U). Secara umum keberadaan dua puncak (002) dan (100) masing –masing berada pada sudut 2θ pada daerah 24° - 48° . Lebih khusus lagi untuk sampel KTK 1 dihasilkan puncak

pada 2θ yaitu $23,858^\circ$ dan $46,511^\circ$, sedangkan untuk sampel KTK 3 yaitu $24,415^\circ$ dan $48,374^\circ$, sudut 2θ pada daerah 23° bersesuaian dengan hkl (002) dan sudut daerah 48° bersesuaian dengan hkl (100), pada penelitian ini besar kecilnya konsentrasi aktivator mempengaruhi besar kecilnya sudut 2θ pada hkl (002) dan sudut 2θ pada hkl (100) yang dihasilkan.

Karbon serbuk tempurung kelapa KTK 3 menghasilkan sudut 2θ pada hkl (002) dan sudut 2θ pada hkl (100) lebih besar jika dibandingkan dengan sampel KTK 1, pada Gambar 3 jelas terlihat bahwa pada nilai

hkl (002) dan (100) ditampilkan dalam bentuk jangkauan sudut yang lebar dan puncak yang landai, keadaan ini menunjukkan bahwa sampel KTK 1 dan KTK 3 bersifat amorf.

Tabel 1. Parameter kisi hasil difraksi sinar-X

Kode Sampel	2θ (002) ($^{\circ}$)	2θ (100) ($^{\circ}$)	d_{002} (\AA)	d_{100} (\AA)	La (\AA)	Lc (\AA)
KTK 1	23.858	46.511	3.727	1.951	9.034	6.168
KTK 3	24.415	48.374	3.643	1.880	15.150	12.488

Hasil dari karakterisasi difraksi sinar X selain menentukan keadaan struktur dari karbon aktif tempurung kelapa juga bisa digunakan untuk menentukan lebar lapisan mikrokristalin (La) dan tinggi lapisan makrokristalin (Lc) menggunakan software microcal origin.

Penentuan nilai La dan Lc pada software *microcal origin* sama dengan menggunakan persamaan Debye-scherrer yang terdapat pada 2.5 dan 2.6. Hasil perhitungan dengan menggunakan software *microcal origin* tidak hanya menentukan besarnya La dan Lc, tetapi dapat juga digunakan untuk menentukan beberapa parameter lain seperti: θ (rad), $\sin \theta$, $\cos \theta$, β , Lc (002) La (001).

Tabel 1 menampilkan nilai sudut 2θ untuk sampel karbon KTK 1, dan KTK 3 yang mengalami pergeseran nilai 2θ pada bidang hkl (002) dan (100). Sampel KTK 3 nilai 2θ pada bidang hkl (002) dan (100) lebih besar dibandingkan dengan sampel KTK 1. Perubahan nilai La dan Lc pada kedua sampel karbon jelas dapat diamati. Sampel KTK 3 memiliki nilai Lc/La lebih kecil dibandingkan dengan sampel KTK 1, hal itu menunjukkan luas permukaan KTK 3 lebih besar karena harga La dan Lc dapat mengindikasikan ukuran partikel, semakin kecil harga Lc/La maka ukuran partikel semakin kecil

sehingga permukaan sentuh yang dihasilkan semakin luas.

3. Analisa Kandungan Unsur

Sampel serbuk karbon tempurung kelapa berukuran 50-100 μm yang telah di aktivasi secara kimia dengan variasi sampel KTK 1 dan KTK 3 memiliki beberapa kandungan unsur setelah dilakukan pengujian energi dispersif sinar-X pada permukaan sampel.

Tabel 2 menunjukkan data kandungan unsur yang terdapat dalam serbuk karbon tempurung kelapa. Variasi sampel KTK 1 dan KTK 3 memiliki kandungan unsur yang sama yaitu, Karbon (C), Oksigen (O) dan Kalium (K).

Perbandingan persentase antara sampel KTK 1 dan KTK 3 terlihat bahwa sampel dengan konsentrasi KOH yang lebih kecil memiliki kandungan karbon dan kalium yang lebih besar sedangkan unsur oksigen terlihat lebih besar pada sampel KTK 3. Perbedaan kandungan unsur kemungkinan dipengaruhi oleh keberadaan kandungan unsur kalium dan oksigen yang tidak sama. Keberadaan kandungan unsur kalium dan oksigen yang besar kemungkinan dipengaruhi proses pencucian yang tidak sempurna.

Tabel 2. persentase unsur yang terkandung pada serbuk karbon tempurung kelapa

No	Komponen unsur	KTK 1		KTK 3	
		Berat (%)	Atom (%)	Berat (%)	Atom (%)
1	Karbon	92,82	94,85	90,23	92,48
2	Oksigen	6,39	4,90	9,77	7,52
3	Kalium	0,79	0,25	0,01	0,00
Total		100			

KESIMPULAN

Perbedaan variasi perbandingan massa karbon dan KOH saat aktivasi kimia berpengaruh pada sifat fisis karbon aktif. Bentuk morfologi untuk sampel KTK 3 memiliki ukuran partikel lebih kecil dan menunjukkan warna lebih terang karena sampel tersebut memiliki pori lebih banyak dibanding sampel KTK 1. Nilai sudut 2θ pada d_{hkl} 002 adalah $23,858^\circ$ dan d_{hkl} 100 adalah $46,511^\circ$ untuk sampel KTK 1 sedangkan Nilai sudut 2θ pada d_{hkl} 002 adalah $24,415^\circ$ dan d_{hkl} 100 adalah $48,374^\circ$ untuk sampel KTK 3. Hasil karakterisasi dispersi sinar-X menunjukkan kandungan karbon untuk sampel KTK 1 adalah karbon 92,82 % dan untuk sampel KTK 3 yaitu 90,23 %, hal itu dikarenakan perbandingan massa KOH yang di berikan pada variasi 1:5 lebih banyak sehingga masih banyak perbandingan massa yang masih tertinggal di dalam sampel setelah pencucian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemenristek Dikti untuk Hibah Kompotensi yang berjudul "Nano Karbon Berbasis Limbah Biomassa sebagai Inti Elektroda Campuran untuk Superkapasitor "Tahun 2015 atas pendanaan yang diberikan melalui Dr. Erman Taer, M.Si.

DAFTAR PUSTAKA

Gao, B., Yuan, C. Z., Su, L. H., Chen, L., and X.G Zhang,. 2009. *Nickel oxide coated on ultrasonically*

pretreated carbon nano tube for supercapacitor. Journal Solid State Electrochemical; 13: 1251.

Hussain, R., R. Qadeer, M. Ahmad, M. Saleem. 2000. X-Ray Diffraction Study of Heat-Treated Graphitized and Ungraphitized Carbon. Turk J Chem 24:177-183.

Nandhini, R., P.A. Mini, B. Avinash, S.V. Nair, K.R.V. 2012. *Subramanian. Supercapacitor Electrodes Using Nanoscale Activated Carbon From Graphite By Ball Milling*.

Puspitasari. F, 2014. *Efek Variasi Waktu Ball Milling Terhadap Karakteristik Elektrokimia Sel Superkapasitor Berbasis Karbon*. Skripsi jurusan fisika FMIPA Universitas Riau, Pekanbaru.

Pugersari, D., Syarief, A., Larasati, D. 2013. Eksperimen Pengembangan Produk Fungsional Bernilai Komersial Berbahan Baku Tempurung Kelapa Berusia Muda dengan Teknik Pelunakan. *ITB*. Vol. 5, No. 1, 2013, 74-91.

Ruiz,V., Blanco, C., Granda, M., Menendez, R., and Santamaria, R. 2007. *Influence of electrode preparation on the electrochemical behaviour of carbon-based supercapacitors*. J Appl Electrochem.37:717-721.

- Russell, SD., Daghlian, CP.1985.
Scanning Electron Microscopic Observations on Deembedded Biological Tissue Sections : Comparison of Different Fixatives and Embedding Materials.
Journal of Electron Microscopy Technique 2 (5):489-495.
- Schiels, P. J. 1991. *Bragg's Law and Diffraction How Waves Reveal The Atomic Structure of Crystal.*
Center For High Pressure Research Departement of Earth and Space Sciences State University of New York at Stony Brook, NY 1174-20100.
- Subadra, I. Setiaji, B., Tahir, I. 2005.
Activated Carbon Production From Coconut Shell With $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ Activator As An Adsorbent In Virgin Coconut Oil Purification. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.