

## KONVERSI ARANG TEMPURUNG KELAPA MENJADI ELEKTRODA KARBON

Meytij Jeanne Rampe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Manado

### ABSTRAK

Tempurung kelapa merupakan salah satu sumber material untuk menghasilkan arang, karbon aktif, asap cair, ornament dan kerajinan lainnya. Apabila tempurung kelapa dipirolisis maka produk utamanya adalah arang dengan hasil samping komponen volatil, air dan abu. Arang tempurung kelapa memiliki sifat kekerasan yang baik, kadar karbon terikat tinggi dan kadar abu rendah. Arang adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pemanasan dari bahan yang mengandung unsur karbon. Sebagian besar dari pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, tar dan senyawa organik lain dan komponennya terdiri dari karbon terikat, abu, air, nitrogen dan sulfur. Material karbon merupakan salah satu jenis material yang cukup potensial penggunaannya dalam bidang rekayasa dan konstruksi. Material karbon memiliki beberapa jenis allotrop di antaranya grafit, intan, *black carbon*, *fullerene* dan *carbon nano tube* (CNT). Karbon dapat dihasilkan pada temperatur 1000-1300 °C sedangkan grafit dipanaskan pada temperatur 2500 °C ke atas. Pembuatan elektroda karbon dari arang tempurung kelapa dapat dilakukan pada pemanasan pada temperatur 1500 °C dan menghasilkan elektroda karbon dari arang amorf menjadi karbon dengan struktur semi-kristal.

Kata kunci : tempurung kelapa, elektroda karbon, struktur semi-kristal

### ABSTRACT

Coconut shell of coconut represent one of source of material to yield charcoal, activated carbon, liquid smoke, ornament and other crafting. If coconut shell of coconut of pyrolyzed hence product the core important is charcoal with result from other side component of volatil, ash and water. The charcoal coconut shell of coconut was measure up to good hardness, fixed carbon high and dusty rate lower. Charcoal is a solid of materials which have pore and represent result of warm-up of pregnant materials [of] carbon element. Most of its pores still closed with hydrocarbon, other organic compound and tar and its component consist of carbon tied, ash, water, sulphur and nitrogen. Carbon material represent one of [the] material type which potential enough its use in the field of construction and engineering. Carbon material have some type of allotrop among others graphite, diamond, carbon black, fullerene and carbon tube nano (CNT). Carbon can be yielded at temperature 1000-1300 °C while graphite heated at temperature >2500 °C. Sintesis of carbon electrode from of the charcoal coconut shell can be done by warm-up at temperature 1500 °C and yield carbon electrode of charcoal of amorf become carbon with structure of semi-cristal.

Keywords: coconut shell, carbon electrode, structure of semi-cristal

### PENDAHULUAN

Total luas perkebunan kelapa Indonesia pada tahun 2007 mencapai 3,88 juta Ha dan sebagian besar (98%) merupakan perkebunan rakyat. Total produksi kelapa tahun 2007 mencapai 3,3 juta ton setara kopra, atau sebesar 29,8% dari total produksi dunia sebesar 10,3 juta ton (APCC, 2008). Tampaknya besaran tersebut tidak beranjak banyak sampai tahun 2009. Perkebunan kebun kelapa hampir merata di seluruh Indonesia, dengan sebaran terbanyak berada di Sumatera mencapai 34,5%, Jawa 23,3%, Sulawesi 19,6%, Bali, NTB dan NTT 8,0%, Kalimantan 7,2%, Maluku dan Papua 7,5%. Bila

dilihat luas lahan kelapa menurut propinsi kebun kelapa terluas berada di propinsi Riau 627,978 Ha (16,27%), disusul Jawa Timur 288, 842 ha (7,48%), Sulawesi Utara 268,737 ha (6,86%), Jawa Tengah 234,453 ha (6,07 %), Maluku Utara 209,897 ha (5,44%), Jawa Barat 190,452 Ha (4,93%), Sulawesi Tengah 171,875 Ha (4,45%), NTT 161,402 Ha (4,18%), Lampung 153, 499 ha (3,98 %) dan Sumatera Utara 1234,770 Ha (3,21%) serta beberapa daerah lainnya (Jamaran, 2010).

Tanaman kelapa bisa dipelihara sampai berbuah lalu dipanen dan dimanfaatkan buah

\* Korespondensi :

Telepon: -

E-mail: meytij\_rampe@yahoo.co.id

DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.8.2.2015.13267>

tersebut dengan hasil utama daging buah kelapa serta hasil ikutan berupa air kelapa, tempurung dan sabut. Tempurung kelapa dijadikan dapur api (dibakar), alternatif lainnya adalah dijadikan arang, arang aktif, asap cair, ornament, dan kerajinan lainnya. Tempurung kelapa baik dijadikan arang, karena memiliki sifat kekerasan yang baik, kadar karbon terikat tinggi, dan kadar abu mineral rendah. Apabila tempurung kelapa dipirolisis maka produk utamanya adalah arang dengan hasil samping komponen volatil, air dan abu. Komponen penyusun arang terdiri dari karbon terikat, abu, air, nitrogen dan sulfur. Sebagian besar pori-pori arang masih tertutup dengan hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain (Marsh & Reinoso, 2005; Bansal & Goyal, 2005). Arang hasil proses pirolisis tersebut sangat potensial diolah menjadi elektroda.

Arang adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pemanasan dari bahan yang mengandung unsur karbon. Sebagian besar dari pori-porinya masih tertutup dengan hidrokarbon, tar dan senyawa organik lain dan komponennya terdiri dari karbon terikat, abu, air, nitrogen dan sulfur (Marsh & Rodrigues-Reinoso, 2005). Arang dapat dibuat dengan pemanasan langsung atau tidak langsung dalam timbunan maupun tanur. Pada proses peruraian ini selain arang dapat dihasilkan produk lain berupa destilat dan gas. Produk yang memiliki nilai komersial terutama adalah arang.

Material karbon memiliki beberapa jenis allotrop (bentuk material karbon yang berbeda struktur ikatan kimianya), di antaranya grafit, intan, *black carbon*, *fullerene*, *carbon nano tube* (CNT). Grafit merupakan jenis material karbon yang terbentuk dari atom-atom karbon yang membentuk orbital  $sp^2$ . Satu atom karbon membentuk ikatan dengan 3 atom karbon lainnya (Dresselhaus dkk., 1996; Franklin, 2012). Jika dilihat dalam skala mikroskopis, material grafit ini terdiri atas lembaran-lembaran datar atom-atom karbon yang berikatan, disebut grafen. Grafen-grafen ini saling membentuk ikatan satu sama lain melalui ikatan lemah van der Waals. Sifat struktur ikatan dan interaksi dinamis antara lembaran grafen menghasilkan sifat konduktivitas listrik yang besar serta sifat sebagai pelumas (pelumas). Aplikasi di lapangan material grafit ini berperan sebagai konduktor listrik yang baik dan bahan untuk pelumas.

Material karbon merupakan salah satu jenis material yang cukup potensial penggunaannya dalam bidang rekayasa dan konstruksi. Material karbon yang digunakan

biasanya allotrop dari makromolekul yang tersusun atas atom-atom karbon. Atom-atom karbon tersebut membentuk struktur molekul yang unik. Struktur ikatan kimia yang terbentuk memberikan kontribusi terhadap sifat-sifat unggul material karbon. Fungsi dan sifat sebuah material erat kaitannya dengan cara struktur ikatan kimia terbentuk (Askeland, 1996; Adamson, 1990).

Proses kristalisasi memerlukan waktu untuk melakukan proses nukleasi (pembentukan pusat-pusat kristal) dan penumbuhan oleh adanya perambatan bidang batas kristal-cairan ke arah luar. Secara geometri, struktur kristal baru akan dapat dibentuk setelah terlebih dahulu diketahui kisi kristal (Tinoco dkk., 2002; Silbey & Alberty, 2001). Kisi kristal merupakan suatu pola geometri yang tersusun dari sekumpulan titik-titik pada bidang datar (dalam ruang 3 dimensi) yang memiliki keteraturan dan periodisitas (Lalena dkk., 2008). Bentuk geometri yang terkecil (luas atau volume) dinamakan sel satuan. Pola pengulangan dari periodisitas struktur kristal dapat terwujud bila ditandai dengan dapatnya tiap sel satuan menempati/mengisi bidang atau ruang yang disediakan kisi kristal sampai tidak ada bagian yang tersisa.

Komposisi utama tempurung kelapa terdiri dari selulosa, lignin, hemiselulosa dengan kandungan atom-atom C, O, H, dan N. Material-material organik ini mengandung gugus fungsional seperti hidroksil (R-OH), alkana (R-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-R'), karboksil (R-COOH), karbonil (R-CO-R'), ester (R-CO-O-R'), gugus eter linear dan siklik (R-O-R') dengan variasi jumlah (van der Marrel & Beutelspacher, 1976). Reaksi kimia yang paling umum adalah pembakaran, yang merupakan kombinasi dari bahan bakar dengan oksigen untuk membentuk senyawa produk. Transformasi kimia ini merupakan energi potensial pada skala molekul, dalam hal ini berhubungan dengan posisi atom dan struktur molekul (Rampe dkk., 2010; Rampe dkk., 2011; Rampe dkk., 2013).

Proses pemanasan yang dilakukan terhadap tempurung kelapa akan menghasilkan perubahan material karbon secara bertahap. Tahap pertama dikenal sebagai karbonisasi, yaitu mengkarbonkan cuplikan karbon menjadi kokas (Mendez & Santamaria, 2008; Jia-Yuan dkk., 2008). Tahap kedua dikenal sebagai tahap grafitisasi yaitu mengubah kokas menjadi grafit sehingga karbon dengan struktur tak teratur cenderung berkembang ke arah grafit yang strukturnya teratur (Elsayed dkk., 2007; Wu dkk., 2000; Buchman and Bryant, 1999; Miyazaki dkk.,

2005). Sifat karbon sangat bergantung pada bahan baku asal material karbon tersebut diperoleh, disamping metode dan kondisi produksi. Sifat material karbon sangat penting dalam berbagai penggunaan, terutama sebagai adsorben, pengemban katalis, saringan molekul (*molecular sieves*), bahan elektroda dan sebagainya (Anirudhan dkk., 2009, Chang & Lin, 2005; Ebner dkk., 2004; Fortini dkk., 2005; Jayaprakash dkk., 2007; Lee dkk., 2007). Struktur suatu bahan murni menunjukkan kandungan energi potensial yang tersimpan terhadap materi tersebut. Selama pemanasan kandungan karbon meningkat, dilain pihak oksigen, hidrogen dan nitrogen menurun. Kokas mengandung kira-kira 97% karbon (van der Marel & Beutelspacher, 1976; Muller, 1993; Stanitski, 2003) yang sangat berperan terhadap sifat bahan bakar padat adalah nilai kalor yang berhubungan dengan komposisi kimia dan struktur molekulnya.

### Pertumbuhan kristal

Dalam proses pembentukan endapan dari matriks padat, nukleasi dan pertumbuhan harus terjadi. Seperti solidifikasi proses nukleasi terjadi paling mudah pada permukaan dalam struktur. Endapan nukleat paling mudah terjadi pada batas butir atau cacat kisi lainnya. Pertumbuhan endapan biasanya terjadi dengan jarak difusi dan redistribusi atom. Atom berdifusi harus terlepas dari lokasi aslinya (mungkin pada titik-titik kisi dalam larutan padat), bergerak melalui material lingkungannya pada inti, dan dimasukkan ke dalam kisi endapan. Dalam beberapa kasus, atom berdifusi mungkin begitu erat terikat dalam fase yang ada dimana proses detasemen membatasi laju pertumbuhan. Dalam kasus yang lain, atom berdifusi untuk pertumbuhan endapan sebab pertumbuhan batas-tegangan kisi. Hasil ini kadang-kadang menyebabkan terbentuknya endapan yang memiliki hubungan khusus dengan struktur matriks yang meminimalkan tegangan. Dalam kebanyakan kasus, faktor pengendali adalah tahap difusi.

Laju keseluruhan dari proses transformasi tergantung pada nukleasi dan pertumbuhan. Jika lebih inti berbeda pada temperatur tertentu, pertumbuhan terjadi dari sejumlah besar situs dan transformasi fasa tercapai dalam waktu lebih singkat. Pada temperatur yang lebih tinggi, koefisien difusi lebih tinggi, laju pertumbuhan akan lebih cepat, dan transformasi akan selesai dalam waktu singkat, dengan asumsi yang sama dari inti. Laju pertumbuhan mengikuti hubungan

Arrhenius, laju pertumbuhan =  $A \cdot e^{-(Q/RT)}$ , dimana Q adalah energi aktivasi reaksi, R adalah konstanta gas, T adalah temperatur, A adalah konstanta (Askeland, 2001).

### Sistem biner dengan transisi fasa padat-padat

Transisi fasa dipengaruhi oleh faktor termodinamika dan kinetika. Faktor termodinamik memberikan sifat yang diamati pada keadaan keseimbangan dan untuk material dinyatakan oleh diagram fasa. Transisi fasa terjadi sebagai respon terhadap perubahan kondisi seperti temperatur atau tekanan. Laju pada transisi fasa ditentukan oleh beberapa faktor. Transisi yang diproses oleh nukleasi dan mekanisme pertumbuhan selalu lambat karena tahap pengontrolan laju. Transisi grafit – intan, merupakan rekonstruktif dan melibatkan perubahan yang sempurna dalam struktur kristal, dari lembaran heksagonal atom karbon dalam grafit ke kerangka tetrahedral dalam intan (West, 1989).

Transisi fasa padat-padat pada diagram fasa tergantung pada sifat transisi fasa. Transisi secara termodinamika adalah orde pertama melibatkan perubahan pada beberapa sifat volume dan entalpi, atau secara kristalografi adalah rekonstruksi dan melibatkan putusnya dan terbentuknya beberapa ikatan primer, dapat diperlakukan dengan cara yang sama seperti fenomena pelelehan (Lalena dkk., 2008; Callister, 2007).

### Kimia karbon

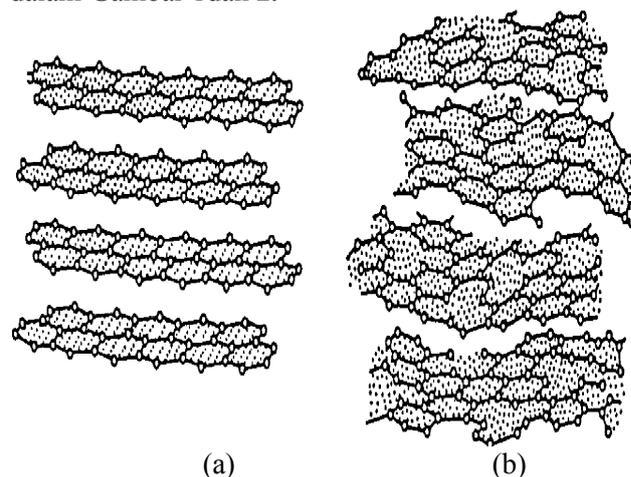
Atom karbon memiliki 6 elektron dengan konfigurasi elektron terluar  $2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ . Hal ini menunjukkan bahwa setiap atom karbon memiliki empat orbital yang dapat membentuk ikatan kovalen dengan atom lainnya. Pada grafit, tiga orbital membentuk tiga orbital hibrida  $sp^2$  dan digunakan untuk membentuk ikatan koplantar. Sementara itu dari orbital p membentuk ikatan  $\pi$  dengan orbital p atom lain pada bidang dasar. Keberadaan ikatan  $\pi$  inilah yang menyebabkan grafit dapat menghantar listrik dan panas dengan baik. Dengan mudah, elektron-elektron tersebut bebas bergerak dari satu sisi ke sisi lain pada lapisan bidang dasar tetapi tidak bergerak dari suatu lapisan ke lapisan lain.

Berdasarkan pengamatan difraksi sinar-x yang dilakukan oleh Warren, struktur karbon aktif menyerupai struktur grafit murni yang tersusun dari atom-atom karbon, Marsh and Rodrigues-Reinoso (2005) menyatakan karbon aktif mempunyai struktur mikrokristalin yang mulai

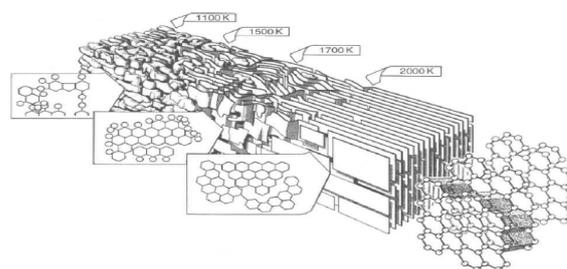
terbentuk selama proses karbonisasi. Diameter kristal rata-rata 1,7 nm dan ketebalan rata-ratanya 1,2-1,5 nm. Jarak antar atom-atom karbon di dalam lapisan adalah 0,142 nm, sedangkan jarak antar lapisan bidang adalah 0,335 nm untuk grafit dan rentangan 0,34 dan 0,35 nm dalam karbon aktif. Orientasi lapisan mikrokristalin juga berbeda, karbon aktif mempunyai tingkat keteraturan yang lebih rendah. Antar lapisan tersebut terdapat gaya van der Waals. Struktur karbon aktif berbentuk turbostatik, ketidakaturan ini dalam lapisan mikrokristalin yang disebabkan kehadiran heteroatom seperti oksigen dan hidrogen, dan cacat seperti kekosongan titik kisi dalam karbon aktif. Pada dasarnya karbon digambarkan sebagai grafitik atau bukan-grafitik bergantung pada derajat/order kristalografi. Karbon grafitik simetri tiga-dimensi adalah karbon bukan-grafitik. Selama karbonisasi adanya intertisi bebas dalam karbon menjadi terisi atau secara partial tertutup oleh karbon amorf sebagai hasil endapan bahan tar. Menghasilkan produk karbon yang hanya mempunyai kapasitas serapan sangat kecil. Karbonisasi pada temperatur rendah sebagian tar terisi dalam pori antara kristalit dan pada permukaan.

Tidak banyak zat yang dalam bentuk padatnya mengkristal sebagai kristal kovalen, di mana semua partikelnya diikat satu dengan yang lain oleh ikatan-ikatan kovalen yang terarah. Intan adalah contoh terbaik dari suatu padatan kovalen. Di sini masing-masing atom karbon dikelilingi oleh 4 atom karbon lainnya secara tetraeder, dan diikat satu dengan yang lain oleh ikatan kovalen. Karena kokohnya struktur tetragonal serta kuatnya ikatan kovalen, intan merupakan salah satu zat paling keras yang dikenal orang. Parameter utama yang menentukan kualitas dan hasil karbon yang diperoleh adalah : (i) laju pemanasan, (ii) temperatur pemanasan dan (iii) waktu penahanan pemanasan (iv) ukuran partikel dan (v) atmosfer. Proses karbonisasi merupakan tahap penting yang menentukan sifat-sifat produk akhir yang diperoleh. Struktur mikro dasar dengan porositas mikro dibentuk pada temperatur 500 °C. Sebagian pori-pori ini tertutupi dengan produk tar selama pirolisis dan dapat hilang bila dipanaskan lebih lanjut pada temperatur di atas 800 °C. Perlakuan panas lebih lanjut pada temperatur 1000 °C dan secara normal di atas temperatur tersebut dapat meningkatkan kekerasan struktur karbon secara partial bidang grafitik dan penurunan porositas. Perbedaan struktur grafit dan turbostatik karbon dan pola pertumbuhan posisi setimbang

atom karbon dengan perlakuan temperatur tertentu dalam Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Perbandingan struktur kristal tiga dimensi grafit (a) dan struktur turbostatik (b) (Marsh dan Rodrigues-Reinoso, 2005).

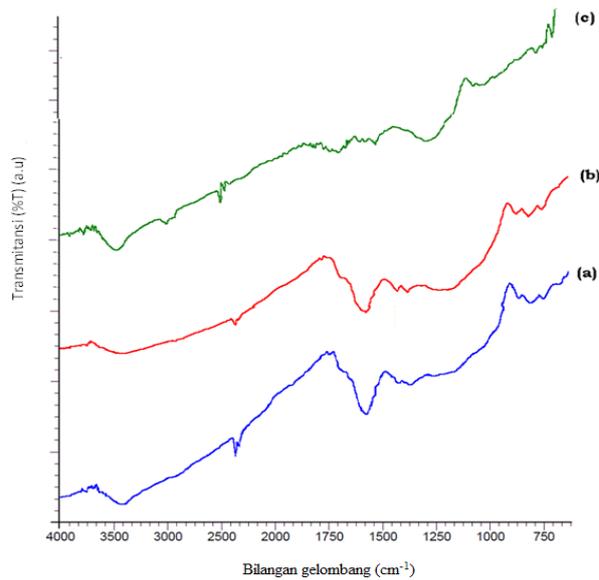


Gambar 2. Pertumbuhan pola distribusi dari posisi setimbang atom karbon dalam perlakuan temperatur (Marsh dan Rodrigues-Reinoso, 2005).

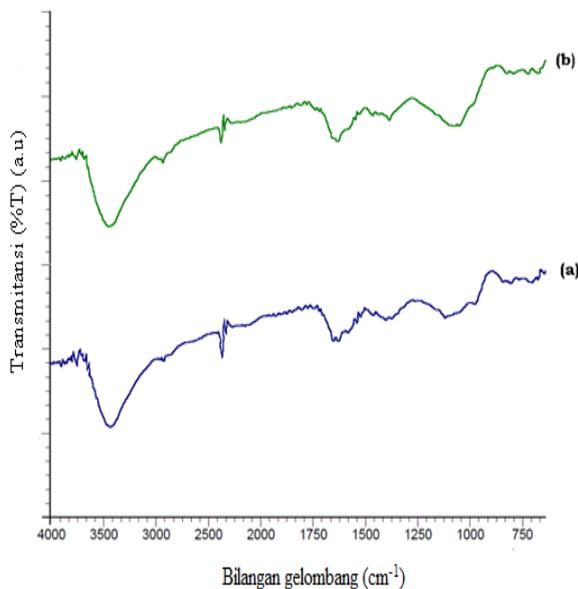
### Karakteristik arang tempurung kelapa sebagai elektroda karbon

#### Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

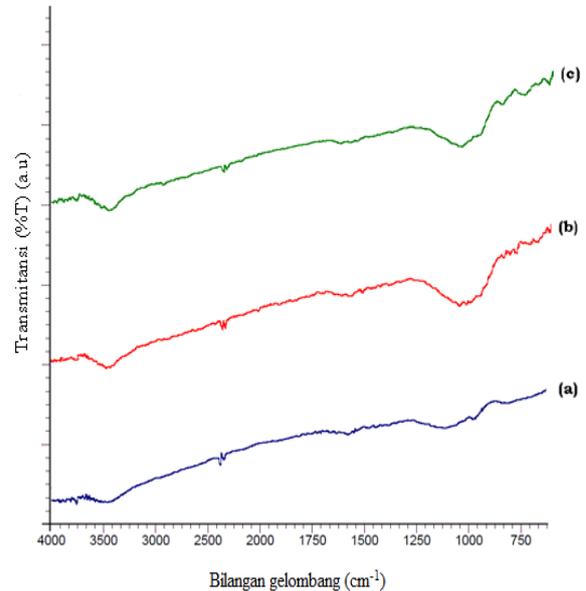
Analisis struktur karbon dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) Shimadzu model IR-Prestige-21 untuk keperluan tersebut dibuat pellet KBr, bilangan gelombang ( $\nu$ ) 500 sampai dengan 4000  $\text{cm}^{-1}$ ; digunakan untuk mengetahui gugus fungsi material karbon (Sikalidis dkk., 2006; Clover dkk., 2005; Miyazaki dkk., 2005).



Gambar 3. Spektrum FTIR: (a) arang material dasar, (b) arang murni dan (c) arang pada temperatur 750 °C



Gambar 4. Spektrum FTIR karbon pada temperatur 1000 °C, gas argon: (a) PVA 5% massa, dan (b) PVA 7,5% massa (Rampe dkk., 2011)



Gambar 5. Spektrum FTIR karbon pada temperatur 1500 °C, gas argon: (a) PVA 2,5% massa, (b) PVA 5% massa dan (c) PVA 7,5% massa.

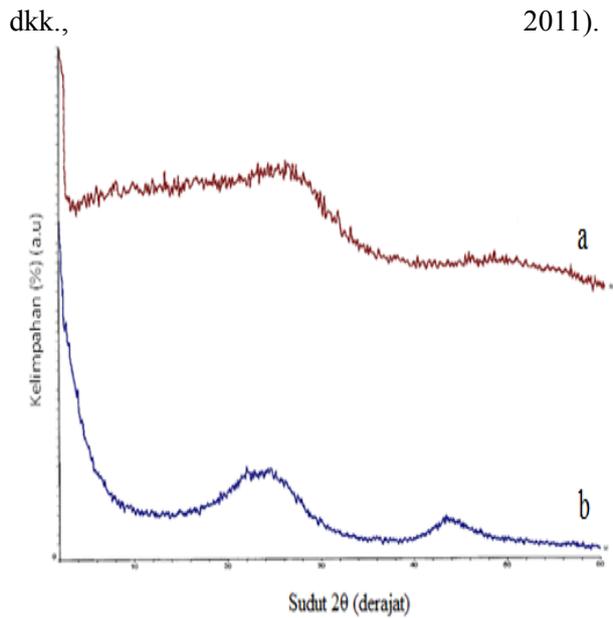
Peningkatan temperatur pada proses pemanasan material karbon tersebut menunjukkan perubahan di dalam pola spektra inframerah dimana terlihat hilangnya gugus fungsi yang merupakan pengotor pada permukaan material karbon.

#### Analisis X-ray diffraction (XRD)

Analisis X-ray diffraction (XRD) Goniometer type terhadap sampel serbuk hasil sintesis dilakukan dengan sumber sinar-X Cu/K- $\alpha$ 1 dengan panjang gelombang,  $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$ . Analisis dilakukan dengan sudut  $2\theta$  mulai dari  $4^\circ$  sampai dengan  $60^\circ$ . Untuk identifikasi pola difraksi hasil sintesis material karbon, difraktogram yang dihasilkan dibandingkan dengan data base JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standar*), PDF 41-1487 (Ozaki dkk., 2006). Ukuran kristal ( $t$ ) dari material karbon dilakukan menggunakan persamaan:

$$t = \frac{\kappa \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (1)$$

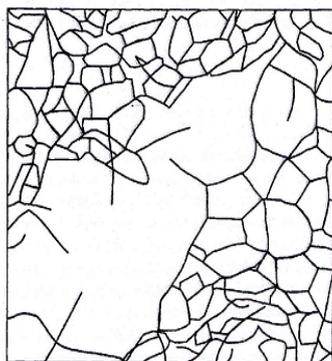
Dimana  $t$  adalah ketebalan kristal ( $\text{\AA}$ ),  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan yakni radiasi CuK $\alpha$  ( $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$ ),  $\theta$  adalah sudut Bragg,  $\kappa =$  konstanta Scherrer mempunyai harga umum 0,9; dan  $\beta$  adalah lebar setengah puncak (*Full Width at Half Maximum* = FWHM) dalam radian (Rampe



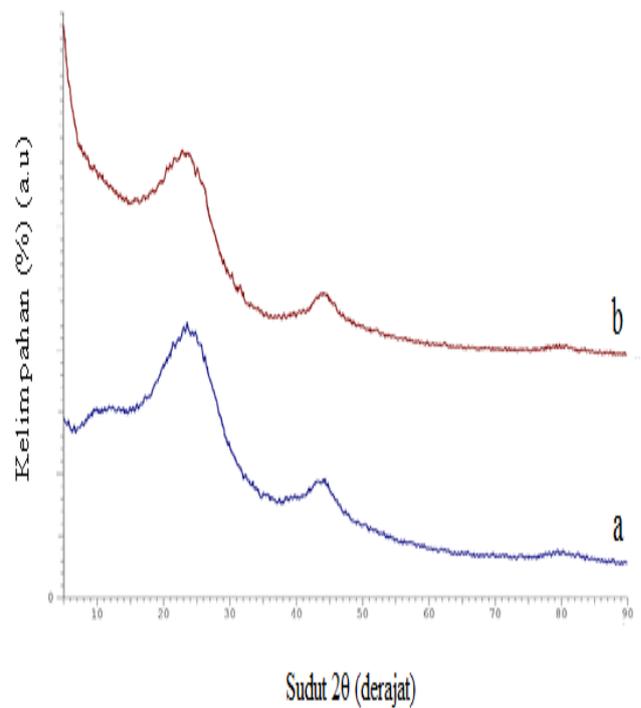
Gambar 6. Difraktogram XRD dari arang tempurung kelapa: (a) arang material dasar dan (b) dikalsinasi pada temperatur 750 °C (Rampe dkk., 2010)



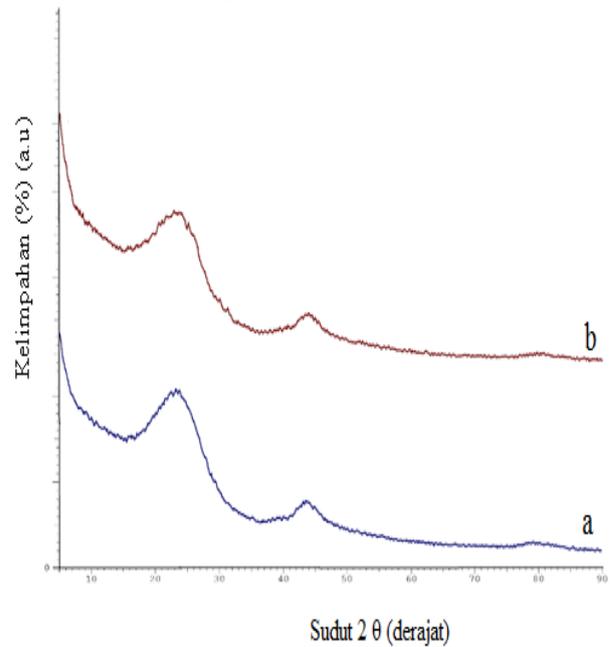
Gambar 7. Struktur arang (Franklin, 2012)



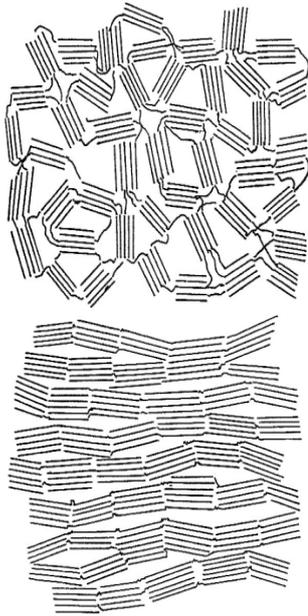
Gambar 8. Kerangka karbon amorf dengan densitas rerata 1,25 g cm<sup>-3</sup> (Marsh dan Rodrigues-Reinoso, 2005)



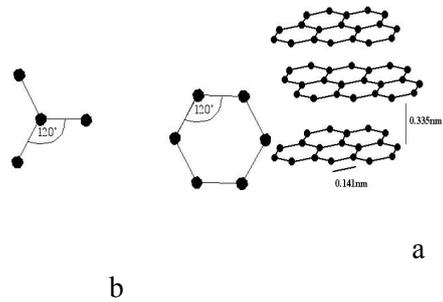
Gambar 9. Difraktogram XRD karbon pada temperatur 1000 °C dengan konsentrasi PVA 5 % massa: (a) metode pelarutan dan (b) metode serbuk.



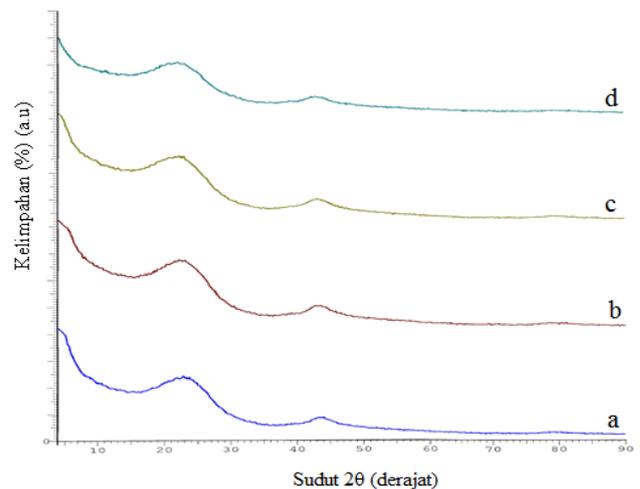
Gambar 10. Difraktogram XRD karbon pada temperatur 1500 °C dengan metode serbuk: (a) PVA 5% massa dan (b) PVA 7,5% massa.



Gambar 11. Karbon: (a) berbeda orientasidan (b) serupa orientasi (Franklin, 2012)



Gambar 12. Struktur karbon: (a) penyimpangan pada struktur kristal grafit dan struktur arangdan (b) struktur tiga dimensi grafit terdiri dari lembaran paralel atom karbon (Franklin, 2012).



Gambar13. Difraktogram XRD karbon pada temperatur 1500 °C dengan metode pelarut: (a) arang material dasar, (b) PVA 2,5% massa, (c) PVA 5% massa dan (d) PVA 7,5% massa (Rampe dkk., 2014).

Tabel 1 Hasil perhitungan ukuran butir karbon pada temperatur 1500 °C.

Sampel	FWHM (°)	2θ (°)	t (Å)
Pelarut-5% PVA	1,6	25,9	502,58
	0,44	42,12	1908,56
	0,18	59,59	5016,93
		Rata-rata	2476,02
Pelarut-7,5% PVA	0,89	26,42	898,41
	0,84	42,18	1001,28
	0,19	48,43	4429,32
	0,31	50,26	2838,08*
		Rata-rata	2109,67

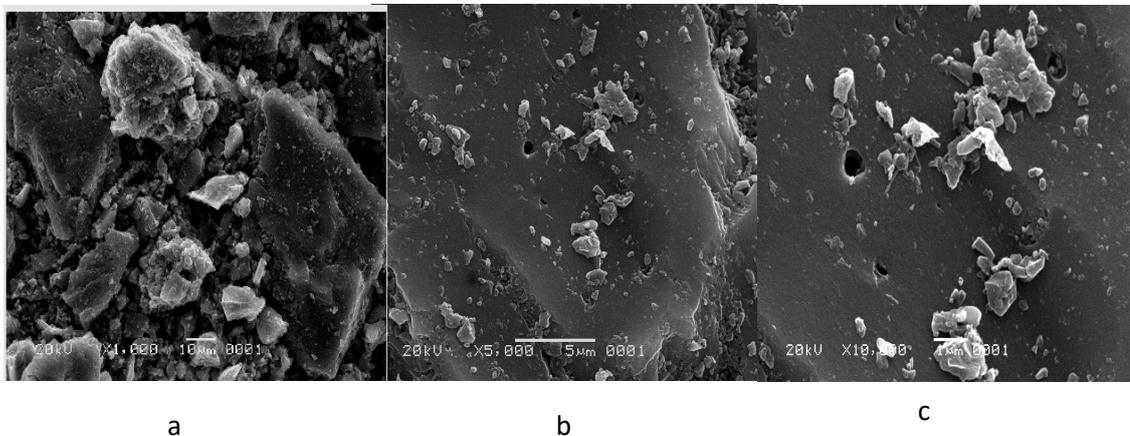
Peningkatan temperatur pemanasan terjadi penurunan jarak antar lapisan (d) dan bertambah diameter Kristal dan tinggi rata-rata susunan lapisan karbon aromati (Lc), terjadi pengembangan susunan lapisan struktur kristal. Selanjutnya peningkatan temperatur menyebabkan terjadi peningkatan ukuran kristal

dan penghilangan cacat karena terjadi peningkatan dalam penataan kembali struktur atom-atom karbon material karbon. Peningkatan Lc dengan peningkatan temperatur maka terjadi pertumbuhan bidang kristal dan pembentukan lapisan kristal.

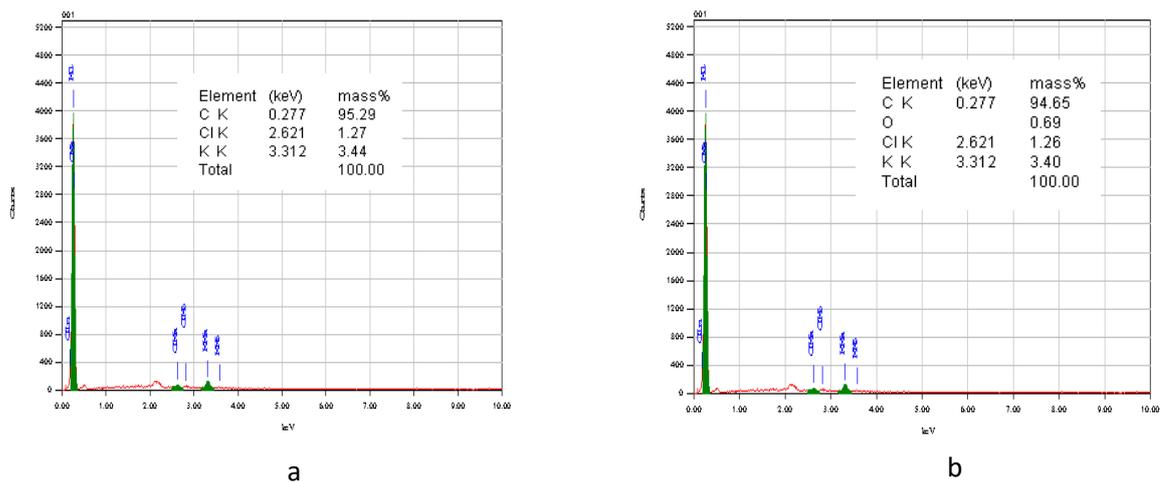
### Analisis scanning electron microscopy (SEM)/energy dispersive spectroscopy (EDS)

Struktur mikro permukaan dan ukuran butir produk karbon dianalisis menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). SEMJEOL JSM-6360LA untuk pengujian struktur permukaan berupa struktur mikro, Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) System JEOL

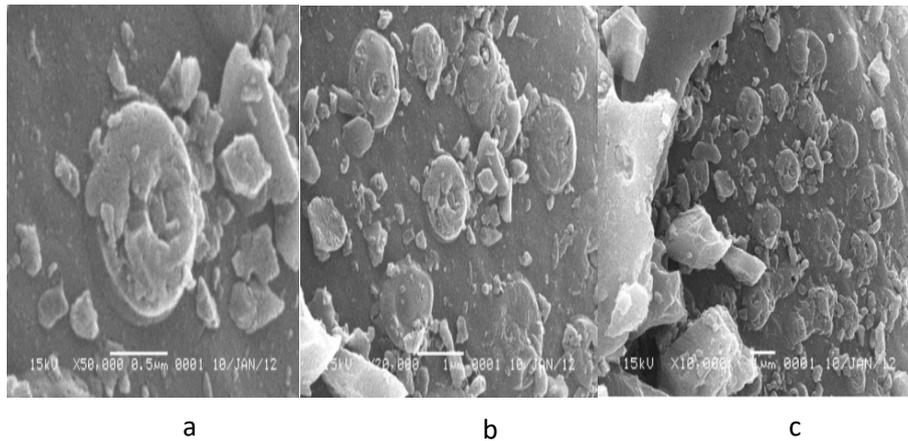
JED-2300 analisis jenis unsur material berdasarkan tingkat energi. Kandungan unsur dapat diperoleh secara kualitatif ataupun semikuantitatif, bahkan terhadap suatu daerah kecil pada permukaan sampel. Teknik SEM yang digabung dengan EDS dapat mengidentifikasi unsur-unsur yang dimiliki oleh fasa yang terlihat pada gambar struktur mikro.



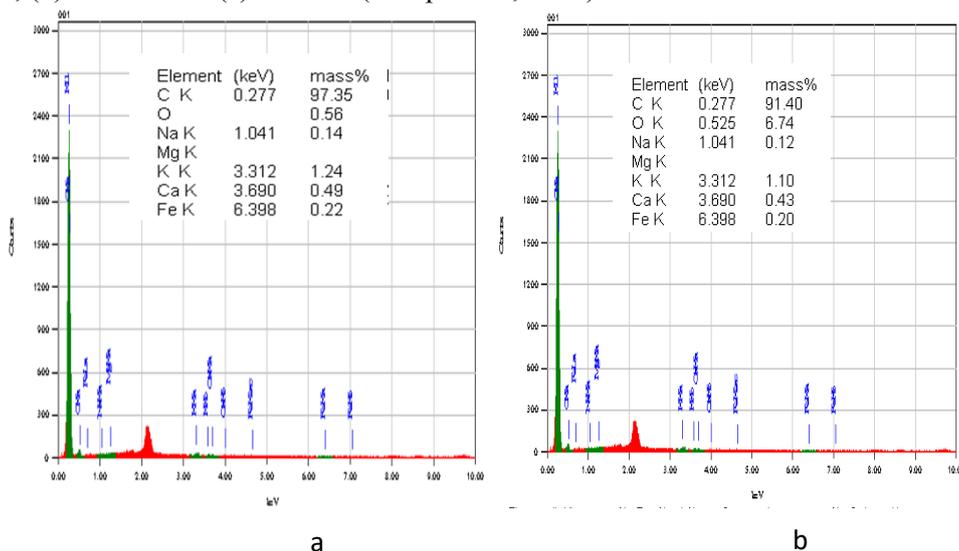
Gambar 14. Struktur permukaan SEM arang tempurung kelapa yang telah dikalsinasi temperatur 750°C selama 3 jam, gas nitrogen: pembesaran (a) 1000x, (b) 5000x dan (c) 10.000x.



Gambar 15. Spektrum EDS arang tempurung kelapa yang telah dikalsinasi pada temperatur 750 °C, aliran gas nitrogen (Rampe dkk., 2011).



Gambar 16. Morfologi permukaan SEM karbon (PVA 5% massa) pada temperatur 1500 °C: pembesaran (a) 50.000x, (b) 20.000x dan (c) 10.000x (Rampe dkk., 2014)



Gambar 17. Spektrum EDS karbon (PVA 5% massa) pada temperatur 1500 °C (Rampe *et al.*, 2014)

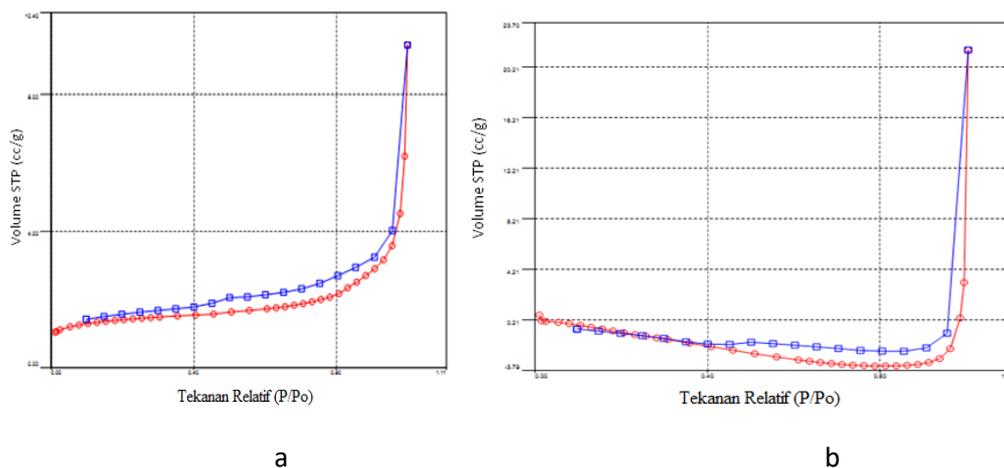
Morfologi material karbon hasil analisis menggunakan SEM/EDS terlihat terjadi pertumbuhan kristal yaitu teramati dengan bertambahnya ukuran partikel sebaran partikel karbon. Hasil analisis menunjukkan sebaran partikel yang tidak seragam dan bentuk partikel yang berbentuk sferik/silinder.

#### Luas permukaan

Instrumen Quantachrome version 2.0 digunakan untuk analisis struktur poridan luas permukaan. Gas analisis digunakan gas nitrogen dengan diameter molekul (D) 3,54 Å, pada temperatur bath 77,35 K. Penentuan luas permukaan dilakukan dengan metode BET untuk menghitung luas permukaan karbon dan produk

material karbon yang dihasilkan dari tempurung kelapa. Metode BET (Brunauer-Emmet-

Teller) dengan dua jenis pengukuran yaitu *single point* dan *multi point*. Pengukuran *single point* dilakukan bila profil isoterm telah diketahui dan dilaksanakan pada suatu nilai tekanan parsial adsorbat dimana profil isotermnya linier. Sedangkan pengukuran *multi point* dilakukan jika profil isotermnya belum diketahui dilakukan dengan memvariasikan nilai tekanan parsial adsorbat pada rentang  $0,05 < (P/P_0) < 0,35$ . Bila adsorbat yang digunakan adalah gas nitrogen, maka nitrogen cair digunakan sebagai pendinginnya. Selain itu, dengan bantuan pengembangan persamaan BET dapat mengetahui volume pori total dan rerata diameter pori.



Gambar 18. Adsorpsi dan desorpsi isothermal  $N_2$  karbon pada temperatur 1500 °C: (a) karbon material dasar dan (b) arang tempurung kelapa-PVA 5% massa dengan metode pelarut.

Tabel 2. Sifat-sifat pori material karbon yang disintering pada temperatur 1400 (a) dan 1500 °C (b).

Sampel	Rerata jari pori (nm)	Luas permukaan BET ( $m^2 g^{-1}$ )
5% PVA	0,3070	18,1034 (a)
5% PVA	0,6102	9,785 (b)

Elektroda karbon dengan struktur poriteratur akan memudahkan ion elektron untuk mengalir pada saat berlangsungnya proses *charge-discharge*.

## KESIMPULAN

Fabrikasi elektroda karbon dari arang tempurung kelapa dengan metode pelarut dapat dilakukan. Karakteristik produk sebagai elektroda karbon menunjukkan perubahan karakter di mana terjadi perubahan fisikokimia dari arang tempurung kelapa menjadi karbon elektroda yang dipanaskan sampai dengan suhu 1500 °C. Proses fabrikasi untuk menghasilkan elektroda karbon dari arang amorf menjadi karbon dengan struktur semi-kristal. Transformasi kimia ini merupakan energi potensial pada skala molekul.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.W.1990. *Physical Chemistry of Surface*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, New York
- Anirudhan, T.S., Sreekumari, S.S. & Bringle, C.D. 2009. Removal of Phenol from Water and Petroleum Industry Refinery Effluents by Activated Carbon Obtained from Coconut Coirpith, *Adsorption*. 15(5-6), 439-451

Askeland, R.R.1996. *The Science and Engineering of Materials*, Third Edition, Nelson Thomes, USA

Buchman, A. & Bryant, R.G. 1999.Molded Carbon-Carbon Composite Based on Microcomposite Technology. *Applied Composite Material*. 6(5), 309-326

Callister, W.D.2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction*, Seventh Edition, John Wiley & Sons, Inc.

Chang, L. & Lin, S.N. 2005. Analytical Electron Microscopy Study of Interfacial Oxides Formed on a Hot-Rolled Low-Carbon Steel, *Oxidation of Metals*. 63(3-4), 131-144.

Dresselhaus, M.S., Dresselhaus, G. &Ekland, P.C.1996. *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes*, Academic Press, New York

Ebner, F., Hofer, C & Maurer, E.M. 2004. Conversion of Carbonaceous Material to Graphite Within the Grey Wache Zone of the Eastern Alps, *International Journal Earth Sciences (Geo Rundsch)*. 93(6), 959-973

Elsayed, M.A., Hall, P.J. &Heslop, M.J.2007.Preparation and Structure Characterization of Carbon Prepared from Resorcinol-Formaldehyde Resin by  $CO_2$  Activation. *Adsorption*. 13(3), 299-306

Fortini, O.M. & Ruehan, R.J. 2005. Rate of Reduction of Ore-Carbon Composite Part II. Modeling of Reduction in Extended Composites, *Metallurgical and Materials Transactions B*. 36(6), 709-717

- Franklin, R.2012. Rosalind Franklin's work on coal, carbon, and graphite, [www.personal.rdg.ac.uk](http://www.personal.rdg.ac.uk), 31 Juli 2012.
- Jayaprakash, N., Kalaiselvi, N. & Doh, C.H. 2007.Synthesis and Electrochemical Evaluation of Carbon Coated Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> Alloy-Graphite Composite Lithium Battery Anodes. *Journal of Applied Electrochemistry*. 37(5), 567-573.
- Jia-Yuan, Z., Jie-min, Z. & Hong-Jie, Y., 2008, Kinetic Model on Coke Oven Gas With Steam Reforming, *Journal of Central South University of Technology*. 15(1), 127-131.
- Lalena, J.N., D.A Cleary, D.A., Carpenter, E.E. & Dean, N.F. 2008. *Inorganic Materials Synthesis and Fabrication*, John Wiley & Sons, USA
- Lee, J.T., Chu, Y.J., Wang, F.M., Yang, C.R. & Li, C.C. 2007.Aqueous Processing of Lithium-ion Battery Cathodes Using Hydrogen Peroxide-treated Vapor-grown Carbon Fibers for Improvement of Electrochemical Properties, *Journal Material Science*. 42(24), 10118-10123
- Miyazaki, K., Maskawa, N., Kobayashi, W., Kaku, M., Yasumaru, N. & Kiuchi, J. 2005. Reflectivity in Femtosecond-Laser-Induced Structural Changes of Diamond-like Carbon Film, *Applied Physical*. A80, 17-21.
- Rampe, M.J., Setiaji, B., Trisunaryanti, W. & Triyono. 2014. Analisis Struktur dan Struktur Kristal Karbon Tempurung Kelapa dan Polivinil Alkohol (PVA) pada Temperatur Tinggi, *Chemistry Progress*. 7(2), 74-78
- Rampe, M.J., Tiwow, V.A. & Rampe, H.L. 2013, Potensi Arang Hasil Pirolisis Tempurung Kelapa sebagai Material Karbon, *Jurnal Sainsmat*. 2(2), 191-196
- Rampe, M.J., Setiaji, B., Trisunaryanti, W. dan Triyono, 2012, The Production and Characterization of Carbon Composite from Coconut Shell Charcoal. *Journal of Coconut Research & Development (CORD)*. 28(1), 43-53
- Rampe, M.J., Setiaji, B., Trisunaryanti, W. & Triyono.2011. Fabrication and Characterization of Carbon Composite from Coconut Shell Carbon, *Indonesian Journal Chemistry*. 11(2), 124-130.
- Rampe, M.J., Setiaji, B., Trisunaryanti, W. & Triyono.2011. The Infrared Absorption Spectral Changes of Coconut Shell with Polyvinyl Alcohol Stimulant, *Proceeding, The 1<sup>st</sup> International Conference on Materials Engineering (ICME) FT UGM Yogyakarta*, 153-158
- Rampe, M.J., Setiaji, B., Trisunaryanti, W. & Triyono. 2010. The Effect of Temperature on the Crystal Growth of Coconut Shell Carbon, *Proceeding, The third International Conference and Natural Sciences (ICMNS) ITB Bandung*, 276-284
- Silbey, R.J. & Alberty, R.A. 2001. *Physical Chemistry*, John Wiley & Sons, America
- Sikalidis, C., Zorba, T., Chrissafis & Paraskevo, K.M. 2006. Iron Oxide Pigmenting Powders Produced by Thermal Treatment of Iron Solid Wastes from Steel Mill Pickling Lines, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 86(2), 411-415
- Tinoco, I., Sauer, K., Wang, J.C. & Puglisi, J.D. 2002.*Physical Chemistry: Principle and Applications in Biological Sciences*, Fourth Edition, Pearson Education International, Prentice-Hall, USA
- Van der Marel, H.W. & Beutelspacher, H. 1976.*Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their Admixtures*, Elsevier, Amsterdam
- West, A.R. 1989. *Solid State Chemistry and Its Applications*, John Wiley & Sons, Singapore.