



Sintesis Lembaran Elektroda Baterai Lithium Berbasis Mesocarbon Microbeads (MCMB) dan Analisis Konduktivitas Listriknya

TIARA HARDYANTI UTAMA¹, RAMLAN^{2*}, DAN ACHMAD SUBHAN³

¹ Prodi Pendidikan Fisika, Universitas Bengkulu; ² Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Sriwijaya; ³ Pusat Penelitian Material Maju, Badan Riset dan Inovasi Nasional

Kata kunci:

mesocarbon microbeads, milling, konduktivitas

ABSTRAK: MesoCarbon MicroBeads (MCMB) merupakan material *carbon sphere* yang dibuat melalui hidrotermal karbonisasi dengan suhu tinggi. MCMB yang memiliki konduktivitas dan permukaan yang tinggi, sehingga sering di manfaatkan untuk material anoda di baterai lithium.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis lembaran elektroda dimana, material MCMB sebagai *filler*, PVDF sebagai *matriks*, *Acetylene Black* sebagai aditif dan untuk pelarutnya menggunakan DMAC. Pada pembuatan lembaran elektroda dilakukan 3 variasi serbuk yaitu, tanpa di *milling*, *milling* 1 jam dan di *milling* 2 jam menggunakan *Shaker Mills*. Setelah itu serbuk MCMB tanpa di *milling* dan di *milling* 1 jam dilakukan karakterisasi XRD. Sintesis lembaran elektroda terdiri dari 3 tahap yaitu proses *mixing*, proses *coating* dan *vacuum*. Setelah lembaran elektroda sudah jadi maka dilakukan pengujian konduktivitas listrik dalam bentuk lembaran.

Hasil dari X-Ray Diffraction (XRD) pada serbuk menunjukkan tidak terjadi perubahan pada struktur kristal nya. Sedangkan dari pengujian konduktivitasnya, pada lembaran MCMB tanpa di *milling* konduktivitas nya lebih tinggi yaitu 5.98 S/m sedangkan MCMB di *milling* 1 jam konduktivitasnya 4.47 S/m dan MCMB yang di *milling* 2 jam konduktivitasnya 1.77 S/m.

Keywords:

mesocarbon microbeads, milling, conductivity

ABSTRACT: MesoCarbon MicroBeads (MCMB) is a carbon sphere material made through hydrothermal carbonization with high temperature. MCMB has high conductivity and surface, so it is often utilized for anode material in lithium batteries.

In this study, the synthesis of electrode sheets was carried out where, MCMB material as filler, PVDF as matrix, *Acetylene Black* as additive and for the solvent using DMAC. In the manufacture of electrode sheets, 3 variations of powders were made, namely, without milling, milling for 1 hour and milling for 2 hours using *Shaker Mills*. After that, MCMB powder without milling and milling for 1 hour was carried out XRD characterization. Electrode sheet synthesis consists of 3 stages, namely mixing process, coating process and vacuum. After the electrode sheet is finished, electrical conductivity testing is carried out in sheet form.

The results of X-Ray Diffraction (XRD) on the powder showed no change in its crystal structure. While from the conductivity test, the MCMB sheet without milling has a higher conductivity of 5.98 S/m while MCMB milled for 1 hour has a conductivity of 4.47 S/m and MCMB milled for 2 hours has a conductivity of 1.77 S/m.

1 PENDAHULUAN

Anoda merupakan salah satu komponen baterai, yang mana bahan dari anoda ini berupa karbon. Setiap tahun pemanfaatan karbon aktif sebagai bahan baterai meningkat, misalnya ditahun 2007 pemakaian karbon sebesar 300,000 ton pertahunnya. Kebutuhan karbon aktif di negara Amerika yang merupakan negara terbesar bisa mencapai

0.4 kg/tahun sedangkan di negara Jepang mencapai 0.2 kg/tahun, meningkatnya kebutuhan ini menjadikan harga karbon aktif semakin bersaing di pasaran internasional ^[1].

Karbon aktif memiliki beragam aplikasi, dengan penggunaan yang umum pada pengolahan limbah cair dan sebagai penyerap polusi udara. Dalam beberapa dekade terakhir, karbon aktif juga semakin banyak dikaji dan diterapkan sebagai elektroda da-

* Corresponding Author: ramlan@unsri.ac.id

lam baterai sekunder, superkapasitor, dan sensor. Untuk digunakan sebagai elektroda, karbon aktif perlu memiliki porositas dan konduktivitas listrik yang tinggi.^{[2][3]}

Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan, Kementerian Kehutanan, telah melakukan riset dan pengembangan arang sebagai karbon berbentuk sphere nano berpori untuk baterai lithium sekunder yang diaplikasikan pada mobil listrik. Penelitian ini mengarah pada pengembangan *MesoCarbon MicroBeads* (MCMB), yaitu salah satu bahan baku unggulan yang berfungsi meningkatkan kerapatan energi pada baterai lithium sekunder. Karakteristik MCMB berupa bentuk bulat (*sphere*) dengan konduktivitas serta luas permukaan yang tinggi..

Sebagai bahan dasar pembuatan karbon, pati tapioka dipilih karena ramah lingkungan dan mudah diperoleh. Jenis singkong yang digunakan adalah singkong karet, yang beracun dan tidak dikonsumsi oleh manusia. Pati tapioka ini diolah menjadi karbon sphere melalui proses karbonisasi hidrotermal bersuhu tinggi, yang menciptakan pori-pori pada skala nano. Karbon sphere ini berpotensi digunakan dalam perangkat seperti ponsel, superkapasitor, dan baterai. Analisis BET menunjukkan luas permukaan karbon sphere sebesar 986,2 m²/g, volume pori 0,569 cc/g, dan diameter pori rata-rata 2,3 nm^[4].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk pengembangan formula optimal sintesis lembaran anoda dengan *MesoCarbon MikroBeads* (MCMB) sebagai *filler*. Diharapkan dapat menjadi acuan dalam penelitian dan pengembangan elektroda baterai khususnya yang berbahan MCMB lokal.

2 METODE

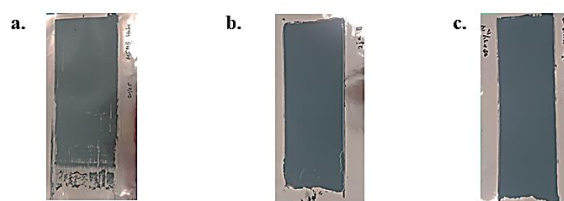
Pada penelitian ini ada beberapa tahap yang dikerjakan. Pertama dilakukan proses penghalusan serbuk MCMB lokal dengan cara *milling*. Sampel pertama dilakukan *milling* selama 1 jam dan sampel kedua selama 2 jam. Setelah proses *milling* selesai diberi label untuk memudahkan identifikasi pada langkah-langkah selanjutnya. Tahap kedua yaitu sintesis *slurry*, pada proses *slurry* ini dilakukan untuk tiga variasi perlakuan MCMB yaitu MCMB tanpa *milling*, 1 jam *milling* dan 2 jam *milling*. Selain MCMB, sintesis *slurry* menggunakan *acetyline black* sebagai aditif, PVDF sebagai matriks dan pelarut yang digunakan DMAC dengan perbandingan yang sama untuk ketiga variasi. Setelah itu dilakukan *coating*, *slurry* di *coating* di foil Cu dengan ketebalan 200 mikron yang kemudian menjadi lembaran tipis dengan metode *tape casting* yang berbasis *Doctor*

Blade. Lembaran elektroda yang sudah jadi akan dilakukan karakterisasi XRD dan konduktivitas.

3 HASIL PENELITIAN

Visualisasi Lembaran Elektorda

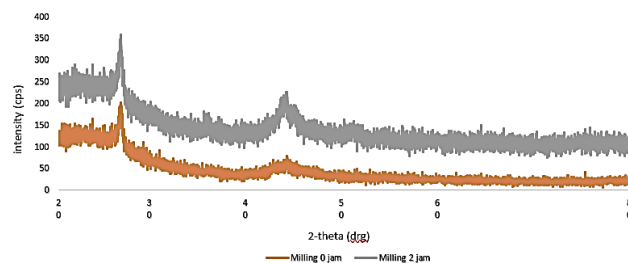
Hasil dari pembuatan lembaran elektroda MCMB lokal dapat dilihat di Gambar 1, terlihat pada gambar bahwa MCMB yang di *milling* selama 2 jam lapisannya lebih halus sehingga merata di atas foil Cu dibandingkan dua perlakuan MCMB yang tanpa *milling* dan di *milling* 1 jam.



Gambar 1. Hasil lembaran elektroda MCMB (a). tanpa *milling*; (b) *milling* 1 jam; (c) *milling* 2 jam

Hasil XRD

Karakteristik *X-ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk lembaran elektroda MCMB tanpa perlakuan *milling* dan MCMB yang telah di *milling* 2 jam (Gambar 2).



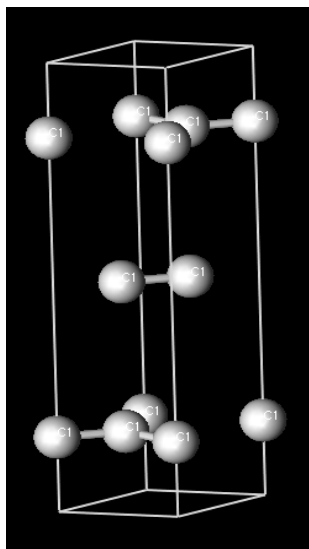
Gambar 2. Difaktogram MCMB tanpa *milling* dan MCMB 2 jam *milling*

Dari hasil analisis XRD yang ditampilkan, dapat dilihat bahwa serbuk MCMB yang telah *milling* 2 jam menunjukkan puncak kristal yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan serbuk MCMB yang tanpa di *milling*. Sebagai catatan, seharusnya puncak kristal serbuk MCMB tanpa memiliki intensitas yang lebih tinggi daripada puncak kristal serbuk MCMB yang di *milling*. Namun, selama proses preparasi, lembaran yang menggunakan serbuk MCMB yang di *milling* mengalami pengovenan yang lebih lama dibandingkan dengan lembaran yang menggunakan serbuk MCMB yang tidak di *milling*. Hal ini sesuai dengan (Gambar 2) yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pengeringan pada serbuk MCMB, semakin tinggi pula puncak kristal yang terbentuk.

Dari Tabel 1 dan Gambar 2, didapatkan bahwa struktur kristal dari MCMB adalah hexagonal. Hal ini ditunjukkan oleh kisi-kisi parameternya dimana $a = b \neq c$ dan sudut yang dibentuknya yaitu $\alpha = 90$, $\beta = 90$ dan $\gamma = 120$. Dari hasil XRD juga menunjukkan bahwa serbuk MCMB 100 persen karbon murni baik itu MCMB yang di *milling* ataupun yang di *milling* sebab tidak ada komposit dari material lain pada serbuk dan perilaku *milling* tidak berpengaruh dengan komposisi serbuk.

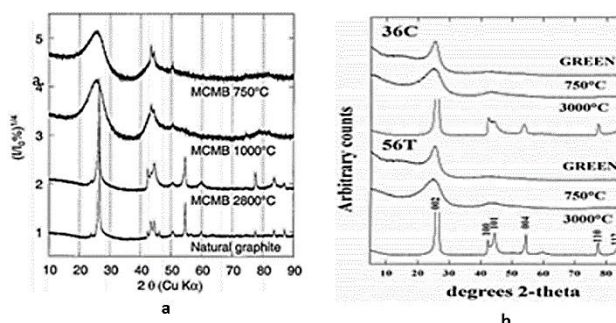
Tabel 1. Hasil Karakterisasi XRD MCMB tanpa *milling* dan MCMB 2 jam *milling*

Sample	Phase Name	A (A)	B (A)	C (A)	α (deg)	β (deg)	γ (deg)	Content (%)
MCMB tanpa <i>milling</i>	Graphite-3R, syn	2.414	2.414	10.106	90	90	120	100
MCMB 2-jam <i>milling</i>	Graphite-3R, syn	2.459	2.459	10.13	90	90	120	100



Gambar 3. Bentuk kristal MCMB (heksagonal)

Berdasarkan literatur yang ada, untuk mencapai peak kristal yang lebih tajam, serbuk haruslah dipanaskan diatas suhu 2800°C. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4 Difraktogram pengaruh suhu terhadap peak kristalisasi MCMB. Dari hasil penelitian (Reynier, *et al*)^[5] peak kristalisasi karbon memiliki peak yang tinggi pada suhu 3000°C dibandingkan pada suhu 750°C. Kemudian, pada penelitian (Alcantara, *et al*)^[6] pemanasan di suhu 750°C peak kristalisasinya memang ada tetapi tidak tajam seperti serbuk MCMB yang dipanaskan di suhu 2800°C. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan hal ini terlihat kondisi peak MCMB berada disekitar suhu 750°C.



Gambar 4. Penelitian (a) Alcantara,*et al* dan (b) Reynier,*et al*. Hasil difraktogram pengaruh suhu terhadap MCMB^{[5][6]}

Hasil Konduktivitas

Berdasarkan Tabel 2, lembaran elektroda yang menggunakan MCMB tanpa *milling* memiliki konduktivitas yang lebih tinggi yaitu 5.97 S/m dibandingkan MCMB yang di *milling*. Pada (Tabel 2) juga memperlihatkan semakin lama waktu *milling* semakin rendah konduktivitasnya. Secara umum, semakin kecil ukuran partikel karbon, konduktivitas listriknya dapat meningkat. Hal ini disebabkan oleh peningkatan area permukaan dan kemungkinan interaksi antar partikel yang lebih baik. Namun, faktor lain seperti bentuk, struktur kristal, dan jenis karbon juga mempengaruhi konduktivitas. Ukuran partikel yang lebih kecil berhubungan secara signifikan dengan peningkatan jumlah cacat struktural, yang berpotensi menghambat aliran elektron dan menurunkan konduktivitas listrik material karbon^[7].

Tabel 2. Hasil uji konduktivitas lembaran elektroda

Nama Sampel	σ (S/m)	R (Ω)	Tebal Lembaran (m)
MCMB tanpa Milling	5,98	2,43	0,00014
MCMB 2 jam Milling	1,77	5,28	0,00009
MCMB 1 jam Milling	4,47	2,09	0,00009

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ukuran partikel karbon memiliki dampak signifikan terhadap konduktivitas listrik material. Ukuran yang lebih kecil sering kali berko-relasi dengan peningkatan jumlah cacat struktural, yang menghambat mobilitas elektron dan mengu-rangi konduktivitas. Meskipun pengurangan ukuran partikel dapat meningkatkan area permukaan dan potensi interaksi antar partikel, efek negatif dari cacat dan penghambatan aliran elektron lebih dominan dalam skala nano. Oleh karena itu, pengendalian ukuran dan struktur partikel karbon sangat penting untuk mengoptimalkan sifat konduktivitas dalam aplikasi material komposit dan nano.

Penelitian lebih lanjut untuk mendukung hasil penelitian ini dapat dilakukan karakterisasi ukuran partikel (SEM atau TEM).

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Material Maju, Badan Riset dan Inovasi Nasional atas dukungan finansial yang telah diberikan untuk penelitian ini. Tanpa bantuan mereka, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana.

REFERENSI

- [1] Suzuki, RM.; Andrade, A.; J.C.Sousa.; M.C." Rollemberg. Preparation and Characterization of Activated carbon from Rice Bran". Departemen of chemistry. Brazil (ID): Universidade Estadual de Maringo, 2007.
- [2] Flygare, M.; Krister, S. "Influence of crystallinity on the electrical conductivity of individual carbon nanotubes", Carbon Trends. 2021: doi.org/10.1016/j.cartre.2021.100125.
- [3] Szadkowski, B.; Marzec, M.; Zaborski. "Use of carbon black as a reinforcing nano-filler in conductivity-reversible elastomer composites," Polym. Test. 81.2020: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.106222>.
- [4] Anonim. Karbon Baterai Lithium Mobil Listrik dari Singkong Racun (<http://www.fordamof.org/index.php/berita/post/18264>)
- [5] Reynier, Y.; R. Yazami.; dan B. Fultz. "Thermodynamics of Lithium Intercalation into Graphites and Disordered Carbons". J. of The Electrochemical Society, 151 (3) A422-A426, 2004.
- [6] Alcantara, R.; F.J. Fernandez Madrigal.; P. Lavela. "Characterisation of Mesocarbon Microbeads (MCMB) as Active Electrode Material in Lithium and Sodium Cells" Carbon 38(1031–1041), 2000.
- [7] Divan, Coetzee.; Mohanapriya, Venkataraman; Jiri, Militky; Michal, Petru. *Influence of Nanoparticles on Thermal and Electrical Conductivity of Composites*. 2020, doi: 10.3390/polym12040742