

KARBON AKTIF MONOLIT DARI AMPAS TEBU SEBAGAI ELEKTRODA SUPERKAPASITOR: TINJAUAN SIKLIK VOLTAMMETRI

Erman Taer*¹, Iwantono¹, Saidul Tua Manik¹, Mira Yulita¹, Rika Taslim¹,
Dahyunir Dahlan²

¹Jurusan Fisika, Universitas Riau, 28293, Simpang Baru, Riau, Indonesia

²Jurusan Fisika, Universitas Andalas, 25163, Limau Manis Padang, Sumatra Barat, Indonesia

* Email penulis : erman_taer@yahoo.com

ABSTRAK

Elektroda superkapasitor telah dibuat dari karbon aktif monolit (KAM) menggunakan bahan asal ampas tebu. Pengaktifan KAM dilakukan menggunakan dua metode yaitu: fisika dan kombinasi kimia+fisika. Pengaktifan fisika dilakukan menggunakan gas CO₂ sedangkan pengaktifan kimia dilakukan dengan menggunakan 0,3 M KOH sebagai aktivator. Kedua jenis elektroda ini kemudian difabrikasi sebagai elektroda superkapasitor dengan tipe koin menggunakan elektrolit 1 M H₂SO₄. Sifat kapasitif KAM ditentukan dengan menggunakan metode siklik voltammetri (SV). SV dilakukan pada tegangan 0 sampai 1 V dengan variasi laju scan 1, 10, 20, 30 dan 50 mV/s. Nilai kapasitansi maksimum KAM dari ampas tebu yang dihasilkan adalah sebesar 176 F/g. Sebagai tambahan juga dilakukan pengujian sifat kristal dan morfologi terhadap KAM dengan menggunakan metode difraksi sinar-X dan skaning elektron mikroskop. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat ditunjukkan bahwa ampas tebu potensial dikembangkan sebagai elektroda superkapasitor.

Kata Kunci: karbon aktif monolit, ampas tebu, superkapasitor, siklik voltammetri.

PENDAHULUAN

Superkapasitor yang juga dikenal sebagai *Electrochemical Double Layer Capacitor* (EDLC) adalah perangkat penyimpanan energi seperti kapasitor konvensional, baterai, dan *fuel cell* [1]. EDLC umumnya menggunakan bahan karbon sebagai elektroda. Penyimpanan energi dalam EDLC terjadi karena terbentuknya pasangan ion dalam elektrolit dan elektron dalam bahan karbon pada permukaan antara elektrolit dan elektroda karbon [2]. Karbon aktif dalam satu dekade ini telah banyak digunakan sebagai elektroda superkapasitor karena beberapa sifat keunggulannya, seperti luas permukaan yang tinggi, ketersediaannya melimpah, sifat kimiawi stabil dan relatif murah. Berdasarkan pertimbangan harga yang rendah, bahan biomassa sangat menarik untuk digunakan sebagai sumber bahan untuk pembuatan karbon aktif [3]. Ampas tebu (AT) adalah bahan biomassa yang umum digunakan dalam produksi karbon aktif dengan metode aktivasi kimia dengan ZnCl₂ sebagai agen aktivasi [4,5]. AT juga dapat digunakan sebagai cetakan untuk memproduksi elektroda karbon aktif bentuk monolit (KAM) [6]. Kapasitansi spesifik (C_{sp}) dan energi spesifik untuk elektroda karbon dari AT yang telah dilaporkan masing-masing ada dalam kisaran 140-300 F/g dan 10-30 Wh/kg. Dalam penelitian ini akan digunakan AT untuk memproduksi elektroda karbon aktif monolit dengan dua cara pengaktifan yaitu kombinasi aktivasi fisika dan kimia serta aktivasi kimia saja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi aktivasi fisika dan kimia pada bahan karbon dari AT telah menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam sifat resistif dan kapasitif dari sel superkapasitor.

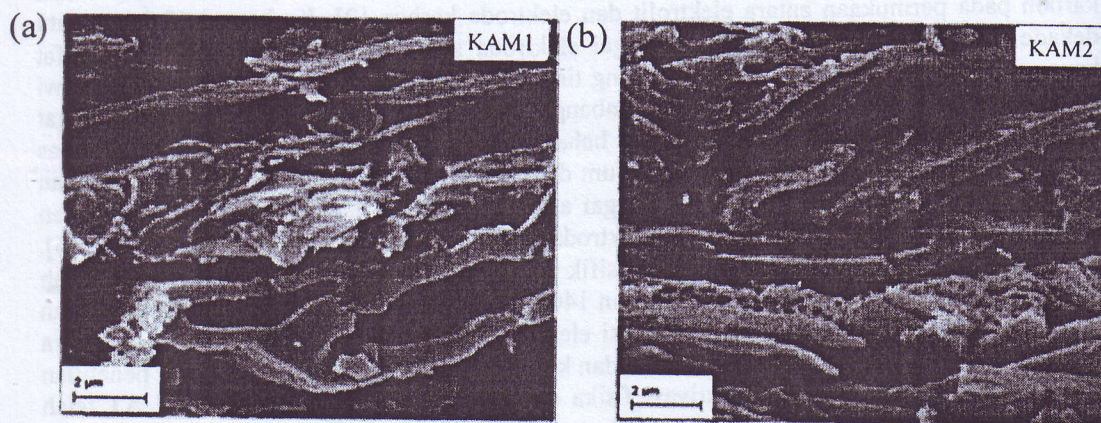
PROSEDUR PENELITIAN

Dua elektroda KAM dibuat dari AT menggunakan metode yang telah dilaporkan sebelumnya [7]. Elektroda pertama disiapkan melalui proses aktivasi fisika dengan menggunakan gas CO_2 yang mengikuti penelitian sebelumnya [8] dan diberi kode KAM-1. Elektroda kedua disiapkan melalui kombinasi proses aktivasi kimia dan fisika dan diberi kode KAM-2. Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan 0,3 M KOH, semua prosedur produksi KAM-2 telah dilaporkan [7]. Sel superkapasitor simetris yang dibuat untuk mempelajari sifat kapasitif dari KAM untuk digunakan sebagai elektroda superkapasitor sebelumnya telah dilaporkan [8].

Morfologi dan struktur permukaan juga diselidiki dalam penelitian ini. Struktur morfologi dari KAM dipelajari menggunakan metoda field emission scanning electron microscopy (FESEM) menggunakan alat Supra PV 55. Struktur KAM dievaluasi dengan metode difraksi sinar-X (XRD). Pola XRD diperoleh menggunakan alat Bruker AXS D8 difraktometer yang menggunakan radiasi $\text{CuK}\alpha$ dengan rentang sudut 2θ dari 0 sampai 60°. Kinerja sel superkapasitor dipelajari dengan metode siklik voltametri (CV) menggunakan alat Solatron 1286. Nilai kapasitas spesifik (C_{SP}) dari sel superkapasitor dihitung dengan menggunakan rumus standar [7].

HASIL DAN PEMBAHASAN

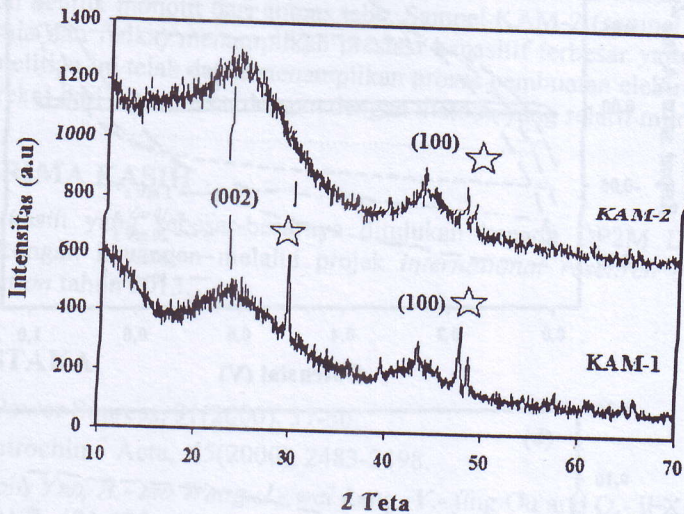
Gambar. 1 (a) menunjukkan mikrograf FESEM untuk sampel dengan dua metode aktivasi yang berbeda, KAM-1 dan KAM-2. Hasil mikrograf ini jelas menunjukkan bahwa KAM-2 lebih berpori daripada KAM-1, yang mana pori-pori nampak hadir cukup merata pada dinding-dinding partikel karbon. Perbedaan ini lebih lanjut mendukung hipotesis bahwa metode aktivasi berperan dalam pembentukan jaringan pori atau matriks berpori dalam KAM yang dibuat dari AT. Perbedaan lain yang dapat dilihat dengan jelas adalah sampel KAM-2 hadir dengan kerapatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel KAM-1.



Gambar 1 (a) SEM mikrograf dari elektroda KAM-1, (b) SEM mikrograf dari elektroda KAM-2

Gambar 2 menunjukkan pola difraksi sinar-X dari elektroda KAM-1 dan KAM-2. Puncak landai yang ditunjukkan dalam gambar bersesuaian dengan bidang (002) dan (100) untuk struktur karbon yang muncul dalam kedua pola difraksi sinar-X pada rentang sudut 2θ masing-masing 15 dan 35°. Puncak tajam yang hadir pada bahagian puncak yang landai dan diberi tanda bintang disebabkan oleh kehadiran bahan SiO_2 pada elektroda. Teknik aktivasi yang berbeda mengakibatkan pergeseran sudut puncak 2θ pada 23,981 dan 44,597° untuk KAM-1 dan 45,520° untuk KAM-2. Pergeseran ini disebabkan oleh

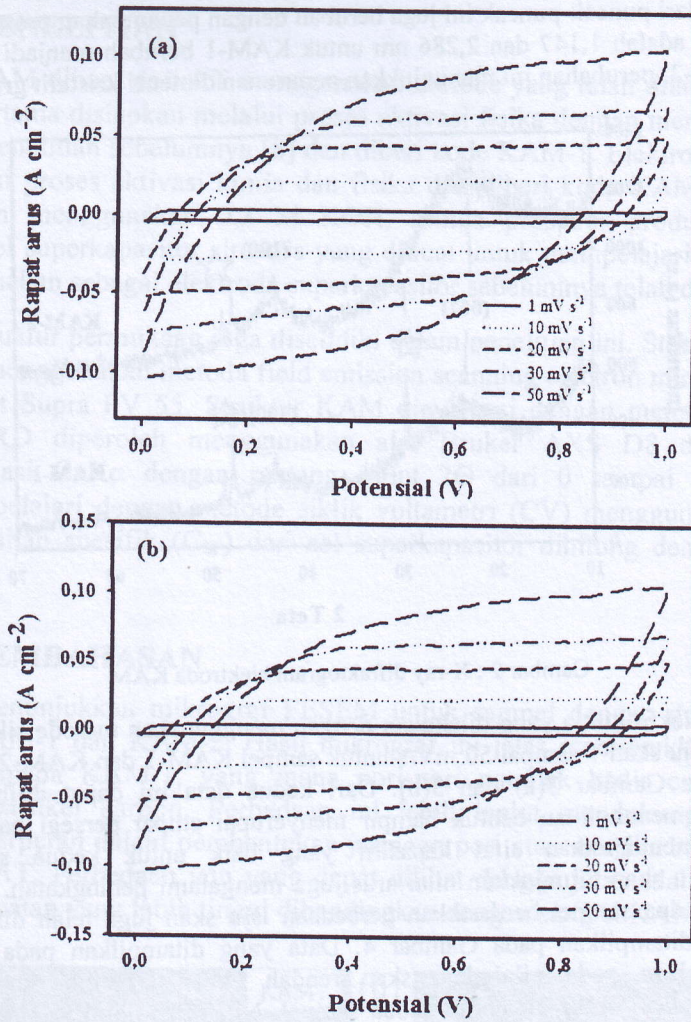
penurunan jarak antar lapisan, d_{002} dari 0,371 nm menjadi 0,364 nm dan d_{100} dari 0,203 nm menjadi 0,199 nm. Selain itu, nilai tinggi timbunan atau L_c dan lebar timbunan atau L_a yang dapat dihitung dari puncak-puncak ini juga berubah dengan penambahan proses aktivasi kimia. Nilai L_c dan L_a adalah 1,147 dan 2,286 nm untuk KAM-1 berubah menjadi 0,856 dan 2,168 nm untuk KAM-2, perubahan ini menunjukkan penurunan dimensi kristalit graphitic.



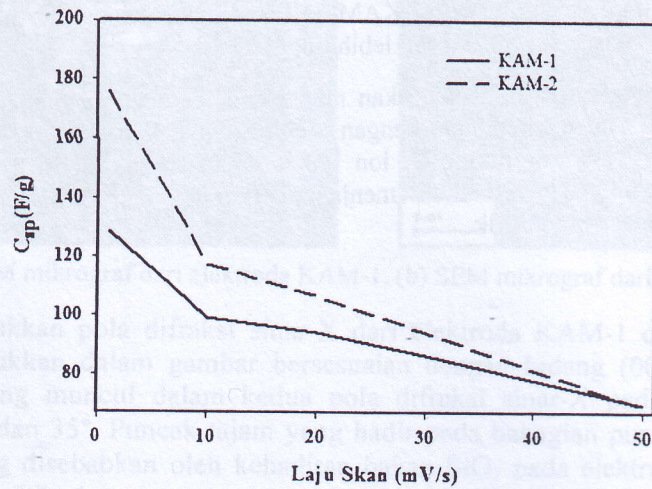
Gambar 2 : X-ray difraktogram elektroda KAM

Pengujian sifat elektrokimia yang dilakukan dengan menggunakan metode siklik voltametri dengan variasi laju scan 1 sampai 50 mV/s untuk sampel KAM-1 dan KAM-2 masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3(a) dan 3(b). Dari kedua data ini dapat dilihat bahwa hasil pengukuran CV menampilkan bentuk hampir menyerupai empat persegi panjang. Data ini secara umum menunjukkan sifat kapasitif yang baik untuk kedua sampel. Seiring meningkatnya laju scan ditunjukkan nilai arus juga mengalami peningkatan. Nilai kapasitan spesifik untuk kedua sampel berdasarkan perbedaan laju scan juga telah dihitung dan data perhitungannya ini ditampilkan pada Gambar 4. Data yang ditampilkan pada gambar empat menunjukkan keadaan optimum untuk kedua sampel. Nilai C_{sp} untuk sampel KAM-2 pada keadaan lebih tinggi dibandingkan sampel KAM-1 dimana 176 F/g untuk sampel KAM-2 dan 128 F/g untuk sampel KAM-1. Hal ini berkaitan dengan keadaan pori-pori karbon elektroda KAM-2 lebih porous dibandingkan sampel KAM-1, sehingga menghasilkan pasangan ion dan elektron yang lebih banyak untuk sampel KAM-2 dibandingkan sampel KAM-1 dan akhirnya menghasilkan nilai kapasitan spesifik yang lebih tinggi.

Seiring dengan meningkatnya nilai laju scan nilai kapasitan spesifik mengalami pengurangan untuk kedua sampel. Hal ini berkaitan dengan meningkatnya laju scan maka menyebabkan berkurangnya waktu yang dimiliki oleh ion untuk dapat masuk berdifusi kedalam pori. Pasangan ion-elektron yang terbentuk menjadi berkurang dan akhirnya menyebabkan pengurangan nilai kapasitan spesifik.



Gambar. 3 Data pengukuran siklik voltametri dengan beda laju scan dari 1 mV s^{-1} sampai 50 mV s^{-1} masing-masing untuk sampel (a) KAM-1 dan (b) KAM-2.



spesifik untuk sampel KAM-1 dan KAM-2 berdasarkan laju nilai scan

KESIMPULAN

Karbon aktif monolit dari ampas tebu telah dapat dihasilkan. Perbedaan metoda pengaktifan telah menunjukkan perbedaan sifat yang ketara pada KAM. Hasil SEM mikrograf dan difraktogram sinar X telah menunjukkan perbedaan pada morfologi permukaan dan struktur kristal KAM. Metode siklik voltametri juga telah berhasil menampilkan ciri-ciri elektrokimia elektroda karbon bentuk monolit dari ampas tebu. Sampel KAM-2 (sampel dengan kombinasi pengaktifan kimia dan fisika) menampilkan prestasi kapasitif terbesar yaitu 178 F/g. Secara keseluruhan penelitian ini telah dapat menampilkan proses pembuatan elektroda superkapasitor tanpa bahan perekat dari ampas tebu dengan dengan metode yang relatif murah dan sederhana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada DP2M DIKTI yang telah memberikan sokongan keuangan melalui projek *international research collaboration and scientific publication* tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Burke: J. Power Sources, 91(2000), 37-50.
- [2] R. Kotz: Electrochim. Acta, 45(2000), 2483-2498.
- [3] C. Peng, X.- bin Yan, R.- tao Wang, J.- wei Lang, Y.- jing Ou and Q.- ji Xue: Electrochim. Acta, 87(2013), 401-408.
- [4] T.E. Rufford, D.H.- Jurcakova, K. Khosla, Z. Zhu and G.Q: Lu. J. Power Sources, 195(2010), 912-918.
- [5] S.W- Jiang, W.X- Zhong, X. Wei, Z. Jin and Z.S- Ping: J. Inorganic Mater, 26(2011), 107-112.
- [6] C.-H. Huang and R-A. Doong: Microporous and Mesoporous Mater, 147(2012), 47-52.
- [7] R. Farma, M. Deraman, A. Awitdrus, I.A. Talib, E. Taer, N.H. Basri, J.G. Manjunatha, M.M.Ishak, B.N.M. Dollah and S.A. Hashmi: Bioresource Technol, 132(2013), 254-261.
- [8] E. Taer., M. Deraman., I.A. Talib., A. Awitdrus., S.A. Hashmi and A.A. Umar, Int. J. Electrochem. Sci, 6(2011), 3301-3315.
- [9] M. Inagakia., H. Konno and O. Tanaike: J. Power Sources, 195(2010), 7880-7903.
- [10] E. Taer, M. Deraman, I.A. Talib, S.A. Hashmi and A.A. Umar: Electrochimica Acta, 56 (2011), 10217-10222.

Pertanyaan 1.

- Nama Penanya : Nova Sartika
Instansi : Fisika UNAND
Pertanyaan : Alasan pemilihan ampas tebu? Hubungan sifat listrik? Perbandingan yang diperoleh dari hasil lain?
Jawaban : Ampas tebu memiliki sifat merekat sehingga cocok digunakan sebagai bahan karbon aktif monolit, nilai kapasitansinya yang diperoleh sudah cukup baik 178f/g, hasil yang diperoleh tidak lebih baik namun bahan lain harganya cukup mahal.

PENGARUH UKURAN SERAT DAN KETEBALAN MEMBRAN KULIT TELUR SEBAGAI SEPARATOR ALAMI PADA PENGUKURAN CAS DAN DISCAS DENGAN RAPAT ARUS YANG BERBEDA TERHADAP RAPAT ENERGI DAN DAYA SEL SUPERKAPASITOR

Erman Taer¹, Sugianto¹, Maya Annisa Sumantre¹, Rika Taslim¹, Iwantono¹ dan Dahyunir Dahlan²

¹Jurusan fisika, Universitas Riau, 28293, Simpang baru Riau, Indonesia

²Jurusan Fisika, Universitas Andalas, 25163, Limau Manis Padang, Sumatra Barat, Indonesia

Email Penulis : *erman_taer@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan pengujian berbagai macam membran kulit telur (MKT) sebagai separator alami superkapasitor. Perbedaan ukuran serat dan ketebalan membran separator dipilih dengan menggunakan berbagai macam sumber MKT seperti membran kulit telur ayam (MKTA), membran kulit telur itik (MKTI) dan membran kulit telur angsa (MKTAN). Hasil pengukuran *scanning electron microscope* menunjukkan bahwa MKT mempunyai bentuk morfologi menyerupai jaringan serat nano. Ukuran rata-rata diameter serat dan ketebalan untuk masing-masing MKTA, MKTI dan MKTAN adalah 1.177 nm; 1.314 nm; 937,14 nm dan 0,03 mm; 0,10 mm; 0,14 mm. MKT difabrikasi sebagai separator superkapasitor dengan cara pembuatan sel superkapasitor jenis koin. Perubahan nilai rapat energi dan daya sel superkapasitor diuji dengan metoda cas-discas pada arus konstan dengan rapat arus 0,01 mA/cm² dan 0,03 mA/cm² dalam larutan elektrolit 1 M H₂SO₄. Hasil pengukuran dan analisa yang telah dilakukan menunjukkan ukuran serat dan ketebalan MKT sebagai separator superkapasitor sangat mempengaruhi nilai rapat energi dan daya sel superkapasitor.

Kata kunci : Membran kulit telur, Separator superkapasitor, Rapat energi, Rapat daya.

PENDAHULUAN

Superkapasitor atau kapasitor elektrokimia merupakan perangkat penyimpan energi yang mempunyai kerapatan daya dan kerapatan energy yang lebih tinggi serta siklus hidup yang lebih lama dibandingkan dengan kapasitor konvensional, baterai atau *fuel* sel [1]. Superkapasitor terdiri dari pengumpul arus, elektroda, separator dan elektrolit. Banyak tulisan yang telah melaporkan upaya peneliti untuk meningkatkan energi dan daya superkapasitor. Laporan-laporan ini lebih difokuskan pada peningkatan kemampuan elektroda, elektrolit dan pengumpul arus [2-4]. Di sisi lain, hanya beberapa dokumen yang membahas tentang studi pada separator [5-6]. Separator pada superkapasitor ditempatkan antara dua elektroda untuk mencegah perpindahan secara langsung elektron antara dua elektroda. Selain itu, separator haruslah cukup tipis dan memiliki struktur makropori. Hal ini untuk memastikan kelancaran pengaliran ion dalam elektrolit untuk berdifusi ke dalam pori-pori di kedua elektroda. Makalah ini menampilkan pengujian beberapa membran kulit telur (MKT) seperti seperti membran kulit telur ayam (MKTA), membran kulit telur itik (MKTI) dan membran kulit telur angsa (MKTAN) sebagai pemisah alami untuk superkapasitor dengan metoda cas dan discas pada arus yang tetap. Diharapkan jenis membran alami yang dipilih ini mempunyai ciri-ciri fisika (ketebalan dan ukuran serat) yang berbeda. Dari penelitian tersebut, memberikan tambahan informasi tentang pengaruh ukuran serat dan ketebalan membran kulit telur pada kinerja

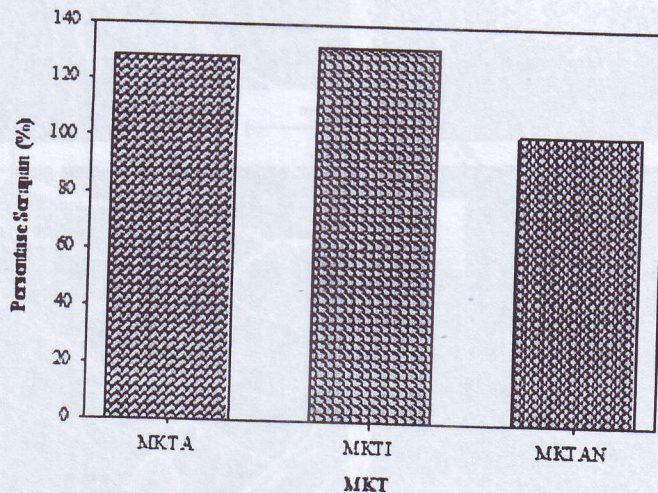
PROSEDUR PENELITIAN

Persiapan membran kulit telur mengikuti metode yang telah dilaporkan [7]. Pengujian yang telah dilakukan pada membran kulit telur adalah seperti penyerapan elektrolit dan morfologi. Pengukuran morfologi permukaan membran kulit telur dilakukan menggunakan FESEM (Supra PV 55 model). Sifat elektrokimia membran kulit telur telah dipelajari dengan cara memfabrikasi sel superkapasitor dengan tipe koin yang terdiri dari dua elektroda karbon aktif monolit dari serabut tandan kelapa sawit, dua potong *stainless steel* yang digunakan sebagai pengumpul arus dan 1 M asam sulfat sebagai elektrolit. Pengukuran sifat elektrokimia superkapasitor dilakukan menggunakan metode galvanostatik *charge-discharge* (GCD) dengan alat Solatron 1286. Kapasitansi spesifik, energy dan daya ditentukan dengan menggunakan rumus standar [8].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik sifat fisika

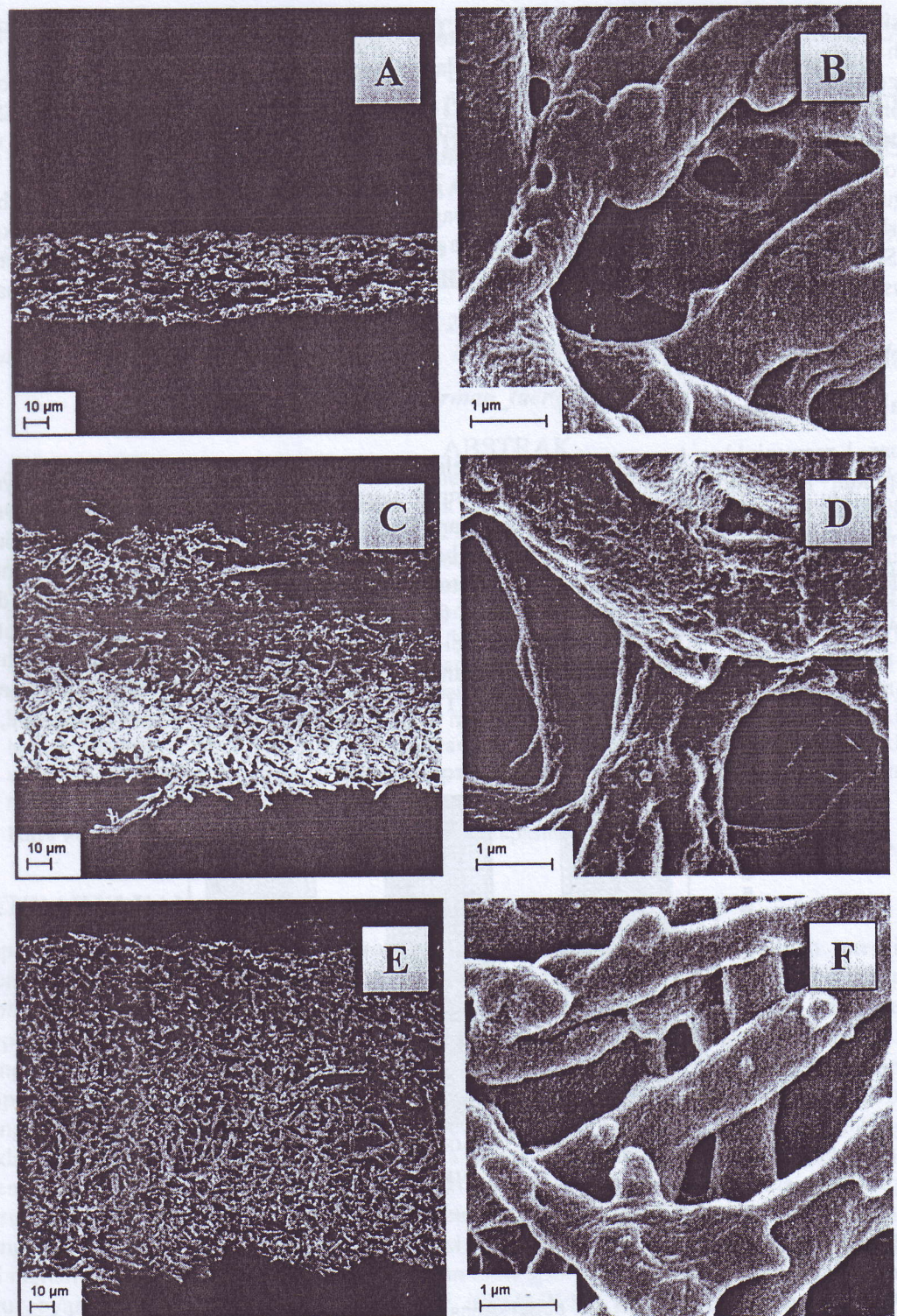
Gambar. 1 menunjukkan kemampuan serapan elektrolit untuk berbagai jenis MKT. Data yang ditampilkan merupakan rata-rata dari 5 sampel untuk setiap jenis MKT, MKTI yang menunjukkan kemampuan serapan tertinggi dan disisi lain MKTAN memiliki kemampuan minimum dalam penyerapan elektrolit. Gambar 2. menunjukkan SEM mikrograf untuk masing-masing MKTA, MKTI, MKTAN. Ketebalan untuk setiap MKT dapat diamati dari tampak melintang dengan ketebalan 0,03 mm, 0,10 mm dan 0,14 mm masing-masing untuk MKTA, MKTI dan MKTAN. Dari semua sampel dapat diamati dari tampak permukaan bahwa MKT pada umumnya berbentuk seperti jaringan serat nano, dengan rata-rata diameter serat untuk masing-masing MKTA, MKTI dan MKTAN adalah 1.177 nm, 1.314 nm dan 937,14 nm.



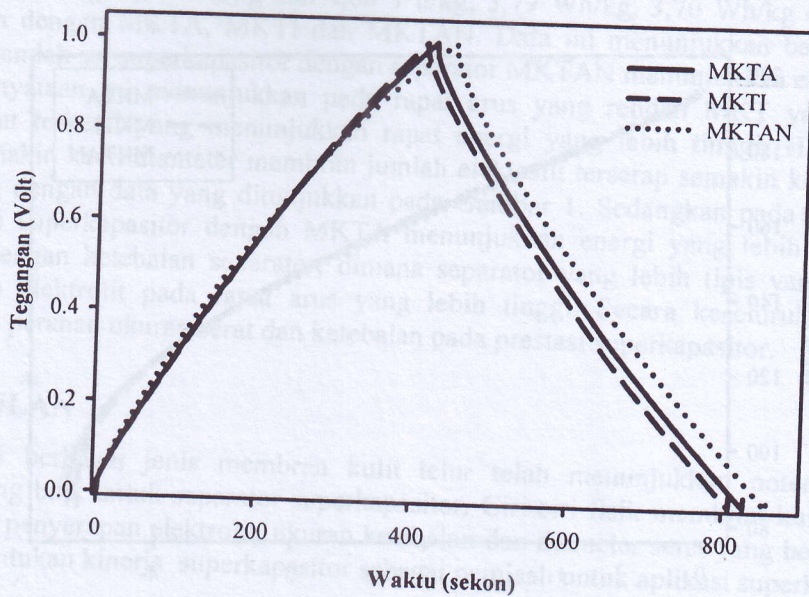
Gambar 1. Kemampuan serapan elektrolit MKT

Karakteristik elektrokimia

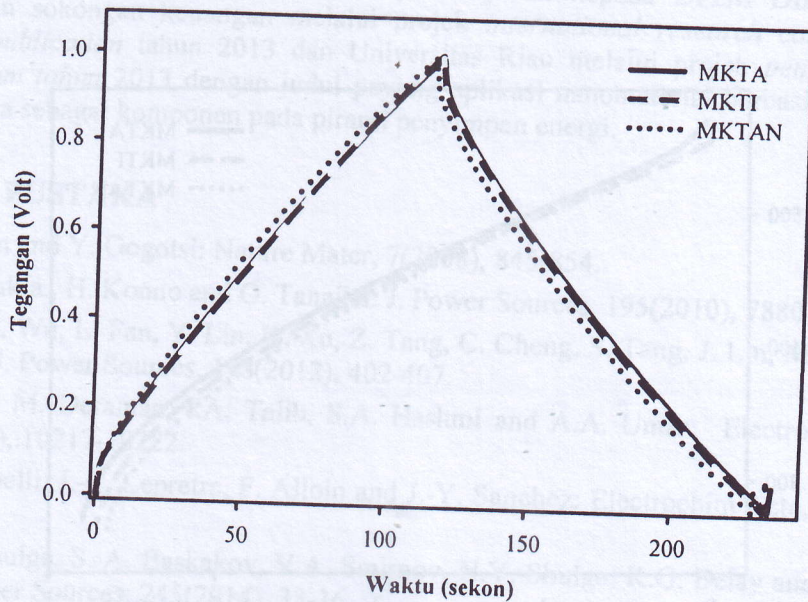
Pengukuran sifat elektrokimia dari sel superkapasitor menggunakan separator alami MKTA, MKTI dan MKTAN dilakukan dengan menggunakan metode Galvanostatik *charge discharge* (GCD) pada rapat arus yang berbeda yaitu $0,01 \text{ mA/cm}^2$ dan $0,03 \text{ mA/cm}^2$. Data pengukuran GCD untuk rapat arus yang berbeda ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Dari data pengukuran yang ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 dapat ditentukan hubungan rapat



Gambar 2. SEM mikrograf MKT untuk tampak melintang dan permukaan, (A) dan (B): MKTA perbesaran 300 X dan 10.000 X, (C) dan (D): MKTI perbesaran 300 X dan 10.000 X, (E) dan (F): MKTAN perbesaran 300 X dan 10.000 X.

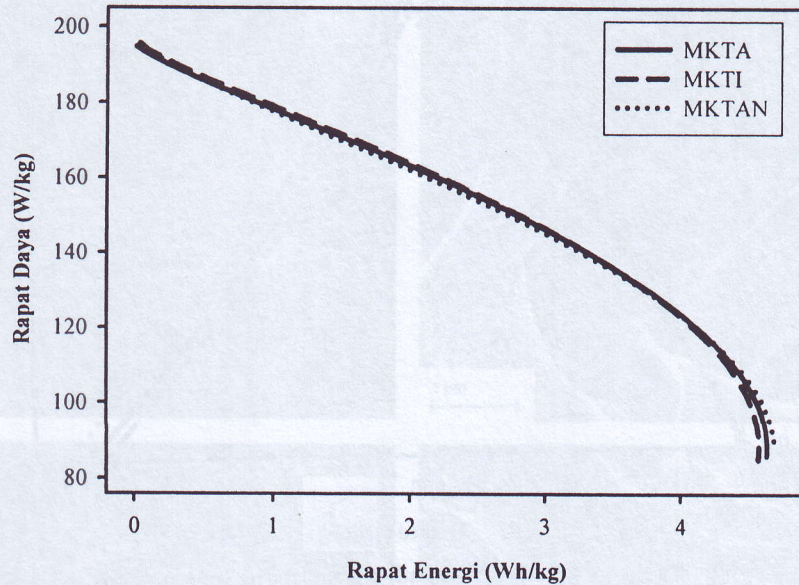


Gambar. 3 Charge discharge pada densitas arus $0,01 \text{ mA/cm}^2$

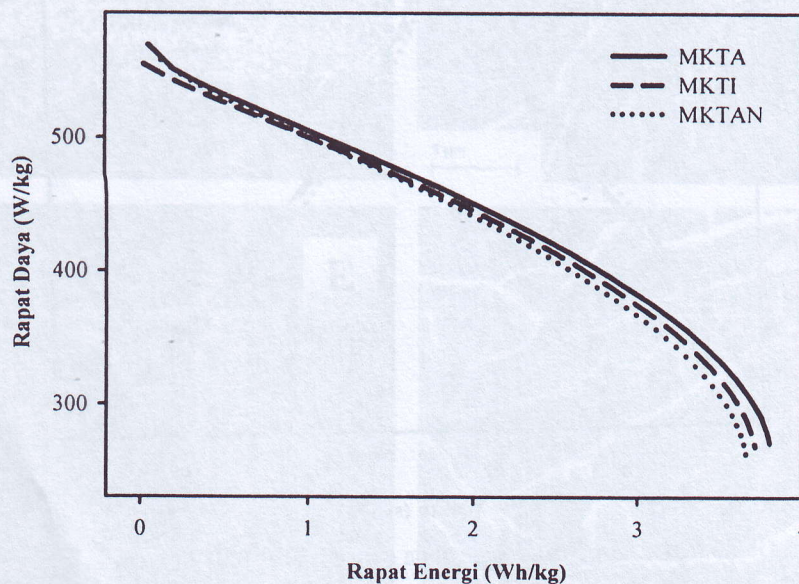


Gambar. 4 Charge discharge pada densitas arus $0,03 \text{ mA/cm}^2$

Gambar 3 dan 4 menunjukkan hubungan antara tegangan terhadap waktu pada keadaan cas dan discas untuk rapat arus $0,01 \text{ mA/cm}^2$ dan $0,03 \text{ mA/cm}^2$ untuk MKT yang berbeda. Secara umum, kurva yang dihasilkan menyerupai bentuk segitiga sama kaki yang hampir simetri pada saat cas dan discas. Nilai kapasitansi spesifik juga dapat ditentukan dalam pengukuran ini menggunakan persamaan $C_{sp} = (2 \times I \times \Delta t) / (m \times \Delta V)$. Nilai kapasitansi spesifik setiap MKT pada densitas arus $0,01 \text{ mA/cm}^2$ dan $0,03 \text{ mA/cm}^2$ adalah $163,85 \text{ F/g}^{-1}$, $161,84 \text{ F/g}$ dan $159,45 \text{ F/g}$; $140,36 \text{ F/g}$, $137,45 \text{ F/g}$ dan $136,40 \text{ F/g}$ masing-masing beresesuaian untuk MKTA, MKT



Gambar. 5 Perbandingan rapat energi dan daya pada densitas arus $0,01 \text{ mA/cm}^2$ untuk MKT yang berbeda



Gambar. 6 Perbandingan rapat energi dan daya pada densitas arus $0,03 \text{ mA/cm}^2$ untuk MKT yang berbeda

Gambar. 5 dan 6 menunjukkan perbandingan rapat energi dan daya pada rapat arus $0,01 \text{ mA/cm}^2$ dan $0,03 \text{ mA/cm}^2$ untuk MKT yang berbeda. Secara umum, penambahan rapat energi diikuti oleh pengurangan rapat daya. Rapat arus yang rendah menunjukkan rapat energi terbesar dihasilkan oleh sel superkapasitor dengan separator MKTAN sedangkan pada densitas rapat arus yang tinggi MKTA menunjukkan rapat energi yang lebih tinggi. Nilai rapat energi dan daya dapat ditentukan menggunakan persamaan $E = (V \times i \times t) / m$ dan $P = (V \times i) / m$.

Nilai rapat energi dan daya setiap MKT untuk densitas arus $0,01 \text{ mA/cm}^2$ dan $0,03 \text{ mA/cm}^2$ adalah $4,62 \text{ Wh/kg}$, $4,56 \text{ Wh/kg}$ dan $4,68 \text{ Wh/kg}$; $3,79 \text{ Wh/kg}$, $3,70 \text{ Wh/kg}$ dan $3,65 \text{ Wh/kg}$ bersesuaian dengan MKTA, MKTI dan MKTAN. Data ini menunjukkan bahwa pada rapat arus yang rendah sel superkapasitor dengan separator MKTAN menunjukkan energi yang lebih tinggi. Kenyataan ini menunjukkan pada rapat arus yang rendah MKT yang mempunyai ukuran serat terkecil yang menunjukkan rapat energi yang lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan semakin kecil diameter membran jumlah elektrolit terserap semakin kecil dan data ini bersesuaian dengan data yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan pada rapat arus yang lebih tinggi superkapasitor dengan MKTA menunjukkan energi yang lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan ketebalan separator, dimana separator yang lebih tipis yang lebih mudah dilalui oleh elektrolit pada rapat arus yang lebih tinggi. Secara keseluruhan telah dapat ditunjukkan peranan ukuran serat dan ketebalan pada prestasi superkapasitor.

KESIMPULAN

Mempelajari berbagai jenis membran kulit telur telah menunjukkan potensinya sebagai kandidat yang baik untuk separator superkapasitor. Ciri-ciri fisik membran kulit telur seperti kemampuan penyerapan elektrolit, ukuran ketebalan dan diameter serat yang berperan penting dalam menentukan kinerja superkapasitor sebagai pemisah untuk aplikasi superkapasitor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada DP2M DIKTI yang telah memberikan sokongan keuangan melalui projek *international research collaboration and scientific publication* tahun 2013 dan Universitas Riau melalui projek *penelitian berbasis laboratorium tahun 2013* dengan judul payung aplikasi nanomaterial berbasis biomassa dan logam mulia sebagai komponen pada piranti penyimpanan energi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Simon and Y. Gogotsi: *Nature Mater*, 7(2008), 845-854.
- [2] M. Inagakia., H. Konno and O. Tanaike: *J. Power Sources*, 195(2010), 7880-7903.
- [3] H. Yu, J. Wu, L. Fan, Y. Lin, K. Xu, Z. Tang, C. Cheng, S. Tang, J. Lin, M. Huang and Z. Lan: *J. Power Sources*, 198(2012), 402-407.
- [4] E. Taer, M. Deraman, I.A. Talib, S.A. Hashmi and A.A. Umar: *Electrochim Acta*, 56 (2011), 10217-10222.
- [5] D. Karabelli, J.-C. Lepretre, F. Alloin and J.-Y. Sanchez: *Electrochim Acta*, 57(2011), 98-103.
- [6] Y. M. Shulga, S. A. Baskakov, V.A. Smirnov, N.Y. Shulga, K.G. Belay and G.L. Gutsev: *J. Power Sources*, 245(2014), 33-36.
- [7] H. Yu, Q. Tang, J. Wu, Y. Lin, L. Fan, M. Huang, J. Lin and F. Yu: *J. Power Sources*, 206 (2012), 463-468.
- [8] Y. Zhu, H. Hu, W. Li and X. Zhang: *Carbon*, 45(2007), 160-165.
- [9] B.H. Kim, K.P. Yang and J.P. Ferraris: *Electrochim Acta*, 75(2012), 325-331.
- [10] R. Farma, M. Deraman, A. Awitdrus, I.A. Talib, E. Taer, N.H. Basri, J.G. Manjunatha, M.M.Ishak, B.N.M. Dollah and S.A. Hashmi: *Bioresource Technol*, 132(2013), 254-261.



Pertanyaan 1.

Nama Penanya : Nasri

Instansi : Fisika UNJA

Pertanyaan : Apakah membran kulit telur hanya diteliti atau telah difabrikasikan?

Jawaban : Fabrikasi yang dimaksud adalah pembuatan suerkapasitor dengan menggunakan separator yaitu membran kulit telur dan belum diperjual belikan / diproduksi massal.

Pertanyaan 2.

Nama Penanya : Tjiaw Siaw Leng

Instansi : Fisika UNAND

Pertanyaan : Apa bahan penyusun dari membran kulit telur sehingga dapat menyimpan energi ?

Jawaban : Bahan membran kulit telur tersusun dari lipid dan protein . Separator yang dimaksud sebagai pemisah diantara dua elektroda karbon yang berfungsi sebagai jalan lewatnya ion .



PENUMBUHAN NANOPARTIKEL PLATINUM DENGAN METODE MEDIASI PEMBENIHAN UNTUK APLIKASI ELEKTRODA KOUNTER SOLAR SEL FOTOELEKTROKIMIA

Iwantono ^{1*}, Tengku Afrida¹, Rika¹, Erman Taer¹, Akrajas Ali Umar²

¹Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Riau, Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru 28293
Pekanbaru Riau - INDONESIA

²Institute of Microengineering and Nanoelectronics, University Kebangsaan Malaysia, 43600
Bangi, Selangor – MALAYSIA

^{1*} e-mail : iwan_tono@yahoo.co.uk

ABSTRAK

Nanopartikel platinum telah berhasil ditumbuhkan pada substrat padat (glass dan ITO) dengan menggunakan metode mediasi pbenihan (seed-mediated growth). Penumbuhan nanoprtikel platinum tersebut dilakukan pada suhu 50° C dengan menambahkan larutan surfaktan PVP (*Polyvinylpyrrolidone*) 8 ml dan larutan katalis NaOH dengan volume 0,10 ml, 0,15 ml, 0,20 ml dan 0,25 ml. Sampel dikarakterisasi dengan metode spektroskopi UV-Vis, X-Ray diffraction dan FESEM (Field Emission Scanning Electron Microscopy). Grafik hasil spektroskopi UV-Vis memperlihatkan bahwa penambahan NaOH dengan volume 0,10 ml memiliki intensitas paling tinggi dibanding pada volume yang lain. Pola XRD dari sampel mengkonfirmasikan bahwa kemunculan dua puncak pada sudut $2\theta = 39.893^\circ$ dan $2\theta = 46.397^\circ$ mengindikasikan terbentuknya nanopartikel platinum dengan orientasi kristal (111) dan (200). Foto FESEM memperlihatkan densitas yang tinggi dari partikel platinum dengan ukuran yang seragam pada lapisan tunggal substrat padat. Dengan menggunakan metode sederhana ini dimungkinkan dapat menghasilkan jumlah lapisan nanopartikel platinum yang berbeda sehingga ketebalan elektroda yang dihasilkan dapat dikontrol. Hasil yang dihasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan metode penumbuhan dengan mediasi pbenihan yang sederhana dan biaya murah ini menjadikan nanopartikel platinum yang dihasilkan dapat diaplikasikan untuk elektroda counter pada solar sel fotoelektrokimia.

Kata kunci: Nanopartikel platinum, Seed-mediated growth, Elektroda counter, Solar sel fotoelektrokimia

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material dan aplikasinya yang sangat pesat dalam beberapa dekade terakhir, merupakan akibat dari perkembangan nanoteknologi. Nanoteknologi banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang, seperti pembuatan sistem sensor gas (Nengsih dkk, 2011), elektroda dan pengumpul arus pada sel superkapasitor (Taer dkk, 2011), dan pembuatan panel surya (Hull dkk, 2006). Nanopartikel logam (platinum, palladium, emas dan perak) merupakan beberapa bentuk nanomaterial yang banyak difabrikasi dan diaplikasikan dalam beberapa pemakaian. Untuk menghasilkan nanopartikel logam dapat digunakan metode kimia basah (*wet chemical method*).

Penumbuhan nanopartikel logam dapat dilakukan dengan mediasi pbenihan dan penumbuhan (*seed mediated growth*) atau dengan metode penumbuhan langsung (*in situ growth*) (Umar, 2006). Nanopartikel mudah ditumbuhkan dalam bentuk cairan tetapi sulit untuk diaplikasikan. Sedangkan nanopartikel yang ditumbuhkan dalam bentuk padatan lebih sulit tumbuh, tetapi lebih mudah untuk diaplikasikan. Berbagai aplikasi telah berhasil diaplikasikan seperti nanopartikel palladium yang ditumbuhkan di atas karbon sebagai (Iwantono dkk, 2012).

Pada penelitian ini nanopartikel logam dibuat dari bahan platinum. Atom platinum memiliki sifat katalik yang baik sehingga dapat meningkatkan kualitas material untuk berbagai aplikasi. Nanopartikel platinum ditumbuhkan dengan metode *seed-mediated growth* dengan tambahan bahan surfaktan yang ditumbuhkan pada permukaan substrat padat yang memiliki sifat konduktif yang tinggi dan permukaan yang transparan.

Dengan menggunakan metode sederhana ini dimungkinkan dapat menghasilkan jumlah lapisan nanopartikel platinum yang berbeda sehingga ketebalan elektroda yang dihasilkan dapat dikontrol. Nanopartikel platinum yang dihasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan metode penumbuhan dengan mediasi pembenihan yang sederhana dan biaya murah ini menjadikan nanopartikel platinum yang dihasilkan dapat diaplikasikan untuk elektroda counter pada solar sel fotoelektrokimia.

EKSPERIMEN

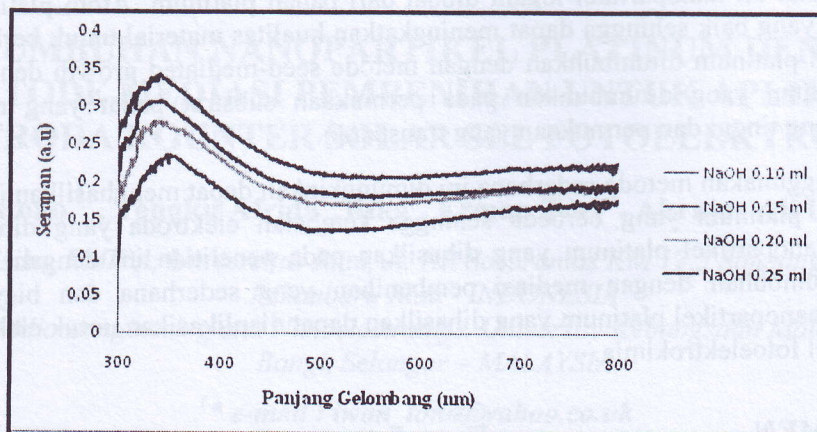
Material: Potassium tetrachloroplatinate (II) (K_2PtCl_4), Ascorbic acid ($C_6H_8O_6$), Polyvinylpyrrolidone (PVP), Natrium Hidroksida (NaOH) dan air murni yang memiliki tahanan $8,2 M\Omega$.

Eksperimen: Penumbuhan nanopartikel platinum dengan menggunakan surfaktan PVP dan katalis NaOH. Nanopartikel platinum ditumbuhkan dengan metode *seed-mediated growth* di atas permukaan substrat padat. Langkah pertama yang dilakukan pada proses pembenihan ini adalah menyiapkan larutan pembenih yaitu larutan potassium tetrachloroplatinate, larutan asam ascorbat dan DI water. Substrat yang telah dibersihkan kemudian di masukkan ke dalam larutan pembenih selama 2 jam pada suhu $50^\circ C$. Setelah proses pembenihan selesai, substrat tersebut selanjutnya dicelupkan dalam larutan penumbuh yang terdiri dari larutan $C_6H_8O_6$, PVP, NaOH, dan DI water. Adapun waktu penumbuhan dilakukan selama 5 jam.

Karakterisasi: Untuk menentukan struktur nanopartikel platinum yang tumbuh dilakukan uji difraksi sinar-X. Karakteristik spectrum absorpsi dari nanopartikel platinum dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Morfologi dari nanopartikel platinum dianalisa dengan menggunakan *field-emission scanning electron microscopy* (FESEM). Sedangkan komposisi molekul permukaan sampel dianalisis dengan *energy dispersive x-ray* (EDX).

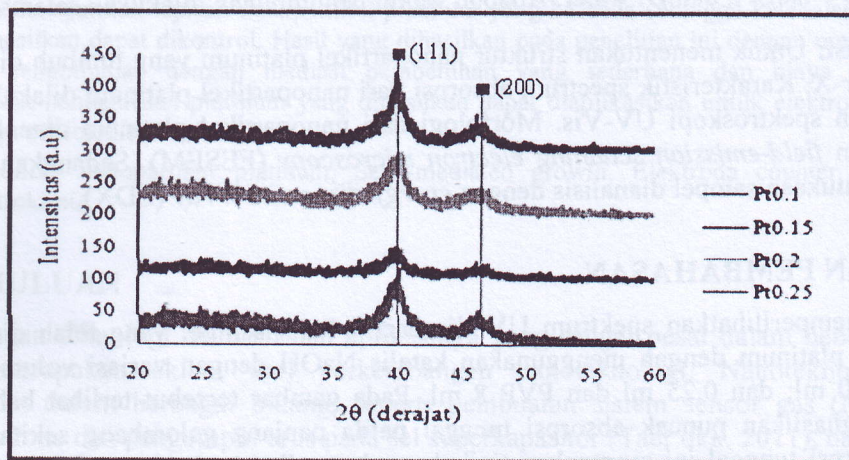
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 memperlihatkan spektrum UV-Vis dari 4 buah sampel yang telah ditumbuhkan nanopartikel platinum dengan menggunakan katalis NaOH dengan variasi volume 0,10 ml; 0,15 ml; 0,20 ml; dan 0,25 ml dan PVP 8 ml. Pada gambar tersebut terlihat bahwa semua sampel menghasilkan puncak absorpsi tunggal pada panjang gelombang sekitar 380 nm. Puncak absorpsi tunggal ini merupakan tipikal untuk partikel berbentuk spheris (bola). Dari gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa intensitas absorpsi dipengaruhi oleh volume katalis NaOH. Semakin kecil volume NaOH menghasilkan intensitas UV-Vis semakin tinggi. Spektrum UV-Vis yang dihasilkan dari sampel dengan volume PVP 8 ml dan volume katalis NaOH 0.10 ml memiliki intensitas serapan lebih tinggi dibandingkan dengan 3 sampel lainnya. Intensitas absorpsi mengindikasikan jumlah partikel yang terbentuk pada substrat, oleh karenanya sampel dengan volume NaOH 0.10 ml dan volume PVP 8 ml ini mengindikasikan jumlah partikel platinum yang tumbuh lebih banyak dibandingkan pada sampel lainnya.



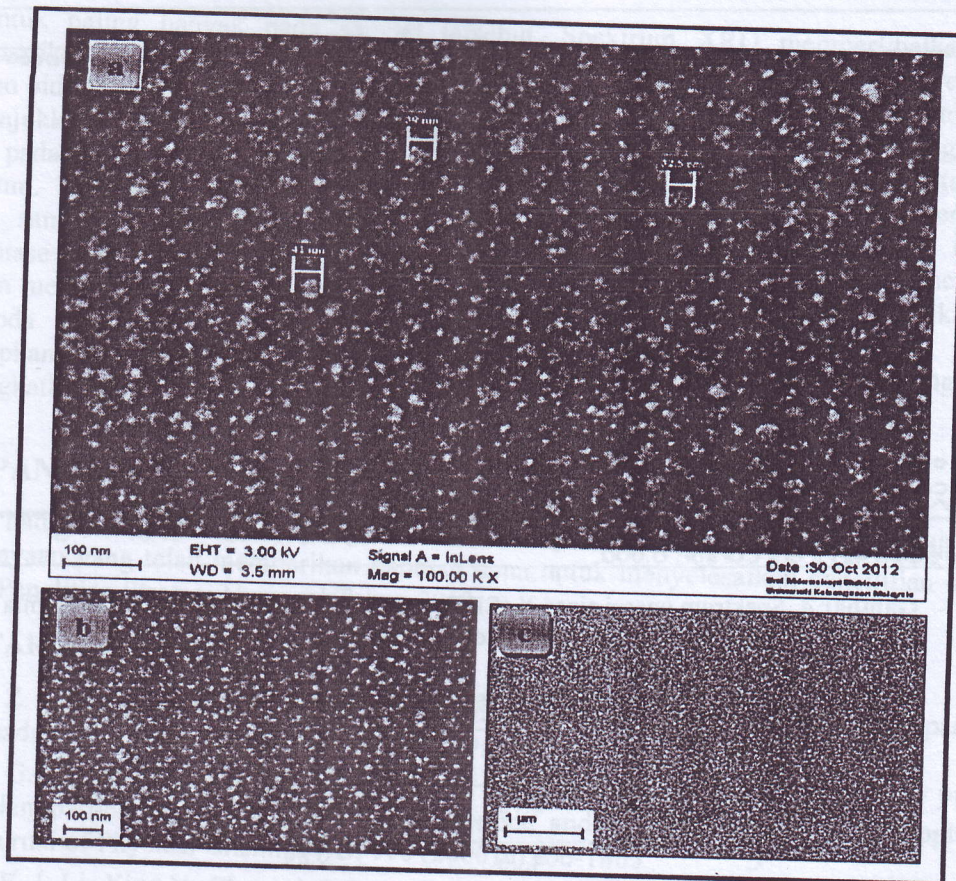
Gambar 1. Spektrum UV-Vis dari 4 buah sampel dengan 4 variasi volume katalis NaOH: 0,10 ml; 0,15 ml; 0,20 ml; dan 0,25 ml pada volume PVP 8 ml

Pola XRD dari 4 sampel dengan variasi volume katalis NaOH 0,10 ml; 0,15 ml; 0,20 ml; dan 0,25 ml pada volume PVP 8 ml pada sudut $2\theta = 20^\circ - 60^\circ$ diperlihatkan pada Gambar 2. Dapat dilihat dari gambar tersebut bahwa keempat sampel memiliki puncak XRD pada sudut $2\theta = 39.893^\circ$ dengan nilai hkl (111) dan sudut $2\theta = 46.397^\circ$ dengan nilai hkl (200). Kedua puncak XRD tersebut merupakan representasi dari terbentuknya nanopartikel platinum pada substrat ITO. Analisa XRD dengan menggunakan data JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standart) dengan No. 01-087-0640 mengkonfirmasi bahwa nanopartikel platinum yang dihasilkan memiliki struktur kristal FCC (*face centered cubic*) dengan orientasi kristal hkl (111) dan (200) lebih dominan.



Gambar 2. Pola XRD nanopartikel platinum yang ditumbuhkan pada ITO

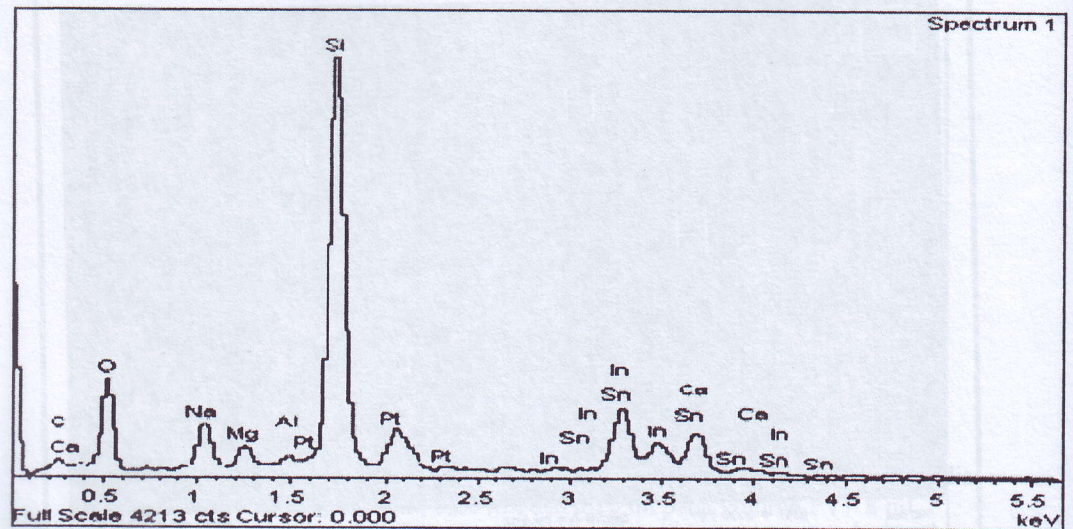
Morfologi permukaan substrat ITO yang telah ditumbuhkan nanopartikel platinum di atasnya diperlihatkan pada Gambar 3. Sampel dengan volume katalis NaOH 0.25 ml dan volume surfaktan PVP 8 ml menghasilkan nanopartikel platinum berbentuk bulat (bola) yang tumbuh tersebar merata di atas permukaan substrat dan memiliki densitas yang tinggi dan memiliki ukuran partikel yang seragam dibandingkan dengan ukuran partikel dari sampel dengan variasi volume NaOH 0.10 ml, 0.15 ml, dan 0.20 ml. Ukuran partikel platinum yang terbentuk berkisar antara 32.5 – 46.6 nm dengan jumlah nanopartikel platinum yang tumbuh adalah sebanyak 1.126 butir per cm² dan ukuran partikel berkisar antara 41 – 46.6 nm sebanyak 0.7 % dan



Gambar 3. Nanopartikel platinum yang tumbuh di atas permukaan substrat ITO dengan volume katalis NaOH 0.25 ml dan volume surfaktan PVP 8 ml

Gambar 4 menunjukkan hasil EDX dari sampel yang telah ditumbuhkan nanopartikel platinum di atas substrat padat, yang memperlihatkan keberadaan unsur platinum (Pt) pada permukaan sampel. Pada spektrum EDX ini dapat dideteksi keberadaan puncak platinum pada 2.1 keV dengan prosentase berat sebesar 9.78% dan prosentase atom sebesar 1.41%. Selain unsur platinum, terdapat pula beberapa unsur lain sebagai unsur asli dalam substrat ITO seperti indium (In), timah (Sn), oksigen (O), silikon (Si), magnesium (Mg), kalsium (Ca) dan aluminium (Al). Sampel menggunakan surfaktan PVP dan NaOH sehingga menghasilkan spektrum unsur natrium (Na) pada 1.05 keV, sedangkan unsur hydrogen (H) tidak dapat dideteksi karena terlalu ringan. Selengkapannya kandungan semua unsur kimia beserta prosentase berat dan jumlah atomnya yang terdapat dalam sampel diperlihatkan pada Tabel 1.

Nanopartikel yang dihasilkan dan tumbuh di atas substrat padat ini dimungkinkan diproduksi dalam jumlah yang lebih banyak, dengan melakukan proses mediasi dan penumbuhan berulang. Fabrikasi nanopartikel platinum dengan jumlah yang banyak ini juga menghasilkan jumlah lapisan nanopartikel platinum yang berbeda sehingga ketebalan elektroda yang dihasilkan dapat dikontrol. Nanopartikel platinum yang dihasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan metode penumbuhan dengan mediasi pembenihan yang sederhana dan biaya murah ini menjadikan nanopartikel platinum yang dihasilkan dapat diaplikasikan untuk elektroda counter pada solar sel fotoelektrokimia. Dengan penambahan nanopartikel platinum, diharapkan dapat meningkatkan sifat listrik dan elektrokimia elektrolit pepejal polimer sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi sel surya fotoelektrokimia.



Gambar 4. Spektrum energi sinar-X (EDX) yang menunjukkan semua unsure kimia yang terdapat dalam substrat yang telah ditumbuhkan nanopartikel platinum

Tabel 1. Presentase elemen pada sampel

Elemen	Berat%	Atom%
Pt	9.78	1.41
C	4.06	9.49
O	26.69	46.84
Na	3.84	4.69
Mg	1.50	1.73
Al	0.48	0.50
Si	26.82	26.81
Ca	4.34	3.04
In	19.69	4.81
Sn	2.80	0.66
Total	100	100

KESIMPULAN

Nanopartikel platinum telah berhasil difabrikasi dan ditumbuhkan pada substrat padat dengan menggunakan metode seed-mediated growth dengan K_2PtCl_4 sebagai sumber platinum dengan menambahkan larutan *ascorbic acid*, larutan surfaktan PVP sebanyak 8 ml dan larutan katalis NaOH dengan volume 0,10 ml, 0,15 ml, 0,20 ml dan 0,25 ml. Karakteristik UV-Vis memperlihatkan puncak tunggal absorpsi yang merepresentasikan bentuk geometri spheris dari r bentuk pada substrat. Spektrum UV-Vis juga menunjukkan buhkan pada volume NaOH 0.10 ml memiliki puncak serapan n dengan sampel lain, sehingga jumlah partikel platinum yang

terbentuk paling banyak pada sampel tersebut. Spektrum XRD memperlihatkan bahwa nanopartikel platinum yang terbentuk memiliki struktur kristal FCC (*Face-Centered Cubic*) dengan bidang kristal (111) dan (200) pada sudut $2\theta = 39.893^\circ$ dan $2\theta = 46.397^\circ$. Foto FESEM menunjukkan bahwa nanopartikel platinum yang tumbuh memiliki densitas yang tinggi (1.136 butir) pada permukaan 1.128 nm x 780 nm dengan range ukuran partikel berkisar antara 32.5 - 46.6 nm. Tinjauan EDX memberikan informasi prosentase unsure kimia yang terkandung dalam sampel. Unsur platinum memiliki persentase atom sebesar 1.41 % dan memiliki persentase berat sebesar 9.78 %. Nanopartikel platinum yang dihasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan metode yang sederhana dan biaya murah ini dapat diaplikasikan untuk elektroda counter pada solar sel fotoelektrokimia. Penambahan nanopartikel platinum diharapkan dapat meningkatkan sifat listrik dan elektrokimia elektrolit polimer sehingga dapat meningkatkan efisiensi sel surya fotoelektrokimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami haturkan penghargaan yang sebesar-besarnya pada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan bantuan dana untuk menyelesaikan penelitian ini lewat Hibah Penelitian Strategi Nasional Tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, Z. H. 2007. "Kebergantungan ukuran nanopartikel terhadap warna yang dipancarkan pada proses deeksitasi" .ITB. Bandung.
- Chang, G., Oyama, M. dan Hirao, K. 2006. In Situ Chemical Reductive Growth of Platinum Nanoparticle In indium Tien Oxide Surface and Their Electrochemical Application. *Jurnal of Physical Chemistry B*. 110 (2006): 1860-1865
- Hull R.V, L.Li, Xing.Y, Chusuei C.C. 2006. Characterizing the Surfaces of Carbon Nanotube Fuel Cell Catalysts. National Synchrotron Light Source. U.S Departement of Energy.
- Iwantono. Umar, A. A. dan Taer, E. 2010. Fabrikasi superkapasitor dengan sifat-sifat kapasitiv tinggi melalui peningkatan antarmuka piranti menggunakan nanopartikel logam. Hibah Bersaing DP2M DIKTI. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Lupita, jeni. 2011. Skripsi : Optimalisasi penumbuhan nanopartikel platinum pada substrat stainless steel dan elektroda karbon dengan densitas tinggi. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Nengsih, S., Umar, A. A., Salleh, M. M., Oyama, M. dan Majlis, B. Y. 2011. Plasmonic responses of gold nanoparticles on organic vapor: Shape effect. *Materials Science Forum*. 663-665: 956-960.
- Raab, C. Simko, M., Fiederal, U., Nentwich, M. dan Gaszo, A. 2011. Production of Nanoparticles and Nanomaterials. nano trust-dossiers no. 006 en institute of technology assessment of the Austrian Academy of Scineces.
- Schweitzer, J., 2010. *Scanning Electron Microscope*. Purdue University, West Lafayette.
- Taer, E., Deraman, M., Talib, I. A., Hashmi, S. A. dan Umar, A. A. 2011. Growth of Platinum Nanoparticles on Stainless Steel 316L Current Collectors to Improve Carbon-Based Supercapacitors Performanca. *Electrochimica Acta*. 56 (2011): 10217-10222.
- Umar, A. A., Oyama, M., Salleh, M. M. dan Majlis, Y. B. 2009. Formation of high yield gold nanoplates on the surface: effective two-dimensional crystal growth of nanoseed in the presence of poly(vinylpyrrolidone) and cetyltrimethylammonium bromide. *Crystal Growth & Design*. 9 (6): 2835-2840.
- Umar, A. A. dan Oyama, M., 2006. A Cast Seed-Mediated Growth Method for Gold *face Science*. 253: 2196-



Pertanyaan 1.

Nama Penanya : Dona Abrini

Instansi : Alumni Fisika UNAND

Pertanyaan : Parameter bahwa itu nanopartikel platinum?

Jawaban : Sampel dikarakterisasi dengan XRD dengan no.JCPDS dihasikan bahwa sampel tersebut benar tumbuh nano partikel platinum dengan 111 dan 200 dengan bentuk kristal fcc



PENYEDIAAN DAN KARAKTERISASI KARBON AKTIF MONOLIT TANPA PEREKAT DARI AMPAS TEBU UNTUK PENYERAPAN LOGAM BERAT (FE)

Sugianto, Erman Taer¹ Rahmi Aniza Putri, Rika Taslim, Iwantono

Jurusan fisika, Universitas Riau, 28293, simpang baru Riau, Indonesia

Email Penulis : ¹erman_taer@yahoo.com

ABSTRAK

Karbon aktif monolit (KAM) tanpa perekat telah dihasilkan dari ampas tebu dan telah digunakan untuk penyerapan logam berat dari kawasan perairan. Penyediaan KAM tanpa perekat diawali dengan metoda karbonisasi ampas tebu pada suhu 280 °C dalam keadaan vakum untuk mendapatkan sifat rapuh. Proses pengilangan dan pengayakan telah mendapatkan ukuran partikel karbon kecil dari 53 µm yang menghasilkan serbuk karbon swa-merekat (SKSM). Pencetakan SKSM dengan tekanan 6 ton dilakukan untuk mendapatkan monolit hijau (MH). Akhirnya, karbonisasi MH pada suhu 600 °C dalam lingkungan gas N₂ dan pengaktifan pada suhu 900 °C selama 4 jam dalam lingkungan gas CO₂ telah menghasilkan KAM. Pengujian serapan logam berat Fe dalam cairan dilakukan dengan variasi waktu rendaman selama 1, 3, 5 dan 7 jam. Hasil pengujian spektroskopi serapan atomik (SSA) diketahui keadaan serapan logam berat Fe meningkat hampir linier dengan bertambahnya waktu perendaman. Pengujian difraksi sinar X (XRD), spektroskopi elektron mikroskop (SEM) dan energi dispersif sinar X (EDX) telah membuktikan kemampuan penyerapan Fe pada KAM dari ampas tebu.

Kata Kunci. Karbon aktif monolit, Ampas tebu, Logam berat, Ferum.

PENDAHULUAN

Akumulasi logam berat dalam jaringan tubuh dapat menyebabkan kerusakan serius baik secara pisikal maupun neorologikal [1]. Logam berat dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati dan ginjal. Keberadaan logam berat (Zn, Cu, Fe, Co dan Mn) dilingkungan, khususnya perairan dapat disebabkan oleh peningkatan perkembangan industri yang membuang limbahnya ke sungai ataupun laut. Logam berat dapat terakumulasi pada tumbuhan dan hewan yang ada dilingkungan perairan yang telah tercemar. Inilah yang menjadi rantai penghubungan logam berat dalam kehidupan manusia.

Pembuangan logam berat dari perairan dipandang sangat perlu untuk meningkatkan taraf kesehatan umat manusia. Cara yang biasa dilakukan untuk pembuangan logam berat dari lingkungan perairan adalah seperti: penyerapan, osmosis terbalik, pertukaran ion, penyaringan dan proses penggunaan membran. Penyerapan adalah proses yang lebih efektif dengan biaya yang lebih ekonomis. Karbon aktif dengan sifat-sifat seperti, luas permukaan yang tinggi dengan struktur mikro dan mesopori, stabil secara kimia, dan harga yang relatif murah adalah sangat potensial sebagai bahan penyerap logam berat di perairan [2]. Beberapa hasil penelitian telah menunjukkan efektifitas penggunaan karbon aktif sebagai penyerap logam berat di perairan [3,4,5,6].

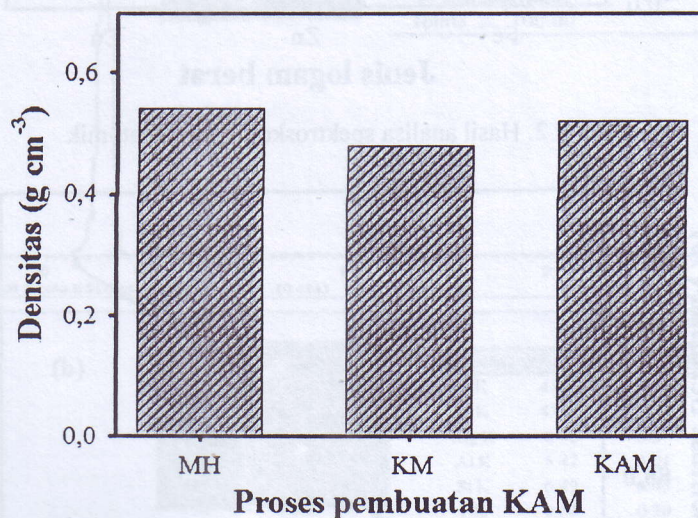
Karbon aktif biasanya tersedia dalam bentuk serbuk dan monolit [7]. Karbon aktif monolit (KAM) biasanya terdiri dari struktur yang lebih beragam yaitu mikro, meso dan makro pori sehingga diharapkan lebih efektif dalam proses penyerapan ion logam berat dengan berbagai ukuran. Saat ini KAM dapat disediakan dari bahan asal limbah biomassa seperti, sawit [8], *DD dan kulit kopi* [11]. Ampas tebu juga merupakan bahan aktif. Produksi karbon aktif bentuk serbuk dari ampas tebu pada peranti superkapasitor [12]. Pada penelitian ini akan

dicoba menggunakan ampas tebu dari limbah perkotaan sebagai bahan asal pembuatan karbon aktif bentuk monolit. Pada akhirnya diharapkan logam berat, khususnya Fe di lingkungan perairan dapat dikurangi dengan pemanfaatan limbah padat perkotaan untuk meningkatkan taraf kesehatan masyarakat Indonesia pada umumnya.

PROSEDUR PENELITIAN

Proses pembuatan karbon monolit dari ampas tebu secara singkat dijelaskan seperti berikut ini. Ampas tebu pertama-tama dipra-karbonisasi pada suhu rendah, digiling bola-bola selama 36 jam dan diayak untuk mendapatkan serbuk yang mempunyai sifat merekat dengan ukuran partikel kurang dari $53\mu\text{m}$. Monolit hijau (MH) dibuat menggunakan cetakan dengan ukuran diameter 20 mm pada tekanan 6 ton. Karbon monolit (KM) dihasilkan melalui karbonisasi MH pada suhu $600\text{ }^\circ\text{C}$ dalam lingkungan gas N_2 menggunakan profil pemanasan bertingkat, dengan metoda yang telah dilaporkan sebelumnya [19]. KM diaktivasi menggunakan gas CO_2 pada suhu $900\text{ }^\circ\text{C}$ selama empat jam untuk mendapatkan KAM. Seluruh KAM yang dihasilkan dipoles hingga ketebalan yang diinginkan dan kemudian dicuci dengan air suling hingga pH air menjadi netral. Akhirnya seluruh KAM dikeringkan dalam oven selama 24 jam. Sampel limbah perairan diambil dari air sungai siak. Pengujian awal kandungan limbah logam berat air dilakukan menggunakan alat spektroskopi serapan atomik (SSA). Pengujian serapan limbah dilakukan dengan cara merendam sampel KAM dengan waktu rendaman yang berbeda yaitu selama 1, 3, 5 dan 7 jam. Ujian pada sampel KAM juga dilakukan dengan metoda skening elektron mikroskopi (SEM), energi dispersif sinar X (EDX), dan difraksi sinar X (XRD).

HASIL DAN PEMBAHASAN



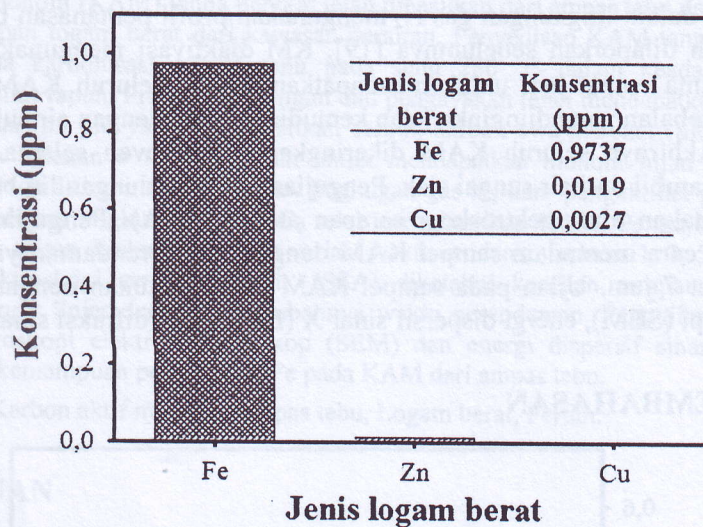
Gambar 1. Perbandingan densitas rata-rata MH, KM dan KAM.

Gambar 1 menunjukkan data kerapatan dari MH, KM dan KAM. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa proses karbonisasi MH menyebabkan pengurangan densitas pada KM. Hal ini disebabkan oleh hilangnya komponen bukan karbon seperti hydrogen dan oksigen [14]. Pengurangan ini menyebabkan pengurangan massa dan volume, dalam hal ini pengurangan massa yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan pengurangan volume. Pada proses selanjutnya, yaitu pengaktifan KM menjadi KAM dengan menggunakan gas CO_2 ditunjukkan teriadinya peningkatan nilai densitas. Hal ini berkaitan dengan penggunaan suhu yang lebih

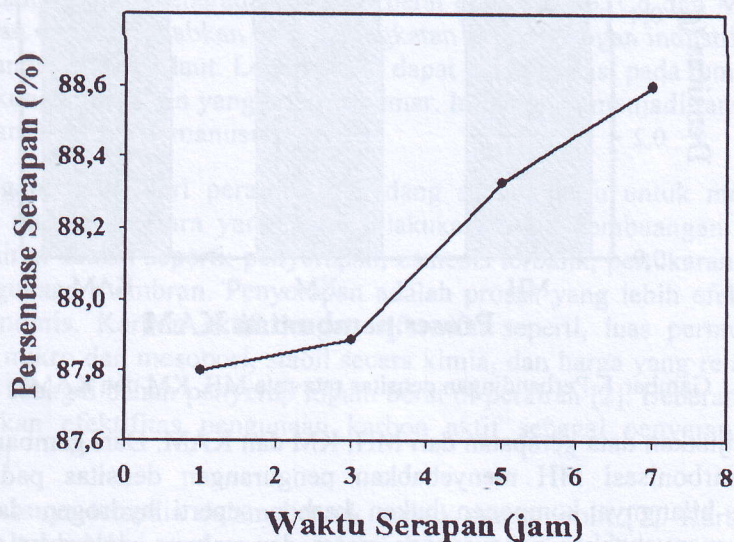
karbon yang lebih banyak. Pada suhu yang lebih tinggi [15]. Hasil ini dapat

diperkuat dengan analisa *scanning electron microscopy*, dimana ukuran rata-rata partikel yang ditunjukkan lebih kecil dari 53 μm (ukuran partikel MH) serta tersusun padat dan rapat. Analisa secara lebih rinci akan dilihat pada bagian analisa SEM. Dapat disimpulkan bahwa setelah proses karbonisasi dan pengaktifan didapatkan KAM dengan densitas yang cukup baik.

Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian serapan spektroskopi atomik untuk sampel air yang dipilih. Dari data ini terlihat bahwa sampel air ini mengandung logam berat jenis Fe, Zn dan Cu. Dimana Fe mempunyai konsentrasi tertinggi diikuti oleh Zn dan Cu. Secara detail nilai konsentrasi logam berat ini juga ditampilkan pada tabel yang terdapat pada Gambar 2. Sehingga sampel air ini layak dijadikan sebagai bahan uji efektivitas penyerapan logam berat (Zn) oleh KAM dari ampas tebu.

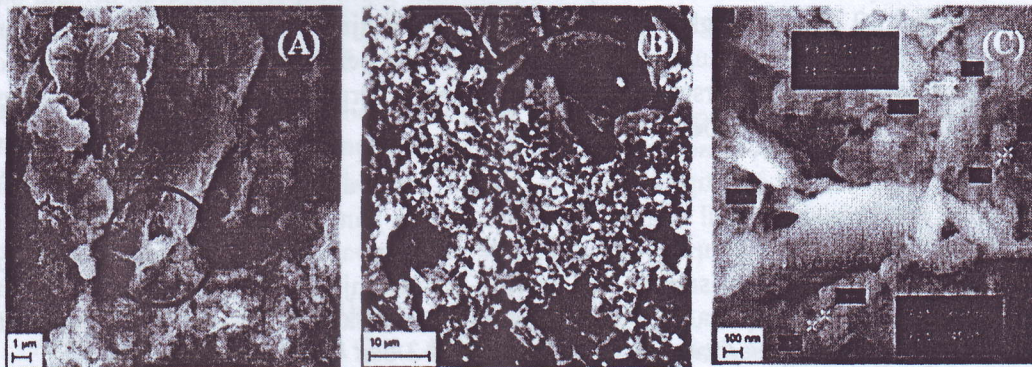


Gambar 2. Hasil analisa spektroskopi serapan atomik

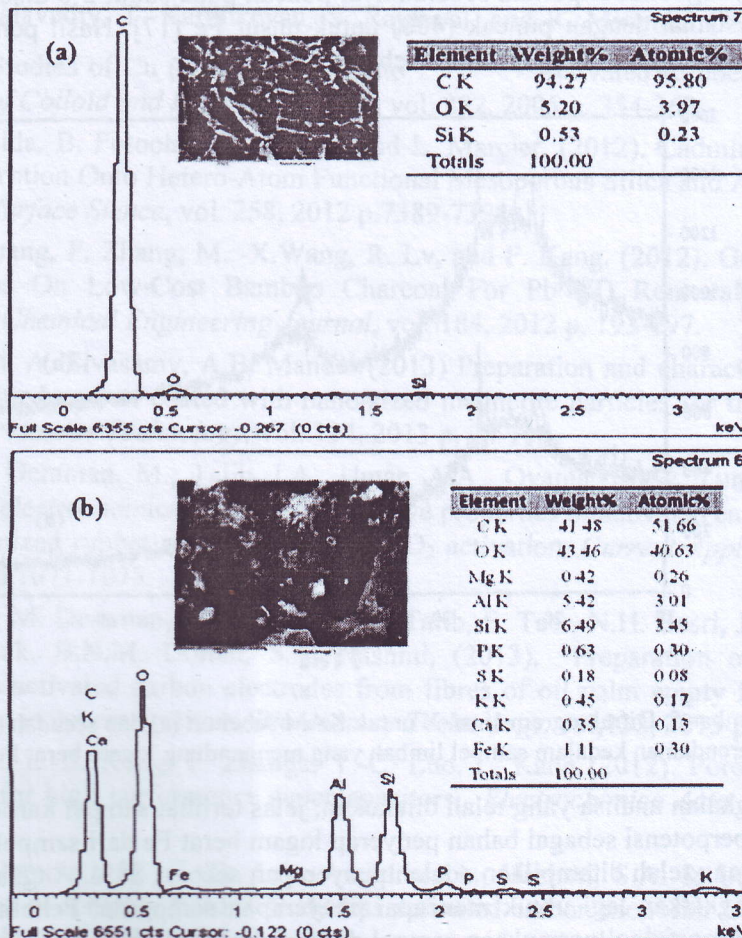


Gambar 3. Persentase penyerapan ion Zn pada KAM dengan variasi waktu penyerapan.

terjadi masih agak rendah. Penambahan waktu tujuh jam menunjukkan peningkatan penyerapan yang maksimum. Hal ini terjadi karena penambahan waktu perendaman akan menyebabkan semakin banyak Fe yang diserap kedalam pori KAM. Hasil penelitian yang sama juga telah dilaporkan oleh peneliti lain [16]. Semakin bertambah waktu perendaman maka akan semakin besar ukuran partikel Fe.



Gambar 4 Hasil SEM karbon aktif monolit (KAM) ampas tebu yang menyerap Fe dengan perbesaran masing-masing yang ditunjukkan pada gambar (A) 1000 X, (B) 3000 X dan (C) 30.000 X.

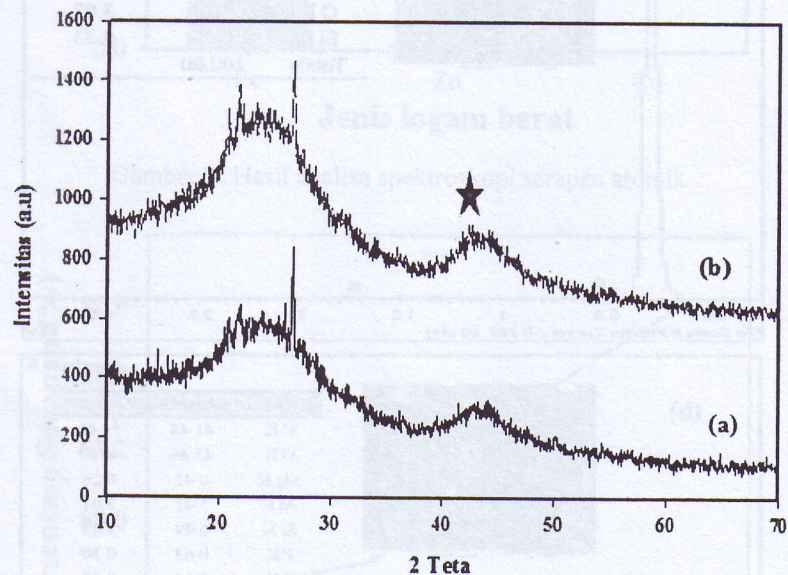


i) sebelum (b) sesudah
 ogam berat Fe.

Gambar 4 menunjukkan SEM mikrograf untuk sampel KAM sebelum 4(a) dan sesudah 4(b dan c) perendaman pada sampel air yang mengandung logam berat Fe. Gambar 4(a) dengan jelas menampilkan bentuk permukaan KAM dan kehadiran partikel Fe ditunjukkan dalam daerah lingkaran yang diberi warna merah. Bentuk dan ukuran partikel dengan jelas dapat diamati, dimana partikel karbon dari ampas tebu terlihat pipih seperti lembaran dengan ukuran lebih kecil dari $30\ \mu\text{m}$. Sedangkan pada gambar 4(b) ditunjukkan terdapat kehadiran partikel Fe yang lebih jelas pada permukaan partikel KAM. Jika pembesaran ditingkatkan lagi dapat diamati partikel-partikel Fe tersebar secara merata pada permukaan partikel KAM berbentuk serpihan pipih dengan ukuran berkisar $90,86\ \text{nm}$.

Kenyataan kehadiran Fe ini juga diperkuat dengan data yang ditampilkan pada Gambar 5. Gambar ini menunjukkan hasil analisa EDX untuk area yang telah dipilih. Persentase unsur yang terdapat dalam area sampel juga ditampilkan. Gambar 5(a) merupakan sampel KAM sebelum perendaman kedalam sampel air. Hasil EDX menunjukkan kandungan unsur dominan adalah karbon. Sedangkan pada gambar 5(b) telah diyakini kehadiran Fe dalam sampel. Hasil ini sejalan dengan data yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

Gambar 6 menampilkan difraktogram sinar-X. untuk kedua sampel KAM sebelum dan sesudah perendaman kedalam air limbah. Pada gambar ini terlihat kehadiran puncak pada sudut $2\theta = 41,48^\circ$. Penambahan puncak ini dihubungkan dengan kehadiran Fe didalam sampel KAM. Pada penelitian yang telah dilporkan sebelumnya, puncak pada sudut 2θ disekitar 41° sampai 43° adalah bersesuaian dengan puncak (400) untuk unsur Fe [17]. Hasil pengujian XRD ini telah memperkuat data yang telah dianalisa sebelumnya



Gambar 6. Difraktogram sinar-X untuk KAM sebelum (a) dan sesudah (b) perendaman kedalam sampel limbah yang mengandung logam berat Fe.

Dari seluruh rangkaian analisa yang telah dilakukan, jelas terlihat sampel karbon aktif monolit dari ampas tebu berpotensi sebagai bahan penyerap logam berat Fe dari sampel cairan. Saat ini prestasi terbaik yang telah ditampilkan adalah penyerapan sebesar 88%. Angka penyerapan ini masih harus ditingkatkan lagi untuk mencapai penyerapan sempurna. Penelitian lebih lanjut terkait modifikasi morfologi permukaan sampel dan pembuatan komposit karbon aktif dengan dilakukan. Pada akhirnya diharapkan penyerapan sempurna ukan dengan cara yang relatif sederhana dan harga yang

KESIMPULAN

Potensi pemanfaatan ampas tebu sebagai penyerab logam berat Fe diperairan telah berhasil ditunjukkan. Penyerapan berbanding lurus dengan waktu perendaman. Keberadaan Fe terserab pada KAM didukung dengan data SEM. Dimana Fe terlihat berbentuk pipih dengan ukuran rata-rata 90,86 nm. Pengujian EDX dan XRD mengukuhkan kenyataan ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan kepada DP2M DIKTI yang telah memberikan sokongan keuangan melalui projek *international research collaboration and scientific publication* tahun 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Wang, X. Liang, Y. Wang, M. Liu, D. Yin, S. Xia, J. Zhao, and Y. Zhang. (2011). Adsorption of Copper (II) Onto Activated Carbons from Sewage Sludge by Microwave-Induced Phosphoric Acid and Zinc Chloride Activation. *Desalination*, vol. 278, 2011 p. 231-237.
- [2] Pandolfo, A. G. & Hollenkamp, A. F. 2006. Carbon properties and their role in supercapacitors. *Journal of Power Sources* vol. 157, 2006 p.11-27.
- [3] M. H. Kalavathy, T. Karthikeyan, S. Rajgopal, and R. Miranda. (2005). Kinetic and Isotherm Studies of Cu (II) adsorption onto - Activated Rubber Wood Sawdust. *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 292, 2005 p. 354-362.
- [4] M. Machida, B. Fotoohi, Y. Amamo, and L. Marcier. (2012). Cadmium(II) and Lead (II) Adsorption Onto Hetero-Atom Functional Mesoporous Silica and Activated Carbon. *Applied Surface Science*, vol. 258, 2012 p.7389-7394.
- [5] Z. -H. Huang, F. Zhang, M. -X.Wang, R. Lv, and F. Kang. (2012). Growth Of Carbon Nanotubes On Low-Cost Bamboo Charcoal For Pb (II) Removal From Aqueous Solution. *Chemical Engineering Journal*, vol. 184, 2012 p. 193-197.
- [6] S. Nethaji, A. Sivasamy, A.B. Mandal (2013) Preparation and characterization of corn cob activated carbon coated with nano-sized magnetite particles for the removal of Cr (VI), *Bioresource Technology*, vol. 134, 2013 p. 94-100.
- [7] Taer, E., Deraman, M., Talib, I.A., Umar, A.A., Oyama, M. & Yunus, R. M. 2010. Physical, electrochemical and supercapacitive properties of activated carbon pellets from pre-carbonized rubber wood sawdust by CO₂ activation. *Current Applied Physics*, vol. 10, 2010 p.1071-1075.
- [8] R. Farma, M. Deraman, A. Awitdrus, I.A. Talib, E. Taer, N.H. Basri, J.G. Manjunatha, M.M. Ishak, B.N.M. Dollah, S.A. Hashmi, (2013). Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors, *Bioresource Technology*. vol,132, 2013 p. 254-261.
- [9] M.-C. Liu, L.-B. Kong, P. Zhanga, Y.-C. Luo, L. Kang (2012). Porous wood carbon monolith for high performance supercapacitors. *Electrochimica Acta*, vol. 60, 2012 p. 443-448.
- [10] Taer, E., Deraman, M., Talib, I.A., Awitdrus, A., Hashmi, S.A. & Umar, A.A. 2011. Preparation of a highly porous binderless activated carbon monolith from rubber wood sawdust by a multi-step activation process for application in supercapacitor. 2011 p. 3301-3315.



- [11] J.M. Valente Nabais, Jorge Ginja Teixeira, I. Almeida. (2011). Development of easy made low cost bindless monolithic electrodes from biomass with controlled properties to be used as electrochemical capacitors, *Bioresource Technology*, vol.102, 2011p. 2781-2787.
- [12] S. W. -Jiang, W. X. -Zhong, X. Wei, Z. Jin, and Z. S. -Ping. (2011). Bagasse-Based Nanoporous Carbon for Supercapacitor Application. *Journal of Inorganic materials*, vol. 26 No.1, Januari 2011. 107-112.
- [13] Awitdrus, Deraman, M., Talib, I. A., Jumali, M. H., Taer, E. & Saman, M. M. 2010. Microcrystallite dimension and total active surface area of carbon electrode from mixtures of pre-carbonization oil palm empty fruit bunches and green petroleum cokes. *Sains Malaysiana*, vol. 39 (1), 2010 p. 83-84.
- [14] Rodriguez-Reinoso, F., Sepulveda-Escribano, A. & Nalwa, H. S. 2001. Handbook of surfaces and interfaces of materials. editors. Porous carbons in adsorption and catalysis. 5th ed. San Diego: *Academic Press*. p. 309-355.
- [15] Guo, S., Peng, J., Li, W., Yang, K., Zhang, L., Zhang, S. & Xia, H. 2009. Effect of CO₂ activation on porous structures of coconut shell-based activated carbon. *Applied Surface Science*, vol. 255, 2009 p. 8443-8449.
- [16] M. Selvakumar, D.K. Bath, A.M. Aggarwal, S.P. Iyer, G. Sravani. (2010). Nano-ZnO-activated carbon composite electrodes for supercapacitors, *Physica B*, vol. 405, 2010 p. 2286-2289
- [17] Yan, L., Chang, P, R., Zheng, P., Ma, X., (2012). Characterization of magnetic guar gum-grafted carbon nanotubes and the adsorption of the dyes. *Carbohydrate Polymers*. vol 87, 2012.p. 1919-1924.
- [18] S. Jain, S. N. Sharma, M. Kumar (2011). Synthesis and properties of CdSe Quantum Dot sensitized ZnO nanocomposites. *Physica E*, vol. 44, 2011 p. 555-564.

Pertanyaan 1.

Nama Penanya : Sarwadi

Instansi : Fisika UNAND

Pertanyaan : Apa unggulan KM dibandingkan dengan KAM ? Bagaimana karbon Aktif bisa menyerap logam berat ?

Jawaban : Keunggulannya adalah karbon aktif monolit lebih mempunyai luas permukaan yang lebih luas dan mempunyai pori-pori yang lebih besar dan Karena setelah adanya gaya Van Der Walls.

