

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 pengilingan 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 fisik 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].

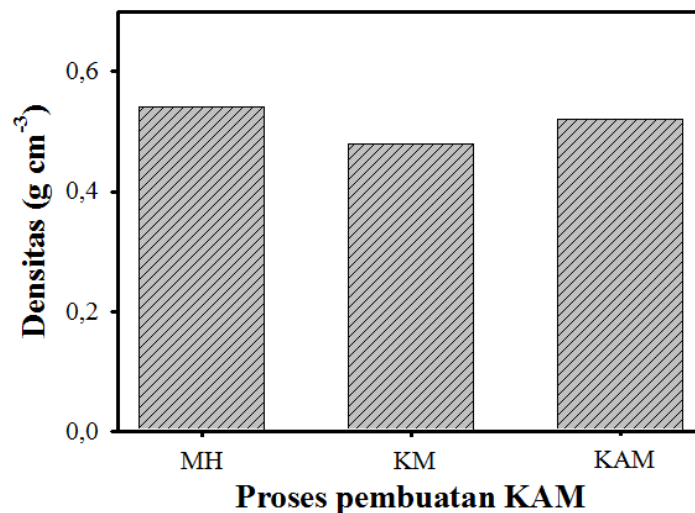
Karbon aktif biasanya tersedia dalam bentuk serbuk dan monolit [7]. Karbon aktif monolit (KAM) biasanya terdiri dari struktur yang lebih beragam yaitu, mikro, meso dan makro pori, sehingga diharapkan lebih efektif dalam proses penyerapan ion logam berat dengan berbagai ukuran. Saat ini KAM dapat disediakan dari bahan asal limbah biomassa seperti, sawit [8], kayu [9], serbuk gergaji kayu [10] dan kulit kopi [11]. Ampas tebu juga merupakan bahan potensial sebagai bahan asal karbon aktif. Produksi karbon aktif bentuk serbuk dari ampas tebu telah dilaporkan untuk kegunaan 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

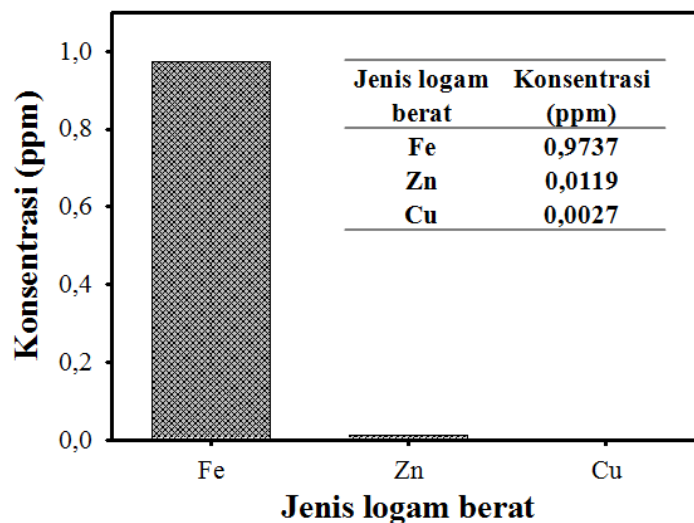


Gambar 1. Perbandingan densitas rata-rata MH, KM dan KAM.

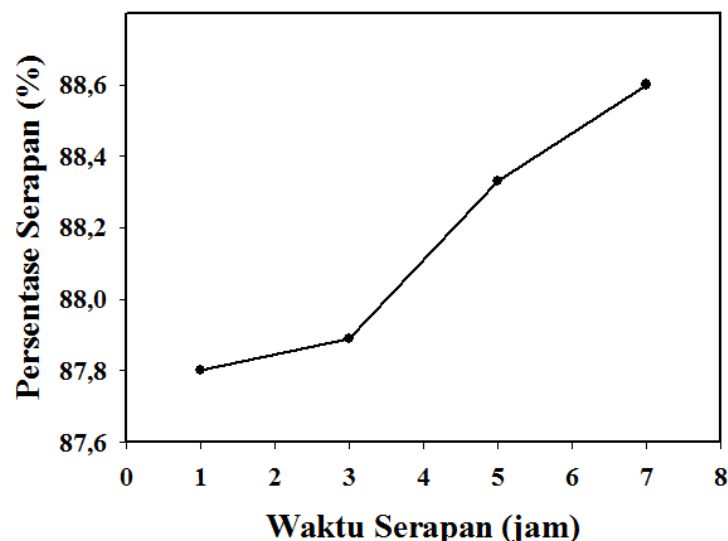
Gambar 1 menunjukkan data kerapatan dari MH, KM dan KAM. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa proses karbonisasi MH menyebabkan pengurangan densitas pada KM. Hal ini disebabkan oleh hilangnya komponen bukan karbon seperti hydrogen dan oksigen [14]. Pengurangan ini menyebabkan pengurangan massa dan volume, 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 terjadinya peningkatan nilai densitas. Hal ini berkaitan dengan penggunaan suhu yang lebih tinggi, sehingga menyebabkan pengurangan komponen bukan karbon yang lebih banyak. Pada akhirnya menghasilkan tingkat kemurnian karbon 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.



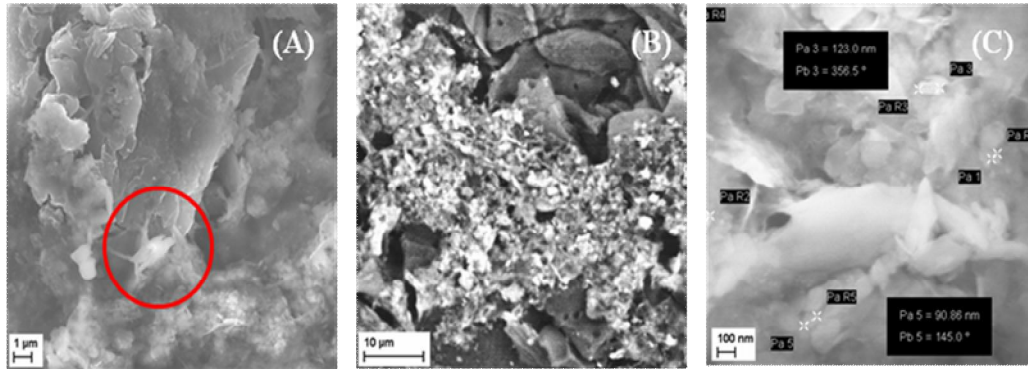
Gambar 2. Hasil analisa spektroskopi serapan atomik



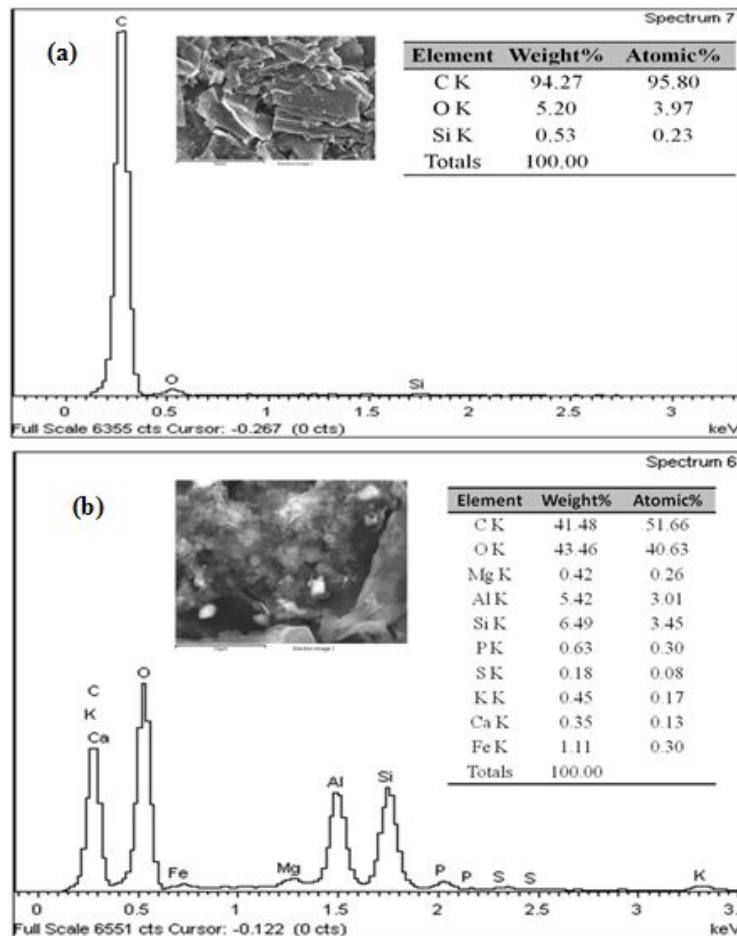
Gambar 3. Persentase penyerapan ion Zn pada KAM dengan variasi waktu penyerapan.

Gambar 3 menunjukkan persentase serapan logam berat Fe berdasarkan variasi waktu penyerapan. Dari gambar ini ditunjukkan bahwa penyerapan Fe berbanding lurus dengan lamanya waktu perendaman. Secara umum pada waktu perendaman 1 jam penyerapan yang

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.

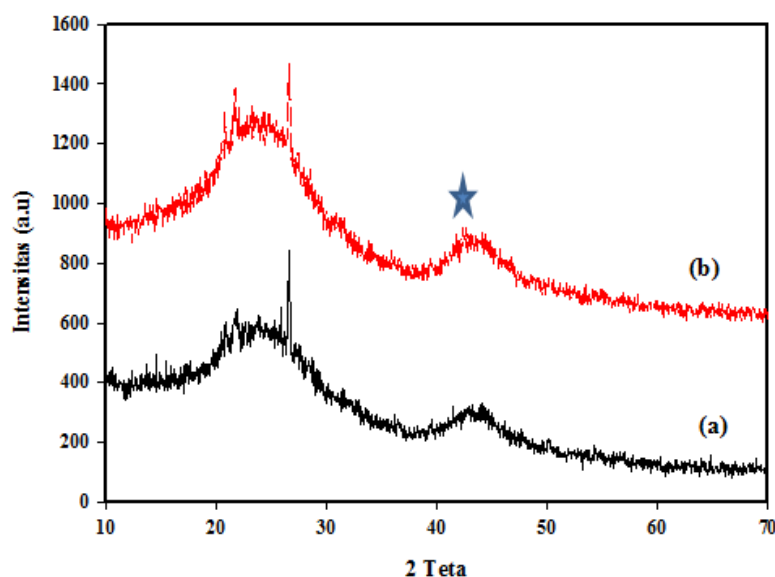


Gambar 5. Hasil pengujian EDX untuk sampel KAM, (a) sebelum (b) sesudah perendaman pada sampel air yang mengandung logam berat Fe.

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 μm . 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 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 diporkan 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 nanomagnetik material sedang giat dilakukan. Pada akhirnya diharapkan penyerapan sempurna logam berat diperairan dapat dilakukan dengan cara yang relatif sederhana dan harga yang relatif murah.

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. *International Journal of Electrochemical Science*, vol. 6, 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.