

ELEKTRODEPOSISI LOGAM Mn PADA PERMUKAAN KARBON AKTIF SEKAM PADI DENGAN IRADIASI ULTRASONIK

M. Zakir^{1a}, L. Botahala^b, M. Ramang^a, St. Fauziah^a, B. Abdussamad^c

^aJurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, Kampus Tamalanrea, Makassar 90245

^bProgram Studi Kimia FMIPA Universitas Tribuana Kalabahi, Alor, Nusa Tenggara Timur 85813

^cJurusan Fisika FMIPA Universitas Hasanuddin, Kampus Tamalanrea, Makassar 90245

Abstrak. Penelitian tentang pemanfaatan energi gelombang ultrasonik dalam elektrodeposisi logam Mn pada permukaan karbon aktif sekam padi telah dilakukan. Rata-rata kadar abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 21,87%. Karakteristik permukaan (*surface characteristics*) material karbon aktif yang dibuat pada suhu 400°C kemudian diaktivasi dengan larutan ZnCl₂ 10%; berdasarkan data-data SEM, XRD, FTIR dan analisis sifat permukaan, adalah lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif yang dibuat pada kondisi-kondisi lainnya. Berdasarkan analisis FTIR yang dilakukan antara karbon aktif sekam padi dan karbon aktif komersial, gugus fungsi yang terdapat pada masing-masing karbon aktif tersebut adalah -OH, -CH, -C=O dan Si-C. Distribusi ukuran partikel dan ukuran pori karbon aktif sekam padi tidak seragam, tetapi bervariasi berdasarkan citra Scanning Electron Microscopy (SEM). Reduksi MnO₄⁻ menjadi MnO₂ terjadi dalam sistem (karbon aktif, MnO₄⁻, Ar dan ultrasonik). Dalam sistem (karbon aktif, MnO₂, Ar, ultrasonik), semua MnO₂ terdepositasi pada permukaan karbon aktif berdasarkan data serapan sebelum dan sesudah iradiasi ultrasonik.

Kata kunci: karbon aktif, sekam padi, Mn, elektrodeposisi, ultrasonik

Abstract. Research on the deposition of Mn on the surface of RHAC under sonication has been carried out. The ash content of rice husk used in this experiment was 21.87%. Surface characteristics were determined with analyses based on Scanning Electron Microscopy, X-Ray Diffraction, and Fourier Transform Infrared, and surface properties analysis. The results showed that rice husk based activated carbon prepared at 400°C and treated with ZnCl₂ 10% has better properties compared to others activated carbon prepared with difference conditions. Functional groups that have been found in both RHAC and CAC are OH, -CH, -C=O and Si-C, based on the information from FTIR analyses. Particle and pore size distribution of RHAC is heterogeneous as seen from SEM image. Reduction of MnO₄⁻ to MnO₂ has occurred in system of (activated carbon, MnO₄⁻, Ar and ultrasonic). In (activated carbon, MnO₂, Ar, ultrasonic) system, all MnO₂ has been deposited on the surface of activated carbon based on the UV-Vis absorption data before and after ultrasonic irradiation.

Key words: activated carbon, rice husk, Mn, electrodeposition, ultrasound

¹ Alamat korespondensi: muhammadzakir@gmail.com

PENDAHULUAN

Ketergantungan ekonomi dunia saat ini pada energi yang bersumber dari bahan bakar minyak (BBM) telah berada pada tahap yang kritis akibat keterbatasan sumber BBM. Hal lain yang juga menjadi kecamasan adalah emisi CO₂ dan perubahan iklim yang meningkat dramatik pada 3 dekade terakhir akibat konsumsi BBM yang tinggi (Hall, 2008). Produksi energi secara elektrokimia menjadi salah satu sumber energi alternatif yang perlu dipertimbangkan dalam menangani krisis energi dunia (Dell dan Rand, 2001). Sistem penyimpanan energi secara elektrokimia terdiri atas 3 macam: baterai (Scrosati dan Garche, 2010), sel bahan bakar (*fuel cell*), dan kapasitor elektrokimia (Winter dan Brodd, 2004). Kapasitor elektrokimia merupakan salah satu teknologi penyimpanan energi yang menjanjikan untuk pemakaian dengan densitas tenaga yang tinggi dan siklus yang panjang (Frackowiak dan Beguin, 2001). Karbon nanopori merupakan bahan yang umum digunakan untuk kapasitor elektrokimia karena luas permukaan yang tinggi, konduktivitas besar, dan kestabilan fisiko-kimia yang baik (Frackowiak dan Beguin, 2002; Pandolfo dan Hollenkamp, 2006).

Beberapa bahan berkarbon, seperti karbon aerogel (Zhou dkk. 2008), CNT (*carbon nanotube*) (Seo dan Park, 2010), karbon mikropori (Chmiola dkk. 2006), karbon mesopori (Xing dkk. 2006), dan karbon pori (Wang dkk. 2008) telah diteliti sebagai bahan untuk kapasitor elektrokimia. Namun demikian, proses preparasi untuk jenis-jenis karbon tersebut membutuhkan bahan baku yang mahal, bahan baku yang tidak terbarui (*non-renewable raw materials*), dan prosedur preparasi yang panjang sehingga memakan waktu dan biaya (Li dkk, 2011).

Sebaliknya, sampah biomassa seperti sampah pertanian merupakan bahan mentah yang potensial untuk preparasi karbon pori dengan kinerja kapasitas elektrokimia yang baik. Biomassa ini gampang diperoleh dan harganya sangat murah. Pemanfaatan biomassa ini untuk membuat karbon pori sebagai bahan kapasitor elektrokimia telah dilakukan (Zhang dkk. 2008; Wu, dkk. 2004, Raymundo dkk. 2006; Nabais dkk. 2008).

Rufford dkk. (2008) menggunakan limbah biji kopi sebagai bahan awal untuk membuat karbon nanopori dengan kapasitansi spesifik (KS) 368 Farad/g. Kinerja elektrokimia yang baik dari jenis karbon ini ditandai oleh porositas yang terbentuk dengan baik serta keberadaan gugus fungsi nitrogen dan gugus oksigen *quinine* yang aktif secara elektrokimia. Yang dkk. (2008) menggunakan kulit kenari sebagai prekursor dalam pembuatan karbon nanopori melalui aktivasi fisika-kimia secara bersamaan. Hasilnya menunjukkan bahwa struktur pori, khususnya distribusi ukuran pori dari karbon, memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja EDLC. Rufford dkk. (2010) membuat karbon aktif dari ampas tebu melalui aktivasi kimia dengan ZnCl₂ 10%. Karbon aktif yang diperoleh memiliki sifat elektrokimia yang baik dengan KS 300 Farad/g yang diamati dalam sel kapasitor elektrokimia yang mengandung larutan elektrolit H₂SO₄ 1 M. Kinerja elektrokimia karbon yang baik ditandai oleh luas permukaan spesifik yang besar dan pembentukan struktur mesopori. Kim dkk. (2006) membuat karbon aktif dari limbah bambu melalui aktivasi kimia. Hasilnya menunjukkan bahwa karbon dengan dengan fraksi mesopori yang lebih banyak menunjukkan kapasitansi lebih tinggi dalam larutan elektrolit organik. Modifikasi atau kombinasi proses preparasi karbon aktif juga mempengaruhi nilai KS pada kapasitor

elektrokimia (Li dkk. 2011; Wang dan Hu, 2004).

Pembuatan karbon pori dari sekam padi sebagai material elektroda untuk kapasitor elektrokimia dan pengamatan terhadap sifat listriknya juga telah dilakukan. Guo dkk. (2003) membuat karbon pori sekam padi melalui aktivasi dengan NaOH dan KOH. Nilai KS sangat tergantung pada struktur pori dan gugus fungsi karbon aktif. KS dengan nilai 200–210 Farad/g diperoleh pada karbon yang diaktivasi dengan NaOH. Peningkatan konduktivitas listrik akibat aktivasi karbon sekam padi dengan asam fosfat juga telah diamati (Kennedy dkk. 2005). Karbonisasi sekam padi pada suhu 400°C lalu diaktivasi dengan asam fosfat pada suhu 800°C menghasilkan karakteristik karbon yang kaya dengan matriks elektron bebas yang sangat bermanfaat sebagai bahan kapasitor dan penghantar listrik (Swarnalatha dkk. 2009). Chen dkk. (2012) membuat karbon aktif melalui karbonisasi sekam padi pada suhu 400°C selama 2 jam dan aktivasi dengan NaOH pada suhu 800°C. Hasilnya menunjukkan bahwa karbon pori yang diperoleh menunjukkan KS sebesar 368 Farad/g. Namun demikian, nilai-nilai KS (kapasitansi spesifik) dari karbon pori yang berasal bahan biomassa dengan kisaran nilai seperti di atas masih sangat rendah (Frackowiak dan Beguin, 2001).

Salah satu cara untuk meningkatkan nilai KS (kapasitansi spesifik) adalah dengan memanfaatkan efek pseudokapasitansi yang tergantung pada sifat fungsional permukaan karbon dan/atau adanya spesies elektroaktif seperti logam transisi: Ru, Ir, W, Mo, Mn, Ni, Co; nitrida, atau senyawa polimer penghantar (*conducting polymers*) yang “ditanam (*deposited*)” pada permukaan karbon (Frackowiak dan Beguin, 2001). Deposisi logam transisi pada bahan-bahan pendukung dengan bantuan gelombang ultrasonik telah banyak dilakukan (Hyde dan

Compton, 2002; Landau dkk. 2001). Bahan-bahan ini umumnya digunakan sebagai katalis untuk reaksi-reaksi organik (Miyazaki, dkk. 2001). Sintesis dan dissolusi material pada ukuran nano dengan iradiasi ultrasonik juga telah dilakukan (Fortunato dkk. 2010; Sekine dan Zakir, 2008; Zakir dan Sekine, 2009; Zakir dan Sekine, 2010; Zakir, 2010). Penurunan ukuran pori pada skala nano akan menaikkan kapasitansi (KS) bahan karbon (Chmiola dkk. 2006). Efek mikrojet dan gelombang kejut dari ultrasonik pada sistem padat-cair juga akan mempengaruhi proses deposisi pada permukaan (McNamara dkk. 1999; Suslick, 1990; Suslick dkk. 1999; Taleyarkan dkk. 2006; Thompson dan Doraiswamy, 1999).

Pada penelitian sebelumnya, iradiasi ultrasonik terhadap karbon aktif sekam padi yang digunakan untuk mengadsorpsi ion-ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} dari dalam larutan telah dilakukan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi karbon aktif terhadap ion-ion logam Pb^{2+} dan Cu^{2+} meningkat dengan adanya perlakuan gelombang ultrasonik. Fenomena ini diakibatkan oleh efek kavitasi dan difusi intrapartikel yang meningkatkan kapabilitas struktur partikel pori untuk adsorpsi ion logam. Kemungkinan lain adalah munculnya situs/lobang baru untuk penjerapan akibat gangguan (*particles disruption*) oleh gelombang ultrasonik pada partikel adsorbent (Zakir, dkk. 2011; Zakir dkk. 2012; Zakir, 2013).

Pada penelitian ini, deposisi logam Mn dengan bantuan gelombang ultrasonik akan dilakukan pada permukaan karbon aktif yang dibuat dari sekam padi untuk membuat karbon “unggul” dengan nilai kapasitansi lebih tinggi sebagai bahan kapasitor elektrokimia. Nilai kapasitansi yang tinggi merupakan indikator kemampuan akumulasi energi yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan karbon

Sekam padi (*Oryza sativa* L) diambil dari Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Sekam padi dicuci 3 kali dengan aquades untuk menghilangkan pengotor yang ada di permukaan sekam dan dikeringkan pada suhu 110 C selama 12 jam.

Bahan kimia

Bahan-bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah larutan metilen biru dan eosin. Bahan kimia lain adalah larutan aktivator $ZnCl_2$ (E-Merck), aquadest, aquabidest, NaOH, HCl, $KMnO_4$, MnO_2 , HNO_3 0,1 M, gas argon.

1. Pengukuran kadar abu sekam padi

Sekam padi sebanyak 8g yang sudah bersih dan kering dimasukkan ke dalam cawan porselin lalu dipanaskan dalam tungku (*muffle furnace*) pada temperatur $750^\circ C$ selama 4 jam. Berat sampel sebelum dan sesudah dipanaskan ditimbang dan dicatat. Penimbangan sampel masing-masing dilakukan dengan tiga kali pengukuran dan diambil nilai rata-rata.

2. Pembuatan karbon dari sekam padi

Sekam padi, yang sudah bersih dan kering, dipanaskan dalam tungku pada suhu $300^\circ C$ dan $400^\circ C$ selama 2 jam sampai terbentuk karbon.

3. Aktivasi karbon dengan menggunakan larutan aktivator $ZnCl_2$

Karbon direndam dalam larutan $ZnCl_2$ selama 1 hari. Konsentrasi larutan $ZnCl_2$ adalah sebesar 10%(b/v). Karbon kemudian disaring dan dicuci sampai bersih dengan

aquades hingga pH hasil cucian netral (pH = 7). Karbon aktif kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin dan dipanaskan dalam *muffle furnace* pada suhu $300^\circ C$ dan $400^\circ C$ selama 2 jam.

4. Identifikasi gugus fungsi karbon aktif sekam padi dan karbon aktif komersial

Karbon aktif sekam padi dan karbon aktif komersial dikarakterisasi gugus-gugus fungsinya dengan metode spektroskopi inframerah.

5. Karakterisasi material dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*)

Karakteristik permukaan bahan adsorben sekam, karbon sekam padi dan karbon aktif sekam padi dianalisis dengan menggunakan metode SEM (*Scanning Electron Microscope*).

Analisis kristalinitas material dari sekam padi, karbon sekam padi dan karbon aktif sekam padi dilakukan dengan metode difraksi sinar-X (*X-ray Diffraction*).

Perubahan serapan bahan dasar dan produk dilakukan dengan metode UV-Vis.

6. Elektrodeposisi logam Mn pada permukaan karbon aktif sekam padi dengan iradiasi ultrasonik

Sebanyak 1 g karbon aktif sekam padi dan karbon aktif komersial didispersikan dalam larutan MnO_2 dan $KMnO_4$. Udara yang terdapat dalam sistem larutan dikeluarkan dengan pompa vakum. Campuran diaduk dengan *stirrer* selama sehari dalam keadaan vakum (sampel lain: dalam keadaan jenuh dengan gas argon) untuk mengisi karbon aktif sekam padi dengan sumber logam Mn. Karbon aktif yang telah terfungsionalisasi dengan MnO_2 dan $KMnO_4$ lalu disonikasi pada suhu 25 C

dengan frekuensi 100 kHz pada tenaga 600 W. Selama iradiasi, aliran air digunakan untuk mendinginkan wadah sampel di dalam penangas. Setelah 6 jam iradiasi, endapan disaring, dicuci dengan akuades, dan dikeringkan pada suhu 120 C selama 10 jam. Sampel ini diberi kode RHAC/Mn-V dan RHAC/Mn-Ar. Eksperimen yang sama untuk karbon aktif sekam padi disonikasi tanpa adanya MnO_2 dan $KMnO_4$. Kode sampel adalah RHAC-ultra.

Iradiasi dengan Gelombang Ultrasonik Set-up instrumen

Instrumen terdiri dari sebuah *Ultrasonic Cleaner* (merek Elmasonic S40H, Germany), dioperasikan pada frekuensi 40 kHz. Ultrasonic Cleaner diisi dengan air destilasi hingga 1/3 volumenya terisi (kira-kira 3,5L). Seluruh eksperimen dilakukan pada temperatur 25°C ($\pm 0,2^\circ C$). Temperatur tersebut dipertahankan melalui sirkulasi air dari penangas air yang dilengkapi dengan termometer melalui pompa. Labu Erlenmeyer (250 ml) yang digunakan sebagai wadah adsorpsi diletakkan pada tatakan di atas sumber ultrasonik. Larutan uji ion logam berat dan 1 g adsorben dimasukkan ke dalam Erlenmeyer. Labu Erlenmeyer diletakkan di atas tatakan dalam air pada jarak tertentu dari dasar *Ultrasonic Cleaner*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Abu

Pengukuran kadar abu pada sekam padi yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif bertujuan untuk mengetahui persentase kandungan mineral dari sekam padi tersebut, hal ini disebabkan karena kadar abu berkaitan erat dengan kandungan mineral. Makin tinggi kandungan mineral, maka makin tinggi kadar abu. Hasil penetapan kadar abu dari

sekam padi dibakar pada suhu 750 °C selama 4 jam

Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa sekam padi yang digunakan pada penelitian ini mempunyai kandungan mineral rata-rata sebesar 21,87%. Kandungan mineral sebesar 21,87% yang ada di dalam abu sekam padi mengindikasikan bahwa banyak mineral yang terkandung di dalam sekam padi.

Hasil pembakaran pada suhu 750°C selama 4 jam diperoleh abu dari sekam padi berwarna keputih-putihan.

Spektra Infra Merah

Proses identifikasi gugus fungsi yang terdapat di dalam karbon aktif sekam padi yang digunakan sebagai material kapasitor dibandingkan dengan karbon aktif komersial dapat dilakukan dengan analisis spektrofotometer infra merah.

Spektra infra merah karbon aktif komersial mempunyai panjang gelombang sekitar 3417,86 cm^{-1} yang dihasilkan oleh vibrasi ulur -OH, panjang gelombang 2933,73 cm^{-1} dan 2868,15 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur C-H. Panjang gelombang 1751,36 cm^{-1} dihasilkan oleh vibrasi gugus karbonil C=O. Panjang gelombang 1579,7 cm^{-1} dihasilkan oleh vibrasi ikatan N-H. Panjang gelombang 1114,86 cm^{-1} dihasilkan oleh vibrasi ikatan C-N. Panjang gelombang 871,82 cm^{-1} – 617,22 cm^{-1} dihasilkan oleh rentangan Si-C. Sedangkan pada karbon aktif sekam padi yang digunakan untuk adsorpsi mempunyai panjang gelombang 3454,51 cm^{-1} yang dihasilkan oleh vibrasi ulur -OH tetapi dengan intensitas yang lebih rendah. Panjang gelombang 2924,09 cm^{-1} dan 2852,72 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur C-H. Panjang gelombang 1739,79 cm^{-1} dihasilkan oleh vibrasi gugus karbonil C=O. Panjang gelombang 1637,56 cm^{-1} dihasilkan oleh vibrasi ikatan C=C. Panjang gelombang

1097,5 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ikatan C-N dengan intensitas yang lebih rendah. Panjang gelombang 804,32 cm^{-1} menunjukkan vibrasi rentangan Si-C. Terdapatnya gugus-gugus tersebut di dalam sekam padi karena kandungan sekam padi terdiri atas air, protein, lemak, karbohidrat, abu maupun serat kasar, dimana terkandung karbon, oksigen, nitrogen, silika dan hidrogen menurut Ihwan (2008).

Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah di mana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda seperti seberapa landai dan ke mana arah kemiringan.

Pada saat dilakukan pengamatan, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron di-scan ke seluruh area daerah pengamatan. Kita dapat membatasi lokasi pengamatan dengan melakukan zoon-in atau zoom-out. Berdasarkan arah pantulan berkas pada berbagai titik pengamatan maka profil permukaan benda dapat dibangun menggunakan program pengolahan gambar yang ada dalam komputer.

Berdasarkan citra SEM untuk material karbon aktif sekam padi tampak jelas bahwa ukuran partikel yang ada pada sekam padi tidak seragam, tetapi bervariasi. Distribusi pori pada permukaan karbon aktif sekam

padi juga tidak homogen. Pori-pori karbon aktif sekam padi menjadi tertutup setelah iradiasi dengan gelombang ultrasonik pada sistem larutan karbon aktif sekam padi + MnO_4^- + Argon. Pada karbon aktif komersial, penampakan pori karbon semakin jelas setelah iradiasi dengan gelombang ultrasonik pada sistem larutan karbon aktif komersial + MnO_4^- + Argon.

Elektrodeposisi logam Mn (dalam bentuk MnO_4^- dan MnO_2) pada permukaan karbon aktif dengan iradiasi ultrasonik

Penelitian yang telah dilakukan adalah deposisi dengan iradiasi ultrasonik logam Mn (dalam bentuk MnO_4^- dan MnO_2). Sebanyak 50 mL larutan MnO_4^- dan MnO_2 dengan konsentrasi-konsentrasi yang tercantum masing-masing dibawah keterangan gambar dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 mL sebagai wadah sampel pada saat iradiasi ultrasonik. Wadah kemudian ditutup dengan aluminium foil, lalu atmosfer sistem dijenuhkan dengan gas monoatomik Argon (Ar) selama 10 menit. Setelah perlakuan ini, karbon aktif komersial sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam wadah Erlenmeyer. Iradiasi dilakukan selama 5 menit dengan suhu $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$. Kontrol suhu dilakukan melalui sirkulasi air dari dan ke kontainer air sistem iradiasi ultrasonik. Penyaringan dilakukan langsung setelah iradiasi untuk memisahkan karbon aktif dan komponen lainnya yang ada dalam larutan. Residu (karbon aktif yang telah termodifikasi melalui penyerapan MnO_4^- dan/atau MnO_2) akan digunakan sebagai bahan untuk analisis SEM, XRF, dan XRD. Filtrat yang diperoleh diukur serapannya dengan metode UV-Visible.

Deposisi Mn (dalam bentuk MnO_4^-) pada permukaan karbon aktif komersial dilakukan dengan konsentrasi mula-mula

masing-masing adalah 1 ppm; 2 ppm; 5 ppm dan 10 ppm.

Hasil yang diperoleh adalah filtrat yang keruh dan nilai serapan lebih besar dari nol pada semua konsentrasi awal yang diamati.

Berdasarkan karakteristik serapan-nya, kemungkinan besar molekul yang terbentuk adalah MnO_2 berdasarkan kemiripan serapan pada deposisi MnO_4^- dan MnO_2 . Kemiripan dalam hal kekeruhan juga menjadi indikator lain bahwa molekul yang terbentuk adalah MnO_2 .

Deposisi Mn (dalam bentuk MnO_2) dilakukan dengan konsentrasi mula-mula masing-masing: 100 ppm, 10 ppm, 5 ppm; 4 ppm; 3 ppm; 2 ppm; 1 ppm dan 0,5 ppm. Namun demikian, hasil yang diperoleh dengan baik hanyalah pada konsentrasi awal 100 ppm. Konsentrasi dibawah itu mungkin terlalu encer sehingga sistem koloid/suspensi MnO_2 dan air tidak dapat berinteraksi baik dengan karbon aktif yang digunakan.

Pada konsentrasi MnO_2 100 ppm, filtrat yang diperoleh adalah berupa larutan jernih, yang besar kemungkinannya adalah air berdasarkan pengamatan fisik dan serapan yang sama dengan nol.

Deposisi logam Mn pada permukaan karbon aktif sekam padi juga dilakukan. Diperoleh hasil bahwa semakin lama waktu iradiasi, puncak-puncak khas MnO_4^- baik pada panjang gelombang 520 nm dan 310 nm tidak kelihatan lagi pada kurva UV-Vis.

Skenario Reaksi Yang Terjadi

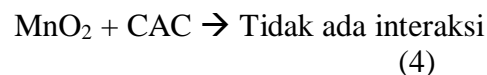
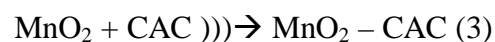
Skenario reaksi yang diduga terjadi dalam iradiasi ultrasonik system karbon aktif, MnO_4^- dan gas argon adalah sebagai berikut:

Reduksi (dalam sistem karbon aktif, MnO_4^- , dan Argon)



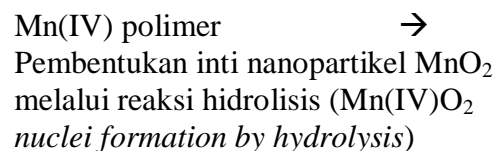
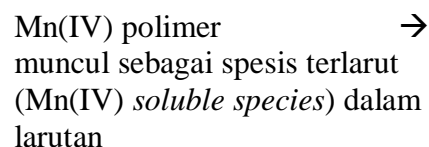
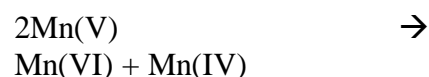
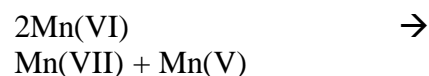
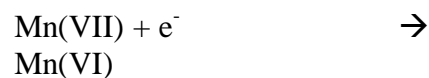
$MnO_4^- + CAC + Argon$ (tanpa iradiasi ultrasonik dan didiamkan) \rightarrow larutan jingga berubah menjadi jernih. Kemungkinan MnO_4^- terjerap pada permukaan CAC. Perlakuan ini dilakukan untuk memperkuat dugaan bahwa Reaksi 1 hanya terjadi dalam sistem ultrasonik.

Oksidasi (dalam sistem CAC, MnO_2 , dan Argon)



Reaksi 2 kemungkinan besar akan berkompetisi dengan Reaksi 3.

Jika reaksi yang terjadi memang adalah reduksi Mn (VII) \rightarrow Mn(IV), maka kemungkinan mekanisme yang terjadi adalah:



Mn(IV)O₂ nuclei →
Mn(IV)O₂ nanopartikel

Mn(IV)O₂ nanopartikel →
Mn(IV)O₂ koloid

Reaksi diatas diadopsi dari reaksi yang terjadi untuk kasus pembentukan TcO₂.nH₂O nanopartikel hingga TcO₂.nH₂O nanokoloid, sebab Mn dan Tc terletak dalam golongan yang sama dalam sistem periodik yaitu Golongan VIIB (Zakir, 2006). Untuk kasus, Mn masih perlu diverifikasi lebih lanjut.

KESIMPULAN

1. Kandungan abu sekam padi rata-rata adalah 21,87% yang mengindikasikan bahwa banyak mineral yang terkandung dalam sekam padi.
2. Berdasarkan analisis FTIR yang dilakukan antara karbon aktif sekam padi dan karbon aktif komersial, gugus fungsi yang terdapat pada masing-masing karbon aktif tersebut adalah -OH, -CH, -C=O dan Si-C.
3. Distribusi ukuran partikel dan ukuran pori karbon aktif sekam padi tidak seragam, tetapi bervariasi berdasarkan citra Scanning Electron Microscopy (SEM).
4. Reduksi MnO₄⁻ menjadi MnO₂ terjadi dalam sistem (karbon aktif, MnO₄⁻, Ar dan ultrasonik).
5. MnO₂ terjerap pada pori karbon aktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh DIPA Universitas Hasanuddin dengan kontrak No. 2058/UN4.20/PL.09/2013 tanggal 4 Juni 2013

DAFTAR PUSTAKA

- Chmiola, J. Yushin, G. Gogotsi, Y. Portet, C. Simon, P. Taberna, P.L. **2006**. "Anomalous increase in carbon capacitance at pore sizes less than 1 nanometer". *Science*. 313(1760-1763).
- Chen, H. Wang, H. Yang, L. Xiao, Y. Zheng, M. Liu, Y. Fu, H. **2012**. "High specific surface area of rice husk based porous carbon prepared for electric double layer capacitors". *Int. J. Electrochem. Sci.* 7(4889-4897).
- Dell, R.M. Rand, D.A.J. **2001**. "Energy storage – a key technology for global energy sustainability". *J. Power Sources*. 100(2-7).
- Fortunato, M.E. Abadi, M.R. Suslick, K.S. **2010**. "Nanostructured carbons prepared by ultrasonic spray pyrolysis". *Chem. Mater.* 22(1610-1612).
- Frackowiak, E. Beguin, F. **2001**. "Carbon materials for the electrochemical storage of energy in capacitors". *Carbon*. 39(937-950).
- Frackowiak, E. Beguin, F. **2002**. "Electrochemical storage of energy in carbon nanotubes and nanostructured carbons". *Carbon*. 40(1775-1787).
- Guo, Y. Qi, J. Jiang, Y. Yang, S. Wang, Z. **2003**. "Performance of electrical double layer capacitors with porous carbons derived from rice husk". *Mater. Chem. Phys.* 80(704-709).
- Hall, P.J. **2008**. "Energy storage technologies and electricity generation". *Energy Policy*. 36(12)4352-4355.
- Hyde, M.E. Compton, R.G. **2002**. "How ultrasound influences the electrodeposition of metals". *J. Electroanal. Chem.* 531(19-24).
- Kennedy, L.J. Vijaya, J.J. Sekaran, G. **2005**. "Electrical conductivity study of porous carbon derived from rice husk". *Mater. Chem. Phys.*

- Kim, Y.J. Lee, B.J. Suezaki, H. Chino, T. Abe, Y. Yanagiura, T. Park, K.C. Endo, M. **2006**. "Preparation, characterization of bamboo-based activated carbons as electrode materials for electric double layer capacitors". *Carbon*. 44(1592–1595).
- Landau, M.V. Vradman, L. Herskowitz, M. Koltypin, Y. Gedanken, A. **2001**. "Ultrasonically controlled deposition-precipitation Co-Mo HDS catalysts deposited on wide-pore MCM material". *J. Catalysis*. 201(22-36).
- Li, X. Xing, W. Zuo, S. Zhou, J. Li, F. Qiao, S. Z. Lu, G.Q. **2011**. "Preparation of capacitor's electrode from sunflower seed shell". *Bioresour. Technol.* 102 (1118–1123).
- McNamara III, W. B. Didenko, Y. T. Suslick, K. S. **1999**. "Sonoluminescence Temperatures during Multi-bubble Cavitation". *Nature*. 401(772-775).
- Miyazaki, A. Balint, I. Aika, K. Nakano, Y. **2001**. "Preparation of Ru nanoparticles supported on γ -Al₂O₃ and its novel catalytic activity for ammonia synthesis". *J. Catalysis*. 204(364-371).
- Nabais, J.V. Carrott, P. Ribeiro Carrott, M.M.L. Luz, V. Ortiz, A.L. **2008**. "Influence of preparation conditions in the textural and chemical properties of activated carbons from a novel biomass precursor: the coffee endocarp". *Bioresour. Technol.* 99 (7224–7231)
- Pandolfo, A.G. Hollenkamp, A.F. **2006**. "Carbon properties and their role in supercapacitors". *J. Power Sources*. 157(11-27).
- Raymundo-Piñero, E. Leroux, F. Béguin, F. **2006**. "A high-performance carbon for supercapacitors obtained by carbonization of a seaweed biopolymer". *Adv. Mater.* 18 (1877–1882).
- Rufford, T.E. Hulicova-Jurcakova, D. Zhu, Z.H. Lu, G.Q. **2008**. "Nanoporous carbon electrode from waste coffee beans for high performance supercapacitors". *Electrochem. Commun.* 10(1594–1597).
- Rufford, T.E. Hulicova-Jurcakova, D. Khosla, K. Zhu, Z., Lu, G.Q. **2010**. "Microstructure and electrochemical double-layer capacitance of carbon electrodes prepared by zinc chloride activation of sugar cane bagasse". *J. Power Sources* 195 (912–918).
- Sekine, T. dan Zakir, M. **2008**. "Oxidative Dissolution of Tc(IV)O₂ •nH₂O Colloids by Sonolysis". *Radiochim. Acta*. 96 (9-11, 625-629).
- Seo, M.K. Park, S.J. **2010**. "Influence of air-oxidation on electric double layer capacitances of multi-walled carbon nanotube electrodes". *Current Applied Physics*. 10(241–244).
- Scrosati, B. Garche, J. **2010**. "Lithium batteries: status, prospects and future". *J. Power Sources*. 195(2419-2430).
- Swarnalatha, S. Kumar, A.G. Sekaran, G. **2009**. "Electron rich porous carbon/silica matrix from rice husk and its characterization". *J. Porous Mater.* 16(239-245).
- Suslick, K. S. **1990**. "Sonochemistry". *Science*. 247 (1439-1445).
- Suslick, K. S. Didenko, Y. Fang, M. M. Hyeon, T. Kolbeck, K. J. McNamara III, W. B. Mdleleni, M. M. dan Wong, M. **1999**. "Acoustic Cavitation and Its Chemical Consequences. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*. 357 (335-353).
- Taleyarkhan, R. P. West, C. D. Lahey, R. T. Nigmatulin, R. I. Block, R. C. dan Xu, Y. **2006**. "Nuclear Emissions during Self-Nucleated Acoustic Cavitation". *Phys. Rev. Lett.* 96 (034301, 1-4).
- Tim Penyusun RP Unhas. **2009**. "Roadmap Penelitian Universitas Hasanuddin". Unhas Press. hal. 15-19.

- Thompson, L. H. Doraiswamy, L. K. **1999**. "Sonochemistry: Science and Engineering". *Ind. Eng. Chem. Res.* 38 (1215-1249).
- Wang, C.C. Hu, C.C. 2004. "The capacitive performance of activated carbon-ruthenium oxide composites for supercapacitors: effects of ultrasonic treatment in NaOH and annealing in air". *Mater. Chem. Phys.* 83(289-297).
- Wang, D.W. Li, F. Liu, M. Lu, G.Q. Cheng, H.M. **2008**. "3D aperiodic hierarchical porous graphitic carbon material for high-rate electrochemical capacitive energy storage". *Angew. Chem. Int. Ed.* 47(373-376).
- Winter, M. Brodd, R.J. **2004**. "What are batteries, fuel cells, and supercapacitors?" *Chem. Rev.* 104(4245-4269).
- Wu, F.C. Tseng, R.L. Hu, C.C. Wang, C.C. **2004**. "Physical and electrochemical characterization of activated carbons prepared from firewood for supercapacitors". *J. Power Sources* 138(351-359).
- Xing, W. Qiao, S.Z. Ding, R.G. Li, F. Lu, G.Q. Yan, Z.F. Cheng, H.M. **2006**. "Superior electric double layer capacitors using ordered mesoporous carbons". *Carbon.* 44(216-224).
- Yang, J. Liu, Y. Chen, X. Hu, Z. Zhao, G. **2008**. "Carbon electrode material with high densities of energy and power". *Acta Physica-Chimica Sinica.* 24(13-19).
- Zakir, M. **2006**. "Redox Reactions of Technetium Induced by Bremsstrahlung Ultrasonic Irradiation: Formation and Dissolution of $Tc(IV)O_2.nH_2O$ Nanoparticles". Ph.D. dissertation, Tohoku University, Sendai, Japan.
- Zakir, M. dan Sekine, T. **2009**. "Oxidation Reaction of $Tc(IV)O_2.nH_2O$ Nanocolloid Induced by Ultrasonic Wave". *Indo. Chim. Acta.* 2 (1, 46-47).
- Zakir, M. dan Sekine, T. **2010**. "Sonolytic Oxidation of $Tc(IV)O_2.nH_2O$ Nanoparticles to $Tc(VII)O_4^-$ in Aqueous Solution". *Atom Indonesia.* 36 (1, 17-22).
- Zakir, M. **2010**. "Sonochemical Dissolution of $TcO_2.nH_2O$ Nanocolloids in Aqueous Solution: A New Heterogeneous Kinetics Model Taking into Account The Local Concentration of OH Radicals and $TcO_2.nH_2O$ Nanoparticle". Seminar Nasional Himpunan Kimia Indonesia (SNHKI). Makassar, 2-3 Agustus 2010.
- Zakir, M. Maming, and Achmad, A. **2011**. "Adsorption of Methylene Blue and Eosin on Rice Husk Based Activated Carbon". *Indo. Chim. Acta.* 4 (2, 1-6).
- Zakir, M. Maming, Raya, I. Karim, A. Santi. **2012**. "Pemanfaatan Energi Gelombang Ultrasonik Dalam Adsorpsi Ion Logam Berat Cu(II) pada Bioadsorben Karbon Aktif dari Sekam Padi". *Indo. Chim. Acta.* 5 (2, 1-9).
- Zakir, M. **2013**. "Ultrasound-assisted adsorption of lead(II) and copper(II) ions on rice husk activated carbon". **Accepted paper for oral presentation** in The International Conference on Quality in Research, Yogyakarta, 25-28 June 2013.
- Zhang, F. Ma, H. Chen, J. Li, G.D. Zhang, Y. Chen, J.S. **2008**. "Preparation and gas storage of high surface area microporous carbon derived from biomass source cornstalks". *Bioresour. Technol.* 99(4803-4808).
- Zhou, J. Ji, Y. He, J. Zhang, C. Zhao, G. **2008**. "Enhanced mesoporosity and capacitance property of spherical carbon aerogel prepared by associating $Mg(OH)_2$ with non-ionic surfactant". *Micropor. Mesopor. Mater.* 114(424-430).