

KARAKTERISASI BUTIRAN SUB MIKRON NANOMATERIAL KARBON BATOK KELAPA DENGAN VARIASI WAKTU PENGADUKAN BAHAN YANG DIGUNAKAN UNTUK FILTRASI LOGAM Fe DARI LIMBAH AIR SELOKAN MATARAM BERDASARKAN UJI UV-VIS, XRD, SEM DAN AAS

CHARACTERIZATION OF THE SUB MICRON GRAIN OF COCONUT SHELL CARBON NANOMATERIAL WITH VARIANTATION OF MATERIAL MIXING TIME USED FOR FILTRATING Fe METAL FROM WATER OF SELOKAN MATARAM USING UV-VIS, XRD, SEM AND AAS TEST

Oleh :

Irnawati Widya Hastuti dan W.S. Brams Dwardaru, Ph. D

irma110889@gmail.com, wipsarian@uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pengadukan bahan dengan bahan dasar serbuk SMC batok kelapa yang disintesis dengan metode LSE terhadap hasil absorbansi dan panjang gelombang, mengetahui fasa kristalin dan ukuran partikel, dan mengetahui morfologi permukaan SMC yang digunakan untuk bahan dasar filter pada alat filter air sederhana.

Penelitian dimulai dengan membuat serbuk SMC berbahan dasar batok kelapa yang telah dihaluskan, *aquades* 100 ml, dan detergen 2 gram ke dalam blender. Sampel kemudian dicampur dengan memvariasikan waktu pengadukan bahan. Sampel diendapkan satu malam dan disonifikasi selama 4 jam kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis. Endapan sampel yang sudah berbentuk serbuk SMC dikarakterisasi XRD untuk masing-masing variasi waktu sedangkan untuk karakterisasi SEM dilakukan pada sampel 60 menit waktu pengadukan bahan dengan blender. Serbuk SMC tersebut kemudian dilapiskan pada kertas saring dan dipasang pada alat filtrasi sederhana. Limbah air yang digunakan yaitu air Selokan Mataram. Air hasil filtrasi dikarakterisasi kadar logam Fe berdasarkan karakterisasi AAS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu pengadukan bahan maka puncak absorbansi semakin bergeser ke panjang gelombang yang lebih pendek (*bluesift*) dan nilai absorbansi naik seiring lamanya waktu pengadukan. Serbuk SMC yang disintesis dengan metode LSE mempunyai fasa amorf setelah dilakukan variasi waktu pengadukan bahan dengan blender serbuk SMC semakin amorf. Untuk morfologi serbuk SMC pada 60 menit waktu pengadukan bahan dengan blender terlihat seperti bongkahan yang kurang teratur dengan ukuran yang berbeda-beda. Dapat diketahui ukuran serbuk SMC sekitar 1,274 μm sampai 12,502 μm dengan ketebalan sekitar 0,576 μm sampai 0,829 μm . Dari hasil karakterisasi AAS diperoleh semakin lama waktu pengadukan bahan dengan blender semakin menurun pula kadar logam Fe pada limbah air.

Kata Kunci: serbuk SMC, LSE, Limbah air Selokan Mataram, waktu pengadukan bahan.

ABSTRACT

The aim of this research is to know the effect of variation of material mixing time with the powder of SMC of coconut shell as the basis material synthesized by LSE method toward the result of absorption and wavelength based on UV-Vis test, to know the crystallization phase and particle size, and to know the form of SMC's surface with SEM characterization used for filter base material in simple filtration.

The research started with making SMC powder made from mashed coconut shell, 100 ml of aquades, and 2 grams of detergent put together into blender. The sample was then mixed by varying the mixing time of the material. Samples were precipitated overnight and sonificated for 4 hours which later was characterized by UV-Vis spectrophotometer. The precipitated sample that has been shaped as SMC powder was characterized by XRD for each time variation while the SEM characterization is done on 60 minute based on mixing time. The SMC powder is then superimposed on the filtering paper and applied to a simple filtration device. Waste water that is used is water of Selokan Mataram. The result of the filtration is tested to know the metal measure of Fe based on AAS test.

The results showed that the longer the mixing time of the absorbing peak the more the shift to the shorter wavelength (bluesift) and the absorbing value increases with the length of mixing time. SMC powder synthesized by LSE method has an amorphous phase after variation of mixing time of material with SMC powder blender increasingly amorphous. For SMC powder morphology at 60 minutes the blender time looks like an irregular chunk of different sizes. It can be known that the size of the SMC powder is about 1.274 μm to 12,502 μm with a thickness of about 0.576 μm to 0.829 μm . From the results of characterization of AAS obtained the longer time of mixing the material with the blender decreased also Fe content of metal in waste water.

Keywords: SMC powder, LSE, Waste water Selokan Mataram, material mixing time.

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu senyawa kimia yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup. Bagi manusia air merupakan kebutuhan pokok yang wajib ada untuk kebutuhan sehari-hari. Hampir semua kegiatan yang dilakukan manusia membutuhkan air, mulai dari membersihkan diri, membersihkan ruangan tempat tinggal,

menyiapkan makan, dan minum. Selain itu air juga dimanfaatkan sebagai pertanian, perikanan, dan industri, sehingga kebutuhan air bersih sangatlah dibutuhkan.

Berdasarkan PERMENKES RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, air yang layak dipergunakan adalah air yang tidak berbau, berwarna dan berasa. Untuk mendapatkan air bersih kita dapat memanfaatkan sumber air baku seperti air hujan, air permukaan (air sungai, air danau,

genangan air lainnya) dan air laut untuk diolah menjadi air bersih yang layak pakai.

Selokan Mataram merupakan kanal yang menghubungkan sungai Progo di barat dengan sungai Opak di timur. Selokan Mataram mempunyai manfaat yang sangat besar bagi masyarakat Yogyakarta dan sekitarnya yang dilewati aliran airnya. Seiring waktu Selokan Mataram mengalami penurunan kualitas air. Air semakin keruh dan tidak memenuhi standar air bersih sehingga air tersebut tidak dapat dimanfaatkan secara baik bagi masyarakat sekitar. Kekeruhan air ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik seperti lumpur dan buangan tertentu yang masuk ke saluran air Selokan Mataram sehingga menyebabkan air menjadi keruh.

Ada berbagai macam metode sederhana yang digunakan untuk mendapatkan air bersih, antara lain dengan krikil, pasir dan arang yang berukuran besar (berukuran makro). Pengolahan air dengan metode tersebut masih konvensional. Oleh karena itu, perlu inovasi atau pembaharuan dalam hal teknologi, proses maupun bahan adiktif yang digunakan dalam pengolahan air bersih.

Berkembangnya nanoteknologi pada dekade terakhir ini juga memberikan dampak baik pada teknologi pengolahan air.

Pengolahan air dengan teknologi membran misalnya, mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF), dan reverse osmosis (RO). Untuk memperoleh alat pengolahan air tersebut dibutuhkan biaya yang cukup mahal dan dalam skala pabrik. Prinsip nanoteknologi sendiri adalah merekayasa sifat-sifat dan performansi material sedemikian rupa sehingga menjadi lebih efektif, efisien, dan lebih berdaya guna dalam skala nanometer. Apabila material dapat dibuat dalam ukuran nanometer maka dapat dihasilkan sifat-sifat baru yang luar biasa. Karbon batok kelapa adalah solusi bahan yang tepat untuk menurunkan logam Fe pada air sumur dan sungai.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk membuat alat penyaring sederhana menggunakan butiran sub micron carbon (SMC) batok kelapa dimana butiran SMC disintesis dengan metode liquid sonification exfoliation (LSE). Metode LSE adalah metode sintesis nanomaterial graphene dalam fase cair dengan bantuan surfaktan dan gelombang ultrasonik.

Pada penelitian ini, peneliti melakukan karakterisasi bahan SMC yang akan dijadikan bahan filter pada alat filtrasi sederhana. Karakterisasi SMC dilakukan berdasarkan uji spektrofotometer UV-Vis, X-ray diffraction (XRD), dan scanning

electron microscope (SEM). Sedangkan untuk karakterisasi hasil filtrasi dilakukan uji AAS untuk mengetahui kadar logam Fe pada air hasil filtrasi.

METODE

Penelitian dimulai dengan membuat serbuk SMC berbahan dasar batok kelapa yang telah dihaluskan, aquades 100 ml, dan detergen 2 gram ke dalam blender. Sampel kemudian dicampur dengan memvariasikan waktu pengadukan bahan. Sampel diendapkan satu malam dan disonifikasi selama 4 jam kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis. Data karakterisasi spektrofotometer UV-Vis merupakan hasil karakterisasi larutan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan puncak absorbansi pada sampel larutan.

Endapan sampel yang sudah berbentuk serbuk SMC dikarakterisasi XRD untuk masing-masing variasi waktu. Sampel yang telah dibuat untuk keperluan karakterisasi XRD kemudian diuji menggunakan XRD. Hasil analisis Sinar-X digunakan untuk mengetahui informasi fasa kristalin. Data yang diperoleh berupa hubungan antara intensitas dengan sudut difraksi 2θ .

Sedangkan untuk karakterisasi SEM dilakukan pada sampel 60 menit waktu pengadukan bahan dengan blender. Hasil karakteristik SEM berupa foto gambar morfologi permukaan dari serbuk SMC batok kelapa. Hasil karakterisasi SEM digunakan untuk mengetahui gambar serbuk SMC yang telah disintesis dan ukuran serbuk SMC.

Serbuk SMC tersebut kemudian dilapiskan pada kertas saring dan dipasangkan pada alat filtrasi sederhana.



Gambar 1. Pembuatan alat penyaring sederhana

Limbah air yang digunakan yaitu air Selokan Mataram. Air hasil filtrasi dikarakterisasi kadar logam Fe berdasarkan karakterisasi AAS. Hasil analisis AAS digunakan untuk mengetahui kadar logam Fe yang mampu disaring oleh alat filtrasi sederhana.

Metode LSE (*liquid sonification exfoliation*) adalah metode sintesis nanomaterial graphene dalam fase cair dengan bantuan surfaktan dan sonifikasi.

Pada penelitian ini detergen yang digunakan mengandung 20% surfaktan jenis *linear alkylbenzena sulfonate* (LAS).

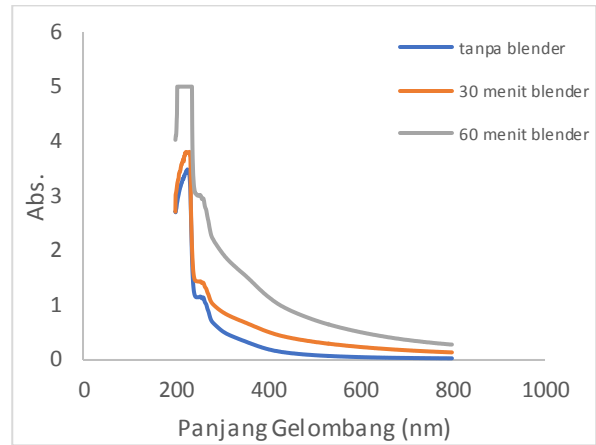
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pengadukan bahan pada serbuk SMC terhadap hasil absorbansi dan panjang gelombang berdasarkan uji UV-Vis, mengetahui fasa kristalin yang terdapat pada serbuk SMC berdasarkan uji XRD, mengetahui morfologi serbuk SMC berdasarkan uji SEM dan mengetahui pengaruh variasi waktu pengadukan bahan terhadap hasil filtrasi limbah Selokan Mataram ditinjau dari penurunan logam Fe berdasarkan uji AAS.

Hasil Karakterisasi UV-Vis

Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis menunjukkan hubungan antara panjang gelombang dalam nanometer dengan besarnya absorbansi larutan yang diuji. Pada penelitian ini, dilakukan uji UV-Vis terhadap sampel hasil sintesis SMC dengan variasi pengadukan bahan yaitu tanpa blender, 30 dan 60 (dalam menit) waktu blender. Hasil pengujian ditampilkan pada grafik hubungan antara absorbansi dengan

panjang gelombang. Hasil karakterisasi UV-Vis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hasil uji spektrofotometer UV-Vis dengan variasi waktu pengadukan bahan.

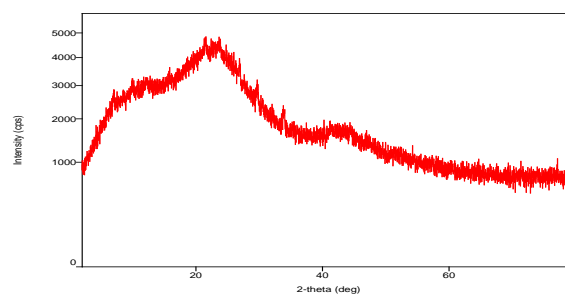
Dari hasil karakterisasi UV-Vis dapat diketahui bahwa semakin lama waktu blender, maka nilai absorbansi juga semakin besar. Panjang gelombang pada absorbansi maksimum juga menunjukkan nilai yang berbeda seiring dengan lamanya waktu. Untuk tanpa blender, puncak absorbansi diperoleh pada panjang gelombang 260 nm, 254 nm, dan 226,5 nm. Pada 30 menit waktu blender puncak absorbansi diperoleh pada panjang gelombang 260 nm, 254 nm dan 225,5 nm. Pada 60 menit waktu blender, puncak absorbansi diperoleh pada panjang gelombang 253 nm dan 204 nm. Pada puncak ketiga dari hasil UV-Vis menunjukkan adanya pergeseran menuju panjang gelombang yang lebih pendek

seiring lamanya waktu blender untuk tanpa blender puncak absorbansi diperoleh pada panjang gelombang 226,5 nm dan mengalami pergeseran pada sampel 30 menit waktu blender puncak absorbansi diperoleh pada panjang gelombang 225,5 nm sedangkan untuk 60 menit waktu blender puncak absorbansi diperoleh pada panjang gelombang 204 nm. Hal ini mengindikasikan adanya pergeseran puncak absorbansi menuju panjang gelombang yang lebih pendek, atau terdeteksi adanya blueshift atau hipsokromik. Hal ini terjadi karena kepolaran pelarut akibat lamanya waktu blender atau adanya konjugasi dari elektron pasangan bebas pada atom dihilangkan dengan adanya protonasi. Terjadinya blueshift ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Kumar (2013) dalam mensintesis GO. Semakin lama waktu yang digunakan, puncak absorpsi semakin bergeser menuju panjang gelombang yang lebih pendek.

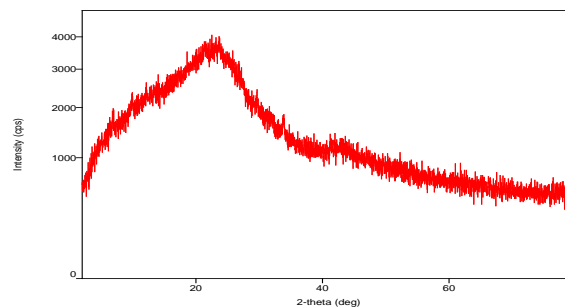
Hasil Karakterisasi XRD

Hasil uji XRD dilakukan untuk mengetahui fasa kristalin. Karakterisasi menggunakan sumber Cu dengan panjang gelombang (λ) adalah 1,54060 Å serta range 2θ yang digunakan yaitu 2° sampai 80° . Data hasil

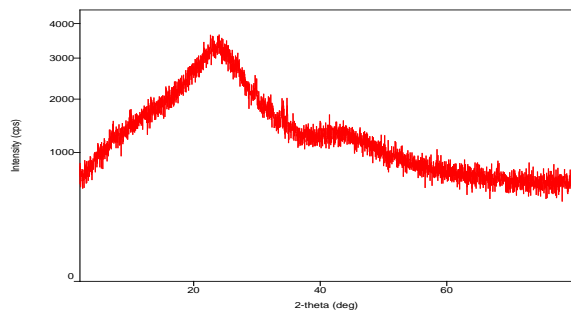
pengujian XRD berupa spektrum XRD yang menyatakan hubungan antara sudut hamburan (2θ) dengan intensitas (I) puncak spektrum. Apabila material yang diuji tersebut kristal maka grafik XRD muncul banyak peak. Namun apabila peak yang dimaksud tidak ada, maka dapat dipastikan material tersebut adalah amorf. Pola difraksi sinar-X karbon batok kelapa pada variasi waktu blender dan tanpa blender dengan bantuan surfaktan dan sonifikasi dapat dilihat pada gambar 3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Pola XRD dengan variasi waktu blender (a) tanpa blender (b) 30 menit (c) 60 menit.

Dari grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 3 tampak sumbu vertikal merupakan intensitas sinar-X dalam satuan cacah per detik sedangkan sumbu horizontal menunjukkan sudut hamburan 2θ yang merupakan sudut pergerakan counter detector. Puncak yang dihasilkan dari ketiga sampel hanyalah satu puncak saja yang dapat dilihat pada peak list. Walaupun puncak tersebut merupakan puncak maksimum pada hasil XRD namun tidak bisa dikategorikan sebagai puncak kristal karena intensitasnya terlalu kecil dibandingkan dengan kristal pada umumnya. Hal ini menunjukkan bahwa susunan atom pada SMC batok kelapa tidak teratur sehingga mengalami fasa amorf. Dapat dilihat juga bahwa semakin lama waktu pengadukan bahan dengan blender maka intensitasnya menurun. Hal ini juga

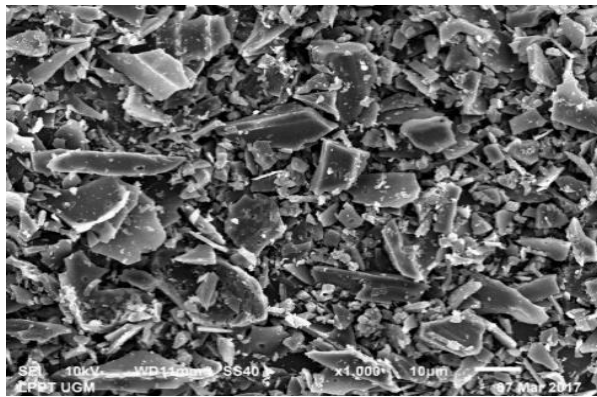
menunjukkan bahwa fasa kristalin serbuk SMC semakin amorf atau susunan atomnya semakin tidak teratur. Pada sampel tanpa blender puncak intensitas diperoleh pada sudut 2θ yaitu $23,721^\circ$ dengan jarak antar lapisan (d-spacing) 3,747. Pada sampel 30 menit waktu blender puncak intensitas diperoleh pada sudut 2θ yaitu $23,789^\circ$ dengan jarak antar lapisan (d-spacing) 3,737. Selanjutnya pada sampel 60 menit waktu blender didapat puncak intensitas pada sudut 2θ yaitu $23,858^\circ$ dengan jarak antar lapisan (d-spacing) 3,726. Namun secara keseluruhan ketiga grafik menunjukkan pola XRD yang hampir sama karena kandungan materialnya berasal dari sumber yang sama yaitu karbon batok kelapa.

Hasil Karakterisasi SEM

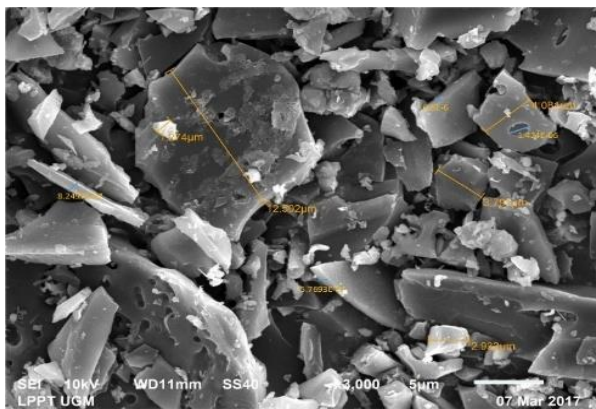
Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan, bentuk material dan juga ukuran dari material tersebut. Dari hasil sintesis SMC karbon batok kelapa dengan metode LSE. Morfologi dari permukaan karbon batok kelapa diperoleh dari penangkapan dan pengolahan elektron sekunder yang dipancarkan dari material karbon batok kelapa tersebut. Kemudian dianalisis menggunakan SEM.

Hasil dari SEM berupa gambar permukaan dari karbon batok kelapa.

Sampel yang dikarakterisasi akan dilihat bentuk permukaannya pada perbesaran 1000 kali, 3000 kali. Berikut adalah hasil karakterisasi SEM sampel nanomaterial karbon batok kelapa pada sampel 60 menit waktu blender dengan metode LSE.



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Foto morfologi SMC batok kelapa dengan perbesaran 1000X (b) Foto

morfologi SMC batok kelapa dengan perbesaran 3000X

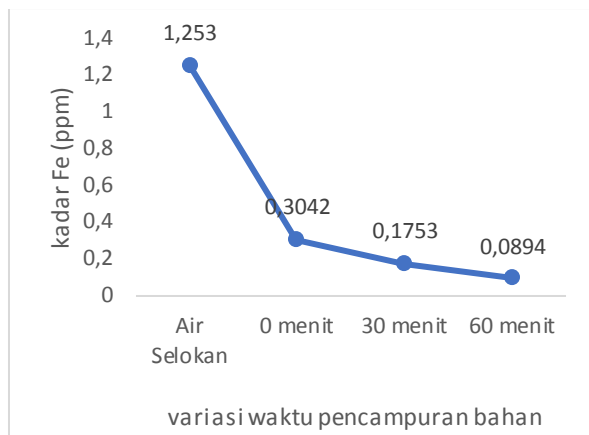
Gambar 4 (a) menunjukkan perbesaran 1000X yang dapat kita lihat distribusi ukuran yang berbeda-beda dan masih bertumpuk-tumpuk sehingga belum terlihat bentuk permukaannya. Pada Gambar 3 (b) yaitu perbesaran 3000X semakin jelas bongkahan-bongkahan dari karbon batok kelapa yang dapat kita ukur ketebalan dan permukaannya, pada perbesaran 3000X dapat kita amati permukaan karbon batok kelapa yang masih besar dan mempunyai ukuran butiran kurang lebih $12,5 \mu\text{m}$, pada bongkahan berukuran ini pula dapat kita lihat permukaannya seperti terdapat busa yang mengering akibat pemberian surfaktan dan dapat dilihat pada permukaan yang terdapat busa akibat surfaktan ini terlihat karbon hampir mengelupas. Serpihan serpihan karbon batok kelapa ini terdapat pula yang berukuran kecil sekitar $1,27 \mu\text{m}$, serpihan-serpihan yang berukuran kecil ini hasil dari blender yang berputar pada kecepatan tertentu dan adanya detergen yang memudahkan proses pengelupasan serta pemberian gelombang ultrasonik sehingga semakin mempermudah pemisahan karbon batok kelapa sehingga ukurannya menjadi lebih kecil. Dari perbesaran 3000X

juga dapat diketahui ukuran butiran SMC sekitar 1,274 μm sampai 12,502 μm dengan ketebalan butiran sekitar 0,576 μm sampai 0,829 μm .

Hasil Karakterisasi AAS pada Limbah Air Selokan Mataram

Pada penelitian ini, limbah yang digunakan yaitu air yang berasal dari selokan Mataram dengan volume 250 ml. Limbah air selokan Mataram di filtrasi dengan alat filtrasi sederhana dengan bahan serbuk SMC yang telah ditritmen dengan metode LSE dengan variasi waktu blender. Setelah air Selokan Mataram di filter dilakukan karakterisasi hasil filtrasi berdasarkan uji AAS yang terpacu pada penurunan logam Fe.

Berikut adalah hasil data penyaringan air selokan Mataram dengan variasi waktu blender.



Gambar 5. Grafik hasil uji AAS.

Dari gambar 5 didapatkan kadar logam Fe pada air selokan Mataram sebanyak 1,253 ppm artinya dalam setiap 1 L air Selokan Mataram terdapat 1,253 mg kadar Fe. Setelah dilakukan filtrasi menggunakan alat filtrasi sederhana berbahan dasar SMC batok kelapa yang disintesis dengan metode LSE dapat dilihat penurunan logam Fe pada air selokan Mataram. Pada hasil penyaringan dengan bahan SMC tanpa blender menghasilkan penurunan kadar logam besi pada 0,3042 ppm, sedangkan 30 menit waktu blender dihasilkan penurunan logam Fe pada 0,1753 ppm, dan 60 menit waktu blender dihasilkan penurunan logam Fe pada 0,0894 ppm.

Dari data di atas, kadar logam Fe mengalami penurunan setara dengan lamanya waktu pembleran. Hal ini dikarenakan ukuran serbuk SMC yang semakin kecil karena lamanya waktu pengadukan pada blender sehingga luas permukaan serbuk SMC semakin besar yang mengakibatkan partikel-partikel yang berukuran kecil dan besar dapat tertahan. Selain dapat tertahan, partikel pengotor air (logam Fe) juga dapat terperangkap dalam pori-pori SMC. Hal ini dikarenakan unsur besi (Fe^{2+}) sehingga besi kekurangan dua elektron yang menyebabkan ionnya bermuatan positif, ini memungkinkan ion-ion logam Fe terperangkap dalam pori-

pori SMC batok kelapa. Kemudian dimungkinkan terjadi pertukaran kation antara ion-ion Fe dengan ion-ion yang berada dipermukaan pori-pori SMC yang menyebabkan terjadinya ikatan antar permukaan pori-pori SMC dengan ion-ion logam Fe. Semakin lama waktu pengadukan bahan dengan blender, maka ukurannya semakin kecil sehingga semakin besar luas permukaan pori-pori SMC. Hal ini dimungkinkan bahwa semakin banyak pula ion-ion logam Fe yang diserap oleh SMC.

KESIMPULAN

Pengaruh waktu pengadukan bahan dengan blender terhadap karakterisasi spektrofotometer UV-Vis adalah semakin lama waktu pengadukan bahan maka puncak absorbansi bergeser ke panjang gelombang yang lebih pendek (*blueshift*) dan nilai absorbansi naik seiring penambahan waktu.

Dari hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa serbuk SMC yang disintesis dengan metode LSE mempunyai fasa amorf. Setelah dilakukan variasi waktu pengadukan dengan blender susunannya atom-atomnya semakin tidak teratur sehingga intensitasnya menurun.

Morfologi serbuk SMC pada 60 menit waktu blender terlihat seperti bongkahan yang kurang teratur dengan

ukuran yang berbeda-beda. Dapat diketahui ukuran serbuk SMC sekitar 1,274 μm sampai 12,502 μm dengan ketebalan sekitar 0,576 μm sampai 0,829 μm .

Dari hasil karakterisasi AAS diperoleh semakin lama waktu pengadukan bahan SMC dengan blender menggunakan metode LSE semakin menurun kadar logam Fe pada limbah air Selokan mataram dari 1,253 ppm setelah difiltrasi menjadi 0,304 ppm untuk tanpa blender, 0,175 untuk 30 menit waktu blender dan 0,089 ppm untuk 60 menit waktu blender.

Daftar Pustaka

- Ahmad, M.A. 2009. *Colour Reduction From Water Sample Using Adsorption Process by Agro-Waste By – Product*. Thesis. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia
- Adamson, A. W., dan Gast, A. P., 1997, *Physical Chemistry of Surface*. Sixth edition, A Willey Interscience Publication, New York.
- Eckenfelder, W.W. 1989. *Industrial Water Pollution Control*. Second edition. McGraw-Hill, Inc., New York.
- Fessenden, R.J. & Fessenden, J.S., 1999, *Kimia Organik*, Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, Jakarta

- Gandjar dkk, 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: PustakaPelajar.
- Grant, N. M. 1998. *X-Ray Diffraction: A Partical Approach*. New York: Plenum Press.
- Kroschwitz, Jacqueline I. (1990), “*Polymer Characterization and Analysis*”, John Wiley & Sons Inc., USA.
- Owen, Tony. 2000. *Fundamental of Modern UV visible Spectroscopy*. Agilent Technologies. Germany.
- Skoog. D. A., Donald M. West, F. James Holler, Stanley R. Crouch, 2000. *of Analytical Chemistry*. Hardcover: 992 pages, Publisher: Brooks Cole.
- Suparno. 2012. *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Suryanarayana C., Norton M.G. 1998. *X-ray Diffraction*. Plenum Press: New York.
- Susila. 2015. *Spektroskopi Ultraviolet dan Sinar Tampak (Spektroskopi UV-Vis)*. Handout. Yogyakarta: UNY.
- Triwahyuni. 2010. *Studi Awal Proses Pemolingan Dan Karakterisasi Sifat Listrik Bahan Piezoelektrik Ramah Lingkungan*.
- Truong. 2013. *Graphene From Fundamental to Future Application*. South Korea: Chonbuk Nasional University.
- Underwood, A.L. 2001. *Analisa Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga
- Vita, 2015. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Wang Shuai, dkk. 2014. *The Effect of Surfactants and Their Concentrations On The Liquid-Exfoliation of Graphene*. Cina: Beijing University.