

SINTESIS NANOPARTIKEL ZnO YANG TERIMPREGNASI DI DALAM *Nata de coco* SERTA AKTIVITASNYA SEBAGAI FOTOKATALIS

Olyvia Kamea^{1*}, Henry Aritonang¹ dan Harry Koleangan¹

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang kemampuan fotodegradasi limbah zat warna *methylene blue* dengan menggunakan nanopartikel ZnO yang terimpregnasi di dalam *nata de coco* yang disintesis secara *in situ*. Kemampuan fotodegradasi dilakukan melalui penentuan konsentrasi *methylene blue* yang tersisa setelah interaksi dengan sampel dimana konsentrasi larutan *methylene blue* yang digunakan adalah sebesar 5 ppm yang disinari sinar UV-A selama 60, 120, 180 menit. Penentuan konsentrasi dihitung berdasarkan absorbansi yang didapatkan dari hasil pembacaan uji Spektrofotometri Uv-Vis dan dalam rumus menghitung persen degradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum untuk variasi waktu penyinaran 60 menit, 120 menit, dan 180 menit adalah variasi waktu 120 menit dengan persen degradasi sebesar 66,23%. Nanopartikel ZnO yang terimpregnasi di dalam *nata de coco* dikarakterisasi dengan metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mempelajari morfologi permukaan membran dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mempelajari pola difraksi dan menentukan ukuran partikel dengan nilai yang diperoleh dari persamaan Scherrer sebesar 8,33 nm.

Kata kunci: Nanopartikel, *nata de coco*, ZnO, fotodegradasi, *methylene blue*.

ABSTRACT

The research has been carried out on the photodegradation ability of dyestuff waste *methylene blue* using impregnated ZnO nanoparticles in *nata de coco* that synthesized with *in situ* processed. The ability of photodegradation is done by determining the remaining concentration of *methylene blue* after interaction with the sample where the concentration of *methylene blue* solution used is 5 ppm which is irradiated with UV-A for 60, 120, 180 minutes. Determination of the concentration was calculated based on the absorbance obtained from the reading of the UV-Vis Spectrophotometry test and in the formula calculate the percent degradation. The results showed that the optimum time for variations of irradiation time of 60 minutes, 120 minutes, and 180 minutes was a variation of 120 minutes with percent degradation of 66.23%. ZnO nanoparticles impregnated in *nata de coco* were characterized by the Scanning Electron Microscopy (SEM) method to study membrane surface morphology and X-Ray Diffraction (XRD) to study diffraction patterns and determine particle size with values obtained from the Scherrer equation amounting to 8.33 nm.

Keywords: Nanoparticles, *nata de coco*, ZnO, Ag, photodegradation, *methylene blue*.

PENDAHULUAN

Pengembangan ilmu pengetahuan tentang nanoteknologi semakin berkembang pesat. Nanoteknologi memiliki potensi yang besar dalam aplikasi untuk biomedis, nanodevices, fotokatalis/fotodegradasi, dan lain-lain (Weiwei dkk., 2008). Nanoteknologi adalah suatu teknologi yang melibatkan prekursor sebagai sumber material nano, ukuran dan bentuk partikel dalam skala nanometer sehingga mencapai keunikan sifat, yang dapat dimanipulasi sesuai kebutuhan yang diinginkan (Taleb dkk., 2005).

Dalam struktur nano, material yang dihasilkan memiliki sifat yang berbeda dari

material sebelumnya (dalam bentuk ruahnya) sehingga dapat memiliki banyak fungsi. Karena keunikannya sehingga nanomaterial banyak diaplikasikan dan menunjukkan banyak manfaat sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaannya dan lebih ekonomis (Weiwei dkk., 2008).

Untuk menghasilkan nanomaterial, beberapa metode telah digunakan dan metode reduksi adalah metode yang lebih sederhana (Choi dkk., 2006). Untuk mendapatkan nanomaterial tersebut, umumnya diperlukan bahan penstabil atau yang dikenal dengan istilah capping agent. Bahan penstabil yang banyak digunakan adalah polimer hasil sintesis kimia,

* Korespondensi :

Telpon: +62 853-41930517

E-mail: olyviakamea@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.35799/cp.11.2.2018.27436>

seperti PVP (polyvinyl pyrrolidone) (Jinhui dkk., 2016), PVA (polyvinyl alcohol) (Sharmila dkk., 2016), PEG (polyethylene glycol) (Alla dkk., 2016), SDBS (sodium dodecyl benzene sulfonate) atau SDS (sodium dodecyl sulfate) (Yonghui dkk., 2014). Polimer hasil sintesis ini dapat menimbulkan permasalahan pada lingkungan bila tidak diolah dengan baik sehingga perlu dicari solusi penggunaan polimer alami yang ramah lingkungan.

Nata de coco adalah polimer alam yang mengandung polimer selulosa yang bersumber dari hasil fermentasi air kelapa yang biasanya menggunakan bakteri *Acetobacter xylinum*. *Nata de coco* memiliki morfologi yang unik, yang menentukan sifat fisik dan mekaniknya, seperti porositas tinggi, kristalinitas tinggi, kekuatan mekanik yang sangat baik, dan memiliki kapasitas menahan air yang besar (Yang dkk., 2014). *Nata de coco* telah digunakan oleh beberapa peneliti sebagai nanoreaktor untuk mensintesis nanopartikel logam dan oksida logam dimana nanopartikel logam masuk dan menempel ke semua bagian serat-serat selulosa. (Aritonang dkk., 2015; Maneerung dkk., 2007). Namun demikian, penelitian sintesis nanopartikel ZnO yang terimpregnasi ke dalam *nata de coco* belum ada dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian kali ini mencoba mensintesis nanopartikel tersebut dengan memanfaatkan nanoreaktor *nata de coco*.

Digunakannya ZnO dalam penelitian ini karena ZnO lebih efisien sebagai fotokatalis dibandingkan titanium oksida (TiO₂) pada larutan berair, disamping itu memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik dibanding TiO₂ (Gouvea dkk., 2000). Dengan demikian nanopartikel ZnO yang terimpregnasi ke dalam *nata de coco* hasil sintesis diharapkan dapat berfungsi sebagai fotokatalis dalam mendegradasi zat warna *methylene blue* (C₁₆H₁₈ClN₃S), karena senyawa ini sangat beracun dan memiliki daya adsorpsi yang sangat kuat (Dilla dkk, 2013).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan antara lain bibit *nata de coco*, Zn(NO₃)₂·4H₂O, NaOH, urea, gula, asam asetat glasial, air kelapa, *methylene blue*, aquades. Alat yang digunakan antara lain seperangkat alat gelas, Spektrofotometer UV-Vis, alat uji SEM (JOEL JSM-6510 LA), XRD (Rigaku SmartLab 3kV), sonikator, sudip, dua buah batu timbangan, kain saring, pemanas, pH meter, neraca analitik, kertas koran, karet gelang,

pipet tetes, nampan, pisau, gunting, saringan, kertas saring, reactor Fotodegradasi, lampu UV-A (Himawari T8-20 W).

Pembuatan *nata de coco*

Pembuatan *nata de coco* mengikuti prosedur Radiman dan Yuliani, (2008). Sebanyak 5 L air kelapa tua disaring dengan kain kasa, dimasak hingga mendidih. Kemudian ditambahkan 500 g gula putih, 25 g urea dan 30 mL asam asetat glasial, sambil diaduk. Sebanyak 300 mL larutan ini dituangkan ke dalam nampan plastik, ditutup dan dibiarkan hingga benar-benar dingin. Setelah dingin, *Acetobacter xylinum* ditambahkan sebanyak 10% volume media, yakni sekitar 30 mL bakteri untuk 300 mL larutan media kemudian dibiarkan selama 6 hari. Gel *nata de coco* yang dihasilkan dicuci dengan air panas selama 15 menit, direndam dalam larutan 10 g natrium hidroksida dalam 1L larutan (1% (b/v)) selama 24 jam. Kemudian gel *nata de coco* ini direndam lagi dengan 10 ml larutan asam asetat glasial dalam 1L larutan (1% (v/v)) selama 24 jam dan dicuci dengan aquades hingga pH netral. Selanjutnya gel *nata de coco* disimpan dalam larutan 200 ml etanol dalam 1L larutan (20% (v/v)) di dalam lemari es. Untuk membuat membran *nata de coco* yang tipis digunakan alat pres dari batu timbangan. *Nata de coco* dipotong dengan ukuran 4 cm x 4 cm dan dikurangi kadar airnya dengan cara dihipitkan diantara 2 buah batu timbangan selama 15 menit untuk selanjutnya digunakan pada sintesis nanokomposit.

Sintesis nanopartikel ZnO yang terimpregnasi di dalam *nata de coco*

Sintesis nanopartikel ZnO yang terimpregnasi di dalam *nata de coco* menggunakan metode Thaweesang dkk. (2013), yang dimodifikasi. Nanopartikel ZnO disintesis dengan metode ko-presipitasi menggunakan prekursor seng nitrat tetrahidrat (Zn(NO₃)₂·4H₂O), masing-masing sebagai sumber nanopartikel ZnO. Mula-mula, sebanyak 5,22 g 0,2 M Zn(NO₃)₂·4H₂O dilarutkan dalam 0,1 L aquades. Kemudian, *nata de coco* dimasukkan ke dalam larutan tersebut. Dalam kondisi pengadukan dengan cara disonikasi, larutan tersebut ditetesi dengan 1 M NaOH sampai pH larutan mencapai 13 dan terbentuk endapan. Selanjutnya, *nata de coco* yang telah mengandung nano ZnO diangkat keluar dan dicuci beberapa kali dengan aquades sampai pH menjadi 7. Kemudian, komposit dihipitkan

diantara 2 buah batu timbangan selama 15 menit untuk selanjutnya dikeringanginkan selama 6 hari. Komposit yang telah kering dikarakterisasi dengan SEM dan XRD serta dianalisis aktivitas fotokatalisnya.

Karakterisasi nanokomposit hasil sintesis

X-Ray Diffraction (XRD)

Metode karakterisasi XRD mengikuti metode Arifonang dkk (2014) dengan modifikasi. Pola XRD dicatat pada difraktometer sinar-X (PW1710, Philips), menggunakan radiasi Cu K α ($\lambda = 0.154\ 056\ \text{nm}$) pada 40kV dan 30mA. Sudut difraksi berkisar antara 25° sampai 80°. Ukuran kristalit nanokomposit *nata de coco*/ZnO/Ag dihitung berdasarkan pengukuran difraksi sinar-X. Ukuran kristal dihitung dari FWHM puncaknya dengan menggunakan rumus Scherrer (Monshi dkk., 2012)

$$L = (k \lambda) / (\beta \cos \theta), \dots \dots \dots (1)$$

dimana L adalah ukuran kristal rata-rata partikel ZnO/Ag, K adalah konstanta yang bernilai 0,9, λ adalah panjang gelombang sinar-X, β adalah (FWHM) dalam radian, dan θ adalah sudut difraksi.

Scanning electron microscopy (SEM)

Morfologi permukaan dan komposisi unsur dipelajari dengan menggunakan SEM. Sebelum dianalisis, membran diletakkan pada specimen holder dengan menggunakan pita perekat (carbon tape), kemudian disemprot dengan hand blower atau hand dryer untuk mengeluarkan pengotor. Selanjutnya dilapisi dengan lapisan tipis emas menggunakan alat coating Fine Coat Ion Sputter JFC-1100 pada arus sebesar 35 mA selama 1 menit dan dicitrakan. Kondisi operasi dilakukan pada akselerasi tegangan sebesar 15 kV dan perbesaran 30.000 kali (Arifonang dkk., 2015).

Pengujian aktivitas fotokatalisis

Pembuatan kurva standar

Dibuat larutan stok dengan konsentrasi 1000 ppm dengan cara melarutkan 1 g *methylene blue* ke dalam labu ukur 1000 mL. Kemudian diencerkan menjadi 1 ppm, 2 ppm, 3ppm, 4 ppm, 5 ppm, 6 ppm. Setelah itu dibaca absorbansi dan panjang gelombang maksimum pada Spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 200 nm-800 nm.

Pengujian aktivitas fotokatalis

Aktivitas fotokatalis yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti prosedur Labhane dkk. (2015) dengan modifikasi. Disiapkan larutan *methylene blue* 5 ppm dan dimasukkan ke dalam dua tabung kaca masing-masing sebanyak 15 mL, kemudian sampel nanopartikel ZnO yang terimpregnasi ke dalam *nata de coco* dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm dan ditambahkan ke dalam satu tabung kaca dan disonikasi selama 16 menit, sedangkan tabung kedua tidak ditambahkan fotokatalis. Kedua tabung kaca tersebut selanjutnya diletakkan dalam reaktor dan disinari dengan lampu UV selama selang waktu 60, 120, dan 180 menit. Konsentrasi zat warna yang tersisa dianalisis dengan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang maksimum *methylene blue* 664,50 nm. Persen degradasi *methylene blue* dapat dihitung melalui persamaan (2) sebagai berikut:

$$\text{Degradasi} = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana C_0 adalah konsentrasi awal dan C_t adalah konsentrasi setelah penyinaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan *nata de coco*

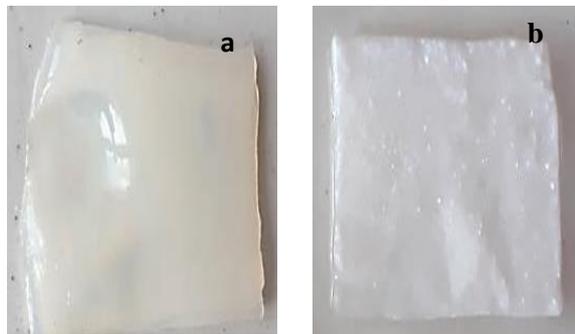
Sintesis nanokomposit terlebih dahulu dilakukan dengan pembuatan *nata de coco* (selulosa bakteri) sebagai capping agent atau agen penstabil yang berperan dalam pembentukan partikel menjadi berukuran nano. *Nata de coco* disintesis oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dengan air kelapa sebagai media tumbuh. Penambahan glukosa dan urea pada proses pembuatan *nata de coco* berfungsi sebagai sumber karbohidrat dan nitrogen untuk proses metabolisme bakteri. Asam asetat glasial berfungsi untuk menciptakan suasana asam dimana bakteri dapat bertumbuh dengan baik. Proses ini dilakukan dengan steril untuk mencegah adanya kontaminasi dan terbentuknya bakteri lain.

Acetobacter xylinum (*A. xylinum*) dapat menghasilkan lapisan selulosa yang tebal pada permukaan cairan media. Pembuatan selulosa bakteri atau nata merupakan sintesis polisakarida oleh bakteri *Acetobacter xylinum* dari gula sederhana baik dalam bentuk sukrosa, glukosa dan maltosa. Gel *nata de coco* yang dihasilkan dicuci dengan air panas yang bertujuan untuk menghilangkan bakteri yang masih ada pada lapisan gel *nata de coco*. Kemudian perendaman

dengan larutan NaOH selama 24 jam bertujuan untuk menciptakan suasana basa dan menaikkan pH sehingga bakteri *A. xylinum* benar-benar dihilangkan. Selanjutnya perendaman dalam larutan asam asetat glasial selama 24 jam berfungsi untuk menurunkan pH, kemudian pencucian dengan aquades bertujuan untuk menetralkan pH *nata de coco*. Untuk mengurangi kadar air, *nata de coco* dipotong dengan ukuran 4 cm x 4 cm dan dihipitkan diantara 2 buah batu timbangan selama 15 menit. Hal ini bertujuan agar air yang masih terdapat dalam rongga *nata de coco* dapat dikurangi, dan pada saat sintesis nanokomposit rongga *nata de coco* dapat berperan lebih optimal dalam menjerap nanopartikel ZnO.

Sintesis nanopartikel ZnO yang terimpregnasi di dalam *nata de coco*

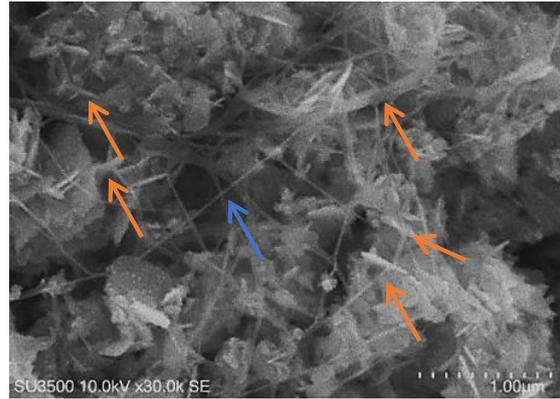
Pembuatan nanopartikel ZnO yang terimpregnasi di dalam *nata de coco* dilakukan dengan cara merendam *nata de coco* ke dalam larutan Seng tetrahidrat ($Zn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$). Ini bertujuan agar proses deposisi nanopartikel ZnO berlangsung secara insitu. Proses deposisi tersebut dilakukan dengan cara sonikasi agar nanopartikel yang terbentuk terdistribusi dengan baik ke dalam serat *nata de coco*. Adapun perbedaan visual nanokomposit tersebut disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Perbedaan morfologi membran *nata de coco* sebelum dan setelah deposisi, (a) *nata de coco*; (b) membran *nata de coco* yang terimpregnasi oleh ZnO.

Karakterisasi dengan metode SEM

Pengamatan morfologi partikel-partikel ZnO yang terdapat pada permukaan membran *nata de coco*, dilakukan menggunakan SEM dengan perbesaran 30.000 kali. Hasil karakterisasinya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.

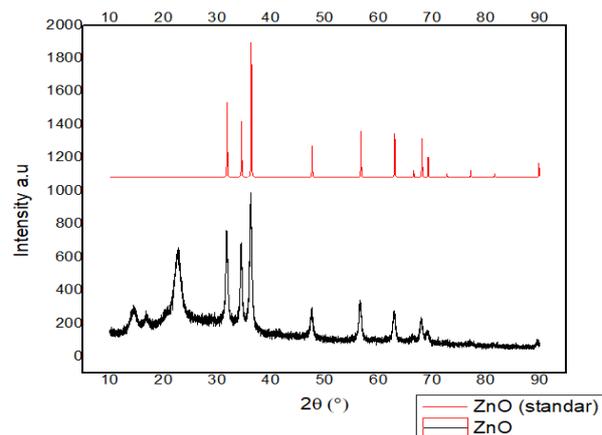


Gambar 2. Citra SEM dari membran nanokomposit *nata de coco*/ZnO.

Gambar di atas menunjukkan bahwa partikel-partikel ZnO berbentuk jarum (panah jingga) dan berwarna putih yang terdapat pada membran *nata de coco* yang terimpregnasi dengan logam ZnO. Pada bagian gambar yang ditunjukkan oleh panah biru, dapat dilihat pula morfologi dari serat selulosa yang dihasilkan.

Karakterisasi dengan metode XRD

Untuk mengetahui telah terbentuknya partikel-partikel ZnO dan Ag dari sumber prekursoranya di dalam membran *nata de coco*, maka dianalisis dengan XRD. Pada difraktogramnya akan muncul pola difraksi dengan adanya puncak-puncak pada daerah 2θ yang karakteristik dengan partikel tersebut, seperti yang tersaji pada Gambar 3 berikut.

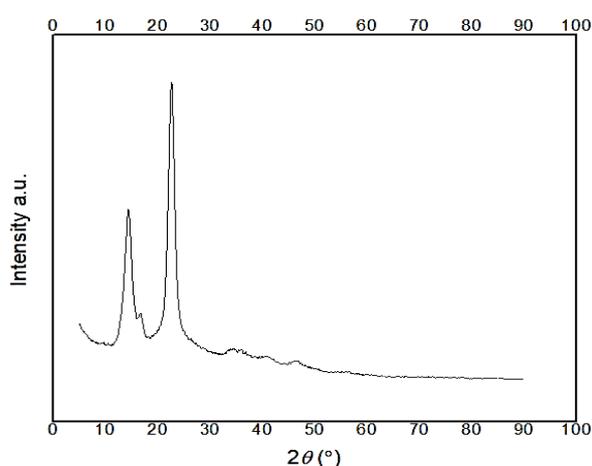


Gambar 3. Difraktogram dari a) nanopartikel ZnO yang terimpregnasi di dalam *nata de coco*; b) nanopartikel ZnO (standar)

Pola difraksi sampel membran nanokomposit telah dibandingkan dengan pola difraksi standar untuk partikel-partikel ZnO. Dalam penelitian ini, sebagai pembanding

menggunakan standar dari Inorganic Crystal Structure Database (ICSD). Berdasarkan data dari ICSD tersebut, puncak-puncak karakteristik dari ZnO berada pada daerah 2θ sebesar $31,75^\circ$; $34,73^\circ$; $36,33^\circ$; $47,68^\circ$; $56,63^\circ$; $63,00^\circ$; $68,00^\circ$; $69,39^\circ$. Dan dari data XRD dapat dianalisa ukuran partikel dari nanopartikel yang terbentuk. Yaitu dengan menggunakan persamaan Scherrer (Pers 1) dan menghasilkan ukuran partikel sebesar 8,33 nm.

Selain puncak-puncak nanopartikel ZnO, pada difraktogram nanokomposit juga muncul puncak *nata de coco*. Menurut Aritonang dkk (2017), puncak *nata de coco* berada pada daerah $2\theta = 14^\circ$, 17° , dan 22° , seperti yang tampak pada Gambar 4.



Namun demikian, puncak-puncak *nata de coco* pada membran tidak jelas terlihat. Hanya puncak pada daerah $2\theta = 22^\circ$ yang dominan muncul untuk semua membran sampel. Ini disebabkan karena permukaan *nata de coco* telah ditutupi oleh nanopartikel ZnO, seperti yang tampak pada Gambar 1.

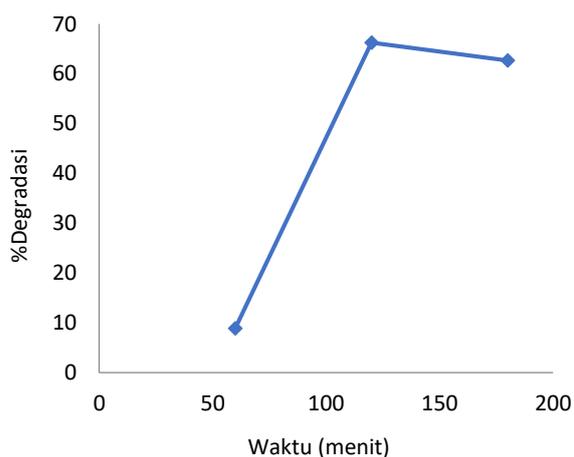
Uji aktivitas fotodegradasi *methylene blue* oleh nanopartikel ZnO yang terimpregnasi dalam *nata de coco* dengan variasi waktu penyinaran

Aktivitas fotodegradasi dilakukan dalam suatu reaktor yang disinari oleh lampu UV, dengan variasi waktu penyinaran 60 menit, 120 menit, dan 180 menit. Ini dilakukan untuk menggambarkan lamanya interaksi (kontak) antara fotokatalis dengan sinar ($h\nu$) dalam menghasilkan radikal OH dan kontak radikal OH dengan zat warna *methylene blue* dalam proses degradasi.

Dalam penelitian ini, konsentrasi zat warna *methylene blue* yang digunakan adalah sebesar 5 ppm. Sebelum diuji aktivitas fotodegradasinya,

membran nanokomposit terlebih dahulu disonikasi yang bertujuan agar nanopartikel yang terdposisi dalam *nata* dapat keluar dari serat selulosa, sehingga dapat berfungsi sebagai fotokatalis untuk mendegradasi zat warna *methylene blue*. Ini dilakukan karena pada awalnya kami telah mencoba membran nanokomposit tanpa disonikasi. Hasil yang didapat adalah tidak terjadi perubahan warna *methylene blue*, selama waktu kontak bahkan hingga 3 jam. Ini diduga nanopartikel ZnO lebih banyak terperangkap dalam membran *nata de coco*. Informasi ini mirip dengan yang telah dilaporkan oleh (Maneering dkk., 2007).

Perubahan warna *methylene blue* tersebut, selanjutnya dianalisis dengan Spektrofotometri UV-Vis untuk memperoleh data absorbansinya. Kemudian, data tersebut digunakan untuk menghitung persen degradasi. Adapun profil waktu kontak antara nanokomposit dengan *methylene blue* terhadap persen degradasi dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Waktu kontak antara nanopartikel ZnO dengan *methylene blue* terhadap persen degradasinya.

Dari gambar di atas tampak bahwa zat warna *methylene blue* terdegradasi dengan cepat. Pada saat waktu kontak dari 60 menit ke 120 menit. Ini dapat dilihat naiknya grafik dengan tajam. Ketika waktu kontak naik hingga 180 menit terjadi perbedaan pola grafik. Yaitu terjadi penurunan persen degradasi namun tidak terlalu besar nilainya jadi bisa dianggap sama. Jadi semakin lama waktu kontak membuat persen degradasi meningkat pula. Karena makin lama waktu kontak membuat interaksi antara sampel dengan *methylene blue* membentuk radikal OH dan nantinya akan bereaksi dan menghasilkan senyawa yang tidak berbahaya.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses sintesis nanopartikel ZnO yang terimpregnasi dalam *nata de coco* dilakukan dengan cara in situ melalui proses sonikasi. Berdasarkan karakterisasi dengan metode SEM diperoleh bahwa morfologi ZnO pada permukaan membrane adalah berupa jarum yang terjepit dalam serat selulosa. Kemudian dari hasil analisa XRD diperoleh pola difraksi ZnO yang sama dan sesuai dengan standar serta diperoleh ukuran partikel dari nanopartikel yang terbentuk adalah sebesar 8,33 nm. Hal ini menunjukkan bahwa *nata de coco* berperan sangat baik dalam menstabilkan ukuran partikel. Dan untuk pengujian aktivitas fotokatalisnya didapati bahwa waktu kontak terbaik adalah 120 menit, namun tidak terlalu jauh perbedaannya dengan hasil persen degradasi dengan waktu kontak 180 menit

DAFTAR PUSTAKA

- Alla, F., Adham, Z., Ahmed, M.S., Ahmed, Z., Sayed, M. & Hassan, A. 2016. One-step synthesis of silver nanoparticles embedded with polyethylene glycol as thin films. *Journal of Adhesion Sciences and Thecnology*. 31(13), 1422-1440.
- Onggo, D., Ciptati, C., and Radiman, C. L. 2015. Insertion of platinum particles in bacterial cellulose membranes from K_2PtCl_4 dan H_2PtCl_6 precursors. *Macromolecular Symposia*. 53(5), 1-6.
- Choi, J.S., Jun, Y.W., Yeon, S.I., Kim, H.C., Shin, J.S. & Cheon, J. 2006. Optoelectronic properties of self-assembled nanostructures of polymer functionalized polythiophene and graphene. *Journal of Americal Chemistry*. 12(7), 15-22.
- Dilla, S., & Sutanto, H. 2013. Sifat optis lapisan ZnO:Ag yang dideposisi di atas substrat kaca menggunakan metode chemical solution deposition (Csd) dan aplikasinya pada degradasi zat warna *methylene blue*. *Youngster Physics Journal*. 1(1), 71-80.
- Jinhui, L., Koji, I., Yosuke, T. & Woosuck, S. 2016. Synthesis and size control of monodispersed BaTiO₃-PVP nanoparticles. *Journal of Asian Ceramic Societies*. 4(3), 394-402.
- Labhane, P.K., Huse, V.R., Patle, L.B., Cahudary, A.L. & Sonawane, G.H. 2015. Synthesis of Cu dopped ZnO nanoparticles: crystallographic, optical, FTIR, morphological and photocatalytic study. *Journal of Material Science and Engineering*. 3(8), 39-51.
- Maneerung, T., Tokura, S. & Rujiravanit, R. 2007. Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate Polymers*. 72(15), 43-51.
- Mohammad, A., Behnajady., N.M., Mohammad, S. & Arezoo, Z. 2012. Part a: toxic/hazardous substances and environmental engineering. *Journal of Environmental Science and Health*. 44(10), 666-672.
- Radiman, C. & Yuliani, G. 2008. Coconut water as a potential resource for cellulose acetate mebrane preparation. *Polymer International*. 5(7), 502-508.
- Rustan, M., Subaer. & Irhamsyah. 2015. Studi tentang pengaruh nanopartikel ZnO (Seng oksida) terhadap kuat tekan geopolimer berbahan dasar metakaolin. *Jurnal Sains dan Penelitian Fisika*. 11(1), 286-291.
- Sharmila, C., Vinuppriya, R., Selvi, C., Jincy, C. & Bellan, C. 2016. Biosynthesis of PVA encapsulated silver nanoparticles. 19(4), 319-324.
- Taleb, M., Sztrum, C.G., Salant, A., Rabani, E. & Banin, U. 2005. Formation of asymmetric one-sided metal-tipped semiconductor nanocrystal dots and rods. *Journal of Nature Materials*. 4(1), 855-863.
- Tarwal, N.L. & Patil, P.S. 2011. Enhanced photoelectrochemical performance of Ag-ZnO thin films synthesized by spray pyrolysis technique. *Journal of Nanoparticles*. 56(8), 6510-6516.
- Willner, I., Baron, R. & Willner, B. 2006. Growing metal nanoparticles by enzymes. *Journal of Advanced Material*. 18(6), 1109-1120.
- Weiwei, L., Liu, G., Gao, S., Xing, S. & Wang, J. 2008. Tyrosine-assisted preparation of Ag/ZnO nanocomposites with enhanced photocatalytic performance and synergistic antibacterial activities. *Journal of Nanotechnology*. 19(10), 1-10.