

**AKTIVITAS FOTOKATALITIK NANO TiO<sub>2</sub> TERDUKUNG PADA MEMBRAN SELULOSA ASETAT/NATA DE COCO (CA/NDC) DALAM REAKSI FOTODEGRADASI METILEN BIRU**

*(PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF TiO<sub>2</sub> NANO SUPPORTED ON MEMBRANE CELLULOSE ACETATE/NATA DE COCO (CA/NDC) IN PHOTODEGRADATION OF METHYLENE BLUE)*

**Roro Ernia Prawithasari<sup>a</sup>, Ilma Fadilah<sup>a</sup>, Mudjijono<sup>a</sup>, Teguh Endah Saraswati<sup>a\*</sup>, Dwidjono Hadi Darwanto<sup>b</sup>**

<sup>a</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universtas SebelasMaret,

Jl. Ir. Sutami 36 A, Ketingan Surakarta 57126, telp. (0271) 663375

<sup>b</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada,  
Jl. Flora, Bulaksumur Yogyakarta, 5528, telp. 0274 902682

\*email: teguh@mipa.uns.ac.id

*Received 10 June 2014, Accepted 26 February 2015, Published 01 March 2015*

**ABSTRAK**

Penelitian tentang pembuatan dan uji efektifitas katalis membran selulosa asetat/nata de coco-TiO<sub>2</sub> nano (CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano) pada fotodegradasi zat warna metilen biru dengan sistem *batch* telah dilakukan. TiO<sub>2</sub> nano disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan kalsinasi pada suhu 450 °C. Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub> nano telah berhasil disintesis dengan rata-rata ukuran diameter partikelnya adalah 88,63 ± 4,37 nm. Selain itu, pola difraksi sinar-X (XRD) dari TiO<sub>2</sub> nano masih menunjukkan adanya puncak-puncak TiO<sub>2</sub> dengan fase anatase. Fotokatalis membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano dipreparasi melalui metode inversi fasa dengan mencampurkan TiO<sub>2</sub> nano dalam larutan *casting* CA. Analisis termogravimetri menunjukkan tiga fenomena dekomposisi dari membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano selaras dengan fenomena dekomposisi membran CA/NDC. Fotodegradasi metilen biru dilakukan dengan menggunakan fotokatalisator TiO<sub>2</sub> nano dan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano selama 50 menit dengan sistem *batch*. Perubahan absorbansi larutan metilen biru diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum 664,6 nm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa reaksi fotodegradasi metilen biru cenderung mengikuti reaksi orde 2. Berdasarkan nilai konstanta kecepatan reaksi, *k*, efektivitas fotokatalis membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano dengan TiO<sub>2</sub> nano pada proses fotodegradasi metilen biru secara statistik terhitung tidak berbeda signifikan.

**Kata kunci:** Fotodegradasi, Membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano, Metilen biru, Semikonduktor

## ABSTRACT

Study of synthesis and effectiveness of membrane catalyst of cellulose acetate/nata de coco-TiO<sub>2</sub> nano (CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano) in photodegradation of methylene blue in batch system has been investigated. TiO<sub>2</sub> nanoparticles were synthesized by hydrothermal method followed by calcination at 450 °C. Scanning Electron Microscopy (SEM) images indicate nano TiO<sub>2</sub> has been successfully synthesized with average particle diameter as 88.63 ± 4.37 nm. X-ray diffraction pattern (XRD) of nano TiO<sub>2</sub> shows some characteristic peaks of anatase TiO<sub>2</sub> were still existed. Membrane photocatalyst of CA/NDC- nano TiO<sub>2</sub> was prepared via phase inversion method by mixing TiO<sub>2</sub> nanoparticles with CA casting solution. Thermogravimetric analysis shows three decomposition steps of CA/NDC-nano membrane as well as CA/NDC membrane. Photodegradation of methylene blue was conducted with nano-TiO<sub>2</sub> particles and CA/NDC-TiO<sub>2</sub> membrane for 50 minutes in batch system. The absorbance changes were measured by spectrophotometer at wavelength of 664.6 nm. The result shows the photodegradation reactions tended to follow second order reaction. According to the rate constant value, *k*, the photocatalytic effectivity using CA-NDC/nano TiO<sub>2</sub> membrane and nano TiO<sub>2</sub> photocatalysts in metilen blue photodegradation, statistically were not significantly different.

**Keywords:** Membrane CA/NDC-nano TiO<sub>2</sub>, Methylene Blue, Photodegradation, Semiconductor.

## PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia semakin pesat, sebagai contoh industri tekstil. Namun di sisi lain dapat menimbulkan pencemaran lingkungan terutama masalah yang diakibatkan oleh zat warna dari hasil limbah industri. Semakin pesatnya industri tersebut diperlukan suatu bahan kimia yang mampu mempercepat proses reaksi dalam pengolahan limbah sehingga menghasilkan produk secara cepat dan ramah lingkungan. Salah satu proses reaksi tersebut adalah reaksi fotokatalisis yang merupakan suatu cara alternatif untuk menangani masalah pencemaran zat warna. Pada dekade terakhir ini senyawa titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) telah menjadi pusat perhatian dari beberapa peneliti dan secara intensif telah diaplikasikan sebagai senyawa katalis alternatif untuk mendegradasi polutan organik pada air yang terkontaminasi oleh bahan pencemar berupa zat warna, hidrokarbon, pestisida dan sel mikroba patogen (Znaidi *et al.*, 2001).

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) merupakan semikonduktor yang dapat berfungsi sebagai fotokatalis yang memiliki fotoaktivitas tinggi dan stabilitas kimia meski dalam kondisi keras sekalipun (Sopyan *et al.*, 1996; Xu *et al.*, 1999). Selain itu, TiO<sub>2</sub> bersifat non toksik, murah dan memiliki sifat redoks yakni mampu mengoksidasi polutan organik dan mereduksi sejumlah ion logam dalam larutan (Rajh *et al.*, 1996) serta tersedia secara komersial dan preparasinya yang mudah dilakukan di laboratorium. Upaya merekayasa

katalis TiO<sub>2</sub> untuk meningkatkan kinerjanya sebagai katalisator telah banyak dilakukan, seperti halnya dengan merubah ukuran katalis menjadi berukuran nano (Chen *et al.*, 2007). Penurunan ukuran partikel dapat meningkatkan kinerja katalis karena memiliki luas permukaan interaksi yang tinggi.

Namun demikian, TiO<sub>2</sub> memiliki kelemahan yaitu setelah dipakai dalam pengolahan limbah, untuk mengambil kembali TiO<sub>2</sub>, harus menggunakan penyaring ultra atau dengan sentrifuse karena TiO<sub>2</sub> bersifat koloid di dalam pelarut air (Lee *et al.*, 2001). Oleh karena itu diperlukan media membran yang baik agar TiO<sub>2</sub> berstruktur nano dapat dipisahkan dari hasil reaksinya. Sifat membran sebaiknya mempunyai fleksibilitas tinggi agar mudah diaplikasikan pada segala keadaan sistem. Selulosa asetat (CA) memiliki potensi untuk dijadikan membran karena karakteristiknya seperti ketangguhan yang baik, bio-kompatibilitas tinggi, potensi fluks yang tinggi, dan relatif murah. Selain itu, membran CA memiliki hidrofilitas baik yang sangat penting dalam meminimalkan *fouling* (Zularisam *et al.*, 2007). Menurut Aminzadeh *et al.*, (2012), analisis TGA baik pada CA dan membran CA-TiO<sub>2</sub> memiliki fenomena degradasi yang hampir sama, yaitu memiliki 3 tahap penurunan massa pada rentang suhu yang sama. Berdasarkan hal ini, pendukung TiO<sub>2</sub> pada CA tidak akan mempengaruhi karakter dari TiO<sub>2</sub> nanopartikel. Penyiapan CA itu sendiri, bisa dilakukan melalui metode asetilasi polimer selulosa. *Nata de coco* (NDC) merupakan salah satu polimer selulosa yang dapat dimodifikasi melalui asetilasi untuk menghasilkan CA. Serat CA dari NDC bersifat netral, kuat dan fleksibel. Hal ini memungkinkan NDC digunakan sebagai membran CA.

Dalam artikel ini, kami memaparkan pembuatan membran TiO<sub>2</sub> nano yang terdukung pada CA yang disintesis dari nata de coco diikuti dengan uji aktifitas fotokatalitiknya. Uji kinerja fotokatalitik dari membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano dilakukan melalui degradasi larutan metilen biru dengan sistem *batch* dalam suatu reaktor tertutup yang dilengkapi dengan lampu UV.

## **METODE PENELITIAN**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi titanium dioksida A-100 anatase (98% japan), Gel nata de coco, Ammonium Sulfat (Merck), Natrium Hidroksida (Merck), Asam asetat glasial (Merck), Anhidrida asetat 98% (Merck), Asam sulfat (Merck), PEG 1000 (Merck), Zat warna metilen biru (Merck), Aseton (Merck), Akuades (Sublab kimia UNS), pH stick (Merck). Alat-alat yang digunakan adalah ultrasonikasi (Branson 1510), *hot plate*, penangas, tabung Teflon, oven, kaca datar, kaca pengaduk, X-

*Ray Diffraction* (Shimadzu 6000 Japan), *Scanning Electron Microscopy* (FEI tipe Inspect S50), *Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis* (TG-DTA) Shimadzu tipe DTG 60H Linesis Pt1600, Lampu UV (Galaxy T5 8W), HR Spektrometer HR 4000 CG-UV-NIR Ocean Optics.

### **Sintesis TiO<sub>2</sub> nano**

Sintesis TiO<sub>2</sub> nano dilakukan dengan metode hidrotermal menggunakan pemanasan konvensional yaitu menggunakan tungku (*furnace*) terbuka (Sikhwivhilu *et al.*, 2010). Sebanyak 2 g TiO<sub>2</sub> anatase dicampur ke dalam 17,5 mL NaOH 10 M. Campuran disonikasi selama 5 menit kemudian dibungkus dalam tabung Teflon dan dipanaskan dengan menggunakan *hot plate* dan penangas pada suhu  $\pm 150$  °C selama 24 jam. Hasil yang didapatkan dicuci dengan akuabides, dengan HCl 0,1 M dan dilanjutkan pencucian kembali dengan akuabides hingga didapatkan pH netral, kemudian dikalsinasi pada 450 °C selama 2 jam.

### **Sintesis Selulosa Asetat (CA) dari NDC**

Proses *swelling* dilakukan menggunakan selulosa NDC halus sebanyak 8 g dimasukkan ke dalam labu leher 2 dan ditambahkan 24 mL asam asetat glasial dan dipanaskan pada suhu 40 °C selama 1 jam sambil distirer. Selanjutnya ditambahkan 40 mL asam asetat glasial dan 0,09 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama 45 menit pada suhu 40 °C. Setelah itu campuran didinginkan pada suhu 18 °C. Proses asetilasi dilakukan dengan menggunakan asam asetat anhidrid sebanyak 27 mL dan campuran 40 mL asam asetat glasial dengan 0,6 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ditambahkan pada hasil tahap *swelling* yang telah dingin kemudian distirer pada suhu 40 °C selama 20 jam.

Larutan hasil asetilasi dihidrolisis dengan menambahkan tetes demi tetes 30 mL CH<sub>3</sub>COOH glasial 67% selama 2 jam dan distirer pada suhu 38 °C selama 20 jam. Hasilnya dipisahkan dengan setrifuse dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Hasil hidrolisis berupa larutan coklat kental dan dituangkan ke dalam akuades dengan pengadukan yang kuat sampai terbentuk endapan putih kemudian dipisahkan dengan menggunakan sentrifuse kembali dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Endapan putih tersebut adalah endapan CA yang kemudian dicuci dengan akuades dan HCl 0,1 M hingga pH netral dan dikeringkan pada suhu 50 °C.

### **Sintesis membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano**

Metode pembuatan membran dilakukan dengan metode inversi fasa yang melibatkan sistem tiga komponen yaitu polimer, pelarut dan non-pelarut (Strathman *et al.*, 1985 dan Abedini *et al.*, 2011). Membran dibuat dengan komposisi polimer:aseton

(pelarut) = 17,5:82,5% berat. Komposisi polimer adalah CA-NDC:TiO<sub>2</sub> nano= 80:20% berat. Proses pencetakan di atas kaca datar dan larutan *dope* diratakan dengan kaca pengaduk. Cetakan dimasukkan segera ke dalam bak koagulan yang berisi non pelarut (akuades) pada suhu 9 °C. Membran yang terbentuk kemudian dicuci dengan akuades hingga bebas asam dan dikeringkan.

Material hasil preparasi dianalisis menggunakan XRD (Shimadzu 6000 pada  $2\theta$  10°-80°, pada 40 mA dan 40 kV). Analisis morfologi permukaan TiO<sub>2</sub> nano dan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) FEI tipe INSPECT-s50. Sampel dilapisi dengan campuran emas dan palladium dalam kondisi vakum. Kemudian dimasukkan dalam *sample holder* dan ditembak dengan elektron berkekuatan 10,00 kV. Analisis termal sampel ditentukan dengan TG-DTA. Termogram diukur dengan Linesis PT1600 yang dikalibrasi dengan indium pada kecepatan pemanasan 10 °C/menit dan suhu pemanasan 25-700 °C.

#### **Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru**

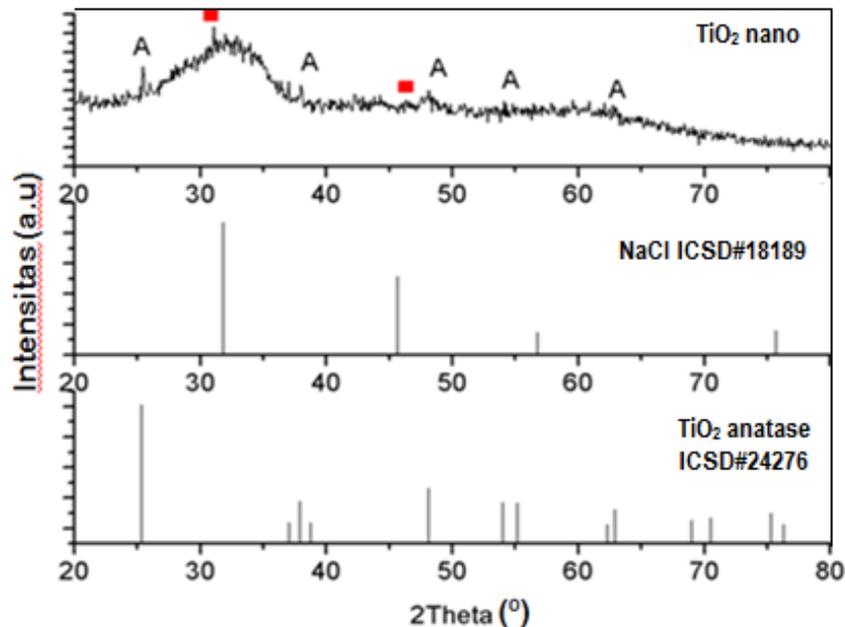
Proses fotodegradasi metilen biru dilakukan dengan metode *batch*. Uji ini dilakukan terhadap larutan metilen biru dengan membran CA-NDC/TiO<sub>2</sub> nano dan larutan metilen biru dengan TiO<sub>2</sub> nano. Pada fotodegradasi dengan TiO<sub>2</sub> nano, 5 mL metilen biru ditambahkan dengan TiO<sub>2</sub> nano diultrasonikasi hingga homogen. Proses fotodegradasi menggunakan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano, 5 mL metilen biru ditempatkan pada cawan porselen kemudian ditambahkan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano. Penyinaran dengan sinar UV (Galaxy T5 8W) dilakukan pada waktu yang sama antara kedua fotokatalisator. Pengukuran penurunan absorbansi dilakukan pada menit ke-0, 10, 20, 30, 40, dan 50 menit.

#### **PEMBAHASAN**

Partikel TiO<sub>2</sub> nano hasil sintesis dengan metode hidrotermal dianalisis menggunakan XRD untuk mengetahui karakter kristalinitas yang dimiliki. Pola difraksi tersebut kemudian dibandingkan dengan pola difraksi standar ICSD (*Inorganics Crystal Structure Database*) dengan puncak-puncak standar dari TiO<sub>2</sub> anatase berdasarkan ICSD #24276 yang tercantum dalam Gambar 1.

Berdasarkan spektra XRD yang diperoleh (Gambar 1), TiO<sub>2</sub> nano berfasa amorf atau memiliki kristalinitas rendah, hal tersebut ditunjukkan dengan adanya puncak-puncak yang melebar. Pola difraksi TiO<sub>2</sub> nano menunjukkan bahwa tersusun dari TiO<sub>2</sub> anatase dengan puncak utama pada  $2\theta$  sebesar 25,37°. Rentang sudut ini berdasarkan ICSD #24276

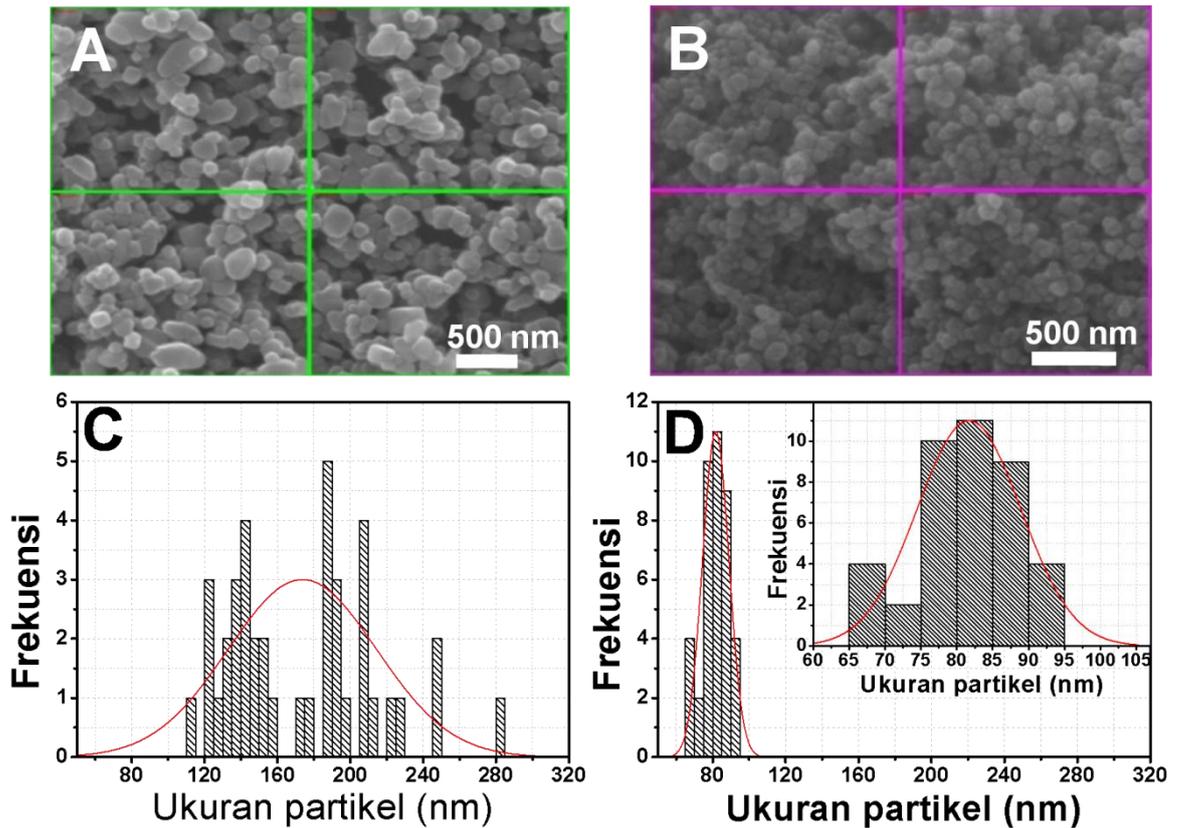
merupakan fase anatase dengan puncak utama pada  $2\theta$  sebesar  $25,34^\circ$ . Selain itu terdapat puncak difraksi dari NaCl pada  $2\theta$   $31,825^\circ$  dan  $45,63^\circ$  yang sesuai puncak NaCl dalam ICSD #18189. Hal ini menunjukkan bahwa endapan-endapan NaCl hasil reaksi dari NaOH dan HCl masih ada yang tertinggal dalam TiO<sub>2</sub> nano meskipun telah dicuci dengan aquabides dan dilakukan kalsinasi hingga suhu  $450^\circ\text{C}$ .



**Gambar 1.** Perbandingan pola difraksi sinar X dari TiO<sub>2</sub> nano dengan pola difraksi standar TiO<sub>2</sub> anatase dan NaCl. Tanda ( ■ ) merupakan puncak dari NaCl.

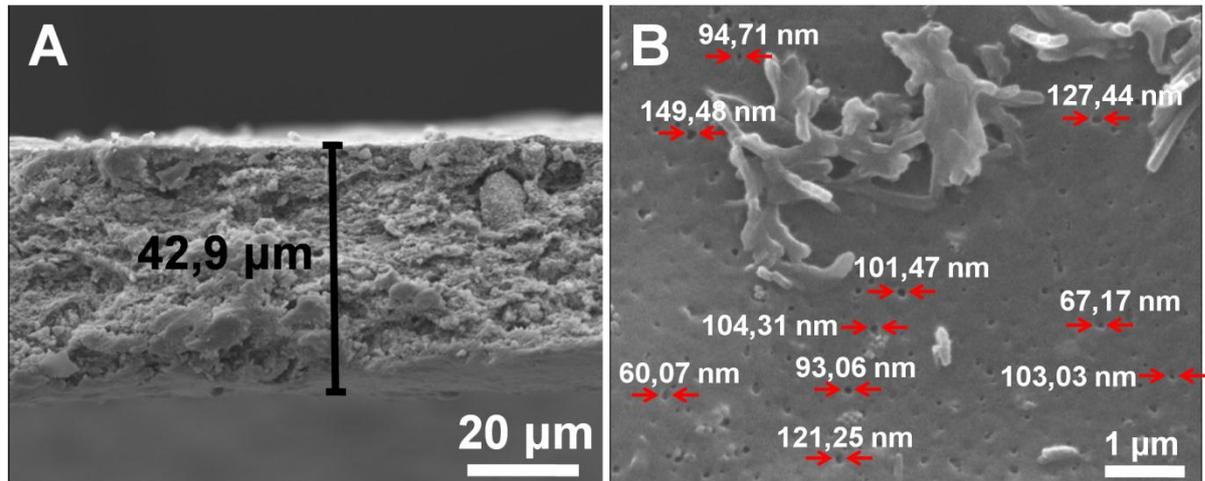
TiO<sub>2</sub> nano hasil sintesis dapat ditunjukkan melalui analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) sehingga dapat diketahui morfologinya. Dari hasil pengukuran, didapatkan rata-rata diameter partikel TiO<sub>2</sub> awal dan TiO<sub>2</sub> nano berturut-turut adalah  $207,39 \pm 19,73$  nm dan  $88,63 \pm 4,37$  nm. Hasil analisis SEM TiO<sub>2</sub> A-100 anatase 98% dan TiO<sub>2</sub> nano terlihat pada Gambar 2. Analisis ukuran partikel dilakukan melalui pemilihan partikel secara random pada masing-masing kotak pada Gambar 2 (A dan B), sehingga dapat diketahui distribusi ukuran partikel melalui histogram. Histogram dari distribusi ukuran partikel dapat dilihat pada Gambar 2 (C dan D).

Pada Gambar 2C terlihat distribusi ukuran partikel TiO<sub>2</sub> anatase masih sangat besar, yaitu sekitar 140-220 nm. Sedangkan pada Gambar 2D terlihat bahwa distribusi ukuran partikel TiO<sub>2</sub> nano kurang dari 100 nm. Hasil ini telah membuktikan bahwa sintesis TiO<sub>2</sub> nanopartikel telah berhasil dilakukan dan melalui analisis SEM diketahui terjadi perubahan sifat fisik dari TiO<sub>2</sub> menjadi bentuk bulat-bulat berukuran nano sehingga luas permukaan tiap massa partikel diperkirakan menjadi lebih besar.



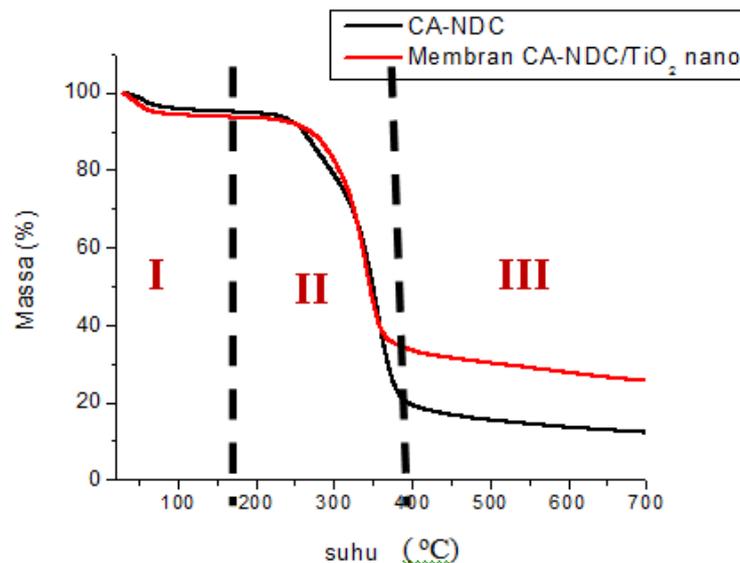
**Gambar 2.** Analisis morfologi partikel dengan SEM: (A) TiO<sub>2</sub> A-100 anatase 98% dan (B) TiO<sub>2</sub> nano; disertai dengan histogram distribusi ukuran partikel dari (C) TiO<sub>2</sub> A-100 anatase 98% dan (D) TiO<sub>2</sub> nano.

TiO<sub>2</sub> nano yang berhasil disintesis ini kemudian didukung dalam membran CA yang dipreparasi dari nata de coco yang selanjutnya kami sebut sebagai membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano. Morfologi dari membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano juga dapat dilihat dari hasil SEM pada Gambar 3. Hasil SEM menunjukkan bahwa membran selulosa asetat yang terbentuk merupakan membran berpori. Hal ini dibuktikan dengan adanya pori-pori kecil berkisar ~100 nm yang terbentuk seperti yang terlihat dalam Gambar 3B. Gambar 3A menunjukkan ketebalan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano hasil sintesis dengan metode inverse fasa yang diperoleh adalah sebesar 42,9 μm.



**Gambar 3.** Gambar SEM (A) penampang melintang dan (B) permukaan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano.

Analisis sifat termal dilakukan secara *Termogravimetric Analysis* (TGA). Data TGA bertujuan untuk dapat mengetahui kestabilan termal dari suatu material. Analisis termal dilakukan pada selulosa asetat dan pada membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano.



**Gambar 4.** Termogram TGA CA/NDC dan Membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano.

Berdasarkan termogram TGA (Gambar 4), terdapat 3 fenomena penurunan massa. Pada dekomposisi tahap pertama baik pada CA maupun membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano terjadi perubahan massa pada rentang suhu 40-140 °C yang menunjukkan hilangnya air. Pada dekomposisi tahap kedua, CA mulai mengalami degradasi pada rentang suhu 180-380 °C yang memperlihatkan bahwa CA kehilangan massa yang diindikasikan dengan terjadinya pemutusan ikatan glikosida menjadi monomer-monomernya. Dekomposisi tahap ketiga terjadi pada rentang suhu 380-700 °C, di mana pada CA/NDC terjadi degradasi total

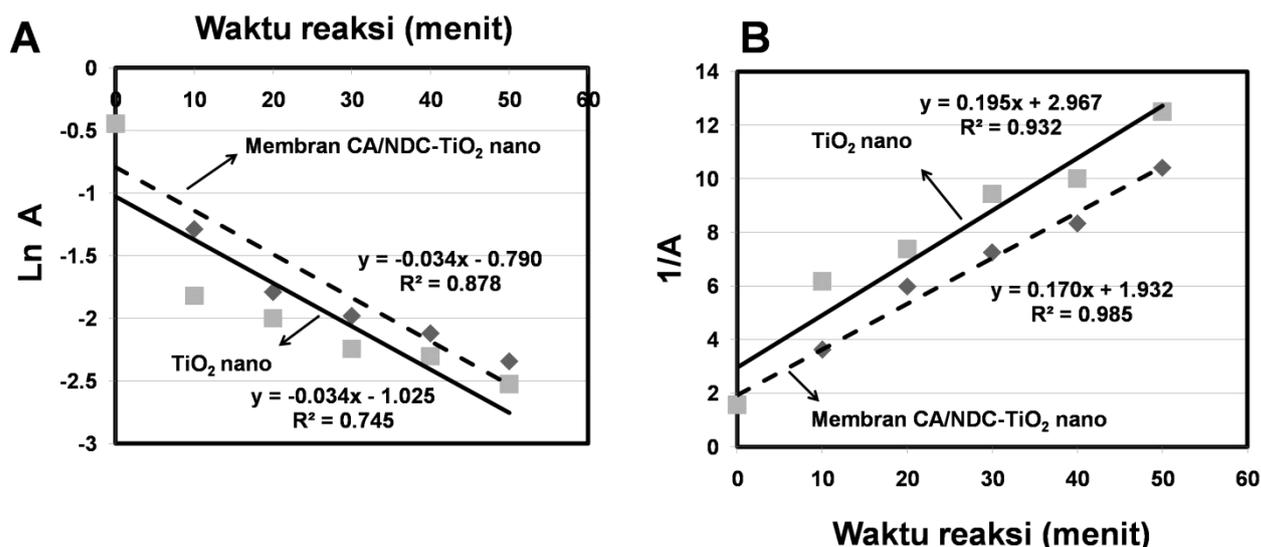
CA/NDC dan yang tersisa adalah karbon hasil degradasi CA/NDC. Pada rentang suhu ini, membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano mengalami tahapan dekomposisi yang hampir sama dengan CA yakni dekomposisi lanjut CA dengan masih menyisakan TiO<sub>2</sub> nano dan karbon. Menurut Abedini *et al.*, (2011) terdapat interaksi yang terjadi antara TiO<sub>2</sub> nano dan CA yang disebabkan oleh ikatan kovalen antara TiO<sub>2</sub> nano dan rantai CA sehingga meningkatkan kekakuan rantai polimer.

Uji kinerja material sebagai fotokatalisis dilakukan melalui uji degradasi metilen biru. Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi, kinetika dari fotodegradasi metilen biru dapat diketahui dengan menghitung harga  $k$  dari orde 1 dibandingkan dengan orde 2 untuk menyimpulkan kecenderungan kinetika fotodegradasi metilen biru yang terjadi. Persamaan untuk kinetika reaksi orde 1 dan orde 2 dinyatakan dalam persamaan (1) dan (2).

$$\text{Orde 1} \quad : \quad \ln A = \ln A_0 - k.t \quad (1)$$

$$\text{Orde 2} \quad : \quad \frac{1}{A} = \frac{1}{A_0} + k.t \quad (2)$$

Plot linear dari persamaan (1) dan (2) mendapatkan nilai *slope* dan intersept atau perpotongan dengan sumbu Y. Nilai intersep merupakan nilai konstanta kecepatan reaksi,  $k$ . Plot linear dari data kinetika fotodegradasi metilen biru dapat dilihat pada Gambar 5. Hasilnya menunjukkan fotodegradasi metilen biru baik dengan menggunakan membran CA-NDC/TiO<sub>2</sub> nano maupun dengan TiO<sub>2</sub> nano memiliki kecenderungan terhadap orde 2 karena nilai konstanta regresi,  $R^2$ , lebih besar dibandingkan pada orde 1. Hasil ini menyatakan bahwa kinetika fotodegradasi metilen biru dengan partikel TiO<sub>2</sub> nano memiliki kecenderungan mengikuti orde 2. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Jin (2014), fotokatalitik degradasi zat warna metilen biru menggunakan *TiO<sub>2</sub> microsphere/cellulose acetat* (TCA) mengikuti orde 1 dengan harga konstanta kecepatan reaksi sebesar  $k = 1,1548 \text{ menit}^{-1}$  total waktu 180 menit, di mana pada penelitian tersebut *TiO<sub>2</sub> microsphere* memiliki rata-rata diameter sebesar 3  $\mu\text{m}$ . Hasil tersebut menunjukkan bahwa fotodegradasi menggunakan TiO<sub>2</sub> yang tidak berukuran nano memiliki kecenderungan orde yang berbeda dibandingkan dengan fotodegradasi menggunakan TiO<sub>2</sub> berukuran nano dilihat dari harga  $k$  dari masing-masing orde.



**Gambar 5.** Grafik pengukuran kinetika fotodegradasi metilen biru. (A) Plot  $\ln A$  vs waktu (B) Plot  $1/A$  vs waktu pada proses fotodegradasi metilen biru.

Berdasarkan Gambar 5, orde kedua proses fotodegradasi menggunakan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano memiliki laju reaksi dengan harga konstanta kecepatan ( $k$ ) sebesar  $0,170 \pm 0,0105$  (ppm.menit)<sup>-1</sup>, sedangkan fotodegradasi metilen biru menggunakan TiO<sub>2</sub> nano memiliki laju reaksi dengan harga konstanta ( $k$ ) yang lebih besar sebesar  $0,195 \pm 0,026$  (ppm.menit)<sup>-1</sup>. Untuk mengetahui signifikansi perbedaan dari data  $k$  proses fotodegradasi tersebut, dilakukan pendekatan metode statistik menggunakan analisis uji T dengan membandingkan rata-ran dua kelompok data. Rataan tersebut berupa nilai absorbansi yang berhubungan dengan nilai laju kinetik fotodegradasi. Melalui perhitungan uji T diperoleh hasil bahwa keefektifan penurunan absorbansi dalam reaksi fotodegradasi metilen biru menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> nano dan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano tidak berbeda signifikan. Oleh karena itu nilai konstanta laju kinetika antara fotokatalis TiO<sub>2</sub> nano dan membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano juga tidak berbeda signifikan.

## KESIMPULAN

TiO<sub>2</sub> nano dengan rata-rata ukuran diameter partikelnya adalah  $88,63 \pm 4,37$  nm berhasil disintesis dengan metode hidrotermal diikuti dengan kalsinasi pada suhu 450 °C. Selanjutnya, pembuatan membran CA/NDC terdukung TiO<sub>2</sub> nano dengan metode inverse fasa dengan memberikan ketebalan sebesar 42,9 μm dan morfologi permukaannya yang berpori dengan ukuran berkisar ~100 nm. Kinerja fotokatalitik membran CA/NDC-TiO<sub>2</sub> nano pada reaksi fotodegradasi metilen biru selama 50 menit menunjukkan cenderung

mengikuti reaksi orde 2 dan aktifitas yang tidak berbeda signifikan dengan TiO<sub>2</sub> nano sebagai fotokatalisator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abedini, R., Mousavi, S.M., and Aminzadeh, R., 2011, A Novel Cellulose Acetat (CA) Membrane Using TiO<sub>2</sub> Nanoparticles: Preparation, Characterization and Permeation study, *Desalination*, vol. 277, no. 1, pp. 40-45.
- Aminzadeh, R., Mousavi, S.M., and Abedini, R., 2012, Effect of Sonochemical Synthesized TiO<sub>2</sub> Nanoparticle and Coagulation Bath Temperature on Morphology, Thermal Stability and Pure Water Flux of Asymmetric Cellulose Acetate Nanocomposit Membranes Prepared via Phase Inversion Method, *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, vol. 18, no. 3, pp. 385-398.
- Chen, X., and Mao, S., 2007, Titanium Dioxide Nanomaterials: Synthesis, Properties, Modifications, and Applications, *Chemical Review*, vol. 107, no. 7, pp. 2891-2959.
- Jin, X., Xu, J., Wang, X., Xie, Zhong., Liu, Z., Liang, B., Chen, D., and Shen, G., 2014, Flexible TiO<sub>2</sub>/Cellulose Acetate Hybrid Film As a Recyclable Photocatalyst, *The Royal Society of Chemistry Advances*, vol. 4, pp. 12640-12648, DOI: 10.1039/C3RA47710J,.
- Lee, S.H., Kang, M., Cho, S.M., Han, G.Y., Kim, B.Y., Yon, K.J., and Chung, C.H., 2001, Synthesis of TiO<sub>2</sub> Photocatalyst Thin Film by Solvothermal Method With a Small Amount of Water and its Photocatalytic Performance, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol. 146, pp. 121-128.
- Rajh, T., 1996, Surface Modification of Small Particle TiO<sub>2</sub> Colloids with Cysteine for Enhanced Photochemical Reduction: An EPR Study, *The Journal of Physical Chemistry*, vol. 100, no. 11, pp. 4538-4545.
- Sikhwivhilu, L.M., Mpelane, S., Moloto, N. and Ray, S.S., 2010, Hydrothermal Synthesis of TiO<sub>2</sub> Nanotube: Microwave Heating versus Conventional Heating, *Council for Scientific and Industrial Research*, vol. 3, pp. 1-5.
- Sopyan, I., Mitsuru W., and Sadao M., 1996, Efficient TiO<sub>2</sub> Powder and Film Photocatalysts With Rutile Crystal Structure, *Chemistry Letters*, vol. 25, no. 1, pp. 69-70.
- Strathman H., Smolders, C.A., Mulder, M.H.V., Meertens, R.M., and Beerlage, M.A.M., 1985, *Preparation of Polyimides Ultrafiltration Membranes Part. 1 Ternary System*, J Wiley-Uch., New York.
- Xu, N., Sui, Z., and Yigun, F., 1999, Effect Of Particle Size Of TiO<sub>2</sub> on Photocatalytic Degradation of Methylene Blue in Aqueous Suspensions, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, vol. 38, no. 2, pp. 375-379, DOI: 10.1021/ie980378u.
- Znaidi, L., Seraphimova, R., Bocquet, J.F., Colbeau-Justin, C., and Pommier, C., 2001, A Semi-Continuous Process for the Synthesis of Nanosize TiO<sub>2</sub> Powders and Their Use as Photocatalysts, *Materials Research Bulletin*, vol. 36, pp. 811-825.

Zularisam, A.W., Ismaila, A.F., Salimc, M.R., Sakinaha, M., and Ozakid, H., 2007, The Effect of Natural Organic Matter (NOM) Fractions on Fouling Characteristic and Flux Recovery of Ultrafiltration Membranes, *Desalination*, vol. 212, no. 1-3, pp. 191-208.