

## ANALISIS GUGUS FUNGSI PADA TiO<sub>2</sub>/BIOCHAR DENGAN SPEKTROSKOPI FTIR (*FOURIER TRANSFORM INFRARED*)

Frastica Deswardani<sup>1\*</sup>, Helga Dwi Fahyuan<sup>1</sup>, Nurhidayah<sup>1</sup>, M F Afrianto<sup>1</sup>, Mardian Peslinof<sup>4</sup>,  
Nazarudin<sup>2</sup>, Nelson<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jl. Jambi-Ma.Bulian KM 15 Mendalo Darat, Jambi, 36361, Indonesia

<sup>2</sup>Laboratorium Energi dan Nanomaterial, Universitas Jambi, Jl. Tri Brata, KM 11 Pondok Meja Mestong, Muaro Jambi, 36364, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jl. Jambi-Ma.Bulian KM 15 Mendalo Darat, Jambi, 36361, Indonesia

\*email: frastica.deswardani@unja.ac.id

### ABSTRAK

Pembuatan TiO<sub>2</sub> didoping dengan biochar telah dilakukan, variasi doping yang diberikan adalah sebesar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%. Sampel TiO<sub>2</sub>/biochar kemudian dikarakterisasi dengan FTIR untuk dapat dianalisis gugus fungsi seluruh sampel. Berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh bahwa pada seluruh sampel muncul gugus fungsi khas TiO<sub>2</sub> yaitu Ti-O pada puncak serapan sekitar 700 – 950 cm<sup>-1</sup>. Ikatan vibrasi O-H stretching dan O-H bending muncul pada seluruh sampel menunjukkan adanya molekul air. Selain itu ikatan vibrasi O-C-O dan C-H muncul menunjukkan adanya penggunaan bahan organik polimer PVA pada proses sintesis. Setelah proses doping dilakukan, muncul gugus fungsi C≡C pada sampel doping 1%, 2%, 3% dan 4% yang menunjukkan adanya ikatan karbon yang berasal dari biochar. Pada sampel 4% biochar muncul ikatan vibrasi Ti-O-C yang menunjukkan adanya interaksi antara TiO<sub>2</sub> dengan karbon dari biochar.

Kata Kunci: Gugus Fungsi; TiO; Biochar; FTIR

### ABSTRACT

*[Title: Analysis of Function Group in TiO<sub>2</sub>/Biochar with FTIR Spectroscopy (Fourier Transform Infrared)]* The fabrication of TiO<sub>2</sub> doped with biochar has been carried out, the doping variation was 0%, 1%, 2%, 3% and 4%. TiO<sub>2</sub>/biochar samples were then characterized by FTIR to analyze the functional groups of all samples. Based on the FTIR spectrum, it was found that in all samples appeared typical TiO<sub>2</sub> functional groups, that was Ti-O at the absorption peak around 700-950 cm<sup>-1</sup>. The O-H stretching and O-H bending vibrations bond appears in all samples indicating the presence of water molecules. Furthermore, O-C-O and C-H vibrational bonds appear indicating the use of organic PVA polymer in the synthesis process. After the doping carried out C≡C function group appears in the doping samples of 1%, 2%, 3% and 4% which shows the presence of carbon bonds originating from biochar. In the 4% biochar sample, Ti-O-C vibrational bonds appeared which showed an interaction between TiO<sub>2</sub> and carbon of biochar.

Keywords: Functional Group; TiO; Biochar; FTIR

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi terutama yang berhubungan dengan perangkat elektronik banyak memanfaatkan material semikonduktor. Material semikonduktor merupakan material dengan sifat listrik diantara konduktor dan isolator. Karakteristik material ini sangat bergantung dengan nilai energi gapnya. Sebagian besar pemanfaatan material semikonduktor sangat membutuhkan nilai energi gap yang kecil. Salah satu material semikonduktor yang banyak digunakan saat ini adalah TiO<sub>2</sub> (Titanium dioksida). Hal ini disebabkan TiO<sub>2</sub> bersifat inert, memiliki stabilitas termal yang baik,

non-toksik, tahan temperatur tinggi, aktifitas katalisnya cukup baik (Septiani, U., dkk, 2015).

TiO<sub>2</sub> memiliki kekurangan yaitu nilai energi gap yang relatif besar sekitar 3,2 eV – 3,8 eV. Untuk penerapan material TiO<sub>2</sub> khususnya dalam kemampuannya menyerap cahaya seperti sel surya dan fotokatalis, menjadi kurang efektif. Saat energi gap yang dimiliki material besar, maka spektrum absorpsi cahaya UV-Vis akan kecil. Untuk dapat memperlebar spektrum absorpsi, maka perlu dilakukan upaya memperkecil energi gap (Nurmawarti, I., dkk, 2009).

Berbagai cara dapat dilakukan untuk memperkecil energi gap, seperti perlakuan pemanasan dengan kalsinasi, modifikasi komposisi material dan pendopingan material dengan bahan lain. Salah satu cara memperkecil energi gap adalah dengan melakukan pendopingan bahan lain ke material  $\text{TiO}_2$ . Untuk mendoping dapat menggunakan bahan logam transisi seperti Fe, Au, Mo, dan lain-lain (Yang, dkk, 2015; Kumar, dkk, 2005; Cui, dkk, 2017). Selain itu dapat juga berupa bahan non-logam seperti C, N, dan S (Kalantari, dkk, 2016; Tian, dkk, 2009; Fahyuan, dkk, 2015; Fahyuan, dkk, 2018). Namun, bahan-bahan tersebut relatif mahal dan tidak ramah lingkungan.

Biochar merupakan salah satu bahan pendoping yang ramah lingkungan dan berasal dari bahan organik. Biochar memiliki sifat fotokimia yang unik, berbiaya rendah, stabil, ramah lingkungan, dan mudah didapat (Kong, dkk, 2014; Han, dkk, 2014). Sumber biochar dapat berasal dari berbagai jenis biomassa, salah satunya adalah tandan kosong kelapa sawit. Sawit menjadi hasil perkebunan yang sangat melimpah di Provinsi Jambi, dan tandan kosong kelapa sawit menjadi limbah yang sangat melimpah. Oleh sebab itu, untuk menjadikan tandan kosong kelapa sawit bermanfaat maka perlu dilakukan inovasi terhadap tandan kosong ini. Salah satunya dengan mengubah tandan kosong kelapa sawit menjadi biochar.

Keberhasilan terjadinya ikatan antara  $\text{TiO}_2$  dan biochar dapat diketahui dengan melihat gugus fungsi yang dimiliki sampel. Gugus fungsi ini berupa interaksi antar ikatan molekul antara  $\text{TiO}_2$  dan biochar. Analisis gugus fungsi ini dapat dilakukan dengan mengkarakterisasi sampel menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared spectrometer*). Saat gelombang elektromagnetik inframerah mengenai suatu material, maka akan terjadi interaksi berupa absorpsi atau penyerapan energi oleh atom-atom atau molekul-molekul material tersebut yang menyebabkan terjadinya vibrasi atom-atom pada molekul tersebut (Anam, C., dkk, 2007).

$\text{TiO}_2$ /biochar memiliki potensi yang menjanjikan sebagai fotokatalis dimana nilai energi gap  $\text{TiO}_2$  setelah didoping biochar mengalami penurunan (Lisowski, P., dkk, 2018; Cai, X., dkk, 2017), namun dalam penelitian tersebut pembahasan mengenai gugus fungsi masih belum dilakukan secara rinci. Maka, perlu juga dilakukan pembahasan secara mendetil terkait pengaruh persentasi doping biochar terhadap  $\text{TiO}_2$ . Dalam penelitian ini sampel  $\text{TiO}_2$  akan didoping dengan variasi doping biochar, yaitu 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%. Selanjutnya untuk mengetahui terjadinya ikatan antara  $\text{TiO}_2$  dan

biochar seluruh sampel diuji dengan spektroskopi FTIR.

## METODE

Langkah pembuatan sampel dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu

### 1. Pembuatan Biochar

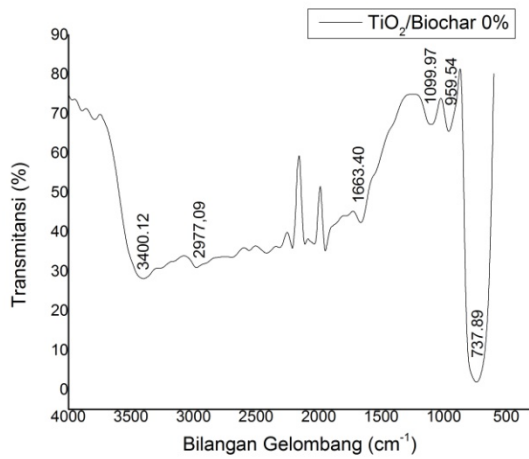
Tandan kosong kelapa sawit digunakan sebagai bahan dasar biochar. Sumber biochar dicampurkan dengan deionized water (DI) dengan rasio perbandingan volume 1:3 selama 2 jam kemudian dikeringkan pada suhu  $110^\circ\text{C}$ . selanjutnya di pirolisis pada suhu  $500^\circ\text{C}$  dengan kondisi dimana lingkungan sampel dialiri gas nitrogen selama 3 jam. Sampel yang telah dipirolisis dibersihkan dengan DI dan dikeringkan pada suhu  $60^\circ\text{C}$ . Biochar kemudian digerus/dihaluskan dan disaring (Fang, dkk, 2014).

### 2. Pembuatan $\text{TiO}_2$ /Biochar

Sebanyak 2 gr PVA (Polivinil Alkohol) dicampurkan ke dalam 20 ml aquades, kemudian diaduk hingga merata menggunakan magnetik stirrer selama 60 menit pada suhu  $80^\circ\text{C}$ . selanjutnya ditambahkan serbuk  $\text{TiO}_2$  (Merck) sebanyak 2 gr dan diaduk selama 40 menit pada suhu  $80^\circ\text{C}$  hingga menjadi pasta/ koloid. Setelah pasta dingin kemudian dicampurkan dengan serbuk biochar dengan variasi persentase massa yaitu 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% sebagai doping yang sebelumnya telah dilarutkan ke dalam 1 ml aquades, kemudian sampel di aduk secara perlahan selama 30 menit. Selanjutnya koloid dipanaskan pada suhu  $150^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Setelah kering sampel kemudian digerus.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

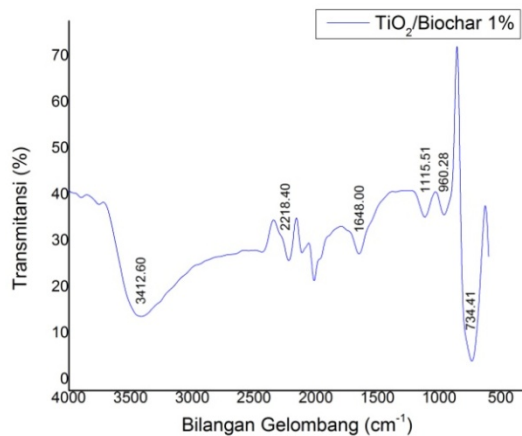
Interaksi yang terjadi antara  $\text{TiO}_2$  dan biochar setelah pendopingan dilakukan dapat dilihat dengan FTIR. Saat biochar keberadaanya dapat dianalisis, salah satu parameternya adalah munculnya ikatan vibrasi ciri khas dari biochar tersebut. Pada Gambar 1 berikut merupakan  $\text{TiO}_2$  tanpa doping biochar atau 0% biochar.



Gambar 1 Spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 0%

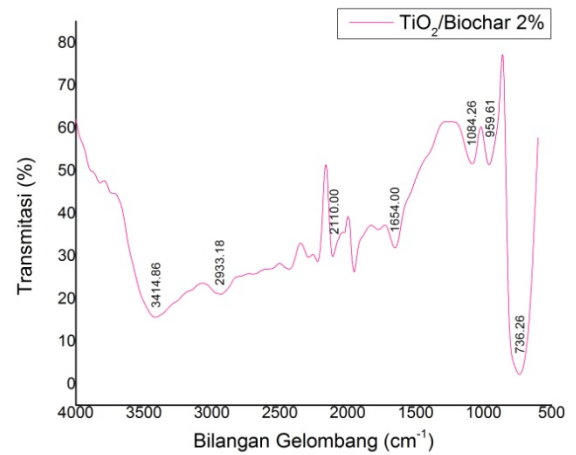
Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa pada bilangan gelombang 3400,12 cm<sup>-1</sup> menunjukkan puncak serapan ikatan vibrasi O-H stretching yang berkaitan dengan atom Ti (Ti-OH). Sementara ikatan vibrasi milik O-H bending muncul pada 1663,40 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya kandungan air didalam sampel (Kongsong, P., dkk, 2014). Munculnya ikatan vibrasi O-H ini menunjukkan keberadaan molekul air didalam sampel TiO<sub>2</sub>. Keberadaan molekul air ini dapat diperoleh dari penggunaan aquades sebagai pelarut selama proses sintesis.

Selanjutnya pada Gambar 1 juga terlihat adanya puncak serapan pada 1099,97 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan ikatan vibrasi O-C-O stretching (Karkare, M. M., 2014). Pada 2977,09 cm<sup>-1</sup> terdapat ikatan vibrasi milik C-H (Pavia dkk, 2009). Kemunculan ikatan O-C-O dan C-H ini dapat terjadi akibat adanya penggunaan bahan organik polimer dalam proses sintesis. Selanjutnya pada 959,54 cm<sup>-1</sup> dan 737,89 cm<sup>-1</sup> mengindikasikan keberadaan ikatan vibrasi Ti-O yang merupakan khas milik TiO<sub>2</sub> (Soler-Illia, G., dkk, 2002; Kongsong, P., dkk, 2014).



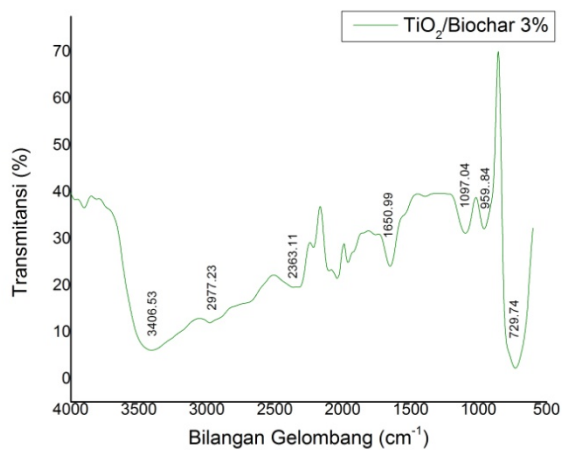
Gambar 2 Spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 1%

Pada sampel TiO<sub>2</sub>/Biochar 1% memiliki pola spektrum FTIR yang hampir sama dengan Gambar 1. Gambar 2 menunjukkan spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 1%. Puncak serapan yang menjadi ciri khas TiO<sub>2</sub> juga muncul pada 734,41 cm<sup>-1</sup> dan 960,28 cm<sup>-1</sup> yakni berupa ikatan vibrasi Ti-O (Soler-Illia, G., dkk, 2002; Kongsong, P., dkk, 2014). Selanjutnya ikatan vibrasi O-C-O juga muncul pada bilangan gelombang 1115,5 cm<sup>-1</sup> (Karkare, M. M., 2014). Kemudian pada puncak serapan 2218,4 cm<sup>-1</sup> muncul ikatan vibrasi C≡C (Pavia dkk, 2009). Kemunculan ikatan vibrasi C≡C menunjukkan keberadaan biochar didalam sampel, hal ini disebabkan biochar kaya akan molekul karbon (C). Sampel TiO<sub>2</sub>/Biochar 1% ini juga memiliki ikatan vibrasi O-H bending pada 1648,00 cm<sup>-1</sup> dan O-H stretching pada 3412,6 cm<sup>-1</sup> (Kongsong, P., dkk, 2014).

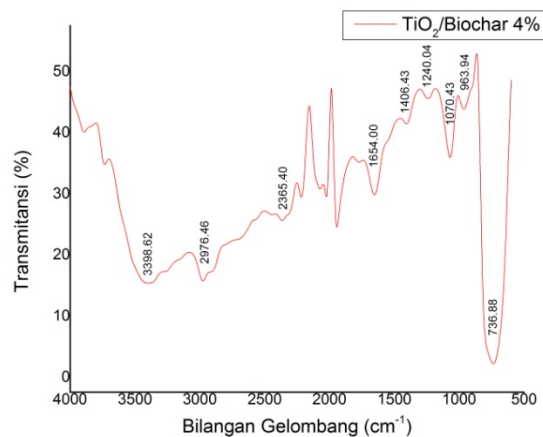


Gambar 3 Spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 2%

Pada Gambar 3 terlihat bahwa keberadaan ikatan vibrasi O-H stretching (3414,86 cm<sup>-1</sup>) dan O-H bending (1654,00 cm<sup>-1</sup>). Ikatan vibrasi khas C≡C juga muncul pada 2110,00 cm<sup>-1</sup>. Pada 1084,26 cm<sup>-1</sup> menunjukkan keberadaan ikatan vibrasi O-C-O stretching. Puncak serapan khas TiO<sub>2</sub> juga muncul pada 734,41 cm<sup>-1</sup> dan 959,61 cm<sup>-1</sup> yang merupakan ikatan vibrasi Ti-O. Pada sampel ini muncul ikatan vibrasi C-H pada 2933,86 cm (Pavia dkk, 2009).

Gambar 4 Spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 3%

Pada spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 3% ini juga memiliki ikatan vibrasi O-H stretching dan O-H bending, yaitu berturut-turut pada 3406,53 cm<sup>-1</sup> dan 1650,99 cm<sup>-1</sup>. Selain itu, ikatan vibrasi C-H juga muncul pada 2977,23 cm<sup>-1</sup>. Selanjutnya, pada 2363,11 cm<sup>-1</sup> menunjukkan keberadaan ikatan vibrasi C≡C dan pada 1097,04 cm<sup>-1</sup> merupakan ikatan vibrasi O-C-O. Ikatan vibrasi khas TiO<sub>2</sub> yakni Ti-O tetap muncul pada 729,74 cm<sup>-1</sup> dan 959,4 cm<sup>-1</sup>.

Gambar 5 Spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 4%

Pada spektrum FTIR TiO<sub>2</sub>/Biochar 4% ini juga memiliki ikatan vibrasi O-H stretching pada 3398,62 cm<sup>-1</sup> dan O-H bending pada 1654,00 cm<sup>-1</sup>. Selain itu, pada 2976,46 cm<sup>-1</sup> muncul ikatan vibrasi C-H dan pada 2365,40 cm<sup>-1</sup> muncul ikatan vibrasi C≡C. Pada 1070,43 cm<sup>-1</sup> merupakan ikatan vibrasi O-C-O. Ikatan vibrasi Ti-O muncul pada 736,88 cm<sup>-1</sup> dan 963,94 cm<sup>-1</sup>. Pada sampel ini terdapat puncak serapan yang menunjukkan interaksi antara TiO<sub>2</sub> dan atom karbon milik biochar, yaitu pada 1240,04 cm<sup>-1</sup> dan 1406,43 cm<sup>-1</sup> yang merupakan ikatan vibrasi antara Ti-O-C (Lubis dkk, 2016).

Munculnya ikatan vibrasi Ti-O-C pada sampel ini dikarenakan jumlah persentase doping biochar cukup tinggi dibandingkan persentase doping lain, sehingga jumlah molekul karbon yang berasal dari biochar menjadi meningkat dan mampu menunjukkan ikatan vibrasinya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis gugus fungsi dari sampel TiO<sub>2</sub>/Biochar dengan variasi doping 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% menunjukkan pola spektrum FTIR yang hampir sama. Pada keseluruhan sampel muncul gugus fungsi khas TiO<sub>2</sub> yaitu Ti-O pada puncak serapan sekitar 700 – 950 cm<sup>-1</sup>. Selain itu juga muncul ikatan vibrasi O-H stretching dan O-H bending yang menunjukkan keberadaan molekul air pada sampel. Kemudian terdapat ikatan vibrasi O-C-O dan C-H yang menunjukkan adanya penggunaan bahan organik polimer PVA pada proses sintesis. Keberadaan karbon biochar ditunjukkan pada ikatan vibrasi C≡C yang muncul pada sampel seluruh sampel setelah didoping biochar. Terakhir pada sampel dengan 4% biochar muncul ikatan vibrasi Ti-O-C yang menunjukkan adanya interaksi antara TiO<sub>2</sub> dengan karbon dari biochar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C., Sirojudin, dan Firdausi, K.F. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. 10(1), 79-85.
- Cai, X., dkk, 2018, Titanium dioxide-coated biochar composites as adsorptive and photocatalytic degradation materials for the removal of aqueous organic pollutants, *JChem Technol Biotechnol*, 93, 783-791
- Cui, M., Dkk., 2017, Physicochemical properties of n-n heterostructured TiO<sub>2</sub>/Mo-TiO<sub>2</sub> composites and their photocatalytic degradation of gaseous toluene, *Chem. Speciation Bioavailability*, 29, 60–69
- Fahyuan, D.H., Dkk, 2015, Desain Prototipe Sel surya DSSC (Dye Sensitized Solar Cell) Lapisan Grafit/TiO<sub>2</sub> Berbasis Dye Alami, *Journal of Physics (JOP)*, Vol1, No1,5-11
- Fahyuan, D.H., Indriani, D., dan Ngatijo, 2018, The Effect of TiO<sub>2</sub> Doping Nitrogen Layers as Photocatalyst in Peat Water.
- Fang, W., dkk. 2014. Application of Magnesium Modified Corn Biochar for Phosphorus Removal and Recovery from Swine Wastewater, *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 11, 9217-9237.

- Han, J., dkk. 2014. Catalytic Upgrading of Coal Pyrolysis Tar Ober Char-based Catalysts, *Fuel Proses. Technol.*, 122, 98-106.
- Kalantari, K., Dkk., 2016, Synthesis and characterization of N-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles and their application in photocatalytic oxidation of dibenzothiophene under visible light, *Ceram.Int.*, 42, 14834–14842.
- Karkare, M.M. 2014. Estimation of Band Gap and Particle Size of TiO<sub>2</sub> Nanoparticle Synthesized Using Sol Gel Technique. *ICACACT 2014*
- Kong, K.H., dkk. 2014. Biochar from Oil Palm Biomass: A Review of Its Potential and Challenges, *Renewable Sustainable Energy Rev.* 39, 729-739.
- Kongsong, P., Sikong, L., Niyomwas, S. dan Rachpech, V. Photocatalytic Antibacterial Performance of Glass Fibers Thin Film Coated with N-Doped SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>. *The Scientific World Journal.* 1-9.
- Kumar, P.,Dkk., 2015, A novel Ru/TiO<sub>2</sub> hybrid nanocomposite catalyzed photoreduction of CO<sub>2</sub> to methanol under visible light, *Nanoscale*, 7, 15258–15267.
- Lubis, S.I., Ramli, M., dan Sheilatina. 2016. Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine by TiO<sub>2</sub>/Activated Carbon Derived from Wasted Coffee Grounds. *Jurnal Natural.* 16(1)
- Lisowski, P., dkk, 2018, Novel biomass-derived hybrid TiO<sub>2</sub>/carbon material using tar-derived secondary char to improve TiO<sub>2</sub> bonding to carbon matrix, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 131, 34-41
- Nurmawarti, I., Abdullah, M. dan Khairurrijal. 2009. Distribusi Celah Pita Energi “Titanium Kotor”. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi.* Edisi khusus, 38-42.
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., Kriz, G.S. dan Vyvyan, J.R. *Introduction to Spectroscopy Fourth Edition*, Brooks/Cole Cengage Learning, USA.
- Septiani, U., Gustina, M., dan Safni. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis TiO<sub>2</sub>/Karbon Aktif dengan Metode Solid state. *J.Ris.Kim.* 9 (1), 34 – 38.
- Soler-Illia, G., Louis, A. dan Sanchez, C. 2002. Synthesis and Characterization of Mesostructured Titania-based Material Through Evaporation-Induced Self-assembly. *Chemistry of Materials.* 14(2), 750-759.
- Tian, H., Dkk., 2009, Hydrothermal synthesis of S-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles and their photocatalytic ability for degradation of methyl orange, *Ceram. Int.*, 35, 1289–1292.
- Yang, X., Dkk., 2015, Rapid degradation of methylene blue in a novel heterogeneous Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@rGO@TiO<sub>2</sub>-catalyzed photo-Fenton system, *Sci.Rep.*, 5, 10632.