

Sintesis Komposit TiO₂-Bentonit dan Aplikasinya untuk Penurunan BOD dan COD Air Embung UNNES

Navela Rahma Aji¹, Emas Agus Prastyo Wibowo², Resti Ujiningtyas¹, Hestin Wirasti¹, Nuni Widiarti²

¹Prodi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

²Prodi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Email : rahmanavela@gmail.com

Received: August 2016; Revised: November 2016; Accepted: November 2016; Available Online: December 2016

Abstrak

Telah disintesis komposit TiO₂-bentonit untuk penurunan BOD dan COD. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembentukan komposit TiO₂-Bentonit serta mengetahui katalis terbaik dalam proses fotodegradasi air embung. Penelitian diawali dengan preparasi TiO₂-Bentonit. Hasil pembentukan komposit dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Katalis yang diuji adalah TiO₂, bentonit, TiO₂-bentonit yang diaplikasikan ke air embung dengan waktu penyinaran selama 30 menit. Terbentuknya komposit TiO₂-Bentonit ditunjukkan dengan refleksi TiO₂ pada $2\theta \geq 25$. Hasil analisis menggunakan FTIR yakni Ti-O antara range 400-700 cm⁻¹ dalam hal ini ditunjukkan dalam peak 478.35 dan 594.08. Puncak serapan-serapan utama pada bentonit berada di bilangan gelombang 3626.17 cm⁻¹, 3448.72 cm⁻¹ dan 1635.64 cm⁻¹. Spektra TiO₂-Bentonit tidak menunjukkan adanya pergeseran serapan pada bilangan gelombang 3448.72 cm⁻¹ yang belum menunjukkan ikatan O-H yang semakin lemah karena adanya TiO₂ di dalam antar lapis bentonit. Penurunan nilai BOD dan COD terbesar diperoleh dengan menggunakan TiO₂-Bentonit yakni untuk BOD 18.40 ppm dan COD 10.05 ppm. Kemampuan komposit TiO₂-Bentonit lebih besar dibandingkan katalis TiO₂ dan bentonit.

Kata kunci: air embung, fotodegradasi, TiO₂-bentonit

Abstract

Have done synthesized composite TiO₂-bentonite to decrease BOD and COD. This study aims to determine the process of form he composite TiO₂-bentonite and determine the best catalyst in the process of photodegradation water reservoir. The study begins with the preparation of TiO₂-bentonite. Results composite formation characterized using *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infrared* (FTIR) and *Scanning Electron Microscopy* (SEM). The catalyst is tested TiO₂, bentonite, TiO₂-bentonite which is applied to the water reservoir with the exposure time for 30 menit. Terbentuknya composite TiO₂-bentonite indicated by TiO₂ reflection on the $2\theta \geq 25$. FTIR analysis results using the Ti-O between the range 400-700 cm⁻¹ in this case is shown in peak 478.35 and 594.08. The main absorption peak-absorption on bentonite berada at wavenumber 3626.17 cm⁻¹, 3448.72 and 1635.64 cm⁻¹. TiO₂-bentonite spectra did not indicate any shift in absorption at wavenumber 3448.72 cm⁻¹ which has not shown the OH bond is weakened by the existence of TiO₂ in between layers of bentonite. Impairment The BOD and COD obtained using the TiO₂-bentonite for BOD 18.40 ppm and 10.05 ppm COD. TiO₂-bentonite composite capability greater than TiO₂ catalyst and bentonite.

Keyword: Embung water, photodegradation, TiO₂-bentonite

DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3620>

1. PENDAHULUAN

Embung atau tandon air merupakan wadah berukuran mikro di suatu lahan yang

dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan dan air limpasan (*run off*) serta sumber air lainnya. Embung merupakan salah satu teknik pemanenan air

(*water harvesting*) yang sangat sesuai di segala jenis agroekosistem. Di lahan rawa namanya *pond* yang berfungsi sebagai tempat penampungan air *drainase* saat kelebihan air di musim hujan dan sebagai sumber air irigasi pada musim kemarau.

Keberadaan embung diyakini dapat menampung air hujan sehingga mencegah terjadinya banjir pada suatu daerah. Pembangunan embung tersebut merupakan salah satu program konservasi UNNES. Embung UNNES dibangun dengan tujuan sebagai tempat penampungan air hujan dan penyerapan air di UNNES dan mempunyai kapasitas penampungan air 5.000 meter kubik. Keberadaan embung tersebut menciptakan suatu ekosistem baru yaitu tempat hidup ikan-ikan di dalamnya. Tidak hanya itu, pembangunan embung tersebut juga menciptakan ruang terbuka hijau di sekitar embung yang ditanami banyak pohon dan mempunyai fungsi lain seperti sebagai taman untuk tempat belajar mahasiswa, tempat berkumpul mahasiswa untuk kegiatan positif lainnya seperti diskusi, kumpul ikatan/organisasi mahasiswa daerah, menunggu *sunsets*, dan memancing di embung.

Seiring berjalannya waktu, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa sekarang embung mengalami banyak perubahan dari kualitas lingkungan dan fungsi. Air yang ditampung embung UNNES sangat keruh, berbau busuk, dan berwarna hijau seperti sungai-sungai di Jakarta. Dengan kualitas air yang keruh tersebut tentu hal ini sangat membahayakan dan tidak baik bagi kesehatan mereka, menimbang air di embung kini sangat tercemar. Agar fungsi embung kembali optimal perlu diadakan upaya untuk mengatasi masalah tersebut dengan sistem fotokatalis.

Pemilihan proses fotokatalis merupakan suatu cara yang prospektif untuk digunakan sebagai alternatif pengolahan air embung unnes, karena fotokatalis dapat mendegradasi polutan organik. Titanium dioksida merupakan salah satu fotokatalis yang aktivitasnya cukup tinggi (Brown *et al.*, 1992; Liu *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2014). Namun, tingginya aktivitas fotokatalis TiO₂ (Titanium (IV) oksida) tidak diimbangi oleh kemampuannya dalam mengadsorp senyawa target, sehingga proses degradasi fotokatalitik tidak berjalan dengan baik karena peluang kontak TiO₂ dengan polutan kurang maksimal. Untuk menutupi kekurangan tersebut maka

TiO₂ dapat diimbangkan pada suatu material pendukung yang memiliki kemampuan adsorpsi yang cukup tinggi. Beberapa jenis material berpori yang dapat digunakan sebagai adsorben diantaranya silika gel, karbon aktif, zeolit, dan bentonit.

Bentonit adalah *clay* yang sebagian besar terdiri dari montmorillonit dengan mineral-mineral minor seperti kwarsa, kalsit, dolomit, feldspars, dan mineral minor lainnya. Montmorillonit merupakan bagian dari kelompok *smectit* dengan komposisi kimia secara umum adalah (Mg,Ca)O.Al₂O₃.5SiO₂.nH₂O. Bentonit berbeda dari *clay* lainnya karena hampir seluruhnya (75%) merupakan mineral montmorillonit. Mineral montmorillonit terdiri dari partikel yang sangat kecil sehingga hanya dapat diketahui melalui studi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) (Cool, 2002).

Telah dilakukan penelitian tentang fotokatalis TiO₂-bentonit terpillar alumina untuk degradasi limbah cair tapioka. Aktivitas fotokatalis pada penurunan angka COD dan BOD masing-masing sebesar 12.79% dan 14.57% (Ariani, 2015). Selain itu, telah berhasil pula dideposisi lapisan TiO₂ kristalin di atas substrat gelas dengan metode sol-gel dan hasil pengujian kadar BOD dan COD pada sampel air limbah yang telah diproses pada sistem pengolah air mengalami penurunan kadarnya berturut-turut untuk BOD sebesar 72.5% (5.76 ppm) dan 71.2% (25.22 ppm) Sutanto *et al.*, 2011). Dalam makalah ini, dibahas sintesis TiO₂-Bentonit dengan metode sol-gel dan serbuk TiO₂-Bentonit akan digunakan untuk aplikasi penjernihan air embung. Penelitian ini memaparkan pengaruh variasi waktu uji aktivitas menggunakan komposisi TiO₂-bentonit. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran perbandingan antara aktivitas TiO₂, bentonit dan TiO₂-Bentonit terhadap air embung.

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 600 mL air embung, NaOH 1 M, asam asetat 1% (*v/v*), TiO₂, dan bentonit. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Beker glass, batang pengaduk, pH indikator, corong, *X-Ray Diffraction* (XRD) Shimadzu, *Scanning*

Electron Microscope (SEM), FTIR Shimadzu, seperangkat alat uji parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

Sintesis komposit TiO₂-Bentonit (Saraswati dan Nugraha, 2014).

Lima gram bentonit hasil pemurnian didispersikan dalam 500 mL air aquades dan diaduk selama 5 jam sampai gumpalan lempung hilang. 2.5 gram TiO₂ didispersikan dalam 100 mL aquades kemudian diaduk dan ditambahkan ke dalam campuran bentonit. Campuran TiO₂-bentonit kemudian dipanaskan di dalam oven pada suhu 100 °C selama 2 jam. Komposit yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM dan FTIR.

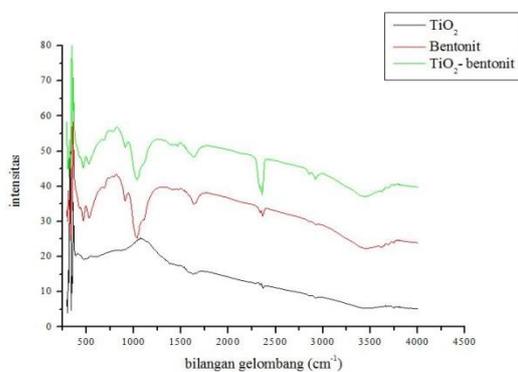
Fotodegradasi Air Embung Menggunakan Komposit TiO₂-Bentonit.

Fotodegradasi menggunakan sinar tampak dari lampu philips dilakukan dengan mendispersikan 0.3 gram TiO₂, bentonit, dan TiO₂-bentonit kedalam 300 mL air embung diikuti dengan pengadukan selama 30 menit. Parameter waktu selama 30 menit merupakan waktu yang optimal berdasarkan penelitian Wibowo *et al.*, 2016.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Hasil analisis spektroskopi serbuk TiO₂, bentonit, dan TiO₂-Bentonit disajikan Gambar 1.



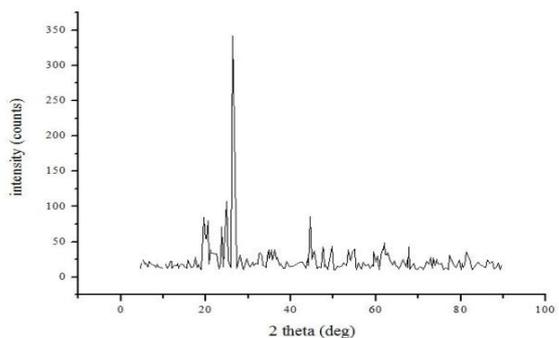
Gambar 1. Spektra TiO₂, bentonit dan TiO₂-Bentonit

Ti-O antara range 400-700 cm⁻¹ dalam hal ini ditunjukkan dalam peak 478.35 dan

594.08 (Jing, 2006). Puncak serapan-serapan utama pada bentonit berada di bilangan gelombang 3626.17 cm⁻¹, 3448.72 cm⁻¹ dan 1635.64 cm⁻¹. Pada puncak 3626.17 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi ulur dari O-H yang terletak pada lapis oktahedral yang terikat pada Al (Foletto, 2003) sedangkan menurut Amorim (2004) menyatakan bahwa puncak serapan pada 3626.17 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi H-O-H molekul air pada struktur interlayer bentonit. Selain itu, puncak serapan disekitar 3448.72 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi O-H yang bersesuaian dengan puncak serapan pada 1635.64 cm⁻¹.

Spektra TiO₂-Bentonit tidak menunjukkan adanya pergeseran serapan pada bilangan gelombang 3448.72 cm⁻¹ masih seperti serapan bilangan gelombang pada material TiO₂ dimana ikatan O-H yang semakin lemah karena adanya TiO₂ di dalam antar lapis bentonit. Bilangan gelombang 3448.72 cm⁻¹ merupakan vibrasi ulur O-H dari H₂O yang terperangkap pada antar lapis bentonit. Kemungkinan lain karena pengaruh kalsinasi dan pemanasan sehingga gugus O-H dari H₂O banyak yang terhidroksilasi dan terdehidrasi dari dalam antar lapisnya (Xu dan Langford, 1997).

Hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

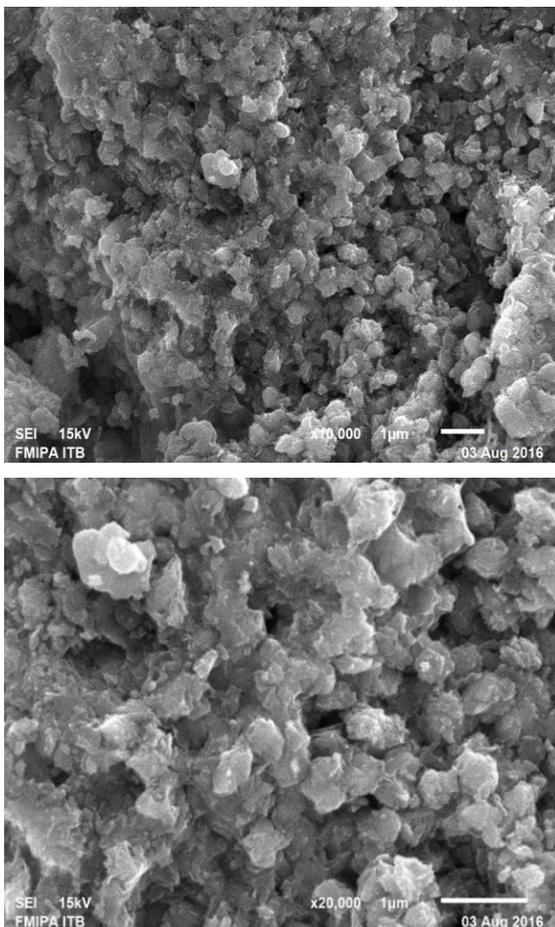


Gambar 2. Pola difraksi TiO₂-Bentonit menggunakan XRD

Pola difraksi komposit TiO₂ ditunjukkan pada 2θ sebesar 25.31; 38.58; 48.34; 53.91; 62.72 yang merupakan ciri difraksi dari bidang kristal 101, 004, 200, 105 dan 204 TiO₂ anatase (A) sesuai dengan JCPDS No.21-1272 (Saraswati dan Nugraha, 2014). Puncak-puncak refleksi TiO₂ tersebut juga muncul pada difraktogram komposit TiO₂-Bentonit yakni pada 2θ sebesar 26.2608;

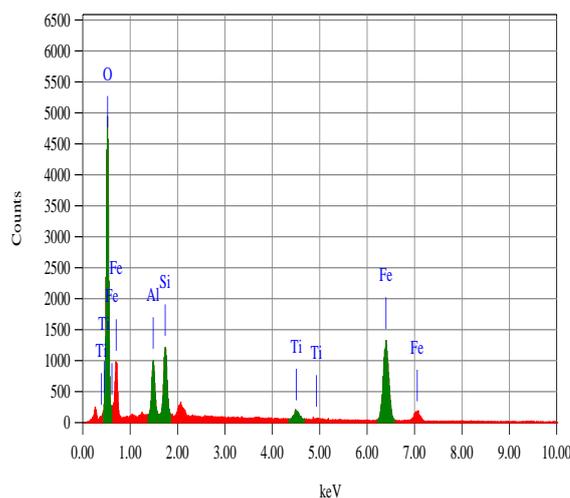
36.7121; 47.4609; 53.5; 62.02. Refleksi pada 2θ tersebut menunjukkan fasa kristal yang terdapat dalam komposit TiO_2 -Bentonit adalah fasa kristal anatase. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pembentukan komposit TiO_2 -Bentonit tidak merubah kristalinitas TiO_2 secara signifikan, artinya tidak cukup signifikan mengurangi aktivitas fotokatalisnya.

Hasil Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM) dan EDX



Gambar 3. Morfologi SEM TiO_2 bentonit perbesaran 10.000 kali (atas) dan 20.000 kali (bawah)

Berdasarkan hasil SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang dilakukan di FMIPA ITB di atas dapat disimpulkan bahwa: Pada perbesaran SEM 10.000 kali dan 20.000 kali terlihat bahwa materialterlapis belum bagus dan masih menggumpal serta belum merata. Hal ini dikarenakan pengadukan yang kurang lama dan waktu pendiaman (*aging*) yang hanya sebentar yang akan mempengaruhi struktur morfologi TiO_2 -Bentonit yang dihasilkan.



Gambar 4. Hasil analisis dengan EDX

Berdasarkan hasil EDX tersebut dapat diketahui bahwa di dalam kandungan komposit TiO_2 -Bentonit terdapat komponen O sebesar 49.41%, Al sebesar 4.47%, Si sebesar 5.69%, Ti sebesar 1.84% dan Fe sebesar 38.60%.

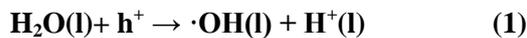
Fotodegradasi Air Embung dengan TiO_2 , Bentonit, dan Komposit TiO_2 -Bentonit

Tabel 1. Hasil uji kadar BOD dan COD

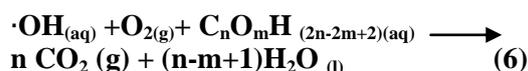
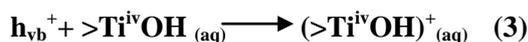
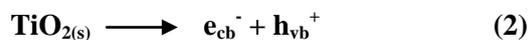
Sampel (treatment 30menit)	ParameterHasil (ppm)	
	BOD	COD
Air embung dengan TiO_2	81.49	13.79
Air embung dengan bentonit	54.84	20.24
Air embung dengan TiO_2 -bentonit	18.40	10.05

Salah satu cara untuk mengetahui seberapa jauh beban pencemaran pada air limbah adalah dengan mengukur BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Ariani, 2015). BOD adalah parameter penduga jumlah oksigen yang diperlukan oleh perairan untuk mendegradasi bahan organik yang dikandungnya, sekaligus merupakan gambaran bahan organik mudah urai yang ada dalam air atau perairan yang bersangkutan. COD adalah parameter penduga jumlah total bahan organik yang ada dalam air atau perairan, baik yang mudah diurai maupun yang sulit diurai (Sutanto *et al.*,2011). Penurunan nilai BOD dan COD terbesar diperoleh dengan menggunakan TiO_2 -Bentonit yakni untuk BOD

18.40 ppm dan COD 10.05 ppm. Kemampuan komposit TiO₂-Bentonit lebih besar dibandingkan katalis TiO₂ dan bentonit. Hal ini disebabkan oleh adanya fotokatalis TiO₂ yang terdapat dalam komposit TiO₂-Bentonit. Untuk sistem reaksi yang menggunakan fotokatalis TiO₂-bentonit, maka radikalhidroksil tidak saja dihasilkan dari fotolisis air tetapi juga dari hasil interaksi antara air dengan lubang yang dihasilkan pada pita valensi, sesuai dengan persamaan reaksi 1.



Keberadaan radikal hidroksildalam sistem reaksi akan bertambah dengan adanya fotokatalis TiO₂-Bentonit karena selain dihasilkan dari fotolisis air, radikal hidroksil juga dihasilkan pada permukaan fotokatalis. Radikal hidroksil yang terbentuk pada permukaan fotokatalis dihasilkan setelah fotokatalis menyerap sinar dengan energi yang sesuai dan terjadi perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi yang meninggalkan lubang (*hole*) pada pita valensi. Terbentuknya radikal hidroksil dari fotokatalis sesuai dengan persamaan reaksi 2,3, dan 4. Udara yang dialirkan ke dalam sistem dapat mencegah terjadinya rekombinasi antara elektron pada pita konduksi dan *hole* pada pita valensi sesuai persamaan 5. Radikal hidroksil yang dihasilkan bersama-sama dengan oksigen kemudian mengoksidasi senyawa organik sesuai dengan persamaan 6, menghasilkan senyawa yang lebih sederhana seperti CO₂ dan H₂O (Yuningrat *et al.*, 2015).



Pada saat terkena sinar radiasi sinar tampak maka elektron-elektron dalam pita valensi dari semikonduktor tersebut akan tereksitasi ke pita konduksi yang akan menghasilkan e⁻ dan kekosongan atau *hole* (h⁺) selanjutnya *hole* (h⁺) akan bereaksi dengan hidroksida titan yang terdapat dalam larutan

membentuk radikal hidroksida titan yang kemudian mengoksidasi air embung. Radikal hidroksida yang terbentuk ini akan terbentuk terus-menerus selama sinar tampak (lampu) masih mengenai komposit dan akan menyerang air embung sehingga air embung akan mengalami degradasi dalam hal ini BOD dan COD.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Penurunan nilai BOD dan COD terbesar diperoleh dengan menggunakan TiO₂-Bentonit yakni untuk BOD 18.40 ppm dan COD 10.05 ppm. Kemampuan komposit TiO₂-Bentonit lebih besar dibandingkan katalis TiO₂ dan bentonit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani AT. 2015. Penurunan BOD dan COD pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Zeolit Teraktivasi. [Skripsi]. Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga.
- Brown GN, Birks JW, Koval. 1992. Development and characterization of titanium-dioxide based semiconductors photoelectrochemical detector. *Analysis Chemistry*. 64(4): 427-434.
- Byranvand M, Kharat N, Fatholahi L, Beiranvand M. 2013. A Review on synthesis of nano-TiO₂ via different methods. *Journal of Nanostructures*. 3(1): 1-9.
- Cool P, Vansant EF. 2002. Pillared clays: preparation, characterization, and application laboratory of inorganic chemistry, department of chemistry of Antwerp (UIA), Belgium: 265-286.
- Liu Xu, Liu Zhongqing, Jian Zheng, Xin Yan, Dandan Li, Si Chen, Wei Chu. 2011. Characteristics of N-doped TiO₂ Nanotube Arrays by N₂-plasma for visible Light driven photocatalysis [Thesis]. College of Chemical Engineering, Sichuan University, China.

- Saraswati A, Nugraha I. 2014. Sintesis Komposit Montmorillonit-TiO₂ dan Aplikasinya untuk Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula. Prosiding Seminar Nasional Kima dan Pendidikan Kimia VI. 501-511.
- Sutanto H, Hidayanto E, Subagjo A, Widiyandari H. 2011. Pembuatan Sistem Pengolah Air Bersih Menggunakan Material Fotokatalis Titania (TiO₂). Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi. 2: 21-26.
- Wibowo EAP, Aji NR, Ujiningtyas R, Mardiansyah EA, Sari TM, Rahmawati. 2016. Sintesis dan karakterisasi fotokatalis TiO₂/Kitosan dan aplikasinya sebagai penjernih air embung Unnes. *Unesa Journal of Chemistry*. 5(2): 89-93.
- Yuningrat NW, Oviantari MV, Gunamantha IM. 2015. Fotodegradasi senyawa organik dalam lindi dengan menggunakan katalis TiO₂ terimobilisasi pada plat kaca. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 4 (2): 647-660.
- Zhou X, Lu J, Jiang J, Li X, Lu M, YG, Wang Z, Zheng M, Seo HJ. 2014. Simple fabrication of N-doped mesoporous TiO₂ nanorods with the enhanced visible light photocatalytic activity. *Nanoscale Research Letters*. 9(34): 1-7.