

NATRIUM-SILVER: NANOMATERIAL TITANIUM DIOKSIDA SILVER (TiO₂-Ag) SEBAGAI FOTOKATALIS PENDEGRADASI LIMBAH POPs DIBAWAH SINAR MATAHARI

*Rezky Nurul Istiqamah, Rizal Muhaimin, Zulkifli Abdul Malik, Muhammad Nurdin, La Ode Agussalim dan Irwan

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo
Jl. H.E.A. Mokodompit, Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu, Kendari, 93232, Indonesia

E-mail: rezkynurulistiqamah@gmail.com

Abstrak

Teknologi kimia modern yang sedang dikembangkan untuk aplikasi dalam upaya mendegradasi polutan yang ada di alam adalah dengan memanfaatkan sifat fotokatalisis bahan TiO₂. TiO₂ merupakan bahan semikonduktor paling sering digunakan sebagai fotokatalis dalam aplikasi reaksi fotokatalitik khususnya pengolahan limbah. TiO₂ banyak dimanfaatkan dalam proses fotodegradasi karena memiliki kestabilan termal dan kimia yang tinggi, tidak beracun dan relatif murah. Fotokatalitik merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis yang diawali dengan terbentuknya pasangan *electron hole* positif (e⁻, h⁺) dalam partikel semikonduktor. Pasangan *electron hole* positif mengalami reaksi reduksi oksidasi menghasilkan radikal hidroksil (OH) yang diduga dapat mendegradasi polutan organik berbahaya (POPs). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pelapisan Ag-TiO₂ terhadap batu apung (*Pumice*) dan untuk mengetahui besarnya kemampuan Ag-TiO₂ dalam mendegradasi limbah POPs (*Persistent Organic Pollutants*) dibawah sinar matahari. Dalam penelitian ini, TiO₂ akan dimodifikasi dengan penambahan dopan Ag pada sol gel TiO₂ menggunakan teknik pelapisan. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pembuatan Sol Gel TiO₂, uji XRD, uji SEM, pelapisan substrat dengan Sol Gel TiO₂-Ag, pembuatan reaktor fotokatalis dan uji degradasi limbah POPs. Penambahan dopan Ag dalam sistem katalis TiO₂ diharapkan dapat memperbaiki kinerja proses fotokatalitik. Penambahan Ag sebagai dopan juga berfungsi sebagai inti aktif proses fotokatalitik TiO₂, serta perangkap elektron untuk mencegah rekombinasi lubang elektron dengan memanfaatkan sinar matahari atau sinar tampak yang dapat meningkatkan kerjanya dalam mendegradasi limbah POPs (*Persistent Organic Pollutants*).

Kata kunci: Batu apung, TiO₂-Ag, Fotodegradasi, Limbah POPs.

Abstract

Modern chemical technology that is being developed for application in an effort to degrade pollutants present in nature is by utilizing the photocatalytic properties of TiO₂ materials. TiO₂ is the semiconductor material most often used as a photocatalyst in the application of photocatalytic reactions, especially waste treatment. TiO₂ is widely used in the photodegradation process because it has high thermal and chemical stability, is non-toxic and relatively inexpensive. Photocatalytic is a combination of photochemical processes and catalysts which begins with the formation of positive electron hole pairs (e⁻, h⁺) in semiconductor particles. Positive electron hole pairs undergo oxidation reduction reactions producing hydroxyl radicals (OH) which are thought to degrade harmful organic pollutants (POPs). The purpose of this study was to determine the coating of Ag-TiO₂ against pumice (Pumice) and to determine the magnitude of the ability of Ag-TiO₂ to degrade waste from Persistent Organic Pollutants under sunlight. In this study, TiO₂ will be modified by the addition of Ag dopant on TiO₂ gel soles using a coating technique. This research was conducted in several stages, namely the manufacture of TiO₂ Sol Gel, XRD test, SEM test, substrate coating with Sol Gel TiO₂-Ag, photocatalyst reactor preparation and degradation test of POPs waste. Addition of Ag dopant in TiO₂ catalyst system is expected to improve the performance of the photocatalytic process. The addition of Ag as a dopant also functions as the active nucleus of the TiO₂ photocatalytic process, as well as electron traps to prevent electron hole recombination by utilizing sunlight or visible light which can improve its performance in degrading waste POPs (*Persistent Organic Pollutants*).

Keywords: Pumice, TiO₂-Ag, Photodegradation, POPs Waste.

1. PENDAHULUAN

Masyarakat dunia telah mengembangkan secara luas kurang lebih

100.000 bahan kimia sintetis yang digunakan untuk mengendalikan penyakit, meningkatkan produksi pangan, dan

memberikan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari, dan terjadi penambahan 1500 bahan kimia baru setiap tahunnya (UU No.19 tahun 2009). Teknologi kimia modern telah memproduksi berbagai jenis senyawa kimia, diantaranya yang relatif resisten (tahan) terhadap degradasi secara fisik atau metabolit, yang disebut senyawa kimia persisten. Dewasa ini masalah bahan kimia yang persisten tersebut terutama bahan organik telah menjadi perhatian dunia yaitu *Persistent Organic Pollutants* (POPs). Senyawaan ini juga sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan karena sifat negatifnya. Selain dari alam, POPs juga dapat dihasilkan dari sampingan industri, seperti senyawa kimia dioksin/furan, atau dari industri itu sendiri, seperti DDT (*Dichloro Diphenyl Trichloroethane*).

POPs ditemukan hampir di semua tempat, baik dalam makanan, lahan, air dan udara, pada lingkungan dan manusia di seluruh bumi. POPs dapat terbawa air dan angin serta dapat menyebabkan kerugian. POPs beresiko karena karakteristiknya yang beracun, menetap dan akumulatif pada tubuh manusia, mamalia laut dan hewan lainnya serta dapat menurun dari induk kejanin. POPs dapat bergerak dengan jarak sangat jauh melalui angin dan arus air (Warlina, 2009). Salah satu jenis POPs yang sering digunakan adalah pestisida. Pestisida adalah bahan yang beracun dan berbahaya, yang bila tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak negatif yang tidak diinginkan. Dampak negatif tersebut akan menimbulkan berbagai masalah baik secara langsung ataupun tidak, akan berpengaruh terhadap kesehatan dan kesejahteraan manusia seperti keracunan. Dampak negatif yang terjadi dari penggunaan pestisida pada pengendalian hama adalah keracunan, khususnya para petani yang sering/ intensif menggunakan pestisida (Arif, 2015).

TiO₂ merupakan bahan semikonduktor paling sering digunakan sebagai fotokatalis dalam aplikasi reaksi fotokatalitik khususnya pengolahan limbah. Beberapa keunggulan TiO₂ dibandingkan fotokatalisis semikonduktor yang lain yaitu

TiO₂ mempunyai energi gap relatif besar (3,2 eV) yang cocok digunakan untuk fotokatalis, tidak beracun, harganya terjangkau, melimpah di alam, memiliki stabilitas kimia tinggi pada kisaran pH yang besar, katalis dan bahan kimia berbiaya rendah, tidak ada atau berhambatan rendah dengan keberadaan ion yang umumnya berada di air, memerlukan kondisi reaksi yang relatif ringan dan berhasil mendekomposisi beberapa polutan beracun dan sulit terurai (Naimah dkk., 2014). TiO₂ banyak dimanfaatkan dalam proses fotodegradasi karena memiliki kestabilan termal dan kimia yang tinggi, tidak beracun dan relatif murah (Indriyani dkk., 2017).

TiO₂ dalam bidang lingkungan hidup digunakan sebagai fotokatalis untuk menangani pencemaran lingkungan, pemurnian air, pengolahan air limbah, pengendalian limbah berbahaya, dan pemurnian udara (Poernomo dkk., 2016). Fotokatalitik merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis. Pada proses fotokatalitik diawali dengan terbentuknya pasangan *electron hole* positif (e⁻, h⁺) dalam partikel semikonduktor. Pasangan *electron hole* positif mengalami reaksi reduksi oksidasi menghasilkan radikal hidroksil (.OH) yang diduga dapat mendegradasi polutan organik berbahaya (POPs) (Naimah dkk., 2014).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlangsung selama bulan April—Juni 2019 dan bertempat di Laboratorium Anorganik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo sebagai tempat dilakukannya analisis kimia, sedangkan untuk pengambilan sampel yaitu pestisida yang terdapat di Kota Kendari, serta untuk pengambilan substrat dilakukan di Danau Napabale, Desa Lohia, Kecamatan Lohia, Kabupaten Muna, Sulawesi Tenggara.

Alat dan bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan meliputi perangkat alat Refluks (*Iwaki*), tanur (*Neycraft*), alat-alat gelas kaca (*pyrex*), SEM (*Scanning Electron*

Microscopy), XRD (*X-Ray Diffraction*), reaktor UV, *magnetic stirrer*, *hot plate*, untuk bahan adalah Titanium Dioksida (TiO_2), Perak Nitrat (AgNO_3), Akuades, Asam Asetat (CH_3COOH), Etanol dan TTIP.

Preparasi sampel dan substrat

Sampel yang digunakan berupa limbah POPs (*Persistent Organic Pollutants*) dalam hal ini yang digunakan adalah herbisida dipreparasi terlebih dahulu dengan cara herbisida yang telah diperoleh dari toko diencerkan terlebih dahulu dengan menggunakan akuades (H_2O) hingga mencapai konsentrasi yang diinginkan. Setelah preparasi sampel limbah dilakukan selanjutnya dilakukan preparasi terhadap batu apung yang berfungsi sebagai substrat tempat Sol gel $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ diaplikasikan. Batu apung yang telah diperoleh dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kandungan airnya. Setelah batu apung kering, batu apung dipotong-potong berbentuk kubus agak kecil dan dibersihkan bagian permukaannya dengan sikat untuk menghilangkan pengotor yang menghalangi pori-pori batu apung. Kemudian batu apung dicuci dengan air dan dikeringkan. Setelah batu apung kering, batu apung siap untuk dilapisi Sol gel $\text{TiO}_2\text{-Ag}$.

Pembuatan Sol Gel $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

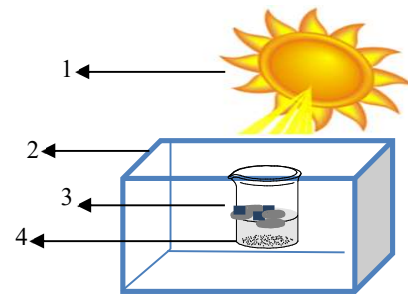
Sol gel $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ dibuat sebagai berikut: Larutan A dibuat menggunakan 250 mL aquades yang ditambahkan dengan beberapa tetes asam nitrat (AgNO_3) hingga pH menjadi 1,5. Larutan B dibuat dengan mengambil TTIP (Titanium Isopropoksida) sebanyak 1,25 mL dan dilarutkan dalam 25 mL etanol absolut. Larutan B yang diperoleh kemudian dimasukkan kedalam larutan A. Campuran larutan tersebut kemudian diaduk dengan kecepatan tinggi selama 60 menit dalam keadaan panas, kemudian diuapkan selama 48 jam pada suhu ruang. Sol gel $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ kemudian dikalsinasi pada suhu 100°C selama 1 jam dan dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD).

Pelapisan Substrat dengan Sol Gel $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

Batu apung dilapisi dengan sol gel $\text{TiO}_2\text{-Ag}$, teknik pencelupan selama 24 jam menggunakan oven pada suhu 60°C dan diangkat perlahan-lahan. Karakterisasi batu apung terlapis $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ dilakukan dengan menggunakan SEM dan EDX.

Pembuatan Reaktor Fotokatalis

Reaktor fotokatalisis yang berbentuk kubus dengan berbahan dasar papan mempunyai ukuran panjang= 34 cm, lebar= 33 cm, dan tinggi= 43 cm. Reaktor tersebut tanpa diberi penutup pada bagian atas sebagai tempat masuknya cahaya matahari. Pada bagian dalam reaktor terdapat 2 gelas kimia 50 mL berisi limbah POPs dan material yang telah dilapisi sol gel TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-Ag}$.



Gambar 1. Reaktor dibawah sinar matahari

Keterangan :

1. Sinar matahari
2. Reaktor
3. Gelas kimia berisi limbah POPs
4. Batu apung terlapis $\text{TiO}_2\text{-Ag}$

Uji Degradasi Limbah POPs

Limbah POPs di uji degradasi dengan cara memasukkan material yang telah dilapisi sol gel TiO_2 dan $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ ke dalam gelas kimia yang berisi limbah herbisida 50 ml dengan konsentrasi 0,5 ppm kemudian di letakkan dalam reaktor dibawah sinar matahari. Selanjutnya akan di ukur absorbansinya setiap 30 menit untuk masing-masing sampel selama 2,5 jam dengan panjang gelombang (λ) 365 nm.

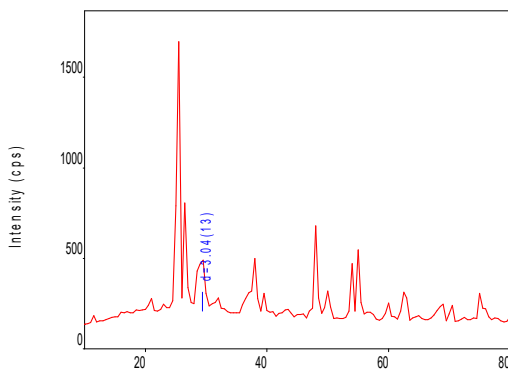
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi sampel dan substrat

Sampel yang digunakan adalah pestisida jenis herbisida yang diperoleh dari Kota Kendari. Herbisida kemudian diencerkan dengan konsentrasi 0,5 ppm dan dimasukkan kedalam 2 gelas kimia masing-masing 50 mL. Batu apung (*Pumice*) sebagai bahan yang akan dilapisi sol gel TiO₂-Ag memiliki ciri-ciri utama berwarna terang serta sangat berpori. Batu apung termasuk jenis batuan beku yang terbentuk dari hasil letusan eksplosif gunung berapi. Batu apung dipreparasi dengan cara dipotong kecil-kecil lalu dibersihkan permukaannya dengan sikat untuk menghilangkan zat-zat pengotornya, dan selanjutnya disiapkan untuk pelapisan sol-gel Ag-TiO₂.

Karakterisasi Sol Gel dengan XRD (X-Ray Diffraction)

Karakterisasi dapat dilakukan dengan menggunakan XRD yang dapat menguji suatu zat secara kualitatif yang bertujuan untuk mengetahui struktur dari film katalis TiO₂ melalui pencocokkan pola intensitas sampel dengan pola intensitas standar yang ada. Data karakterisasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil uji karakterisasi XRD pada batu apung terlapis TiO₂-Ag

Bidang kristal (101) pada $2\theta = 25,41$ memiliki intensitas paling tinggi dibandingkan dengan bidang yang lain yang berasal dari sol gel. Bidang kristal tersebut merupakan ciri khas dari TiO₂ anatase (Pan *et al.*, 2013). Adanya bidang kristal (211)

pada $2\theta = 30,83$ juga menunjukkan adanya TiO₂ fasa brookite (Wang *et al.*, 2015) yang diindikasikan berasal dari komponen penyusun utama batu apung.

Pelapisan Batu Apung dengan Sol Gel TiO₂-Ag

Batu apung telah berhasil dilapisi dengan TiO₂-Ag yang ditunjukkan dengan adanya penampakan kuning keemasan pada permukaan batu apung. Kemudian dikeringkan selama 24 jam.



Gambar 3. Batu apung terlapis solgel TiO₂-Ag.

Karakterisasi Sol Gel TiO₂-Ag dengan Scanning Electron microscopy (SEM)

Karakterisasi SEM berguna untuk mengetahui morfologi, porositas serta ketebalan dari suatu material. Analisis menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan untuk mengetahui penyebaran fotokatalis TiO₂-Ag pada permukaan pori batu apung dengan perbesaran 1000 kali dan 10.000 kali.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode pelapisan sol gel yang digunakan dapat mengimpregnasi fotokatalis TiO₂-Ag ke permukaan batu apung. Terlihat bahwa fotokatalis TiO₂-Ag menempel pada dinding pori dan menutupi permukaan pori-pori batu apung walaupun tidak merata. Terlihat bahwa terdapat katalis yang menumpuk di beberapa bagian pori-pori batu apung.

Uji Degradasi Limbah POPs dibawah sinar Matahari

Degradasi limbah *persisten organic pollutants* (POPs) dilakukan dalam reaktor

berbentuk kubus berisi 2 gelas kimia dengan volume 50 mL dengan konsentrasi 0,5 ppm. Selanjutnya dimasukkan katalis, batu apung terlapisi TiO₂-Ag dan TiO₂ pada gelas yang lain sebagai pembanding. Reaktor kemudian disinari matahari dengan variasi waktu yang berbeda selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit. Hasil degradasi kemudian dianalisis absorbansinya dengan alat spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum 365 nm.

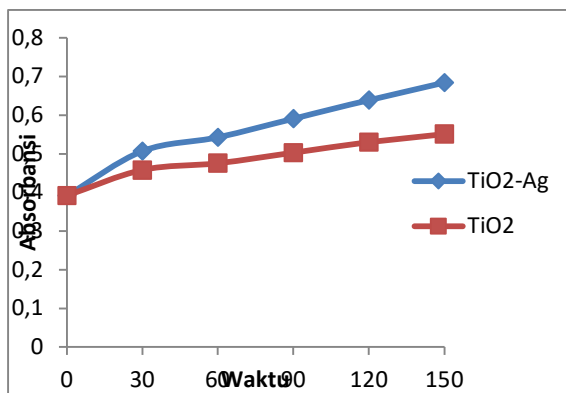


Hasil analisis dibandingkan dengan batu apung terlapisi TiO₂ yang juga didegradasi secara fotolisis. Selanjutnya ditentukan persen degradasi Limbah POPs (*persisten organic pollutants*) menggunakan Persamaan 1.

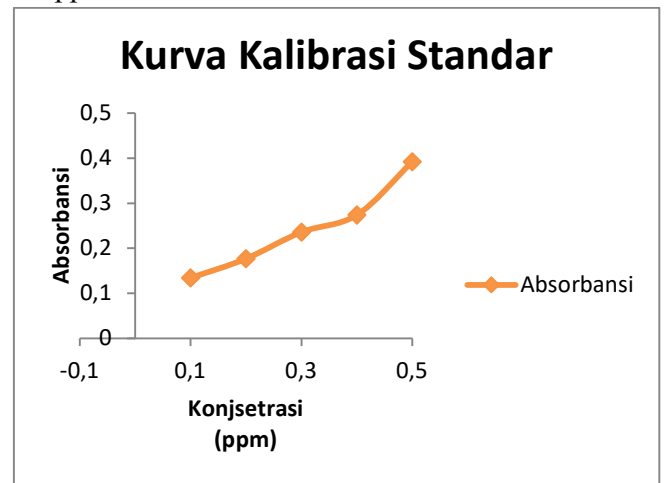
$$\text{Persen degradasi (\% D)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

(1)

Dimana, C₀ = Konsentrasi awal limbah POPs sebelum iradiasi
 C_t = Konsentrasi limbah POPs setelah degradasi



Gambar 5. Hubungan Absorbansi Vs Waktu Kontak pada Konsentrasi 0,5 ppm



Gambar 6. Hubungan Absorbansi Vs Konsentrasi limbah POPs

Gambar 7. Hubungan Absorbansi Vs Waktu Kontak pada Konsentrasi 8 M

4. SIMPULAN

Metoda fotolisis dengan menggunakan cahaya matahari ($\lambda = 365$) nm mendegradasi limbah POPs dengan konsentrasi 0,5 ppm sebanyak 50 mL dengan waktu irradiasi selama 2,5 jam kemudian di ukur absorbansinya seetiap 30 menit. Untuk senyawa limbah POPs pada konsentrasi yang sama, waktu irradiasi yang sama dengan penambahan 50 mL terdegradasi sebanyak 28,42%, dan jika diaduk selama proses irradiasi berlangsung terdegradasi sebanyak 82,30%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kemristekdikti yang telah memberikan dana hibah penelitian. Banyak-banyak terimakasih juga kami ucapkan kepada Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Halu Oleo dan dosen pembimbing kami yang selalu meluangkan waktu dan dukungannya kepada kami dalam melakukan seluruh kegiatan ini.

Semoga apa yang dilakukan dalam kegiatan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, A., 2015, Pengaruh Bahan Kimia Terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan, *JF FIK UINAM*, **3(4)**.
- Dwiasi, D. W., Setyaningtyas, T., 2014, Fotodegradasi Zat Warna Tartrazin Limbah Cair Industri Mie Menggunakan Fotokatalis TiO_2 - Sinar Matahari, *Molekul*, **9(1)**.
- Edward, 2016, Kontaminasi senyawa poliklorobifenil (PCB) pada kerang hijau, Perna viridis dari Teluk Jakarta, *Pusat Penelitian Oseanografi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia*, **ISSN Cetak: 2089-7790**.
- Ge, M.Z., Cao, C.Y., Huang, J.Y., Li, S.H., Zhang, S.N., Deng, S., Li, Q.S., Zhang, K.Q. and Lai, Y.K., 2016, Synthesis, Modification, and Photo/Photoelectrocatalytic Degradation Applications of TiO_2 Nanotube Arrays: A Review, *Nanotechnol Rev.*, **5(1)**, 75–112.
- Indriyani, Y., Sutanto, H., dan Nurhasanah, I., 2017, Analisis Sifat Optis Lapisan Tipis $TiO_2:N$ Untuk Fotodegradasi *Direct Blue 71*, *Jurnal Ilmiah Teknosains*, **3(2)**.
- Naimah, S., Ardhanie, S. A., Jati, B. N., Aidha, N. N., Arianita, C. A., 2014, Degradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO_2 -Zeolit, *Jurnal Kimia Kemasan*, **36**.
- Poernomo, H., Biyantoro, D., Purwani, M. V., 2016, Kajian Konsep Teknologi Pengolahan Pasir Zirkon Lokal Yang Mengandung Monasit, Senotim, Dan Ilmenit, *Eksplorium*, **37(2)**.
- Rahman, S., 2017, Sintesis Dan Karakterisasi Fotokatalis Titanium (IV) Oksida (TiO_2) Terdoping Perak (Ag) Menggunakan Metode Sonikasi Untuk Mendegradasi Bakteri *escherichia coli*, skripsi, Univesitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim.
- Salim, A. A., Sudaryanto, 2016, Penambahan N Pada TiO_2 Dan Pengaruhnya Pada Energi *Band Gap* TiO_2 Sebagai Bahan Pengolah Limbah, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Aplikasi Reaktor Nuklir*, **ISBN 976-602-6423-00-9**.
- Warlina, L., 2009, Persistent Organic Pollutans (Pops) Dan Konvensi Stockholm, *Jurnal Matematika, Sains, dan Teknologi*, **10(2)**.
- Zharvan, V., Risqa, D., Hadi, S., Nur, I.A.S., Gatut, Y. and Darminto, 2015, Fabrikasi Lapisan TiO_2 Menggunakan Metode *Spin-Coating* dengan Variasi Pengadukan dan Karakterisasi Sifat Optisnya, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **11(1)**, 41.