

Peningkatan Kemampuan Degradasi ZnO Terhadap Rhodamin B Dengan Impregnasinya Pada Karbon Aktif Dari Ampas Tebu

Winda Anisa¹, Miftahul Khair²

^{1,2}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Indonesia

*miftah@fmipa.unp.ac.id

Abstract — Research has been carried out with the aim of knowing the characteristics of activated carbon made from bagasse waste to be used as a support for zinc oxide (ZnO) catalysts using the impregnation method and the ability of the catalyst to degrade Rhodamin B dyes. Activated carbon is impregnated with $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ with variations activated carbon 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% to 15 gram mass of $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. The impregnated KA/ZnO was then contacted with 10 ppm Rhodamine B dye with a degradation time of 120 minutes. The mass of KA/ZnO used was 25 mg, 50 mg and 75 mg. The FTIR (Fourier Transform Infra Red) results of the KA/ZnO catalyst show that Zn-O molecules have entered into the pores of the activated carbon marked by the appearance of absorption peaks at wavelengths of 426.28 cm^{-1} , 419.52 cm^{-1} , and 437.85 cm^{-1} . The results of UV-Vis spectrophotometer measurements obtained the highest degradation percentage of Rhodamin B dye, namely 88.23% at 10% KA/ZnO with a catalyst mass of 75 mg.

Keywords — Photodegradation, Impregnation, Activated Carbon, Rhodamin B, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

I. PENDAHULUAN

Kemajuan industri terus berkembang seiring dengan berjalannya waktu. Hal ini tentu memberikan dampak positif seperti meningkatnya lapangan pekerjaan bagi masyarakat Indonesia. Namun disamping itu terdapat dampak negatif yang dihasilkan oleh industri salah satunya pencemaran lingkungan (Wismayanti *et al.*, 2008). Industri memiliki pengaruh sangat besar terhadap lingkungan, karena dapat mengubah hasil alam menjadi produk baru yang berguna namun disamping itu juga dapat mencemari lingkungan seperti limbah cair, padat, maupun sludge yang dihasilkan diketahui berbahaya terhadap lingkungan jika tidak ditangani dengan benar sebelum dibuang ke lingkungan.

Salah satu industri yang saat ini berkembang pesat yaitu industri tekstil. Pada industri tekstil biasanya menggunakan zat warna sintesis untuk mewarnai produk yang akan di produksi. Dalam industri tekstil, sebagian besar zat warna yang digunakan pada saat pewarnaan akan dibuang menjadi limbah cair. Secara umum zat warna yang digunakan pada industri tekstil merupakan senyawa organik yang memiliki struktur aromatik dimana sangat sulit untuk terdegradasi secara alami dan dapat merusak lingkungan (Ayu *et al.*, 1907). Salah satu zat warna tekstil yang banyak digunakan yaitu Rhodamine B.

Rhodamine B adalah zat pewarna sintesis yang biasanya digunakan pada industry tekstil serta kertas. Pembuangan

air limbah Rhodamine B secara langsung ke lingkungan dapat menyebabkan terganggunya mikroorganisme dan hewan yang hidup di perairan. Rhodamine B juga berdampak buruk terhadap kesehatan tubuh manusia jika terkontaminasi, seperti iritasi pada kulit, mata, mengganggu sistem pernapasan serta beracun bagi sistem reproduksi dan saraf (Sonker *et al.*, 2020). Rhodamine B termasuk kedalam senyawa yang tidak mudah terurai oleh mikroorganisme secara alami (Purnamawati *et al.*, 2015).

Disebabkan oleh dampak buruk dan sulit terurainya zat warna ini diperlukanlah cara lain untuk menurunkan kadar Rhodamin B didalam air, salah satu cara tersebut yaitu memanfaatkan katalis yang berasal dari pencampuran ZnO dengan karbon aktif yang berasal dari ampas tebu dengan memanfaatkan sifat fotokatalitik dari ZnO yang berperan sebagai katalisator pada proses degradasi senyawa limbah organik. Pada proses fotokatalitik senyawa organik akan terurai menjadi gas CO_2 , air serta garam mineral (Poluakan *et al.*, 2015).

Fotokatalis semikonduktor menjadi sangat menarik karena kontribusinya yang potensial dalam bidang perbaikan lingkungan. Secara khusus, TiO_2 telah banyak digunakan sebagai fotokatalis untuk menghilangkan polutan yang ada di air. Meskipun sebagian besar studi fotokatalitik menggunakan TiO_2 sebagai fotokatalis yang efektif, ZnO juga mendapat perhatian karena sifat fotokatalitiknya yang menguntungkan. Pengembangan bahan untuk studi fotokatalitik yang efisien menjadi

tantangan. Beberapa metode telah dilakukan untuk mempersiapkan fotokatalis seperti metode sol-gel, proses hidrotermal, presipitasi dan impregnasi (Abdessemed *et al.*, 2019).

Impregnasi adalah metode paling sederhana serta paling sering digunakan pada pembuatan katalis. Tujuan dari metode impregnasi yaitu untuk mengisi pori-pori suatu bahan dengan larutan garam logam dengan konsentrasi tertentu. Secara garis besar pembuatan katalis dilakukan dengan melalui beberapa tahap seperti impregnasi, pengeringan dan kalsinasi (Ginting *et al.*, 2017).

II. METODA PENELITIAN

A. Alat

Peralatan gelas kimia laboratorium, oven, *Furnance*, *magnetic stirrer*, FTIR, UV-Vis, dan X-Ray Diffraction.

B. Bahan

Karbon aktif ampas tebu, $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, rhodamin b, aquades.

C. Prosedur Penelitian

1. Proses pembuatan katalis AC-ZnO

Karbon aktif yang telah di sintesis di impregnasi menggunakan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Sebanyak 15 gram $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ dalam 160 mL air dicampurkan dengan karbon aktif (dengan rasio 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% massa Zn-Nitrat terhadap KA). Campuran diimpregnasi selama 5 jam pada suhu ruang (Abdessemed *et al.*, 2019) dan di shacker dengan kecepatan 250 rpm. Setelah diimpregnasi, selanjutnya katalis dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga diperoleh padatan kering (Fanani & Ulfindrayani, 2019) kemudian di panaskan dalam furnace dalam suhu 400°C selama 6 jam (Abdessemed *et al.*, 2019). Selanjutnya karbon aktif didinginkan dalam desikator hingga suhu ruang.

2. Karakterisasi katalis KA/ZnO

Katalis yang sudah dibuat selanjutnya di karakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*).

3. Uji aktifitas fotokatalitik katalis KA/ZnO terhadap zat warna Rhodamin B

Sebanyak 25 mg, 50 mg, dan 75 mg KA/ZnO dengan perbandingan konsentrasi (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) di interaksikan dengan larutan zat Rhodamin B 20 mL dengan konsentrasi 10 ppm. Selanjutnya di shacker dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit dan diradiasi dengan sinar UV selama 120 menit. Kemudian di saring lalu filtrat di ukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis (Abdessemed *et al.*, 2019).

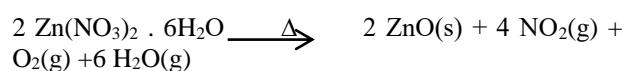
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Katalis Berbasis Karbon Aktif yang di Impregnasi dengan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan katalis yang berasal dari karbon aktif yang diimpregnasi dengan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Katalis yang dihasilkan dapat digunakan menjadi salah satu alternatif untuk pendegradasi limbah zat warna Rhodamin B. Karbon aktif dapat digunakan sebagai salah satu penyangga katalis yang lebih baik dibandingkan dengan penyangga lain, seperti zeolit, silica maupun alumina dikarenakan karbon aktif memiliki permukaan yang sangat luas dan memiliki stabilitas panas yang baik (Jyoti *et al.*, 2014).

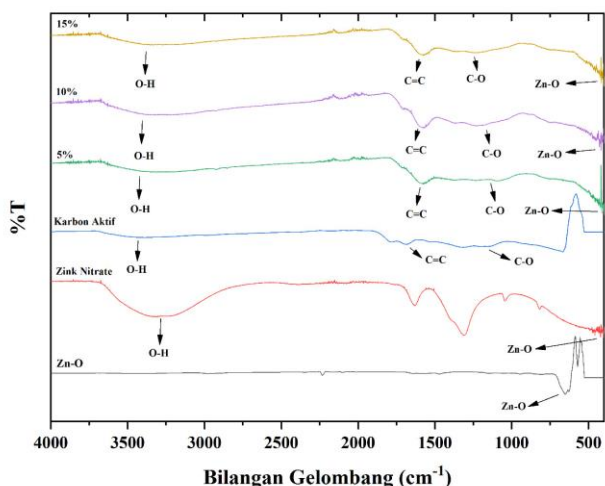
Salah satu modifikasi dari karbon aktif yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan impregnasi karbon aktif dalam larutan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, sehingga menghasilkan katalis Karbon Aktif/ZnO. Proses impregnasi merupakan salah satu cara yang paling mudah dan murah agar ZnO dalam larutan $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ terperangkap dalam pori-pori karbon aktif. ZnO memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi sehingga dapat meningkatkan kemampuan katalitik dari karbon aktif sebagai katalis. Proses degradasi suatu zat warna merupakan suatu reaksi mineralisasi yang terjadi secara lambat saat zat warna menyerap foton, sehingga pada proses fotodegradasi dapat ditingkatkan dengan menambahkan ZnO sebagai fotokatalis.

Proses pembuatan katalis Karbon aktif/ZnO diawali dengan preparasi sampel karbon aktif dari ampas tebu yang diaktivasi secara fisika menggunakan microwave. Selanjutnya karbon aktif dengan perbandingan 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap 15 gram $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ dalam 160 mL aquades diimpregnasi dengan shaker selama 5 jam. Pengadukan dilakukan agar campuran dapat bercampur secara homogen dan mempercepat proses menempelnya ZnO pada karbon aktif. Campuran yang terbentuk dipisahkan dengan kertas saring kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C dengan tujuan untuk membersihkan pori-pori karbon dari air dan pengotor lainnya. Selanjutnya Karbon Aktif/ZnO dikalsinasi pada suhu 400°C selama 6 jam untuk membersihkan pori-pori karbon aktif dari ZnO yang tidak terikat pada karbon aktif.



Pada proses impregnasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi salah satunya adalah waktu impregnasi. Waktu impregnasi menandakan waktu kontak antara karbon aktif dengan larutan untuk menyerap suatu logam. Semakin lama waktu kontak maka akan semakin banyak logam yang akan terjerap didalam karbon aktif karena akan semakin banyak kesempatan partikel karbon aktif berinteraksi dengan logam yang menyebabkan semakin banyak logam yang terikat didalam pori-pori karbon aktif. Pada penelitian ini hanya dilakukan impregnasi selama 5 jam.

B. Karakterisasi dengan FTIR



Gambar 1. FTIR dari a. ZnO b. Zinc Nitrat c. Karbon Aktif d. KA/ZnO 5% e. KA/ZnO 10% f. KA/ZnO 15%

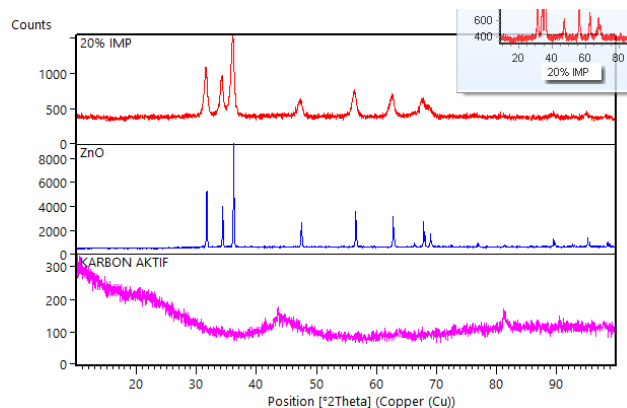
Gambar 1.a adalah hasil pengukuran FTIR dari ZnO. Pada spektrum ZnO ini menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 527,86 cm⁻¹ yang mengindikasikan vibrasi ulur dari Zn-O.

Gambar 1.b adalah hasil pengukuran FTIR dari Zinc Nitrat, berdasarkan spektrum dapat diamati bahwa terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 3265,54 cm⁻¹ yang mengindikasikan adanya gugus hidroksil (-OH) pada zinc nitrat. Kemudian pada bilangan gelombang 417,60 cm⁻¹ diduga merupakan vibrasi ulur dari Zn-O.

Gambar 1.c adalah hasil pengukuran FTIR dari karbon aktif. Berdasarkan spektrum dapat dilihat bahwa adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3358,57 cm⁻¹ yang diduga merupakan gugus fungsi dari O-H (stretching) dari selulosa dan lignin pada karbon aktif. Kemudian adanya pita serapan pada daerah 1216,20 cm⁻¹ yang mengindikasikan gugus fungsi C-O dan pada bilangan gelombang 1599,06 cm⁻¹ mengindikasikan gugus fungsi C=C aromatik eter dari lignin. Berdasarkan teoritisnya karbon aktif memiliki gugus fungsional -OH, C=C, dan C-O (Fitri et al.,2017).

Gambar 1. d, e, dan f adalah hasil pengukuran FTIR dari katalis KA/ZnO dengan variasi Karbon Aktif 5%, 10%, dan 15%. Setelah terimpregnasi oleh zinc nitrat, karbon aktif memiliki puncak tambahan yang terlihat pada puncak yang muncul yaitu pada daerah *fingerprint*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa serapan yang ada didalamnya yaitu pada bilangan gelombang 426,28 cm⁻¹, 419,52 cm⁻¹, dan 437,85 cm⁻¹ yang merupakan puncak serapan dari Zn-O.

C. Karakterisasi dengan XRD



Gambar 2. XRD dari a. Karbon Aktif, b. ZnO, c. KA/ZnO 20%

Gambar 2.a adalah pola XRD dari karbon aktif. Berdasarkan pola difraksi dapat diamati bahwa karbon aktif memiliki bentuk amorf. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil pola XRD yang menunjukkan bentuk yang tidak beraturan, dimana hal ini merupakan ciri dari amorf.

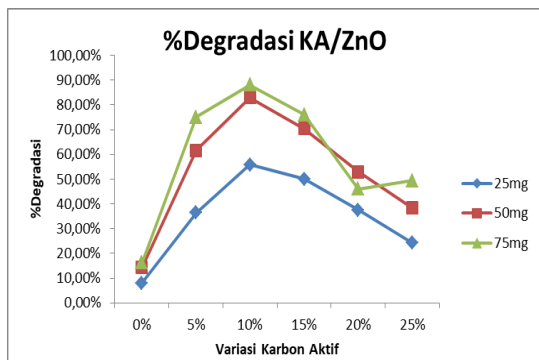
Gambar 2.b adalah pola XRD dari ZnO. Berdasarkan pola difraksi dapat amati bahwa ZnO merupakan kristal yang memberikan intensitas yang dominan yaitu pada sudut 2θ 31,76; 34,41; dan 36,25.

Gambar 2.c adalah pola XRD dari katalis KA/ZnO. Berdasarkan pola difraksi KA/ZnO dapat dilihat dengan jelas bahwa adanya pola yang sama dengan pola ZnO, dimana pola ini didukung oleh sudut difraksi yang muncul pada kisaran daerah 2θ 31,62; 34,32; dan 36,09. Berdasarkan hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa tidak terlihat adanya pola difraksi khas dari karbon aktif yang memiliki pola difraksi amorf. Hal tersebut diduga karena jumlah karbon aktif yang digunakan sedikit sehingga tidak mempengaruhi hasil dari pola difraksi.

D. Uji aktifitas fotokatalitik Zn(NO3)2.6H2O dan katalis KA/ZnO terhadap zat warna Rhodamin B

Uji aktifitas fotokatalitik dari Zn(NO3)2.6H2O dan katalis KA/ZnO (variasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%) dilakukan untuk mendegradasi zat warna Rhodamin B konsentrasi 10 ppm dengan penyinaran lampu UV yang memiliki panjang gelombang 254 nm dengan lama penyinaran 2 jam. Hasil degradasi zat warna Rhodamin B Zn(NO3)2.6H2O dan katalis KA/ZnO diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 554 nm.

Uji aktifitas fotokatalitik dari katalis KA/ZnO ini dilakukan dengan melihat pengaruh massa dari katalisnya yaitu massa 25mg, 50mg, dan 75 mg terhadap degradasi Rhodamin B. Hasil uji aktifitas fotokatalitik dari katalis KA/ZnO dapat dilihat pada gambar 3.



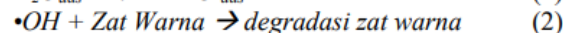
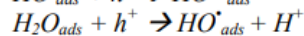
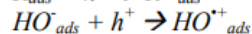
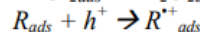
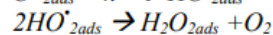
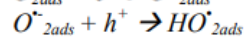
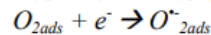
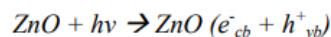
Gambar 3. Grafik hasil persen degradasi larutan Rhodamin B 10 ppm tanpa katalis, katalis KA/ZnO dengan variasi KA 5%; 10%; 15%; 20%; dan 25%

Berdasarkan hasil dari pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan variasi massa KA/ZnO yang dikontakkan dengan Rhodamin B yaitu 25mg, 50mg, dan 75mg. Pada hasil degradasi zinc nitrat murni (0%) tanpa ditambahkan karbon aktif, terlihat hasil degradasi terhadap Rhodamin B hanya 8,01% pada massa 25mg, 14,30% pada massa 50mg, dan 16,21% pada massa 75mg. Hal ini menunjukkan bahwa zinc nitrat dapat berperan sebagai fotokatalis hanya saja sangat rendah dan kurang efektif.

Selanjutnya degradasi Rhodamin B menggunakan fotokatalis KA/ZnO dengan variasi karbon aktif 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Dari hasil data diatas dapat dilihat bahwa semakin meningkat massa KA/ZnO yang digunakan pada proses degradasi maka persentase degradasi Rhodamin B semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena KA/ZnO sebagai fotokatalis membantu proses degradasi Rhodamin B dan menyebabkan degradasi berlangsung cepat. Fotokatalis yang memiliki kemampuan degradasi tertinggi yaitu pada variasi 10% dengan massa 75mg. Pada hasil data diatas terlihat bahwa telah terjadi kontak antar molekul dari Rhodamin B dengan katalis KA/ZnO sehingga mengakibatkan molekul dari Rhodamin B terdegradasi oleh radikal hidroksil yang dihasilkan pada proses fotokatalitik. Hasil degradasi Rhodamin B dapat dilihat dari perubahan zat warna sebelum dan sesudah degradasi. Perubahan pada zat warna Rhodamin B terjadi karena adanya serangan dari hidroksil radikal dengan energi besar terhadap molekul organik Rhodamin B (Wahyu & Dini, 2014). Tingginya hasil dari persen degradasi yang didapatkan menunjukkan bahwa telah terjadi interaksi antara molekul Rhodamin B dengan katalis KA/ZnO yang mengakibatkan molekul Rhodamin B terdegradasi oleh hidroksil radikal yang dihasilkan pada saat proses fotokatalitik.

Fotokatalis semikonduktor seperti ZnO apabila terkena oleh sinar UV dengan energi foton sama besar atau lebih besar dari energi eksitasinya, maka akan membentuk elektron pada pita konduksi dan hole pada pita valensi. Elektron yang dihasilkan akan bereaksi dengan oksigen didalam air akan membentuk anion (O^{2-})

yang selanjutnya akan mengoksidasi secara kuat hidroksil radikal ($\bullet OH$). Sedangkan hole akan mengoksidasi hidroksil yang terlarut dan mengubahnya menjadi radikal dengan energi yang besar. Hidroksil radikal dengan energi besar tersebut selanjutnya akan mendekomposisi polutan organik yang terdapat dalam zat cair menjadi gas yang selanjutnya menguap atau menjadi zat lain yang tidak berbahaya (Wahyu & Dini, 2014).



IV. KESIMPULAN

1. Katalis KA/ZnO yang dibuat dengan metode impregnasi berhasil dibuat ditandai dengan adanya gugus Zn-O pada spektrum FTIR.
2. Efektivitas katalis KA/ZnO dalam mendegradasi zat warna Rhodamin B optimum pada variasi 10% dengan massa KA/ZnO 75 mg yaitu 88,22%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada kedua orang tua, dosen penasehat akademik, dan rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam penulisan artikel ini.

REFERENSI

- [1] Abdessemed, A., Rasalingam, S., Abdessemed, S., Djebbar, K. E. Z., & Koodali, R. (2019). Impregnation of ZnO onto a vegetal activated carbon from algerian olive waste: A sustainable photocatalyst for degradation of ethyl violet dye. *International Journal of Photoenergy*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4714107>
- [2] Ayu, I. G., Saraswati, A., Diantariani, N. P., & Suarya, P. (1907). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (uv). *Issn 1907-9850*. 175-182
- [3] Fanani, N., & Ulfindrayani, I. F. (2019). Synthesis of activated carbon (ac) from bamboo waste as a support of zinc oxide (zno) catalyst. *Konversi*, 8(2), 108-112. <https://doi.org/10.20527/k.v8i2.7183>
- [4] Fitri, M., Sari, P., Loekitowati, P., & Mohadi, R. (2017). Penggunaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket. 7(1), 37-40. <https://doi.org/10.19081/jpsl.2017.7.1.37>
- [5] Ginting, S. O. B., Tarigan, D., & Hindryawati, N. (2017). Impregnasi Natrium Hidroksida Pada Karbon Aktif Cangkang Jengkol Sebagai Katalis Dalam Pembuatan Biodiesel. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 143-147.
- [6] Jyoti, L., Boro, J., & Deka, D. (2014). Review on latest developments in biodiesel production using carbon-based catalysts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 546-

564. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.003>
- [7] Permata, D. G., Ni Putu D, Ida Ayu. (1907). Degradasi fotokatalitik fenol menggunakan fotokatalis zno dan sinar uv. *Jurnal Kimia* 10 (2), juli 2016: 263–269.
- [8] Poluakan, M., Wuntu, A., & Sangi, M. S. (2015). Aktivitas Fotokatalitik TiO₂ – Karbon Aktif dan TiO₂ – Zeolit pada Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow. *Jurnal MIPA*, 4(2), 137. <https://doi.org/10.35799/jm.4.2.2015.9038>
- [9] Purnamawati, K. Y., Budiarsa Suyasa, I., & Mahardika, I. (2015). Penurunan Kadar Rhodamin B Dalam Air Limbah Dengan Biofiltrasi Sistem Tanaman. *ECOTROPIC: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 9(2), 46. <https://doi.org/10.24843/ejes.2015.v09.i02.p08>
- [10] Sonker, R. K., Hitkari, G., Sabhajeet, S. R., Sikarwar, S., Rahul, & Singh, S. (2020). Green synthesis of TiO₂ nanosheet by chemical method for the removal of Rhodamin B from industrial waste. *Materials Science and Engineering B: Solid-State Materials for Advanced Technology*, 258(May), 114577. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2020.114577>
- [11] Wahyu, E., & Dini, P. (2014). Degradasi metilen blue menggunakan fotokatalis ZnO-zeolit. *Chemistry Progress*, 7(1), 29–33. <https://doi.org/10.35799/cp.7.1.2014.4852>
- [12] Wismayanti, D. A., Diantarini, N. P., & Santi, S. R. (2008). Pembuatan Komposit ZnO-Arang aktif sebagai Fotokatalis untuk mendegradasi Zat Warna Metilen Biru. *Issn 1907-9850*. 109–116.