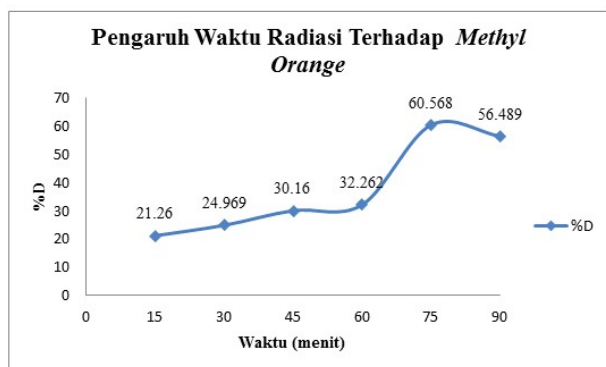


REFERENSI

- [1] sNaimah, Siti, Silvie Ardhanie A., Jati, B. N., Aidha, N. N., & Agustina Arianita C. 2014. *Degradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Fotokatalitik menggunakan Nanokomposit TiO₂-Zeolit*. J. Kimia Kemasan. 36: 226.
- [2] Safni, Wulandari, D. F., Zulfarman, Maizatisna, & Sakai, T. 2008. *Degradasi Indigo Carmine secara Sonolisis dan Fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase*. J. Sains MIPA. 14(3): 143.
- [3] Nababan, C. M., Iriyanti, R. S., & Yelmida. 2017. *Model Kesetimbangan Adsorpsi Zat Warna Direct Brown menggunakan Limbah Padat Pulp dan Kertas (Dregs) dengan Proses Batch*. Jom FTEKNIK. 4(2): 1.
- [4] Dhir, R. 2020. *Photocatalytic degradation of methyl orange dye under UV irradiation in the presence of synthesized PVP capped pure and gadolinium doped ZnO nanoparticles*. Chemical Physics Letters. 746. 137302. doi: 10.1016/j.cplett.2020.137302.
- [5] Dhamayanti, Wijaya, K., & Tahir, I. 2005. *Fotodegradasi Zat Warna Metil Orange menggunakan Fe₂O₃-Motmorillonit dan Sinar Ultraviolet*. Prosiding Seminar Nasional. FMIPA UGM.
- [6] Fitriani, A. E. 2016. *Penurunan Konsentrasi Metil Orange dengan Variasi Dosis Koagulan Ekstrak NaCl-Biji Asam Jawa serta pH Larutan dan Konsentrasi Metil Orange*. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- [7] Sanjaya, H., Hardeli, & Syafitri, R. 2018. *Degradasi Metil Violet menggunakan Katalis ZnO-TiO₂ secara Fotosonolisis*. EKSAKTA. 19(1): 92.
- [8] Sistesya, D., & Sutanto, H. 2013. *Sifat Optis Lapisan ZnO:Ag yang dideposisi di atas Substrat Kaca menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) dan Aplikasinya pada Degradasi Zat Warna Methylene Blue*. Youngster Physics Journal. 1(4): 71-80.
- [9] Wardhani, S. et al. 2015. *Sintesis Fotokatalis Fe₂O₃-Zeolit untuk Uji Fotodegradasi Zat Warna Jingga Metil*. Prosiding SEMIRATA. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- [10] Fitrah, A. 2016. *Degradasi Zat Warna Rhodamin B secara Sonolisis menggunakan Katalis ZnO-H₂O₂*. Jurnal Dimensi. 1(1).
- [11] Youssef, N. A., Seham A. Shaban, Fatma A. Ibrahim, Aya S. Mahmoud. 2016. *Degradation of Methyl Orange using Fenton Catalytic Reaction*. Egypt. J. Petrol.
- [12] Sanjaya, H., Rida, P., & Ningsih, S. K. 2017. *Degradasi Methylene Blue menggunakan Katalis ZnO-Peg dengan Metode Fotosonolisis*. EKSAKTA. 18(1): 19-21.
- [13] Ferinda, S. 2017. *Degradasi Rhodamin B menggunakan Katalis ZnO-TiO₂ dengan Metode Fotosonolisis*. Skripsi. Universitas Negeri Padang.

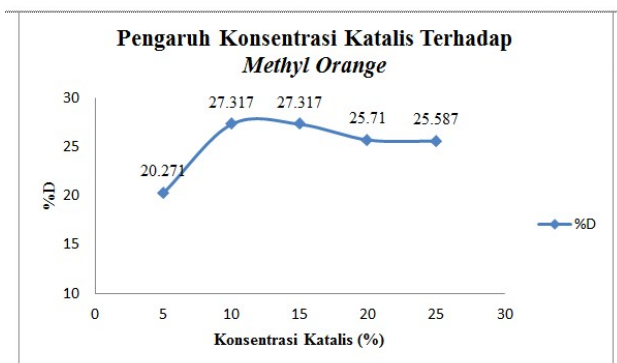


Gambar 1. Kurva degradasi methyl orange menggunakan katalis ZnO secara fotosonolisis

B. Degradasi Methyl Orange dengan Variasi Konsentrasi Katalis ZnO/TiO₂ secara Fotosonolisis

Konsentrasi katalis ZnO/TiO₂ yang digunakan dalam proses degradasi methyl orange bervariasi yaitu 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% (Gambar 2). Gambar 2 menunjukkan bahwa pada konsentrasi katalis ZnO/TiO₂ 10% persentase degradasi meningkat secara signifikan yaitu dari 20,27% menjadi 27,32%. Peningkatan persentase degradasi terjadi akibat banyaknya jumlah fotokatalis TiO₂ yang bertambah pada larutan methyl orange. Banyaknya jumlah tersebut dapat meningkatkan jumlah sisi aktif dari fotokatalis, sehingga energi foton yang terserap bertambah serta dapat meningkatkan pembentukan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) pada proses degradasi methyl orange [9].

Penambahan katalis ZnO/TiO₂ pada konsentrasi 20% dan 25% mengakibatkan terjadinya penurunan persen degradasi pada larutan methyl orange yaitu 25,71%-25,59%. Penambahan TiO₂ secara berlebih dapat menyebabkan sisi aktif katalis yang berinteraksi dengan sampel tidak memperoleh penetrasi foton secara optimal serta dapat terjadinya rekombinasi elektron dan hole sebelum ke permukaan sehingga mengurangi pembentukan radikal hidroksil [12]. Berdasarkan data diketahui bahwa pada penambahan doping TiO₂ 10% merupakan konsentrasi optimum yang diperoleh untuk mendegradasi methyl orange dengan persentase degradasi 27,2%.

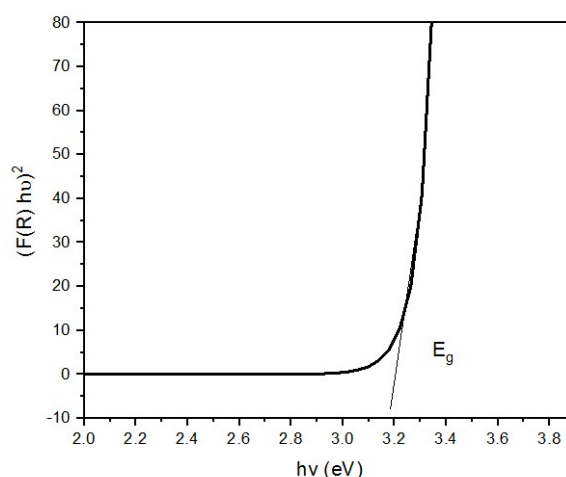


Gambar 2. Kurva degradasi methyl orange secara fotosonolisis

C. Karakterisasi Katalis

1. Karakterisasi Katalis ZnO/TiO₂ optimum dengan UV-DRS

Karakterisasi menggunakan UV-DRS bertujuan untuk mengetahui nilai band gap dari fotokatalis yang dihasilkan. Nilai band gap berpengaruh terhadap kinerja semikonduktor dalam mengalirkan elektron dan hole. Berdasarkan hasil yang diperoleh, nilai band gap pada katalis ZnO/TiO₂ 10% dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik band gap ZnO/TiO₂ 10% dengan UV-DRS

Penggabungan ZnO dan TiO₂ menyebabkan terbentuknya pita tambahan yang mengakibatkan turunnya nilai band gap pada katalis [13]. Penambahan TiO₂ dapat menyebabkan terjadinya transfer elektron dan hole dari satu semikonduktor ke semikonduktor lain yang dapat mengurangi band gap energi. Adapun nilai band gap dari ZnO/TiO₂ 10% yaitu 3,17 eV.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Proses degradasi larutan methyl orange 10 ppm pada pH 2 dengan variasi waktu radiasi secara fotosonolisis diperoleh hasil waktu optimum pada 75 menit dengan persentase degradasi 60,57%.
- 2) Pengaruh konsentrasi katalis pada proses degradasi methyl orange pada waktu optimum diperoleh pada konsentrasi katalis ZnO/TiO₂ 10% dengan persen degradasi 27,32%.
- 3) Karakterisasi katalis ZnO/TiO₂ 10% dengan UV-DRS diperoleh nilai band gap sebesar 3,17 eV.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dosen Pembimbing dan rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam penulisan artikel ini. Selanjutnya terima kasih kepadaseluruhanalisis Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang atas sarana dan dukungannya.

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: zat warna *methyl orange*, ZnO BDH Chemicals, metanol p.a KGA, TiO₂, HCl 1 M, NaOH 1 M dan aquades.

B. Alat

Alat yang digunakan yaitu: box fotokatalis dengan 2 buah lampu UV 15 watt Germicidal Yamono dan ultrasonik 50 KHz Ultrasonic Cleaner Sunshine Csp889, magnetic stirrer ATE VELD Scientifica Magnetic Stirrer, oven Xu 225 France Etuves, neraca analitis Kern & Sohn GmbH, furnace Ht40 AL, Spektrofotometer UV-Vis Agilent 8453, Spektrofotometer UV-Vis T70 Spectrophotometer, Spektrofotometer UV-DRS Analytic Jena, pH meter HI 2211 pH/ORP Meter Hanna Instrument dan peralatan gelas.

C. Prosedur Penelitian

1. Preparasi Katalis ZnO/TiO₂

Katalis ZnO dan TiO₂ masing-masing sebanyak 0,95 gram dan 0,05 gram dilarutkan dalam 100 mL metanol p.a, kemudian larutan distirrer selama 60 menit dan disonikasi selama 30 menit agar homogen. Selanjutnya larutan tersebut dipanaskan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 60 menit serta dikalsinasi pada suhu 500°C selama 30 menit sehingga diperoleh serbuk ZnO/TiO₂ 5%. Proses yang sama dilakukan untuk memperoleh katalis berkonsentrasi 10%, 15%, 20% dan 25%.

2. Pembuatan Larutan Methyl Orange

Zat warna *methyl orange* sebanyak 0,05 gram dilarutkan dalam 250 mL aquades sehingga diperoleh larutan *methyl orange* sebagai larutan induk 200 ppm. Larutan induk kemudian dipipet sebanyak 50 mL dan dilakukan pengenceran menggunakan aquades maka diperoleh larutan *methyl orange* 10 ppm.

3. Degradasi Methyl Orange secara Fotosonolisis

Sebelum proses degradasi, terlebih dahulu larutan *methyl orange* diukur absorbansi maksimumnya untuk mengetahui panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) dengan Spektrofotometer UV-VIS pada rentang panjang gelombang 400-800 nm.

Setelah proses degradasi, dilakukan pengukuran absorbansi terhadap larutan *methyl orange* pada panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) serta perhitungan persentase degradasi (%D) dengan persamaan berikut:

$$\%D = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100\%$$

Dimana A_0 merupakan absorbansi sebelum proses degradasi dan A_t merupakan absorbansi sesudah proses degradasi pada waktu t .

a. Degradasi methyl orange dengan variasi waktu radiasi secara fotosonolisis

Sebanyak 80 mL larutan *methyl orange* 10 ppm yang diatur pada pH 2 dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL dan ditambahkan 0,1 gram ZnO, kemudian ditempatkan ke dalam kotak yang telah dirangkai dengan lampu UV 15 watt dan disonikasi dengan ultrasonik frekuensi 50 KHz daya 50 watt selama 15 menit. Perlakuan yang sama dilakukan pada waktu 30 hingga 90 menit dengan waktu berkala 15 menit.

b. Degradasi methyl orange dengan variasi konsentrasi katalis ZnO/TiO₂ secara fotosonolisis

Sebanyak 80 mL larutan *methyl orange* 10 ppm yang diatur pada pH 2 dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi ZnO/TiO₂ 5% sebanyak 0,1 gram, selanjutnya larutan didegradasi dengan cara ditempatkan dalam kotak yang telah dirangkai dengan lampu UV 15 watt dan disonikasi dengan ultrasonik frekuensi 50 KHz daya 50 watt pada waktu maksimum degradasi *methyl orange*. Perlakuan yang sama dilakukan pada penambahan ZnO/TiO₂ 10%, 15%, 20% dan 25%.

4. Karakterisasi Katalis

Katalis ZnO/TiO₂ maksimum dari proses degradasi *methyl orange* dikarakterisasi menggunakan UV-DRS untuk mengetahui *band gap* energi dari katalis tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Degradasi methyl orange dengan variasi waktu radiasi menggunakan katalis ZnO secara fotosonolisis

Waktu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses degradasi *methyl orange*. Dengan memvariasikan lama waktu penyinaran yaitu 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit, dengan jangka waktu 15 menit, dilakukan metode fotosonolisis untuk menentukan waktu radiasi dari *methyl orange* (Gambar 1).

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa persentase degradasi *methyl orange* dari menit ke-15 sampai menit ke-75 mengalami kenaikan persentase degradasi. Semakin bertambah waktu untuk proses penyinaran maka fotokatalis akan menyerap lebih banyak energi foton. Pembentukan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) pada permukaan fotokatalis juga semakin bertambah sehingga dapat meningkatkan efektifitas degradasi [9]. Akan tetapi pada menit ke-90 persentase degradasi mengalami penurunan yaitu 56,489%. Hal ini dapat disebabkan oleh berlebihnya H₂O₂ yang dihasilkan dalam proses sonikasi sehingga terjadi reaksi dengan katalis ZnO dan membentuk radikal hidroperoksi ($\cdot\text{OOH}$) [10,11]. Persentase degradasi tertinggi ditunjukkan pada lama waktu radiasi 75 menit yaitu 60,57 %.

Degradasi *Methyl Orange* Secara Fotosonolisis Menggunakan Katalis ZnO/TiO₂

Nurhafizah¹, Hary Sanjaya^{1*}, Hardeli¹, Yohandri²

¹Chemistry Department Universitas Negeri Padang

²Physics Department Universitas Negeri Padang

Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Indonesia

*hary_sanjaya@yahoo.com

Abstract— The textile industry in Indonesia is increasing as a result of which more waste is produced, one of which is dye waste. The resulting waste has an impact on the surrounding environment. To reduce the impact caused by the waste, there are several methods used, one of which is degradation using photolysis method. In this study, the degraded dye was methyl orange using a ZnO/TiO₂ catalyst with the photolysis method. This study aims to determine the optimum time and optimum doping of TiO₂ in degrading methyl orange. The percentage of degradation was obtained from measuring the absorbance value using a UV-VIS spectrophotometer. The maximum wavelength measurement result of methyl orange obtained is 463 nm. The result showed that the optimum radiation time to degrade methyl orange was 75 minutes with a degradation percentage of 60,57%. On the effect of the concentration of the ZnO/TiO₂ catalyst, the optimum degradation percent was 27,32% at a concentration of 10%. For catalyst analysis using UV-DRS, the band gap value of ZnO/TiO₂ was 10 % was 3,17 eV.

Keywords — Degradation, Photolysis, Band gap, Methyl Orange, ZnO/TiO₂

I. PENDAHULUAN

Industri tekstil yang berkembang di Indonesia mengalami kenaikan sangat cepat, seiring dengan banyaknya kebutuhan sandang masyarakat. Perkembangan ini diiringi dengan banyaknya limbah yang dihasilkan serta kurangnya penanganan limbah yang benar [1]. Proses produksi dari industri tekstil menghasilkan zat sisa berupa limbah cair yang mengandung banyak zat warna yang tidak dapat dimanfaatkan kembali. Limbah berbahaya bagi lingkungan, jika pembuangan limbah dialirkan ke sungai-sungai yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berbahaya bagi makhluk hidup[2].

Pada umumnya industri tekstil menggunakan pewarna sintetis dalam proses produksinya, karena pewarna ini lebih mudah diperoleh serta mudah penggunaannya. Pewarna sintetis yang banyak digunakan adalah pewarna golongan azo (-N=N-) yang mana merupakan suatu senyawa yang bersifat karsinogenik dan mutagenik yang dapat menjadi sumber penyakit apabila lama berada di lingkungan [3]. *Methyl orange* adalah pewarna yang umumnya digunakan dalam proses pewarnaan di industri tekstil, plastik, dan industri lainnya [4]. *Methyl orange* juga digunakan di laboratorium sebagai indikator pada proses titrasi [5]. *Methyl orange* dapat menyebabkan kerusakan bagi lingkungan, karena sifatnya yang toksik, *non-biodegradable* dan mutagenik bagi kehidupan [6].

Banyak metode yang sudah digunakan dalam pengolahan limbah cair antara lain: metode kimia, fisika serta biologi.

Metode fotosonolisis merupakan salah satu metode kimia yang digunakan dalam proses degradasi zat warna pada limbah cair yang mana merupakan kombinasi dari metode fotolisis dan sonolisis yang dianggap lebih efisien dan efektif dalam mendegradasi zat warna [7]. Pada metode ini digunakan fotokatalis yang berpotensi mendegradasi limbah zat warna lebih cepat.

ZnO merupakan bahan oksidasi yang baik digunakan sebagai fotokatalis, karena mempunyai aktivitas katalitik yang lebih baik dan dapat menyerap cahaya dalam spektrum yang lebih luas dibandingkan bahan lain [8].

Aktivitas fotokatalitik ZnO dapat meningkat dengan pengurangan *band gap* dari ZnO. *Band gap* ZnO dapat dikurangi dengan penambahan semikonduktor yang memiliki *band gap* lebih kecil dari ZnO. Adapun semikonduktor yang digunakan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik ZnO adalah TiO₂ yang memiliki *band gap* lebih kecil dari ZnO [7].

Dari uraian tersebut, sudah dilakukan penelitian mengenai degradasi zat warna *methyl orange* menggunakan katalis ZnO/TiO₂ secara fotosonolisis. Degradasi zat warna *methyl orange* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lama waktu radiasi dan persentase doping TiO₂ sebagai katalis.