

Degradasi Zat Warna Metil Merah Dengan Katalis ZnO Menggunakan Metode Fotosonolisis

Putri Ayu*¹, Ananda Putra², Hary Sanjaya^{#3}, Indang Dewata⁴, Yohandri⁵

^{1,2,3,4}Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Hamka Air Tawar Barat, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

⁵Jurusan Fisika, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Hamka Air Tawar Barat, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

[#]hary_sanjaya@yahoo.com

Abstract — The research that has been carried out on the photolytic degradation of methyl red uses a ZnO as a catalyst which aims to determine the effect of time and catalyst mass on the degradation of methyl red. The time of degradation is about 30 to 150 minutes while about 0,05 grams to 2,5 grams of catalyst mass is used. The measurement results of the Uv-Vis spectrophotometer were obtained at a wavelength of 435nm with an absorbance 0,2471. In the variation of the degradation time, the highest result was obtained at 60 minutes which was 75,27%. This study shown that hydroxyl radicals ($\cdot\text{OH}$) takes as a main control in degrading of methyl red.

Keywords — methyl red, degradation, ZnO catalyst, photolytic

I. PENDAHULUAN

Industri yang memanfaatkan zat warna dalam berbagai aplikasi saat ini telah meningkat secara drastis. Beberapa dari industri ini yaitu industri tekstil, kertas, keramik, kosmetik dan tinta. Pada umumnya zat warna yang digunakan yaitu zat warna sintetik karena memiliki komposisi yang relatif murah dan variasi warnanya banyak. Senyawa yang terkandung dalam zat warna sintetik ini bersifat toksik yang memberikan efek karsinogenik dan mutagenik yang akan sangat merugikan bagi lingkungan, manusia dan hewan [1].

Metil merah adalah salah satu zat warna sintetik yang banyak dipakai pada berbagai kegiatan industri. Metil merah dengan rumus molekul $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$ disebut juga C.I Acid Red 2 mempunyai sistem kromofor azo yang berikatan dengan gugus aromatic. Zat warna metil merah jika terhirup atau tertelan dapat menyebabkan iritasi kulit, mata dan saluran pencernaan, bersifat mutagen, racun mitosis dan karsinogen, sedangkan limbahnya dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang parah bahkan pada konsentrasi yang rendah [2]. IARC (*International Agency for Research Cancer*) mengategorikan metil merah sebagai bahan penyebab kanker dengan kategori 3 [3]. Oleh karena itu, pengolahan limbah tekstil yang efektif harus dilakukan sebelum dibuang ke lingkungan.

Teknik konvensional telah digunakan untuk mendekontaminasi limbah dalam larutan berair seperti metode biologis, ozonasi, pembakaran dan adsorpsi fase padat. Namun, proses ini memiliki kekurangan diantaranya metode biologis membutuhkan waktu yang lama dan menyebabkan bau tidak sedap, ozonasi berkaitan dengan ketidakstabilan ozon, pembakaran menghasilkan senyawa volatil beracun

serta adsorpsi fase padat menghasilkan lumpur beracun [4]. Metode *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) merupakan metode efektif dalam menangani limbah dalam larutan berair dengan biaya yang relatif rendah dan mampu mengoksidasi zat warna azo menjadi CO dan H_2O . Salah satu metode yang termasuk kedalam AOPs adalah fotosonolisis yang merupakan penggabungan dari fotolisis (sinar ultraviolet) dan sonolisis (gelombang ultrasonik) [5]. Metode ini menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang kemudian menyerang senyawa organik pada molekul zat warna menjadi senyawa yang lebih sederhana [6].

Metode fotosonolisis menggunakan oksida logam semikonduktor seperti ZnO, TiO_2 , Cds dan ZnS untuk dapat digunakan sebagai fotokatalis dibawah sinar UV untuk pengolahan limbah pewarna [7]. Pada penelitian ini degradasi zat warna metil merah menggunakan metode fotosonolisis dengan ZnO sebagai katalis. Mekanisme pada fotokatalis ini terjadi pada saat cahaya mengenai permukaan ZnO yang menyebabkan elektron dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi dan menyebabkan terbentuknya hole⁺ pada pita valensi dan elektron akan berada pada pita konduksi yang kemudian disebut dengan *photo-excitation state*. Hasil akhir yang didapatkan yaitu terbentuknya senyawa superoksida yang melepaskan O_2 dan OH radikal yang dapat mendegradasi polutan organik, sehingga setelah didegradasi zat warna yang dihasilkan berwarna jernih. Penggunaan katalis ZnO terbukti efektif dalam menangani salah satu limbah pewarna yaitu *Methylen Blue* dalam larutan berair menghasilkan persen degradasi sebesar 94,55% [8].

Berdasarkan pemaparan diatas, penelitian ini difokuskan kepada degradasi limbah pewarna metil merah dengan bantuan katalis ZnO menggunakan metode fotosonolisis. Pada

penelitian ini dipelajari bagaimana pengaruh lamanya penyinaran terhadap degradasi zat warna metil merah.

II. METODOLOGI

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu serangkaian alat dalam bentuk kotak yang didalamnya terdapat 3 buah lampu UV 254nm daya 15 watt merk Germicidal yamano dan Ultrasonik (45 kHz) merk Ultrasonic cleaner Sunshine Csp 889, Spektrofotomeer UV-Vis merk Agilent 8543, neraca analitik. Peralatan gelas: gelas kimia, labu ukur, erlenmeyer dan peralatan gelas lainnya.

Penelitian ini menggunakan zat warna metil merah, ZnO sebagai katalis dan aquades.

B. Prosedur penelitian

1. Pembuatan larutan zat warna metil merah.

Model limbah larutan zat warna metil merah didapatkan dengan melarutkan 0,2 gram serbuk metil merah dalam 1000 mL (1L) aquades. Diperoleh larutan induk metil merah dengan konsentrasi 200 ppm. Kemudian larutan induk dipipet sebanyak 50 mL dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas 1000 mL dan didapatkan larutan metil merah dengan konsentrasi 10 ppm.

2. Degradasi metil merah secara fotsonolisis

Sampel metil merah diukur panjang gelombang maksimum (λ_{max}) menggunakan spektrofotometri UV-Vis dalam rentang 400nm-800nm.

Sebanyak 80 mL larutan sampel 10 ppm dimasukkan kedalam gelas piala 250 mL, lalu ditambahkan 0,1 gram ZnO, setelah itu ditempatkan kedalam kotak yang telah dirangkai dengan lampu UV 45 watt dan di sonifikasi dengan alat ultrasonik frekuensi 45 KHz daya 50 watt selama 15 menit. Dilanjutkan dengan selang waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit.

Persentase degradasi (%D) dihitung dengan menggunakan persamaan:

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

Dimana, A_0 merupakan absorbansi sebelum degradasi dan A_t merupakan absorbansi sesudah degradasi.

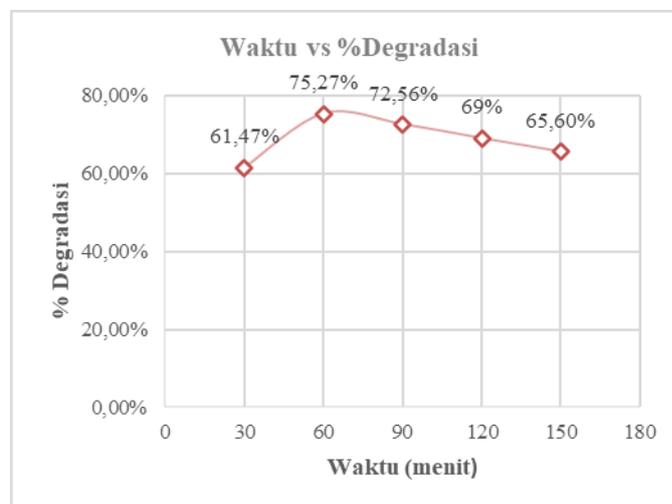
III. PEMBAHASAN

A. Penentuan pengaruh waktu degradasi terhadap zat warna metil merah secara fotsonolisis

Hasil pengukuran absorbansi larutan metil merah menggunakan spektrofotometer Uv-Vis didapatkan absorbansi awal (A_0) sebesar 0,2471 pada panjang gelombang 435nm. Selanjutnya metil merah yang telah didegradasi dengan penambahan ZnO 0,1 gram dengan variasi waktu secara

fotsonolisis diukur absorbansinya kemudian dapat ditentukan persen degradasi (%D) dari larutan metil merah tersebut.

Pada gambar berikut dapat dilihat pengaruh waktu degradasi terhadap metil merah secara fotsonolisis:



Gambar 1. Kurva pengaruh waktu degradasi terhadap larutan zat warna metil merah menggunakan katalis ZnO secara fotsonolisis

Gambar 1 menunjukkan pada menit ke 30 telah terjadi kontak antar molekul metil merah dengan katalis ZnO sehingga mengakibatkan molekul metil merah terdegradasi oleh radikal hidroksil yang dihasilkan pada proses fotsonolisis tetapi persen degradasi (%D) yang dihasilkan masih sedikit yaitu sebesar 61,47%. Persen degradasi tertinggi didapatkan pada menit ke 60 yaitu sebesar 75,27%. Kombinasi iridiasi fotokatalitik ZnO dengan ultrasonik mempercepat laju degradasi dengan peningkatan radikal hidroksil yang dihasilkan. Katalis ZnO berperan pada peningkatan laju pembentukan gelembung kavitasasi dengan memberikan inti tambahan sehingga meningkatkan pembentukan dari molekul $\cdot\text{OH}$ [9].

Mekanisme yang terjadi pada degradasi metil merah melibatkan pemutusan ikatan homolitik antara nitrogen amina dan gugus metil, mekanisme ini dapat terjadi secara berurutan yang mengarah kepada produk sampingan. Selanjutnya terjadi pembentukan radikal hidroksil yang berasal dari oksidasi OH atau H_2O oleh lubang yang mengalami fotogenerasi atau dari reaksi primer elektron yang difotogenerasi dengan oksigen terlarut. Radikal hidroksil menyerang cincin benzene metil merah yang menghasilkan hasil akhir berupa CO_2 dan H_2O [10].

Penurunan persen degradasi pada lama penyinaran 90 menit sampai 150 menit ini diakibatkan karena kemungkinan adanya H_2O_2 berlebih yang dihasilkan pada proses sonikasi kemudian bereaksi dengan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) dan terjadi reaksi dengan katalis ZnO membentuk radikal hidroperoksida. Adanya kehadiran katalis yang menyediakan situs yang lebih aktif untuk fenomena kavitasasi, yang meningkatkan radikal

reaktif dalam jumlah yang lebih tinggi. Radikal-radikal ini umumnya bergabung kembali untuk menghasilkan H_2O , $OH\cdot$, H_2O_2 , dan O_2^- [11].

Penurunan efisiensi fotokatalis juga dapat disebabkan karena hilangnya aktivitas adsorpsi antara katalis dan pewarna sehingga mengurangi molekul organik yang teradsorpsi pada permukaan fotokatalis. Penambahan ZnO secara berlebihan meningkatkan kekeruhan larutan dan menyebabkan sisi aktif zat warna berkontak dengan katalis sehingga penetrasi foton yang terjadi tidak optimal, dan $\bullet OH$ yang dihasilkan berkurang karena disebabkan terjadinya rekombinasi *hole* dan elektron sebelum sampai pada permukaan [12]. Faktor lain yang dapat mempengaruhi penurunan persen degradasi yaitu kemungkinan adanya kehadiran ion/molekul tertentu yang teradsorpsi pada permukaan katalis kemudian bersaing dengan molekul pewarna mengakibatkan pengurangan pembentukan radikal hidroksil sehingga menurunkan efisiensi fotokatalitik.

IV. KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan Proses degradasi metil merah dengan variasi waktu menggunakan metoda fotosonolisis dengan katalis ZnO didapatkan waktu optimum pada menit ke-60 dengan %D sebesar 75,27 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Universitas Negeri Padang, sarana dan dukungannya.

REFERENSI

- [1] Areerob, Y., Yong, J., Kweon, W., & Oh, W. (2018). *Ultrasonics - Sonochemistry Enhanced sonocatalytic degradation of organic dyes from aqueous solutions by novel synthesis of mesoporous Fe₃O₄-graphene / ZnO @ SiO₂ nanocomposites*. *Ultrasonics - Sonochemistry*, 41(August 2017), 267–278.
- [2] Ayare, S. D., & Gogate, P. R. (2020). *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification Sonochemical, photocatalytic and sonophotocatalytic oxidation of flonicamid pesticide solution using different catalysts*. *Chemical Engineering & Processing: Process Intensification*, 154(April), 108040.
- [3] Bejarano-pe, J., & Sua, M. F. (2007). *Sonophotocatalytic degradation of congo red and methyl orange in the presence of TiO₂ as a catalyst*. 14, 589–595.
- [4] Comparelli, R., Cozzoli, P. D., Curri, M. L., Agostiano, A., Mascolo, G., & Lovecchio, G. (2004). *Photocatalytic degradation of methyl-red by immobilised nanoparticles of TiO₂ and ZnO*. *Water Science and Technology*, 49(4), 183–188.
- [5] Daghri, R., Dimboukou-Mpira, A., Seyhi, B., & Drogui, P. (2014). *Photonochemical degradation of butyl-paraben: Optimization, toxicity and kinetic studies*. *Science of the Total Environment*, 490, 223–234.
- [6] Gnanaprakasam, A., Sivakumar, V. M., Sivayogavalli, P. L., & Thirumarimurugan, M. (2015). *Ecotoxicology and Environmental Safety Characterization of TiO₂ and ZnO nanoparticles and their applications in photocatalytic degradation of azodyes*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 121, 121–125.
- [7] Hussein, M., Zuhairi, A., & Fazliani, N. (2020). *A comprehensive review on sonocatalytic, photocatalytic, and sonophotocatalytic processes for the degradation of antibiotics in water: Synergistic mechanism and degradation pathway*. *Chemical Engineering Journal*, September, 127412.
- [8] Sanjaya, H., Rida, P., & K.W.N, S. (2017). *Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-Peg Dengan Metode Fotosonolisis*. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), 21–29.
- [9] Shimosako, N., & Sakama, H. (2020). *Acta Astronautica Influence of vacuum environment on photocatalytic degradation of methyl red by TiO₂ thin film*. *Acta Astronautica*, 178(April 2020), 693–699.
- [10] Welderfael, T., Yadav, O. P., Tadesse, A. M., & Kaushal, J. (2013). *Synthesis, characterization and photocatalytic activities of Ag-N-Codoped ZnO nanoparticles for degradation of methyl red*. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 27(2), 221–232.
- [11] Widjajanti, E., Tutik, R., & Utomo, M. P. (2011). *Pola Adsorpsi Zeolit Terhadap Pewarna Azo Metil Merah Dan Metil Jingga*. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta*, 115–122.
- [12] Yasin, F. R., & Sanjaya, H. (2020). *Degradasi Zat Warna Remazol Yellow Fg Menggunakan ZnO/TiO₂ sebagai Katalis dengan Metode Fotosonolisis*.