

Degradasi Zat Warna *Methyl Green* dengan Katalis ZnO Menggunakan Metode Fotosonolisis

Muhammad Gani Ariski, Hary Sanjaya^{*1}, Alizar, Deski Beri, Yohandri²

¹Jurusan Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof.Dr.Hamka Air Tawar Padang, Indonesia Telp. (0751)7057420

*hary.s@fmipa.unp.ac.id

Abstract—Textile and dyestuff industrial dye waste remains the most difficult wastewater to treat due to the complex aromatic molecular structure of industrial dyes, which are very difficult to decompose. This research was conducted on the degradation of methyl green using the photosonolysis method. The purpose of this study was to determine the optimum time and amount of ZnO used in degrading methyl green dye. The results of the percentage degradation were obtained from the absorbance value measured using a UV-Vis Spectrophotometer. The wavelength (λ_{max}) of Methyl green obtained from the measurement of a UV-Vis spectrophotometer was 640 nm. The results showed that the optimum irradiation and sonication time to degrade methyl green was 60 minutes with a degradation percentage of 92.77%. For the effect of mass variation, the ZnO catalyst obtained an optimum mass of 0.05 grams with a degradation percentage of 96.38%.

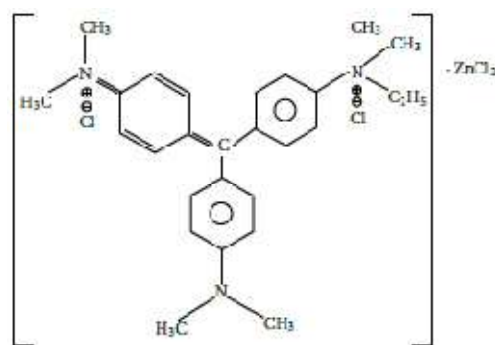
Keywords—Degradation, Methyl Green, Catalys, ZnO, Photosonolysis

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan kebutuhan masyarakat akan produk-produk hasil industri tekstil. Peningkatan produksi pada industri tekstil akan memberikan dampak positif terhadap suatu negara karena akan meningkatkan pendapatan negara serta memenuhi kebutuhan masyarakat. Namun disisi lain, aktivitas industri ini juga berdampak buruk terhadap lingkungan karena menghasilkan limbah berwarna yang memiliki toksisitas tinggi. Salah satu zat warna yang biasa digunakan dalam industri tekstil yaitu pewarna Methyl Green.

Senyawa Methyl green pada umumnya digunakan untuk pewarnaan larutan dalam dunia kedokteran dan biologi. Methyl green juga digunakan sebagai fotokromofor untuk sensitifitas gelatin film. Methyl green dianggap sebagai kelas pewarna yang sangat merusak dan berbahaya bagi lingkungan. Karena Methyl Green biasanya ditemukan dalam limbah industri bersifat mutagenik, alergenik, karsinogenik, beracun, serta tahan terhadap degradasi biologis alami[1].

Struktur senyawa methyl green terdapat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Struktur molekul zat wanamethylgreen[2]

Methyl green merupakan zat warna triphenylmethane termasuk bagian dari pewarna pelarut dan pewarna dasar. Pewarna triphenylmethane adalah salah satu jenis pencemar perairan organik yang paling umum dan cukup sering digunakan dalam industri tekstil untuk mewarnai nilon, wol, katun, dan sutra, serta untuk mewarnai minyak, lemak, lilin, pernis plastik, kertas, kulit, kosmetik, dan berbagai jenis industri makanan. Pewarna triphenylmethane telah digunakan secara luas

sebagai pewarna dalam industri dan sebagai agen anti mikroba [2].

Dalam proses pengolahan methyl green yang efisien dan ramah lingkungan dapat menggunakan Proses Oksidasi lanjutan atau *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) seperti Fotolisis, fotokatalis heterogenesis, sonolisis, fenton dan proses foto-fenton, ozonasi dan perlakuan UV/O₃ yang menghasilkan radikal hidroksil oksidatif ($\bullet\text{OH}$) yang kuat dan memiliki kepekaan terhadap oksidan kimia sehingga dapat menghancurkan struktur polutan organik dari sampel[3]

Fotosonolisis juga termasuk kedalam metode *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) yang merupakan penggabungan antara metode sonolisis dan metode fotolisis dengan bantuan katalis ZnO. Pada proses metoda fotolisis terjadi interaksi antara molekul didalam air dan radiasi sinar UV. dan pada proses metoda sonolisis menghasilkan efek kavitasi didalam air yang dipengaruhi oleh gelombang mekanik[4].

Seng Oksida (ZnO) merupakan senyawa semikonduktor yang sering digunakan untuk fotokatalis mendegradasi polutan organik. ZnO jug merupakan semikonduktor tipe-n yang memiliki (*band gap*) 3,37 eV, dan energi ikat 60 meV. Fotokatalis ZnO termasuk bahan oksidasi yang baik digunakan sebagai fotokatalis, karena memiliki aktifitas katalitik yang jauh lebih baik dari bahan lainnya. Hal ini disebabkan ZnO dapat menyerap cahaya dalam spektrum yang lebih luas dibandingkan bahan semikonduktor lainnya [5]

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu alat fotosonolisis yang terdiri atas 3 buah lampu UV ($\lambda=254$ nm) dan dengan daya 15 watt) merk Germicidal Yamano dan ultrasonik (45kHz) merk Ultrasonic cleaner Sunshine Csp889, Spektrofotometer UV-VIS merk Agilent 8453 dan peralatan gelas seperti gelas kimia, labu ukur, Erlenmeyer dan alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah zat warna Methyl Green, aquades, dan katalis ZnO.

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi larutan zat warna Methyl Green

Model limbah larutan zat warna Methyl Green diperoleh melarutkan 0,2 gr serbuk Methyl Green diencerkan kedalam 1000mL aquades. Sehingga didapatkan larutan induk Methyl Green dengan konsentrasi 200 ppm. Kemudian 50 mL larutan

induk dipipet dan diencerkan kembali dengan aquades sebanyak 1000mL dan didapatkan larutan Methyl Green dengan konsentrasi 10 ppm

2. Degradasi larutan methyl green dengan variasi waktu secara fotosonolisis

Pada gelas piala 250 mL dimasukan kedalamnya larutan sampel 10 ppm sebanyak 80 mL, lalu ditambahkan 0,1 gr ZnO, setelah itu ditempatkan kedalam kotak yang telah dirangkai dengan 3 buah lampu UV 45 watt dan di sonifikasi dengan alat ultrasonik berfrekuensi 45 KHz daya 50 watt selama 15 menit. Dilanjutkan dengan waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit..

3. Degradasi larutan methyl green dengan variasi massa katalis (ZnO) secara fotosonolisis

Pada gelas piala 250 mL dimasukan kedalamnya larutan sampel 80 ml kemudian ditambahkan 0,05 gr katalis setelah itu ditempatkan kedalam kotak yang telah dirangkai dengan lampu UV 45 watt dan di sonifikasi dengan ultrasonik frekuensi 45 KHz daya 50 watt pada waktu optimum yang telah didapatkan sebelumnya. Perlakuan yang sama berlaku untuk penambahan katalis 0,1 gr, 0,15 gr, 0,2 gr dan 0,25 gr.

4. Teknik Analisa Data

Data didapatkan dari absorbansi Methyl Green yang ukur dengan alat spektrofotometer UV-VIS dan analisa data dapat diperoleh dengan perbandingan absorbansi sebelum dan sesudah didegradasi. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan persentase degradasi (%D) dapat dilihat sebagai berikut:

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

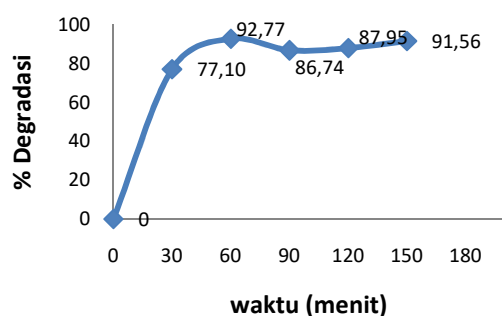
Diketahui, A_0 (cm^{-1}) adalah absorbansi sebelum degradasi, A_t (cm^{-1}) adalah absorbansi setelah degradasi pada waktu t.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Degradasi methyl green menggunakan Metode Fotosonolisis pada variasi waktu

Mengukur adsorbansi zat warna Methyl Green konsentrasi 10 ppm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600-800 nm. Diperoleh panjang gelombang

maksimum (λ maks) Methyl Green yaitu 640 nm. Proses degradasi Methyl Green dilakukan dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 80 mL, lalu ditambahkan katalis ZnO sebanyak 0.1 gram lalu disinari oleh 3 buah lampu UV dengan daya 15 Watt dan dilakukan sonikasi menggunakan alat ultrasonic dengan daya 50 Watt. Variasi waktu degradasi yaitu 30 menit hingga 150 menit secara berkala tiap 30 menit. Dari hasil perhitungan %D larutan zat warna Methyl Green 10 ppm tertinggi yaitu 92.77 % pada waktu 60 menit dan %D terendah yaitu 77.10% dengan waktu 30 menit. Berikut adalah gambar kurva pengaruh waktu radiasi.



Gambar 2. Kurva degradasi Methyl Green dengan katalis ZnO menggunakan metode fotsonolisis pada variasi Waktu Radiasi.

Persentase degradasi Methyl Green meningkat dari waktu 30 menit ke 60 menit dengan persentase degradasi sebesar 77.10% dan 92.77%, kenaikan persen degradasi juga terjadi pada menit 90 hingga 150 dengan besar persen degradasi sebesar 86.74%, 87.95%, dan 91.56% disebabkan karena lamanya waktu degradasi akan berpengaruh pada hasil Methyl Green yang didegradasi. Hal ini disebabkan adanya kontak antara Methyl Green dengan katalis ZnO, sehingga terbentuk lebih banyak radikal OH dalam mendegradasi Methyl Green[4]. Pada variasi waktu radiasi 60 menit dengan persen degradasi 92,77% menunjukkan persentase tertinggi degradasi Methyl Green. Hal ini diperkirakan telah banyak molekul larutan Methyl Green yang terdegradasi sehingga penambahan waktu degradasi dan sonikasi tidak akan berpengaruh secara signifikan terhadap persentase degradasi.

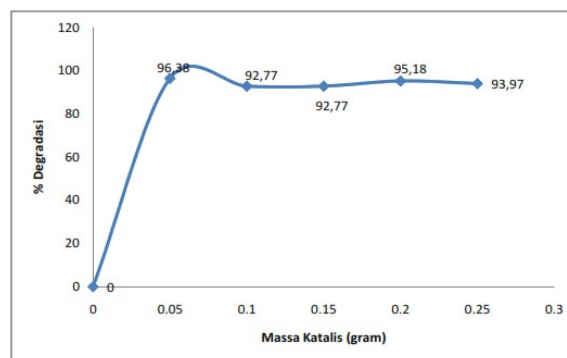
Terjadi penurunan persentase degradasi Methyl Green pada waktu penyinaran 90 menit menjadi 86.77%. Hal ini kemungkinan karena pada proses sonikasi akan menghasilkan H_2O_2 yang berlebih kemudian bereaksi dengan radikal OH sehingga terjadi reaksi dengan katalis ZnO dan membentuk radikal hidropoksi ($\bullet OOH$)[6]. Terbentuknya senyawa intermediet dari Methyl Green yang kurang stabil pada waktu degradasi 90 menit, juga diperkirakan ikut

terukur pada saat pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Akibatnya persentase degradasi menurun karena puncak serapan senyawa intermediet tersebut dekat dengan puncak serapan Methyl Green [4].

2. Degradasi methyl green menggunakan Metode Fotsonolisis pada variasi massa katalis ZnO

Variasi massa katalis degradasi merupakan salah satu parameter dari metode fotsonolisis untuk menunjukkan bahwa semakin tinggi massa katalisnya, absorbansi yang dihasilkan akan semakin rendah. Dengan penambahan massa katalis, maka jumlah senyawa organik yang terdegradasi akan meningkat diakibatkan karena radikal $\bullet OH$ yang dihasilkan bertambah. Radikal $\bullet OH$ yang dihasilkan dari metode fotsonolisis ini akan lebih banyak dibandingkan dengan hanya menggunakan metode fotolisis ataupun metode fotsonolisis.

Grafik pada gambar di bawah ini adalah pengaruh variasi massa katalis terhadap %D Methyl Green.

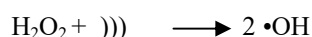
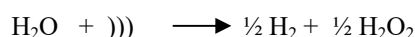
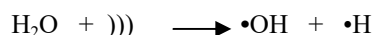


Gambar 3. Kurva pengaruh variasi massa katalis Methyl Green

Ditinjau dari kedua perlakuan ini, pengaruh variasi massa katalis ZnO terhadap degradasi Methyl Green diperoleh % D tertinggi yaitu 96.38% pada variasi massa katalis ZnO 0,05 gram. Berdasarkan data diperoleh, nilai persen degradasi Methyl Green setelah dengan penambahan massa katalis 0.1 dan 0.15 gram mengalami penurunan, sehingga %D yang didapatkan sebesar 92.77%. Terus terjadi kenaikan persen degradasi pada penambahan massa katalis 0.2 gram sebesar 95.18% kemudian penurunan persen degradasi terjadi lagi pada penambahan katalis 0.25 gram sebesar 93.97%. Penambahan massa katalis ZnO yang berlebihan menyebabkan larutan Methyl Green bereaksi dengan bagian sisi aktif dari katalis yang mengakibatkan tidak dapatnya penetrasi foton yang optimal dan memungkinkan terjadinya rekombinasi elektron dan hole

sebelum mencapai permukaan sehingga akan mengurangi pembentukan $\bullet\text{OH}$ dan menurunkan laju degradasi [7].

Mekanisme reaksi dari proses fotolisis dapat dilihat pada persamaan reaksi berikut:



dimana, H_2O menunjukkan proses sonikasi dan $h\nu$ menunjukkan proses radiasi ultraviolet (UV) [8].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh [9] menyatakan bahwa pengaplikasian foto degradasi pada panjang gelombang 600 sampai 800 sangat efektif menggunakan lapisan tipis fotokatalis ZnO dikarenakan pada panjang gelombang dibawah 600 nm, komposisi katalis ZnO sukar terdeteksi dan masih adanya atom impuritas yang menyebabkan transisi elektron tidak berada tepat pada pita valensi ke pita konduksi, sehingga terjadi penurunan nilai celah pita energi ZnO dari 3,3 eV menjadi 3,01 eV.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan:

1. Waktu optimum degradasi zat warna Methyl Green didapatkan pada waktu 60 menit dengan persentase degradasi 92.77%.
2. Degradasi zat warna Methyl Green selama 60 menit diperoleh massa katalis ZnO optimum 0.05 gram sebesar 96.38%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si sebagai dosen pembimbing dan Ibu Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si sebagai dosen penasehat akademik, Ibu Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP, Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Prodi Jurusan Kimia FMIPA UNP.

REFERENSI

- [1] Smith, Jim dan Hong, S. L. 2011. *Food Additives Data Book*. Canada: Blackwell Publishing Ltd
- [2] Alireza, N. E. dan Shahriari, Elahe. 2011. *Heterogeneous Photodecolorization of Methyl Green Catalyzed by Fe(II)-o-Phenanthroline/Zeoelite Y Nanocluster*. International Journal of Photoenergy.
- [3] Ghazali, S. S., & al, e. (2019). Parameter Affecting Photocatalytic Degradation of POME using laCa as

- [4] Photocatalyst. *Proceeding* 19, 1173-1182.
- [5] Safni, Z. Z., Haryati, C., Maizatinsa, & Sakai, d. T. (2007). Degradasi Senyawa Alizarin-S Secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂ Anatase. *Jurnal Pilar Sains* 7(1), 31-36.
- [6] Sistesya, D., & Sutanto, H. (2013). Sifat Optis lapisan ZnO:Ag yang Dideposisi Diatas Substrat Kaca Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition (CSD) dan Aplikasinya Pada Degradasi Zat Warna Methylene Blue. *Youngster Physics Journal* 1(4), 71-80.
- [7] Yousef, S. H. Ferreira., D. Nunes, T. Calmeiro, R. Martins, and E. Fortunato, "Microwave Synthesized ZnO Nanorod Arrays for UV Sensors: A Seed Layer Annealing Temperature Study," Article, 2016.
- [8] E. Wahyu and P. Dini, "Degradasi metilen blue menggunakan fotokatalis ZnO-zeolit," Chem. Prog., vol. 7, no. 1, pp. 29-33, 2014.
- [9] Joseph, C.G. 2015. *Sonolysis, photolysis, and sequential sonophotolysis for the degradation of 2,4,6-Trichlorophenol: the effect of solution concentration*. Chemical Engineering Communications, 202(8), pp. 1061-1068.
- [10] Hidayanto, E., Sutanto, H., & Firdausi, K. S. (2013). Pembuatan Lapisan Fotokatalis Zinc Oxide (ZnO) dengan Teknik Spray Coating dan Aplikasinya Pada Pengereng Jagung. *Berkala Fisika*, 16(4), 119-124.