

Degradasi Zat Warna *Malachite Green* Menggunakan Katalis TiO₂ dengan Metode Fotolisis

Miftahurrahmi, Hary Sanjaya*, Budhi Oktavia, Umar Kalmar Nizar

^{1,3}Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

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

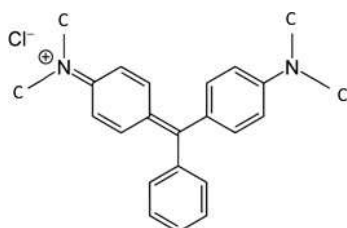
*hary.s@fmipa.unp.ac.id

Abstract — The research that has been done on the photolysis of the degradation of Malachite Green using TiO₂ catalyst aims to determine the effect of the percentage degradation of the Malachite Green solution. The results of UV-Vis spectrophotometer measurements obtained a wavelength of 617nm. The results showed that the highest percentage of degradation was 99.05% at 210 minutes using TiO₂ catalyst, while 65.45% with TiO₂ catalyst mass of 0.25 grams. This study shows that the hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) is the main control in degrading Malachite Green.

Keywords — Degradation, Malacite Green, TiO₂ catalyst, Photolysis

I. PENDAHULUAN

Sektor industri merupakan sektor yang potensial terutama menghasilkan nilai tambah banyak untuk perusahaan. Industri tekstil yang menghasilkan limbah pewarna tekstil bersifat bahan organik yang berbahaya salah satunya untuk kesehatan. Zat warna yang dimaksud yaitu zat warna *Malachite Green* [1].

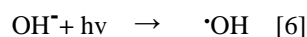


Gambar 1. Struktur kimia molekul *Malachite Green*

Zat warna *Malachite Green* yaitu zat warna dari senyawa organik dengan rumus kimia C₂₃H₂₅ClN₂ yang berat molekulnya 364.911 g/mol. *Malachite Green* diklasifikasikan sebagai zat warna industri dengan triarymethane dan dipakai dalam industri pigmen secara tradisional sebagai pewarna untuk bahan seperti sutra, kulit, dan kertas [2]. *Malachite green* memiliki banyak kegunaan medis yang luas sebagai antiseptik topikal. Metode yang dapat digunakan pada proses penguraian senyawa tersebut ialah metode fotolisis [3].

Katalis yang digunakan yaitu TiO₂ pada fotodegradasi. TiO₂ merupakan semikonduktor yang telah lama digunakan dalam proses fotokatalitik karena fotoaktivitasnya dan stabilitas kimianya yang tinggi dan berupa padatan [2]. TiO₂ memiliki 3 fase yaitu anatase, rutil dan broklit. Namun dalam proses fotokatalitik hanya anatase dan rutil saja yang mempunyai peran yang penting karena perbedaannya hanya pada massa jenis, luas permukaan dan sisi aktifnya[4].

Untuk metoda yang akan dipakai pada fotodegradasi ini yaitu metoda fotolisis yang merupakan suatu proses degradasi suatu senyawa yang menggunakan bantuan cahaya dan juga menggunakan katalis TiO₂ [5]. Dapat dilihat reaksi kimia yang terjadi pada fotolisis yaitu :



Pada penelitian ini degradasi zat warna *Malachite Green* dengan menggunakan metode fotolisis dengan dibantu katalis TiO₂ pada sinar matahari dan sinar UV.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ialah rangkaian alat berupa box dengan 3 buah lampu UV panjang merk Germicidal yamano gelombang 254 nm dan daya 15 watt, Spektrofotometer UV-Vis Agilent 8543 dan neraca analitik. Peralatan lainnya: gelas kimia, labu ukur, erlenmeyer, dan peralatan standar lainnya.

B. Bahan

Pada penelitian yang akan dilakukan, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Zat Warna *Malachite green*, Katalis TiO₂, dan Aquades.

C. Prosedur Penelitian

1. Membuat Larutan Zat Warna *Malachite Green*

Model limbah larutan zat warna *Malachite green* didapat dengan melarutkan 0,2 gr serbuk *Malachite green* dalam 1000 ml aquades. Sehingga didapatkan larutan induk *Malachite green* dengan konsentrasi 200

ppm. Dipipet 50 ml larutan induk dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas 1000 ml sehingga diperoleh larutan *Malachite green* dengan konsentrasi 10 ppm.

2. Menentukan λ_{maks} *Malachite Green* dengan Spektrofotometri UV-VIS

Sebelum melakukan degradasi, sampel zat warna *Malachite Green* diukur dengan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) pada rentang panjang gelombang 400-800 nm menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

3. Degradasi Larutan *Malachite Green* dengan Variasi Waktu secara Fotolisis

Sebanyak 100 ml larutan 10 ppm ditempatkan dalam gelas kimia 250 ml, kemudian ditambahkan 0,1 gr TiO_2 , setelah itu ditempatkan kedalam kotak yang sudah dirangkai dengan lampu UV 15 watt selama 30 menit. Ini diikuti dengan 60, 90, 120, 150, 180, 210 menit. Kemudian ukur berapa absorbansi pada larutan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui %D yang didapat.

4. Degradasi Larutan *Malachite Green* dengan Variasi Massa Katalis TiO_2 secara Fotolisis.

Sebanyak 100 ml larutan 10 ppm sampel ditempatkan kedalam gelas kimia 250 ml kemudian menambahkan 0,05 gr katalis setelah itu ditempatkan kedalam kotak yang sudah dirangkai dengan lampu UV 15 watt. Perlakuan yang sama berlaku untuk penambahan katalis 0,1 gr, 0,15 gr, 0,2 gr dan 0,25 gr. Sampel yang telah di fotolisis dengan berbagai variasi massa katalis akan diukur absorbansinya menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui %D yang didapat.

5. Degradasi Larutan *Malachite Green* dengan Menggunakan Sinar Matahari

Sebanyak 100 ml larutan 10 ppm sampel dimasukkan kedalam gelas kimia 250 ml lalu menambahkan massa optimum katalis. Setelah itu di sinari dengan cahaya matahari pada waktu optimum dari degradasi *Malachite Green* dan pada massa optimum katalis.

Presentase degradasi (%D) dapat dihitung dengan persamaan:

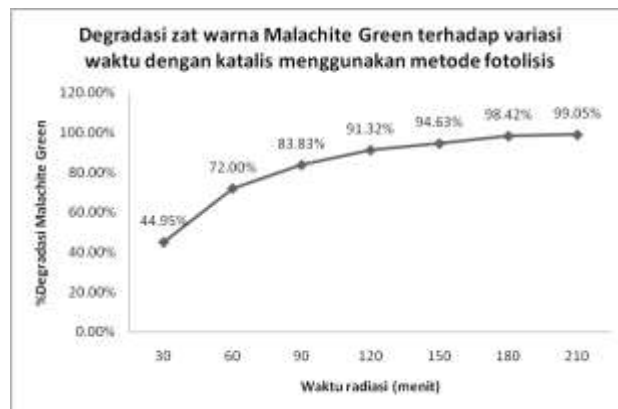
$$\% D = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \%$$

Yang mana, A_0 (cm-1) : absorbansi mula-mula, A_t (cm-1) : absorbansi pada waktu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Degradasi *Malachite Green* Dengan Variasi Waktu Radiasi

Proses ini dilakukan di dalam kotak Photoreactor dengan 3 buah lampu dengan daya 15 watt dengan memvariasikan lama waktu radiasi zat warna *Malachite Green* yaitu pada waktu radiasi 30, 60, 90, 120, 150, 180, dan 210 menit. Larutan konsentrasi 10 ppm dengan 0,1 gr TiO_2 .



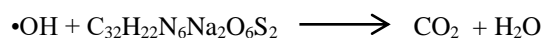
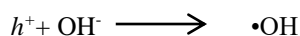
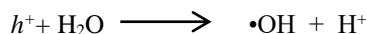
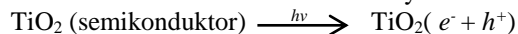
Gambar 2. Grafik pengaruh variasi waktu sinar UV terhadap degradasi *Malachite Green* menggunakan katalis TiO_2 secara fotolisis.

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa waktu optimum degradasi pada 150 menit yang menghasilkan %D sebesar 94.63%. setelah 150 menit penyinaran dengan sinar UV degradasi zat warna memberikan hasil yg lebih tinggi namun tidak terlalu signifikan. Oleh karena itu dalam penentuan waktu optimum penyinaran ditetapkan selama 150 menit karena sesuai dengan data yg ditampilkan pada gambar 2 diatas. Pada 210 menit dengan %D sebesar 99.05 merupakan maksimum dari degradasi zat warna *Malachite Green* [7].

Radikal OH dihasilkan lebih banyak dihasilkan pada proses fotolisis karena pada proses fotolisis menghasilkan $\bullet OH$. Radikal OH ($\bullet OH$) merupakan radikal bebas yang berperan dalam reaksi degradasi. Tapi H_2O_2 didalam air yang dibentuk dihasilkan dari $\bullet OH$ yang dapat bergabung satu sama lain. Untuk meningkatkan efisiensi degradasi fotolisis, menambahkan katalis TiO_2 agar meningkatnya produksi $\bullet OH$ untuk mempercepat proses degradasi senyawa organik [8].

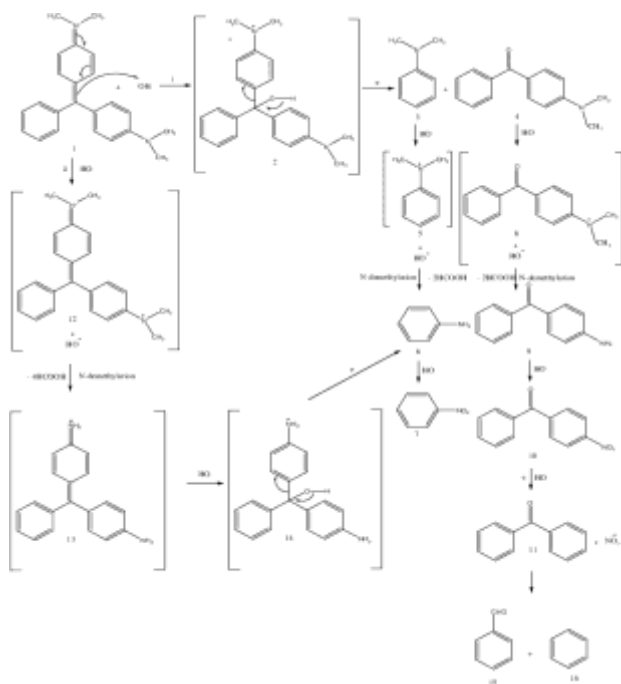
Tingginya persen degradasi yang didapatkan menandakan bahwa telah terjadinya kontak antara molekul dengan zat warna adanya katalis sehingga dapat menimbulkan molekul dari zat warna dapat terdegradasi oleh radikal hidroksil yang dihasilkan dari proses fotolisis. Pada proses fotokatalitik terjadi, air dan radiasi sinar UV/Visible yang dapat berinteraksi antar molekul [9].

Mekanisme reaksi Fotokatalis yaitu :



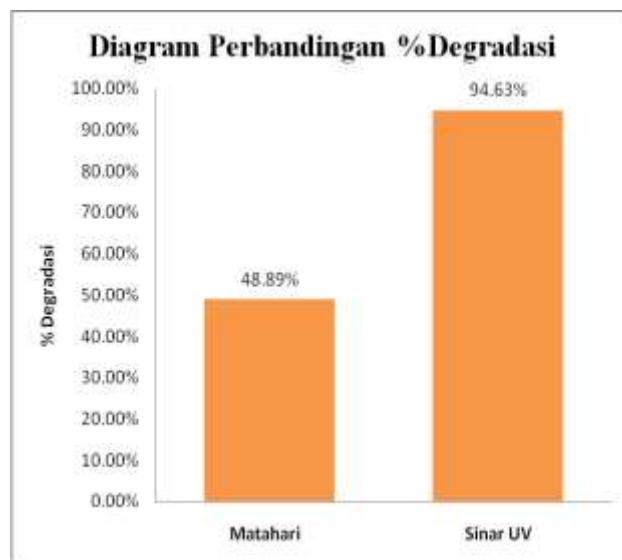
Pada nanokomposit TiO_2 disinari UV yang nilainya sama atau lebih dari band gap semikonduktor dibentuk

antara elektron dan hole di permukaannya. Hole akan kekosongan elektron akibat eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Hole ini adalah oksidator kuat bisa mengoksidasi air H₂O. Reaksi pada hole dengan H₂O, atom H⁺ yang memiliki biloks +1 yang mengalami reduksi saat pembentukan •OH yang biloksnya 0. Sedangkan ketika molekul H₂O mengalami oksidasi biloks 0 ke +1. Selanjutnya hole akan bereaksi dengan molekul OH⁻ dan terjadi pelepasan elektron membentuk •OH. Pada permukaan katalis, elektron akan menginisiasi reaksi reduksi. Elektron berinteraksi pada oksigen yang mempunyai keelektronegatifan yang tinggi nantinya akan membentuk anion superoksida radikal (•O₂⁻) yang dapat disebut spesi pengoksidasi yang kuat [10].



Gambar 3. Reaksi fotolisis Malachite Green [11].

Dari gambar diatas dapat dilihat ada dua jalur untuk degradasi Malachite Green. Yang pertama melibatkan serangan radikal hidroksil pada atom pusat warna perunggu hijau, menghasilkan radikal kationik reaktif yang terikat antara atom karbon pusat dan cincin N,N-dimethylaminobenzene, membelah menjadi N,N-dimethylaniline Dan 4-dimethylaminobenzophenone, N,N dimethylaniline, diserang oleh radikal hidroksil untuk menghasilkan radikal kationik, dimethylated untuk membentuk aniline, dan dioksidasi untuk membentuk nitrobenzene. 4-Dimethylaminobenzophenone dioksidasi menjadi 4-nitrobenzophenone, yang diubah menjadi benzophenone dan NO₃⁻. Pemecahan benzaldehida menghasilkan benzofenon dan benzena. Jalur kedua melibatkan serangan gugus-N oleh radikal hidroksil, dan N-dimetilamino MG menghasilkan radikal kationik reaktif, diikuti oleh dimetilasi dan oksidasi akhir untuk menghasilkan anilin dan 4-aminobenzofenon. [11].



Gambar 4. Grafik perbandingan %degradasi zat warna Malachite green terhadap penyinaran matahari dan sinar UV menggunakan metode fotolisis

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa %degradasi matahari yang didapatkan lebih kecil dibandingkan dengan %degradasi sinar UV. Perlakuan terhadap kedua sampel ini sama yakni dari segi waktu selama 150 menit, larutan malachite green 10 ppm, dan menggunakan katalis TiO₂. Hasil yang didapatkan dari degradasi zat warna Malachite Green dengan sinar matahari tidak seoptimal degradasi yang dilakukan dengan menggunakan sinar UV. Hal ini dapat dilihat pada sampel matahari didapatkan sebesar 48.89% sedangkan pada sinar UV didapatkan sebesar 94.63%. Hal ini karena perbedaan suhu dan intensitas sinar matahari selama proses fotodegradasi, jumlah radikal •OH yang dihasilkan setiap penggunaan tidak sama. Musim, letak geografis, dan tutupan awan merupakan perbedaan intensitas cahaya matahari sampai dibumi. Tapi dari hasil didapatkan bahwa degradasi zat warna Malachite Green di bawah sinar matahari cukup efisien untuk fotodegradasi warna hijau perunggu, sehingga persentase degradasinya di atas 40%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Proses degradasi zat warna Malachite Green menggunakan katalis TiO₂ dengan metode fotolisis pada sinar UV didapatkan waktu optimum pada waktu 150 menit dengan persentase degradasi sebesar 94,63%.
- 2) Proses degradasi zat warna Malachite Green menggunakan katalis TiO₂ dengan metode fotolisis dengan sinar matahari sebagai sumber radiasi dapat dilakukan dengan waktu penyinaran yang bertingkat dengan kondisi lingkungan pengukuran dan nilai intensitas radiasi yang lebih spesifik

sehingga dapat mencapai kondisi degradasi yang lebih optimum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terlaksananya penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada staf akademik dan non-akademik di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] S. Basri and E. A. Pailis, "Analisis Industri Pangan Sub Sektor Industri Makanan Ringan Kue Bangkit Dan Bolu," *JOMFekom*, vol. 4, no. 1, pp. 558–569, 2017.
- [2] A. C. Suwandi, N. Indraswati, and S. Ismadji, "Modifikasi kaolin dengan menggunakan surfaktan alami dari buah lerak untuk menghilangkan zat warna malachite green," *Semin. Nas. Fundam. dan Apl. Tek. Kim.* 2011, 2011.
- [3] P. Sukmawati and B. Utami, "Adsorpsi Zat Pewarna Tekstil Malachite Green Menggunakan Adsorben Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao) Teraktivasi HNO₃," *Pros. Semin. Nas. Fis. dan Pendidik. Fis.*, vol. 5, pp. 19–25, 2014.
- [4] R. Triandi and J. Gunlazuardi, "Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalis : Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalisis," *J. Penelit. Univ. Indones.*, vol. 5, pp. 81–90, 2001.
- [5] B. G. Bhernama¹) and D. S. , Prof. Safni¹), "Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Denganpenambahan Katalis TiO₂ -anatase dan SnO₂," *vol. 1, no. 1, pp. 49–62.*
- [6] C. G. Joseph, G. Li Puma, A. Bono, Y. H. Taufiq-Yap, and D. Krishnaiah, "Sonolysis, Photolysis, and Sequential Sonophotolysis for the Degradation of 2,4,6-Trichlorophenol: The Effect of Solution Concentration," *Chem. Eng. Commun.*, vol. 202, no. 8, pp. 1061–1068, 2015, doi: 10.1080/00986445.2014.901221.
- [7] S. Safni, S. Fardila, M. Maizatinsa, and Z. Zulfarman, "Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Sonolisis Dan Fotolisis Dengan Penambahan Tio₂-Anatase," *J. Sains dan Teknol. Farm.*, pp. 47–51, 2008.
- [8] H. Sanjaya and B. Harnum, "Degradasi Methyl Violet Secara Fotolisis Dan Sonolisis Dengan Katalis TiO₂/SiO₂," *Chem. J. State Univ. Padang*, vol. 2, no. 2, pp. 40–45, 2013.
- [9] H. Sanjaya, "Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO₂ Secara Fotosonolisis," *EKSAKTA Berk. Ilm. Bid. MIPA*, vol. 19, no. 1, pp. 91–99, 2018, doi: 10.24036/eksakta/vol19-iss1/131.
- [10] R. Ali and O. O. I. B. Siew, "Photodegradation Of New Methylene Blue N In Aqueous Solution Using Zinc Oxide And Titanium Dioxide As Catalyst The textile industry produces large quantities of highly coloured effluents . These aqueous effluents are generally toxic and resistant to dest," *vol. 45, pp. 31–41, 2007.*
- [11] B. G. Bhernama, "Degradasi Zat Warna Malachite Green Secara Ozonolisis Dengan Penambahan Katalis TiO₂ anatase dan ZnO," *Elkawnie*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2017, doi: 10.22373/ekw.v3i1.535.