

APLIKASI SINTESIS TiO₂ NANOPARTIKEL DALAM DEGRADASI FOTOKATALITIK METIL JINGGA

Isramil Husna^{1*}, Akrajas Ali Umar², Muhammad Adam Ramli²

¹*Tadris Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, IAIN Batusangkar*

²*Institute of Microengineering and Nanoelectronics, University Kebangsaan Malaysia (UKM)
Jalan Sudirman No. 137 Lima Kaum Batusangkar, Kab. Tanah Datar*

**Email: isramilhusna17@gmail.com*

ABSTRACT

The development in textile industry results in the increase of the use of non-organic materials in human life, such as the use of dyes that cannot be decomposed naturally, such as the use of artificial dyes in textile industry and other similar fields. This implies that if those artificial dye are not carefully managed, they will have a definite impact on the environment, such as water pollution where those substances contaminate clean water and therefore will be very dangerous for human daily needs of water for drinking, bathing and other needs. This in turn will cause various diseases in living things and pollute nature as well. The purpose of this study is to figure out the effect of methyl orange degradation by the addition of TiO₂ photocatalyst. In this study, 10 ppm orange methyl solution were used, where 5 ml of orange methyl were dissolved in 5 ml of water then added with TiO₂ and then irradiated with UV for 180 minutes. By calculating the degradation of methyl orange every 10 minutes, which was measured using a UV-Vis spectrophotometer. The finding shows that the longer the irradiation takes place, the more desirable degradation of methyl orange is desired. The results obtained from 180 minutes are absorbance values that are worth 0.8 down to 0.3.

Keywords: fotokatalitik, TiO₂, metil jingga, degradasi

PENDAHULUAN

Industri tekstil umumnya menghasilkan limbah zat warna senyawa organik non-biodegradable, yang berakibat pencemaran lingkungan perairan. Dewasa ini jenis bahan pewarna yang digunakan dalam industri tekstil sangat bervariasi, dan biasanya tidak terdiri dari satu jenis zat warna, penanganan limbah tekstil menjadi sangat rumit dan memerlukan beberapa langkah sampai limbah aman untuk di lepas ke lingkungan perairan. Berbagai teknik penanggulangan limbah tekstil telah dikembangkan seperti metode adsorpsi. Tetapi metode ini dirasa kurang efektif karena zat warna tekstil yang diadsorpsi tersebut masih terakumulasi di dalam adsorben yang akan menimbulkan permasalahan baru. Sebagai alternatif dikembangkan metode fotodegradasi dengan memanfaatkan bahan fotokatalis dan

radiasi sinar ultraviolet karena energinya sesuai atau lebih besar dari energi band gap fotokatalis. Melalui metode fotodegradasi ini, zat warna akan diurai menjadi komponen-komponen sederhana yang aman untuk lingkungan (Wijaya, Sugiharto et al. 2006)

Fotokatalitik merupakan penggabungan proses fotokimia dan katalitik. Diperlukan cahaya dan katalis untuk mempercepat transformasi kimia. Katalis dalam proses ini lebih khusus disebut sebagai fotokatalis dan memiliki kemampuan mengabsorpsi foton. Dengan demikian fotokatalitik dapat pula didefinisikan sebagai suatu proses yang terjadi berdasarkan pada kemampuan ganda dari suatu fotokatalis untuk mengabsorpsi foton secara bersamaan (Djarwanti, S, & Yuniati, 2009).

Metode fotokatalitik TiO₂ telah banyak digunakan secara komersial yaitu pada pemurnian air, pembersih udara, pelapis antimikroba dan kaca *self-cleaning*. Hal ini didukung oleh meningkatnya jumlah paten memanfaatkan teknik fotokatalitik ini. Namun, pada umumnya masih menggunakan sumber yang berasal dari sinar lampu UV karena energi gap dari TiO₂ yang cukup besar yaitu 3,2 eV, sehingga penggunaan sinar matahari menjadi kurang efisien. Penggunaan lampu UV ini bisa menimbulkan konsumsi energi tinggi sekaligus meningkatkan biaya operasi sistem fotokatalitik TiO₂. Pembaruan terhadap fotokatalis TiO₂ sedang giat dilakukan seperti fotokatalitik yang dapat menggunakan sinar matahari secara efisien (Anpo 2000).

Fotokatalisis adalah suatu proses yang dapat diterapkan dalam pemulihan lingkungan. Fotokatalisis menggunakan foton (cahaya) tampak atau ultraviolet untuk mengaktifkan katalis kemudian bereaksi dengan senyawa kimia yang berada dekat dengan permukaan katalis (Palupi 2006). Fotokatalisis heterogen menggunakan TiO₂ diyakini efisien untuk mendegradasi senyawa organik secara sempurna dalam fase cair dan gas. Polutan dalam bentuk karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur dan atom halogen akan terdegradasi menjadi CO₂, H₂O, anion NO³⁻, SO₄²⁻ dan halida.

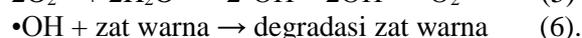
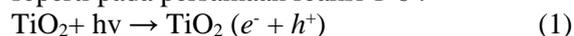
METODE PENELITIAN

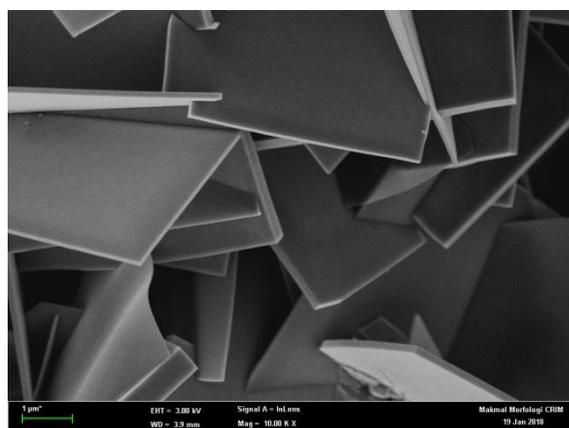
Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah Ammonium hexafluorotitanate 0.5 M dalam 10 ml DI water, Hexamethylenetetramine 0.5 M dalam 2 ml DI water, metil orange (C₁₄H₁₄N₃NaO₃S) 20 ppm dan kaca FTO (*Flourine Tin Oxyde*) 2cm x 1cm. Alat yang dipakai adalah botol dengan diameter dan tinggi ,lampu solar sell , mikrometer pipet, kuvet. Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sintesis TiO₂, Furnice TiO₂, dan uji absorpsi TiO₂ dengan larutan metil jingga menggunakan UV-Vis. Sebelum mensintesis TiO₂ lakukan pencucian substrat yaitu FTO dengan *Ultrasonic cleaner* selama 15 menit dengan air, kemudian 15 menit dengan aseton dan 15 menit dengan etanol menggunakan botol. Dalam

sintesis TiO₂, larutkan Ammonium hexafluorotitanate 0.5 M dalam 10 ml DI water dan Hexamethylenetetramine 0.5 M dalam 2 ml DI water. Masukkan substrat ke dalam botol dengan permukaan FTO nya di atas, kemudian masukkan larutan Ammonium hexafluorotitanate 10 ml dan Hexamethylenetetramine 2 ml pada setiap botol. Setelah itu masukkan ke dalam *Water bath* 90 °C selama 5 jam. Setelah 5 jam, angkat TiO₂ masukkan ke dalam petri dish lalu oven selama 10 menit dalam suhu 100 °C. Kemudian TiO₂ yang sudah disintesis lalu di *Furnice* selama 4 jam dengan suhu 450 °C. Setelah di *Furnice*, lalu uji katalitik dengan menggunakan UV-Vis. Gunakan larutan metil jingga 10 ppm, masukkan larutan metil jingga kedalam botol sebanyak 5 ml dan DI water 5 ml. Dan gantung TiO₂ ke dalam larutan tersebut. Kemudian letakkan botol di dalam lampu UVLED Nail Lamp selama 10 menit lalu ambil larutan tersebut sebanyak 3 ml masukkan ke dalam kuvet dan lihat berapa absorpsinya dengan menggunakan UV-Vis. Hal ini dilakukan selama 10 menit untuk 18 kali perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fotokatalisis yang kerjanya melibatkan foton yang tergabung dalam sebuah proses kimia yang kompleks. Semikonduktor TiO₂ dengan energi gap 3,2 eV , jika diiradiasi dengan energi lebih besar dari 3,2 eV ($\lambda=388$ nm), maka energi gap akan terlewati dan elektron (e⁻) pada pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi, dan hole akan terbentuk pada pita valensi. *Hole* (h⁺) bereaksi dengan air menghasilkan •OH sementara e⁻ bereaksi dengan oksigen membentuk superoksida dan bereaksi lebih lanjut dengan air menghasilkan •OH yang akan mendegradasi methyl orange seperti pada persamaan reaksi 1-6 :





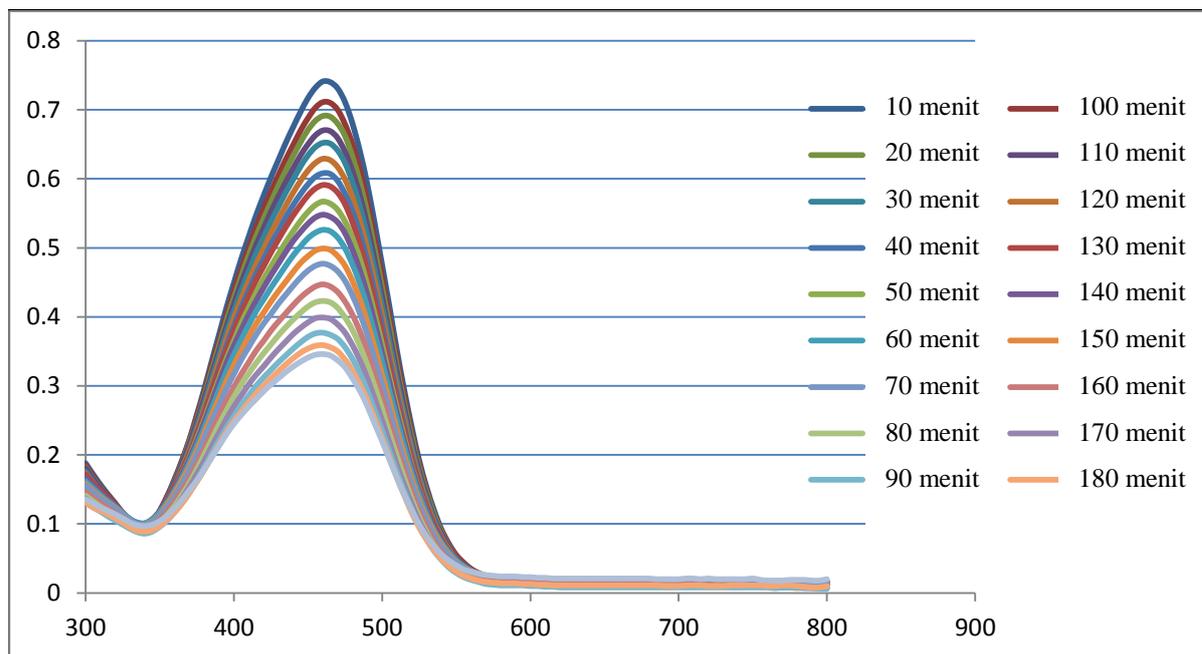
Gambar 1. Hasil FESEM (*Field Emission Scanning Electron Microscopy*) TiO₂ Nanopartikel.

Reaksi fotokatalisis TiO₂ adalah penggabungan foto oksidasi dan foto reduksi yang berawal dari adsorpsi substrat ke permukaan semikonduktor. Foto oksidasi maupun fotoreduksi dapat terjadi karena TiO₂ (lihat Gambar 1) adalah semikonduktor akan mengalami eksitasi e⁻ dari pita valensi ke pita konduksi apabila disinari cahaya matahari. Proses ini juga menyebabkan adanya *hole* (h⁺) pada pita valensi yang selanjutnya akan bereaksi dengan H₂O yang ada dalam larutan sehingga menghasilkan radikal hidroksil (•OH). Radikal hidroksil ini akan mendegradasi senyawa organik menjadi CO₂ dan air. Elektron pada permukaan semikonduktor seterusnya bereaksi dengan electron akseptor yang terdapat dalam larutan sehingga membentuk radikal superoksida (•O₂⁻). Radikal superoksida ini dapat mendegradasi senyawa organik dalam larutan (Hoffman 1995). Radikal hidroksil dan superoksida ini akan terus diproduksi selama sinar matahari masih mengenai fotokatalis. Efektivitas reaksi fotokatalitik tergantung pada kompetisi antara rekombinasi pembawa muatan dengan elektron donor dari substrat ke *hole* (h⁺) (Rohmawati, Wardhani et al. 2013).

Pada saat penambahan TiO₂ pada larutan Metil jingga yang dilakukan selama 180 menit terjadi penurunan absorpsi yang dilihat pada UV-Vis (lihat Gambar 1). Degradasi metil jingga juga dipengaruhi oleh lamanya

penyinaran yang dilakukan. Pengaruh lama penyinaran akan semakin meningkatkan proses degradasi. Hal ini disebabkan karena semakin lama penyinaran maka sinar foton yang meradiasi TiO₂ semakin banyak (reaksi 1), sehingga *hole* yang bereaksi dengan H₂O untuk membentuk •OH juga semakin banyak (reaksi 3). •OH yang dihasilkan digunakan untuk mendegradasi zat warna menjadi mineralnya (reaksi 5). Hal ini sesuai dengan penelitian Rashed bahwa lama penyinaran akan meningkatkan degradasi zat warna (Darmawan, Wardhani et al. 2013).

Proses fotokatalitik diawali dari absorpsi energi foton oleh semikonduktor, yang mengakibatkan terjadinya fotoeksitasi. Kemudian, elektron (e⁻) akan tereksitasi ke pita konduksi dengan meninggalkan *hole* (h⁺) pada pita valensi. Proses redoks kemudian terjadi jika ada senyawa yang teradsorpsi pada permukaan semikonduktor. Elektron pada pita konduksi akan bereaksi dengan elektron akseptor dan lubang positif pada pita valensi akan bereaksi dengan elektron donor. Senyawa-senyawa polutan organik umumnya adalah donor elektron dan jika berada dalam air dapat teroksidasi dengan dua cara yaitu bereaksi langsung dengan lubang positif atau bereaksi dengan radikal •OH yang terbentuk dari oksidasi H₂O (Andayani 2001).



Gambar 2. Hasil Degradasi TiO₂ dengan UV-Vis Spektrofotometer selama 180 Menit

Grafik seperti pada Gambar 2 menjelaskan semakin lama waktu penyinaran maka semakin meningkatnya degradasi warna. Yang semula nya metil jingga bewarna jingga dan pada akhirnya berubah menjadi bening. Dan pada awal penyinaran absorbannya bernilai 0.75 dan pada akhir penyinaran absorbannya menjadi 0.34.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah meningkatnya degradasi warna pada metil jingga di pengaruhi oleh penambahan katalis TiO₂ pada larutan metil jingga 10 ppm dan juga pengaruh lama penyinaran akan semakin meningkatkan proses degradasi yang terjadi.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

Andayani, W. (2001). Degradasi pentaklorofenol dalam air secara fotokatalitik dengan TiO₂ yang diimmobilisasikan pada plat logam

titanium: evolusi senyawa intermediet, Tesis Magister Ilmu Kimia, Program Pasca Sarjana-F. MIPA, Depok: Universitas

- Anpo, M. (2000). "Utilization of TiO₂ photocatalysts in green chemistry." *Pure and Applied Chemistry* **72**(7): 1265-1270.
- Darmawan, P. R., S. Wardhani and D. Purwonugroho (2013). "Pengaruh Penambahan NO₃-Terhadap Degradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Bentonit." *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya* **1**(1): pp. 140-146.
- Djarwanti, S. C., & Yuniati, A. (2009). Degradasi Fotokatalitik Polutan Organik dalam Air Limbah Menggunakan TiO₂ Nano Partikel Sistem Lapisan Tipis-Alir. *Jurnal Riset Industri*, **3**(2), 109–117.
- Hoffman, P. L. (1995). "Glutamate receptors in alcohol withdrawal-induced neurotoxicity." *Metabolic brain disease* **10**(1): 73-79.
- Palupi, E. (2006). "Degradasi methylene blue dengan metode fotokatalisis dan

- fotoelektrokatalisis menggunakan film TiO₂."
- Rohmawati, L., S. Wardhani and D. Purwonugroho (2013). "Pengaruh konsentrasi SO₂-terhadap degradasi methyl orange menggunakan fotokatalis tio₂-bentonit." *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya* **1**(1): pp. 57-63.
- Ruzicka, O. "Effect Of Titanium Dioxide Photocatalytic Duration And TiO₂ Usage Method On Commercial Textile Dye Concentration Reduction."
- Wijaya, K., E. Sugiharto, I. Fatimah, S. Sudiono and D. Kurniaysih (2006). "Utilisasi TiO₂-zeolit dan sinar uv untuk fotodegradasi zat warna congo red." *Berkala Ilmiah MIPA* (3).