

# Degradasi Zat Warna Indigosol Red Ir Menggunakan Metode Sonolisis Dengan Bantuan Massa Katalis ZnO

Indah Humaira<sup>1</sup>, Hary Sanjaya\*<sup>2</sup>

Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang, Sumatra Barat, Indonesia

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

**Abstract**—This research conducted for the modeling degradation process of Indigosol Red Ir dye using the sonolysis method with the help of a ZnO catalyst. This study aims to determine optimum mass addition ZnO. Catalyst in the degradation process of Indigosol Red Ir dye. Sonolysis method using an ultrasound with frequency 47 kHz. The results of the percent degradation were seen from the absorbance measurement used uv-vis spectrophotometer at a maximum wavelength of 510.2 nm. The results showed that the addition of the optimum mass of ZnO catalyst was 0.05 grams with a degradation percentage of 93.72%.

**Keywords**—indigosol red ir, sonolysis, ZnO, Spektrofotometre uv-vis

## I. PENDAHULUAN

Pewarna sintetis lebih murah daripada pewarna alami, mudah didapat, cukup mudah digunakan, dan mempertahankan warnanya untuk waktu yang lama, sehingga pewarna sintetis digunakan di sebagian besar industri tekstil. Proses menghasilkan limbah cair selama produksi tekstil, meninggalkan pewarna sintetis yang tersisa gelap dan keruh. Hal ini dapat sangat merugikan lingkungan jika tidak ditangani terlebih dahulu [1].

Pewarna sintetis terdiri dari dua kelompok, aksokrom dan kromofor. Auksokrom adalah gugus elektron bebas jenuh yang terdiri dari gugus -NH<sub>2</sub>-, OH- dan SH-. Kelompok ini bertanggung jawab untuk menyediakan bahan untuk meredakan cat. Kromofor adalah gugus ikatan radikal dari ikatan rangkap terkonjugasi yang mengandung elektron. Salah satu kromofor adalah (azo). Kromofor bertindak sebagai pigmen. Gugus azo bersifat karsinogenik dan mutagenik serta menyebabkan penyakit pada manusia. Dampak negatif dari lingkungan adalah mutu air yang menjadi menurun dan tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai air jernih yang mengandung logam berat [2].

Pewarna yang sering digunakan dalam industri tekstil tie-dye antara lain zat warna reaktif, naftol dan indigo sol red IR. Indigo Sol Red IR merupakan pewarna warna cerah yang tidak mudah luntur. Senyawa ini bersifat toksik, karsinogenik, mutagenik, mengiritasi kulit dan mata, bahkan dapat menyebabkan kanker kulit. Indigo Sol Red IR adalah pewarna yang sangat stabil dengan dua struktur cincin benzena, keberadaannya di lingkungan perairan tidak mudah terurai secara hayati, dan diperlukan cara yang efektif untuk mengurangi atau menghilangkan limbah pewarna. Salah satu

metode paling efektif dalam mengurangi kadar zat warna limbah adalah proses dekomposisi ultrasonik [3].

Sonolisis merupakan proses yang digunakan untuk memecah zat warna dalam limbah cair dari Indigosol Red IR. Sonolisis adalah bagian dari proses AOP (Advanced Oxidation Process) dan dapat digunakan untuk memecah pewarna zat organik dengan air melalui getaran ultrasonik. Selama sistem sonolisis, gelembung kavitasasi hancur dari pelarut berair dalam bentuk gerakan turbulen pada tekanan dan juga suhu yang tinggi untuk menghasilkan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ) [4]. Senyawa organik mampu melakukan reaksi dengan  $\bullet\text{OH}$  atau terurai menjadi senyawa yang lebih intermediat dikarenakan oleh faktor suhu dan tekanan lokal yang cukup tinggi di dekat ruang gelembung [5]. Kombinasi metode sonolisis fotokatalis yang lebih dikenal dengan dan sonokatalitik.

Metode sonolisis memerlukan gelombang ultrasonik untuk memberikan radikal oksidasi ( $\bullet\text{OH}$ ) yang mungkin dihasilkan melalui fenomena kavitasasi. Respon antara radikal OH dan molekul polutan dapat muncul di dalam gelembung (pyrolysis) atau antarmuka gelembung-cair atau secara massal bergantung pada karakter polutan [6]. Sonolisis menciptakan metode kompresi, pemurnian ultrasonik menyebabkan pembentukan gelembung beresiliasi, setelah itu suhu dan tekanan yang cukup berlebihan mendorong ke atas untuk menghasilkan radikal di antara gelembung. Itu dibentuk melalui pembelahan pirolisis molekuler [7].

Keuntungan dari metode ini adalah gelombang ultrasonik dapat melewati sistem buram. Sebelumnya, katalis TiO<sub>2</sub> anatase digunakan untuk memecah senyawa beracun dengan beberapa pewarna ultrasonik dan pestisida. Harga komersial

TiO<sub>2</sub> relatif tinggi, jadi Anda harus mempertimbangkan pilihan selain katalis yang lebih ekonomis. ZnO dipilih sebagai katalis dalam penelitian ini karena sifat semikonduktor ZnO hampir mirip dengan TiO<sub>2</sub>. Kelebihan lain dari ZnO yaitu mempunyai energi retak yang cukup rendah, tahan korosi dan ekonomis. ZnO lebih efektif dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>, terutama dalam menghasilkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (radikal), yang merusak morfologi kontaminan. Penggunaan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> adalah dengan metode AOP[8].

AOP adalah satu atau kumpulan langkah yang terdiri dari hidrogen peroksida, berkas elektron, fotokatalis, sinar ultraviolet, titanium oksida, ozon, dekomposisi ultrasonik, pelepasan tenaga listrik (plasma) dan banyak langkah berbeda untuk menghasilkan radikal hidroksil[9].

## II. METODE PENELITIAN

### A. Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini alat yang digunakan adalah kotak gelap, ultrasonik, neraca analitik, spektrofotometer uv-vis, FTIR dan peralatan gelas. Bahan yang digunakan adalah zat wa rna Indigosol Red IR, ZnO MERCK, HCl 1 M, NaNO<sub>2</sub> teknis dan aquadest.

### B. Prosedur Kerja

#### 1. Preparasi limbah Indigosol Red IR

Pembuatan larutan *Indigosol Red IR* dilakukan dengan melarutkan 500 mg *Indigosol Red IR* dan 0,5 gram NaNO<sub>2</sub>. Dilarutkan dengan HCl 0,1M sebanyak 16 ml didalam labu ukur 500 mL lalu dipaskan dengan aquades sampai tanda batas yang ada pada labu ukur..

#### 2. Degradasi limbah Indigosol Red IR dengan variasi massa katalis ZnO

Sebelum degradasi larutan *Indigosol Red IR* dilakukan, panjang gelombang maksimum diukur terlebih dahulu dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada daerah panjang gelombang 400-800 nm ( $\lambda_{maks}$ ) yang mampu diserap oleh *Indigosol Red IR*. Limbah *Indigosol Red IR* 10 ppm dipipet lalu dipindahkan kedalam gelas piala 100 mL sebanyak 80 ml, ditambahkan dengan katalis 0,01 gram setelah itu diletakkan disonikator ultrasonik frekuensi 45 KHz daya 50 watt pada waktu 30 menit. Perlakuan yang sama berlaku untuk penambahan katalis 0,05 gram, 0,1 gram, 0,15 gram, 0,2 gram dan 0,25 gram.

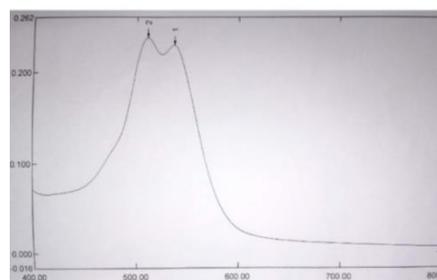
Data yang dihasilkan berbrntuk absorbansi dari larutan *Indigosol Red IR* yang diukur melalui instrumen UV-Vis. Analisa data dikerjakan dengan melakukan perbandingan antara larutan uji yang tersisa sebelum dan sesudah degradasi dan membandingkan variasi yang berbeda seperti pengaruh penambahan katalis ZnO dibandingkan. Presentase degradasi (%D) dihitung dengan persamaan:

$$\%D = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

C<sub>0</sub> (cm<sup>-1</sup>) ialah konsentrasi awal dan C<sub>t</sub> (cm<sup>-1</sup>) ialah konsentrasi dalam waktu tertentu.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Penetapan Panjang gelombang Maksimum Indigosol Red IR



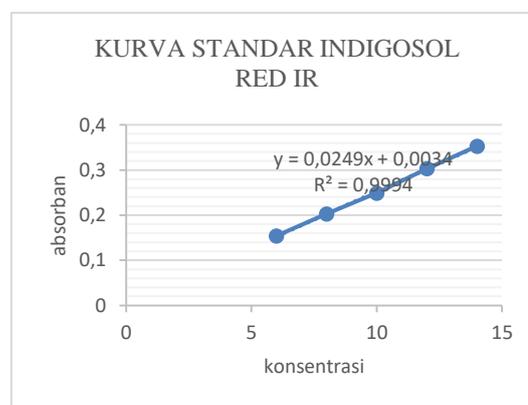
Gambar 1. Grafik Panjang Gelombang Maksimum Indigosol Red IR

Larutan *Indigosol Red IR* dinilai pada daerah panjang gelombang 400-800 nm dengan instrumen spektrofotometer uv-vis double beam. *Indigosol Red IR* memperoleh nilai absorbansi paling tinggi pada panjang gelombang 510.2 dan 536 nm. Di daerah panjang gelombang 510.2 nm *Indigosol* memiliki absorbansi sebesar 0.239, sedangkan pada panjang gelombang 536 nm absorbansi sebesar 0.231. absorbansi pada panjang gelombang 510.2 nm lebih tinggi dibanding panjang gelombang 536 nm, maka panjang gelombang 510.2 nm yang digunakan untuk pengukuran selanjutnya. Terkadang sebuah larutan memiliki dua panjang gelombang maksimum, dengan ini diperlukan pemilihan panjang gelombang yang sesuai berdasarkan sensitivitas senyawa tersebut maupun berdasarkan daerah serapan senyawa pengganggu yang ada pada larutan. Tujuan diukur panjang gelombang maksimum adalah agar dapat memberikan kepekaan terhadap larutan yang mengandung *Indigosol* dengan maksimal.

Menurut husnul khatimah (2015) penentuan panjang gelombang maksimum sebelum dan sesudah didegradasi diukur di panjang gelombang maksimum yang sama yaitu pada panjang gelombang maksimum 510.2 nm. Dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan maka penulis melakukan pengukuran di panjang gelombang maksimum yang sama untuk degradasi sebelum dan sesudah degradasi.

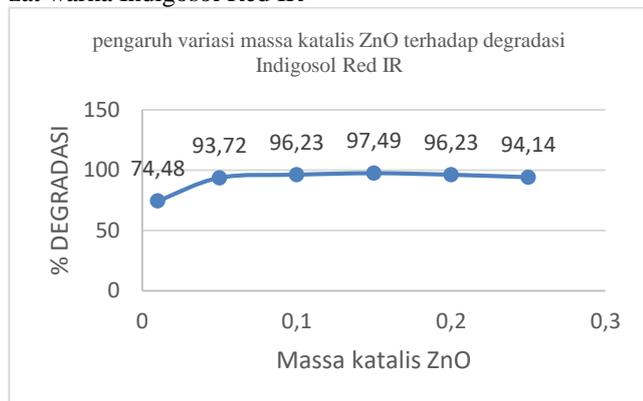
### B. Penentuan Kurva Kalibrasi Standar

Pengukuran kurva kalibrasi standar berfungsi untuk menentukan hasil pengukuran absorbansi hasil degradasi *indigosol red ir* dengan menggunakan katalis ZnO, sehingga persentase hilangnya warna *indigosol* dapat ditentukan . persamaan yang dihasilkan adalah  $y = 0.0249x + 0.0034$ .



Gambar 2. Kurva Standar Indigosol Red IR

### C. Penentuan massa optimum katalis ZnO terhadap degradasi zat warna Indigosol Red IR



Gambar 3. Pengaruh Massa Katalis ZnO Terhadap Degradasi

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dihasilkan massa katalis optimum pada penambahan katalis 0.05 gram. Massa optimum degradasi diperoleh ketika % degradasi larutan sampel *Indigosol Red IR* stabil dan tidak mengalami perubahan % degradasi yang terlalu signifikan. Pada variasi 0.01 ke 0.05 gram mengalami peningkatan % degradasi secara signifikan yaitu pada penambahan katalis 0.01 gram menghasilkan % degradasi sebesar 74.48% dan pada penambahan katalis 0.05 gram menghasilkan % degradasi sebesar 93.72%. Pada penambahan katalis 0.05 sampai 0.15 gram mengalami kenaikan % degradasi. Pesean degradasi paling tinggi yaitu pada penambahan katalis 0.15 gram dengan % degradasi sebesar 97.49%. Kenaikan % degradasi terjadi dikarenakan perpindahan elektron dari pita valensi menuju pita konduksi dibawah gelombang kavitasi. Elektron dari pita konduksi mampu bereduksi molekul oksigen untuk menghasilkan radikal oksida dan lubang yang dihasilkan pita konduksi dapat bereaksi dengan ion hidroksil untuk membentuk radikal hidroksil [10].

Radikal hidroksil merupakan oksidator kuat yang mampu mengubah molekul organik menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  sehingga meningkatnya persen degradasi yang ditandai dengan menurunnya hasil absorbansi larutan yang didegradasi. Penurunan degradasi terjadi pada penambahan katalis 0.2 gram sebesar 96.23% dan katalis 0.25 gram sebesar 94.14%. Kelebihan massa katalis menyebabkan penurunan kadar persen degradasi. Faktor yang menyebabkan penurunan persen degradasi adalah terjadinya turbiditas dalam larutan menyebabkan permukaan katalis tidak mengalami eksitasi elektron dan getaran ultrasonik menjadi terhalang.

Kelebihan katalis juga menimbulkan bagian sisi aktif pada katalis nan berinteraksi dengan larutan *Indigosol red ir* tidak menghasilkan penetrasi foton yang optimal dan terjadinya rekombinasi elektron dan hole sebelum mencapai permukaan sehingga akan mengurangi pembentukan radikal hidroksil dan menurunkan laju degradasi.

#### IV. KESIMPULAN

Setelah penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa panjang gelombang maksimum *Indigosol*

*Red IR* adalah 510.2 nm. Pengukuran kurva kalibrasi *Indigosol* diperoleh persamaan linear adalah  $y = 0.0249x + 0.0034$ . Pengaruh variasi massa katalis pada proses degradasi *Indigosol Red IR* diperoleh pada variasi massa katalis ZnO 0,05 gram dengan persentase degradasi 93,72%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan katalis sangat berpengaruh untuk proses degradasi.

#### REFERENSI

1. Atacan, K., Güy, N., Çakar, S., & Özacar, M. (2019). Efficiency of glucose oxidase immobilized on tannin modified  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles on decolorization of dye in the Fenton and photo-biocatalytic processes. *Journal of Photochemistry and Photobiology A : Chemistry*, 382, 111935. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2019.111935>
2. Bhermana, B. G., Safni, & Syukri. (2015). Degradasi Zat Warna Methanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Dengan Penambahan Katalis  $\text{TiO}_2$  -Anatase Dan  $\text{SnO}_2$ . *Journal of Islamic Science and Technology*.
3. Bismo, S. (2006). *Teknologi Radiasi Sinar Ultra-Ungu (UV) dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fasa Gas*. (Fakultas Teknik, Universitas Indonesia).
4. Chatterjee, D., & Dasgupta, S. (2005). Visible light induced photocatalytic degradation of organic pollutants. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2005.09.001>
5. Chakrabarti, S., & Dutta, B. K. (2004). Photocatalytic degradation of model textile dyes in wastewater using ZnO as semiconductor catalyst. *Journal of Hazardous Materials*, 112(3), 269278. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.05.013>
6. Cristie P, M., S, M. nisatun, & Saptajji, R. (2001). Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10 mA. *Jurnal Forum Nuklir*, 1(1), 31. <https://doi.org/10.17146/jfn.2007.1.1.3271>
7. Dan, R. B., Safni, A.-S., Amelia, F., Liansari, O., Suyani, H., & Yusuf, Y. (2009). Penggunaan Katalis ZnO- $\text{H}_2\text{O}_2$  Untuk Degradasi Zat Warna. In *J. Ris. Kim* (Vol. 3, Issue 1)
8. Destailats, Hugo, Thomas W. Alderson, and Michael R. Hoffmann. 2001. Applications of Ultrasound in NAPL Remediation: Sonochemical Degradation of TCE in Aqueous Surfactant Solutions. *Environmental Science & Technology* 35 (14): 3019–24.
9. Dhanalaxmi, T., Veeralingam, S., & Badhulika, S. (n.d.). *Supporting Information Polyvinylidene Fluoride/ZnSnO<sub>3</sub> Nanocube/Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticle Thermoplastic Composites for Ultrasound-Assisted Piezo-Catalytic Dye Degradation*.
10. Elvinawati. (2009). Degradasi Asam 2,4-diklorofenoksiasetat (2,4-D) dalam Pestisida Santamin 865 SL Secara Fotolisis dan Sonolisis dengan Penambahan Katalis  $\text{TiO}_2$  Anatase. *Jurnal Exacta*, VII. No. 2(2), 63–68