

**DEGRADASI ZAT WARNA *INDIGOSOL RED IR*
MENGUNAKAN METODE SONOLISIS DENGAN
BANTUAN KATALIS ZnO**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Tugas Akhir II*



Oleh :

INDAH HUMAIRA SARAGIH

NIM. 20036142/2020

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Degradasi Zat Warna Indigosol Red IR Menggunakan
Metode Sonolis Dengan Bantuan Katalis ZnO

Nama : Indah Humaira Saragih

NIM : 20036142

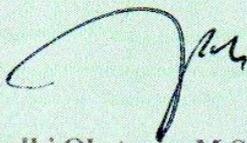
Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

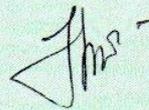
Padang, 19 Agustus 2022

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia



Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Hary Saniaya, M.Si
NIP.19830428200912 1 007

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

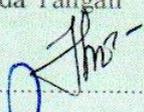
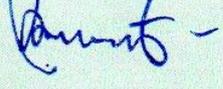
Nama : Indah Humaira Saragih
NIM : 20036142
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Degradasi Zat Warna Indigosol Red IR Menggunakan Metode Sonolis Dengan
Bantuan Katalis ZnO

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 19 Agustus 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Hary Sanjaya, M.Si	
Anggota	: Prof. Dr. Indang Dewata, M.Si	
Anggota	: Ananda Putra, S.Si, M.Si., Ph.D

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indah Humaira Saragih
NIM : 20036142
Tempat/Tanggal lahir : Padangsidempuan/ 05 Mei 1998
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Degradasi Zat Warna Indigosol Red IR Menggunakan Metode Sonolis Dengan Bantuan Katalis ZnO

Dengan ini menyatakan bahwa.

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 19 Agustus 2022

Yang menyatakan

Indah Humaira Saragih
NIM. 20036142

DEGRADASI ZAT WARNA *INDIGOSOL RED IR* MENGUNAKAN METODE SONOLISIS DENGAN BANTUAN KATALIS ZnO

INDAH HUMAIRA SARAGIH

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk proses degradasi pemodelan limbah zat warna *Indigosol Red Ir* menggunakan metode sonolisis dengan bantuan katalis ZnO. penelitian ini bertujuan untuk menentukan penambahan massa optimum katalis ZnO dan waktu optimum proses degradasi zat warna *Indigosol Red Ir*. Hasil persen degradasi dilihat dari pengukuran absorban menggunakan alat spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang maksimum 510.2 nm. Hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan massa optimum katalis ZnO sebesar 0.05 gram dengan persen degradasi 93.72% dan waktu optimum proses degradasi diwaktu 30 menit dengan persen degradasi 95.98%

Kata kunci : Degradasi, Sonolisis, Indigosol Red ir, Spektrofotometer Uv-Vis, FTIR

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Degradasi Zat Warna *Indigosol Red IR* Menggunakan Metode sonolisis Dengan Bantuan Katalis ZnO.**

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir II di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada:

1. Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si sebagai Dosen Pembimbing akademik di Fakultas MIPA Universitas Negeri Padang
2. Bapak Prof. Dr. Indang Dewata, M.Si dan Bapak Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai pembahas
3. Ibu Fitri Amelia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia di Fakultas MIPA Universitas Negeri Padang
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Ketua Prodi Kimia di Fakultas MIPA Universitas Negeri Padang
5. Bapak dan ibu dosen sebagai pengajar di FMIPA jurusan Kimia Universitas Negeri Padang

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Amin Ya Rabbal 'Alamin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan masukan dan saran dari pembaca agar proposal ini bermanfaat dikemudian harinya.

Padang, April 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Indigosol Red IR.....	6
B. Katalis ZnO	7
C. Sonolisis	10
D. Spektrofotometer UV-Vis	13
E. FTIR (Frouier Tranform Infrared)	18
BAB III.....	21
METODE PENELITIAN	21
A. Waktu dan Tempat	21
B. Objek Penelitian	21
C. Variabel Penelitian	21
D. Alat dan Bahan	21
1. Alat	21
2. Bahan.....	22
E. Prosedur Penelitian.....	22
1. Preparasi model limbah Indigosol Red IR.....	22

2. Degradasi model limbah <i>Indigosol Red IR</i> dengan metode sonolisis	22
3. Karakterisasi Menggunakan FT-IR (Frourier Tranform Infrared)	23
F. Teknik Analisa data	23
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN	24
B. Penentuan Kurva Kalibrasi Standar Larutan <i>Indigosol Red IR</i>	25
C. Penentuan Massa Optimum Katalis ZnO Terhadap Degradasi Zat Warna <i>Indigosol Red IR</i>	26
D. Penentuan Waktu Optimum Degradasi Zat Warna <i>Indigosol Red IR</i> Dengan Penambahan Massa Optimum Katalis ZnO.....	28
E. Karakterisasi FTIR	30
BAB V	32
PENUTUP	32
A. KESIMPULAN	32
B. SARAN.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1 Struktur Indigosol Red IR	7
Gambar 2 Struktur kisi kristal ZnO (wurtzit). Zn ditunjukkan dengan warna abu-abu hitam.....	8
Gambar 3 Ilustrasi hukum Lambert–Beer (Sabrina 2012)	17
Gambar 4 Alat Fourier Transformation Infra Red	18
Gambar 5 Panjang gelombang maksimum indigosol red ir.....	22
Gambar 6 kurva standar indigosol Red ir.....	24
Gambar 7 Pengaruh Variasi Massa Katalis Zno Terhadap Degradasi Indigosol Red Ir.....	27
Gambar 8 Pengaruh Variasi Waktu Terhadap Degradasi Indigosol Red Ir	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran1. Preparasi Larutan Model Limbah <i>Indigosol Red IR</i>	37
Lampiran2. Degradasi <i>Indigosol Red IR</i> dengan variasi massa secara sonolisis.....	38
Lampiran3. Degradasi <i>Indigosol Red IR</i> dengan variasi waktu secara sonolisis.....	39
Lampiran 1. Skema penelitian.....	40
Lampiran5. Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum <i>Indigosol Red Ir</i> Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS.....	41
Lampiran6. Hasil degradasi <i>indigosol red ir</i> variasi massa katalis ZnO secara sonolisis.....	42
Lampiran7. Perhitungan Persen Degradasi <i>Indigosol Red IR</i> Pada Variasi Massa Katalis Zno Secara Sonolisis.....	43
Lampiran8. Hasil Degradasi <i>Indigosol Red Ir</i> Variasi Waktu Sonikasi Menggunakan Metoda Sonolisis Dengan Bantuan Katalis ZnO....	45
Lampiran9. Perhitungan Persen Degradasi <i>Indigosol Red IR</i> Pada Variasi waktu sonikasi Secara Sonolisis.....	46
Lampiran 10. Spektra FTIR <i>Indigosol Red IR</i> Sebelum Degradasi.....	48
Lampiran 11. Spektra FTIR <i>Indigosol Red IR</i> Setelah Degradasi.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan industri tekstil batik di Indonesia sangat meningkat pesat, dengan dikenalnya batik Indonesia di kancah internasional. Proses pembuatan batik dilakukan dengan canting dan pewarna untuk membentuk motif dan warna. Sebagian besar industri tekstil menggunakan pewarna sintesis, karena zat warna sintesis lebih murah, mudah diperoleh, penggunaan yang cukup mudah dan warnanya tahan lama dibandingkan dengan pewarna alami. Dalam proses pembuatan batik menghasilkan limbah cair sisa zat warna sintesis memberi warna pekat dan keruh, sangat buruk bagi lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu.

Limbah pewarna dari industri tekstil kebanyakan terdiri dari bahan kimia organik non-biodegradable yang dapat mencemari lingkungan terutama dalam perairan. Di lingkungan akuatik, senyawa zat warna mungkin benar-benar mengalami dekomposisi alami oleh sinar matahari, namun reaksi ini berlangsung lambat. Fotodegradasi zat warna lebih lambat dibandingkan dengan akumulasi zat warna ke dasar perairan, karena intensitas cahaya uv relatif rendah sampai ke permukaan bumi (dae-hee, 1999).

Menurut Cristie (2001), zat pewarna sintesis terdiri dari dua gugus, yaitu gugus auksokrom dan gugus kromofor. Auksokrom merupakan gugus jenuh yang mengandung elektron bebas, yang terdiri dari gugus $-NH_2$, $-OH$, $-SH$. Gugus ini bertanggung jawab untuk menyediakan bahan untuk lampiran warna. Kromofor

adalah gugus ikatan radikal dari ikatan rangkap terkonjugasi yang mengandung elektron. Salah satu gugus kromofor adalah $-N \equiv N-$ (azo). Gugus kromofor berperan sebagai pemberi zat warna (Cairns, 2004). Gugus azo bersifat karsinogenik dan mutagenik yang mengakibatkan sumber penyakit pada lingkungan dan manusia. Dampak buruk yang ditimbulkan dilingkungan sekitar yaitu kualitas air menjadi buruk dan tidak layak digunakan sebagai air bersih, mengandung logam berat.

Zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil batik antara lain zat warna reaktif, naftol dan *Indigosol red IR*. *Indigosol Red IR* merupakan zat warna yang tidak mudah pudar dan memiliki warna yang cerah. Senyawa ini bersifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik yang dapat iritasi pada kulit, mata bahkan menyebabkan penyakit kanker kulit. *Indigosol Red IR* merupakan pewarna yang sangat stabil dengan dua struktur cincin benzena, keberadaannya di lingkungan perairan tidak mudah terurai secara biologis dan memerlukan cara yang efektif untuk mengurangi atau menghilangkan limbah warna. Salah satu metode yang paling efektif dalam pengolahan air limbah cair adalah metode sonolisis.

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 organik dalam air menggunakan getaran ultrasonik (Safni et al., 2019). Selama proses sonolisis, gelembung kavitas hancur dari pelarut berair dalam bentuk gerakan turbulen pada suhu dan tekanan yang sangat tinggi untuk menghasilkan

radikal hidroksil (\bullet OH) (Mingcan et al., 2011). Senyawa organik dapat bereaksi dengan dan \bullet OH atau terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana karena suhu dan tekanan lokal yang tinggi di dekat ruang gelembung (Banerjee et al., 2014). Kombinasi metode sonolisis fotokatalis yang lebih dikenal dengan dan sonokatalitik.

Keuntungan dari metode ini adalah gelombang ultrasonik dapat ditransmisikan melalui sistem buram. Sebelumnya, katalis TiO_2 anatase digunakan untuk menguraikan senyawa beracun menggunakan beberapa pewarna dan pestisida ultrasound. Karena harga TiO_2 yang relatif tinggi secara komersial, opsi lain perlu dieksplorasi sebagai katalis yang lebih murah. ZnO dipilih sebagai katalis karena sifat semikonduktornya yang mirip dengan TiO_2 . Selain itu, ZnO memiliki energi retak yang rendah, tahan korosi dan murah. ZnO lebih efisien daripada TiO_2 , terutama dalam produksi H_2O_2 (radikal) yang merusak bentuk polutan. Menggunakan H_2O_2 adalah metode AOP (Leong, Ashokkumar, dan Kentish 2016).

AOP adalah salah satu atau kombinasi dari langkah-langkah seperti ozon, hidrogen peroksida, sinar ultraviolet, titanium oksida, fotokatalis, dekomposisi ultrasonik, berkas elektron, pelepasan listrik (plasma), dan banyak langkah lain untuk menghasilkan radikal hidroksil (Kimia et al. 2013).

Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang
“DEGRADASI ZAT WARNA *INDIGOSOL RED IR RED IR*
MENGUNAKAN METODE SONOLISIS DENGAN BANTUAN KATALIS

ZnO". Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan katalis ZnO mendegradasi *Indigosol Red IR*.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang masalah, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. *Indigosol Red IR* merupakan zat warna yang tidak mudah pudar dan memiliki warna yang cerah. Senyawa ini bersifat toksik, karsinogenik, dan mutagenik yang dapat iritasi pada kulit, mata bahkan memnyebabkan penyakit kanker kulit.
2. Upaya yang dilakukan untuk mendegradasi zat warna *Indigosol Red IR* yaitu menggunakan metode sonolisis yang efektif untuk mendegradasi zat warna organik.
3. Penggunaan metode sonolisis dibutuhkan katalis yang efektif untuk proses degradasi yaitu menggunakan katalis ZnO yang memiliki transparansi yang tinggi dan energi celah pita yang tinggi.

C. Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Degradasi *Indigosol Red IR* dilakukan dengan metode sonolisis
2. Katalis ZnO digunakan untuk mempercepat proses degradasi *Indigosol Red IR*
3. Variasi massa katalis ZnO yang digunakan adalah 0.01, 0.05, 0.1, 0.15 dan 0.25 Gram.

4. variasi waktu sonikasi pada proses degradasi *Indigosol Red IR* yang digunakan adalah 15, 30, 60, 90, 120 dan 150 menit.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi massa katalis ZnO terhadap degradasi zat warna *Indigosol Red IR* ?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu sonikasi yang digunakan terhadap degradasi *Indigosol Red IR* ?
3. Bagaimana hasil yang diperoleh dari degradasi *Indigosol Red IR* menggunakan metode sonolisis

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan Massa katalis ZnO terhadap degradasi *Indigosol Red IR*
2. Untuk mengetahui waktu Optimum dari waktu sonikasi terhadap degradasi *Indigosol Red IR*

F. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan sumbangsih ilmu pengetahuan terutama dibidang sonokatalisis dalam mendegradasi zat warna *Indigosol Red IR* dengan cara yang efektif dan efisien serta dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya.

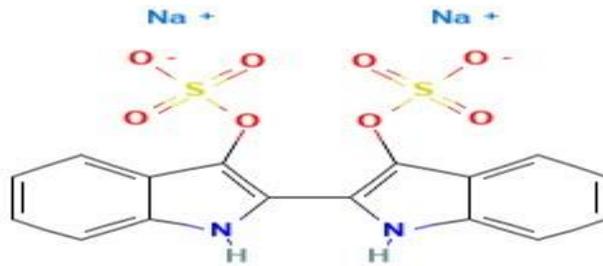
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Indigosol Red IR

Pewarna banyak digunakan di industri tekstil (Hidayat, 2008). Molekul zat warna merupakan kombinasi zat organik tak jenuh dan kromofor sebagai pembawa warna dan aksokrom sebagai pengikat warna dengan serat. Kromofor adalah kelompok yang dapat memberi warna pada molekul. Senyawa berwarna memiliki struktur kimia aromatik yang sederhana hingga kompleks dan memberikan gugus yang memberikan sifat spesifik senyawa berwarna seperti kelarutan, kedalaman warna, kemampuan bereaksi dengan serat (daya ikat), dan keandalan. Pewarna dapat diklasifikasikan menurut ekstraksinya (Kimia et al. 2013).

Indigosol Red IR merupakan zat warna sintetik bejana yang larut dalam air. *Indigosol Red IR* merupakan suatu larutan yang berwarna jernih. Indigosol merupakan wadah pewarna yang diformulasikan sebagai leco ester sehingga bersifat larut dalam air. Pada saat pencelupan kain kedalam zat warna, belum menghasilkan warna yang diharapkan. Dalam kondisi larut dalam air, pewarna indigo menembus kain melalui proses pencelupan. Penyerapan Indigo terjadi pada kain melalui oksidasi menggunakan natrium nitrit dan asam klorida sehingga menjadi warna dan tidak larut dalam air. *Indigosol Red IR* memiliki struktur $C_{16}H_{10}N_2Na_2O_8S_2$ dengan struktur kimia seperti gambar berikut



gambar 1 struktur Indigosol Red IR

Senyawa indigosol dapat menyerap radiasi UV-Vis dimana hasil serapan cahaya bersama dengan interaksi yang kuat dapat menyebabkan terbentuknya radikal bebas hidroksil yang dikenal sebagai senyawa radikal hidroksil fotoaktif. Setelah menyerap sinar UV/energi foton, indigosol akan teraktivasi sehingga menjadi tidak stabil dan mengalami dekomposisi menjadi molekul yang lebih kecil, reaksinya dikenal sebagai fotodegradasi.

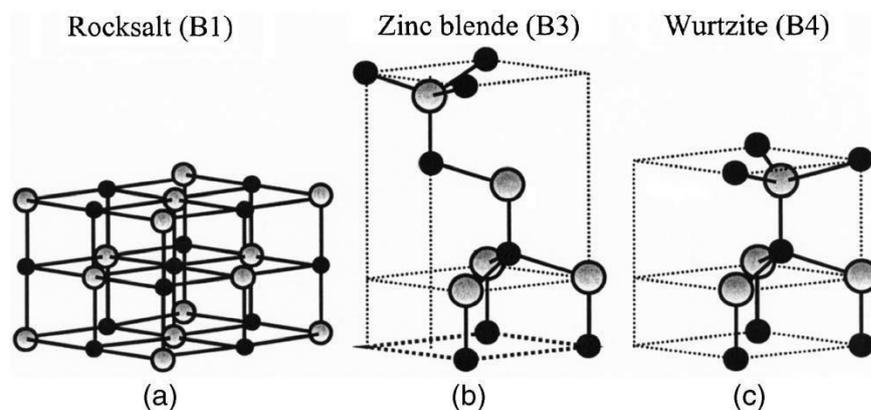
B. Katalis ZnO

ZnO adalah bahan semikonduktor fungsional yang digunakan untuk berbagai aplikasi karena memiliki banyak keuntungan seperti, ramah lingkungan, stabil secara kimiawi dan lebih murah dibandingkan dengan oksida logam lainnya. Sementara itu salah satu kelemahan terbesar ZnO adalah ia hanya menyerap di wilayah UV karena celah pita yang besar (3,2 eV) (Saravanan *et al.* 2013). ZnO merupakan bahan semikonduktor yang digunakan sebagai fotokatalis. ZnO termasuk semikonduktor anorganik yang tidak bersifat toksik yang bisa berperilaku sebagai semikonduktor efisien dan, karena itu bisa diterapkan di beberapa perangkat fungsional, seperti transistor film tipis, Light emitting diode (LED), UV/ ozon sensor, Biosensor, Perangkat piezoelektrik,

serta aplikasi lainnya termasuk *electrophotography*, *Photoprinting*, kapasitor, lapisan pelindung, anti-mikroba, dan konduktif tipis-film di LCD, sel surya, dan laser biru diodes (Pimentel A *et al*, 2016; Hasnidawani J. N *et al*, 2016).

Zink oksida merupakan suatu semikonduktor yang sangat baik untuk proses fotokatalitik karena fotosensitifitas dan sifat pengoksidasiannya yang kuat dan tidak beracun. Aktivitas fotokatalitik terjadi saat ZnO menyerap foton dengan energi yang sama atau lebih besar dari celah pita material yang menghasilkan pasangan elektron yang kemudian bermigrasi ke permukaan ZnO. ZnO memiliki beberapa kelemahan seperti laju rekombinasi yang cepat dari pasangan elektron menyebabkan fotogenerasi dan hasil kuantum yang rendah dan menghambat proses degradasi fotokatalitik (Saleh and Djaja 2014).

Kristal ZnO memiliki struktur kubik / heksagonal dengan anion yang mengelilingi setiap sudut bidang. Struktur kristal yang dimiliki oleh ZnO adalah rocksalt (B1), zinc blende (B3), dan wurtzite (B4) (Özgür *et al.*, 2005). struktur ZnO dapat disaksikan pada ilustrasi berikut:



gambar 2 Struktur kisi kristal ZnO (wurtzit). Zn ditunjukkan dengan warna abu- abu hitam

Struktur *rocksalt* ZnO cukup langka ditemukan, karena disebabkan struktur ini dihasilkan dibawah tekanan tinggi. Struktur campuran seng dapat terbentuk ketika kristal tumbuh pada substrat kubik, tetapi bentuk utama dari struktur kristal ZnO adalah wurtzite heksagonal karena struktur ini paling stabil pada suhu kamar dan tekanan tinggi.

ZnO merupakan senyawa anorganik yang umum digunakan sebagai katalis, karna memiliki efisiensi yang tinggi, serta tidak bersifat toksik. Selain digunakan sebagai katalis ZnO dapat digunakan sebagai kapasitor, Photoprintin, lapisan pelindung, anti mikroba (Hasnidawani J. N et al, 2016).

Ketika ZnO terkena sinar tampak (UV), akan terjadi induksi reaksi redoks pada ZnO karna terbentuknya pasangan elektron dan hole. ZnO merupakan logam semikonduktor yang mempunyai celah pita yang besar sehingga hanya menyerap direntang daerah sinar UV. Untuk menaikkan keaktifan fotokatalitik ZnO telah dilakukan beberapa metoda seperti membuat komposit dengan oksida logam (Ramadhani et al., 2015).

ZnO memiliki sifat yang menguntungkan seperti transparansi yang tinggi dan energi dengan celah pita yang besar. Dengan nilai celah pita yang besar, ZnO dapat menyerap sinar matahari dengan panjang gelombang tampak. Dalam proses penyerapan cahaya tampak, foton yang diserap digunakan sebagai energi untuk memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi, sehingga terbentuk pasangan elektron dan elektroda positif (Susanto dan Singgih 2015).

ZnO memiliki *bandgap* yang tinggi (3,37). Karena memiliki nilai bandgap yang cukup tinggi inilah ZnO mampu menyerap energi matahari (foton) yang lebih banyak. Selain itu juga dapat dilihat nilai panjang gelombang cahaya matahari yang dapat diserap oleh semikonduktor untuk fotokatalisis limbah zat warna yang diinginkan. Panjang gelombang yang dibutuhkan hanya 390, artinya hanya dengan butuh sinar yang berenergi yang rendah maka semikonduktor ZnO mampu mengeksitasi elektron sehingga dihasilkan elektron dan hole. Semakin besar celah pita semikonduktor senyawa, semakin kecil kemungkinan elektron akan tereksitasi dan semakin sedikit efek fotokatalitik yang dimiliki limbah.

Energi celah pita dari suatu konduktor dapat dilihat dari besarnya panjang gelombang yang dapat diserap untuk mengeksitasi elektron. Jika suatu semikonduktor memiliki energi pita yang cukup besar maka elektron sulit tereksitasi menuju pita konduksi, namun jika diberi foton dari luar, maka elektron akan tereksitasi membentuk lubang pita valensi akibatnya terbentuk hole dan elektron.

C. Sonolisis

Sonolisis memiliki prinsip yang hampir sama dengan fotolisis yaitu metode yang dipakai buat mendegradasi zat warna pada bentuk media air yang menggunakan getaran ultrasonik yang kemudian akan dihasilkan radikal hidroksil dan efek kavitasi (Safni *et al*, 2008). Degradasi polutan organik akan membutuhkan energi yang besar dan waktu reaksi yang lama sehingga digunakan katalis untuk mempercepat reaksi (Elvinawati, 2009).

Sonolisis adalah metode penguraian senyawa organik dalam media berair menggunakan gelombang ultrasonik. Metode ini menggunakan ultrasound pada frekuensi 20-500 kHz (Destailats, W. Alderson dan R. Hoffmann 2001).

Pada kondisi suhu dan tekanan pada permukaan dalam gelembung akan menjadi sangat tinggi, sehingga mampu memecah molekul air menjadi radikal hidrogen dan radikal hidroksil yang dihasilkan melalui fenomena kavitasi. Reaksi antara radikal OH dan molekul polutan dapat terjadi di dalam gelembung (*pyrolysis*) atau antarmuka gelembung-cair atau di *bulk* tergantung pada sifat dari polutan (Elvinawati, 2009). Proses kavitasi ultrasonik terdiri atas tiga tahapan proses, diantaranya:

1. Tahap pembentukan gelembung (Nukelasi)

Tahap nukleasi terjadi karena adanya gelembung mikro yang terperangkap didalam celah mikro partikel dalam air.

2. Tahap pertumbuhan gelembung

Akibat terdapatnya intensitas gelombang ultrasonik yang tinggi, gelembung- gelembung mikro akan semakin besar. Dengan dilakukannya ultrasonikasi pada intensitas tinggi, maka gelembung mikro akan berkembang dengan cepat. Sebaliknya pada intensitas rendah, laju pertumbuhan dari gelembung akan menjadi lebih lambat. Hal tersebut terjadi karena gelembung akan melewati beberapa siklus akustik terlebih dahulu sebelum akhirnya membesar

3. Tahap pecahnya gelembung (*Implosive collapse*)

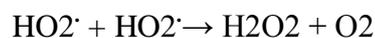
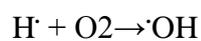
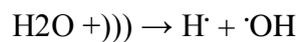
Setelah gelembung partikel yang membesar itu menerima gelombang ultrasonik, yang mana melebihi ambang batas (20 kHz untuk larutan) maka akan terjadi pembesaran gelembung partikel secara terus menerus hingga gelembung tersebut tidak mampu lagi untuk menyerap energi yang dihasilkan dari gelombang ultrasonik secara efisien dan akhirnya akan pecah. Akibat terjadinya pemecahan gelembung pada tahap ini, maka akan menghasilkan radikal bebas yang nantinya bisa mendegradasi senyawa organik. Tahapan ini juga disebut dengan *catastrophic collapse* (Mahvi.A.H,2009).

Proses sonolisis ini akan membentuk radikal hidroksil dan adanya efek kavitasi. Radikal-- radikal yang reaktif akan terbentuk didalam air yang akan teroksidasi saat proses sonolisis berlangsung, radikal reaktif yang terbentuk adalah $\text{OH}\cdot$, $\text{H}\cdot$ dan $\text{OH}_2\cdot$. Dampak dari sonolisis pada air yaitu terpecahnya molekul H_2O menjadi $\text{OH}\cdot$ dan $\text{H}\cdot$ yang mana radikal tersebut bisa merusak struktur senyawa organik. Dengan rusaknya senyawa organik tersebut akan dihasilkan senyawa – senyawa organik intermediet dan jika proses sonolisis diteruskan maka akan terjadi mineralisasi menjadi CO_2 , H_2O , HNO_3 dan sebagainya (Safni et al., 2009).

Pada proses sonolisis melibatkan gelombang ultrasonik untuk menghasilkan oksidasi radikal ($\cdot\text{OH}$) yang dihasilkan melalui fenomena kavitasi. Reaksi antara radikal OH dan molekul polutan dapat terjadi di dalam gelembung (*pyrolysis*) atau antarmuka gelembung-cair atau di bulk tergantung pada sifat

dari polutan (Elvinawati, 2009; Madhavana, J. *et al*, 2010). Sonolisis menciptakan proses kompresi, pemurnian ultrasonik menyebabkan pembentukan gelembung berosilasi, dan kemudian kenaikan suhu dan tekanan yang cukup tinggi menghasilkan radikal di antara gelembung. Ini dibentuk oleh pembelahan pirolisis molekul (Atacan *et al.*, 2019).

Dengan melakukan sonolisis akan terjadi degradasi pada molekul oksida oleh hidroksil radikal dengan reaksi sebagai berikut :



))) Menunjukkan sonication

D. Spektrofotometer UV-Vis

Spektroskopi UV-VIS didasarkan pada interaksi radiasi elektromagnetik dengan molekul zat yang dianalisis. Prinsip dasar spektrofotometer UV-Vis adalah pembangkitan transisi elektronik akibat penyerapan sinar UV-Vis, yang dapat mengeksitasi elektron dari orbit bebas. Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis spektroskopi yang menggunakan sumber elektromagnetik UV (190-380 nm) dan tampak (380-780 nm) menggunakan perangkat spektrofotometer UV-Vis (Runge dan Meissner 1933).

Spektrofotometer terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan cahaya dari spektrum panjang gelombang tertentu, dan fotometer adalah alat untuk mengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diserap. Spektrofotometer terdiri dari sumber spektrum kontinu, monokromator, sel absorpsi untuk larutan sampel, atau blanko. Sebuah alat untuk mengukur perbedaan absorbansi antara nilai dan sampel dan nilai kosong atau perbandingan (Khopkar, 2003).

Spektrofotometri UV-Vis adalah gabungan antara spektrofotometri UV dan Visible. Dimana spektro UV-VIS ini menggunakan dua buah sumber cahaya yang berbeda, yaitu sumber cahaya UV dan sumber cahaya Visible. Larutan yang dianalisis diukur menggunakan serapan UV (cahaya tampak). Pada konsentrasi larutan yang dianalisis sebanding dengan jumlah cahaya yang diserap oleh zat yang terkandung dalam larutan.

Penyerapan pada UV-Vis dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kromofor, Pemilihan pelarut, suhu dan ion ion organik. Komponen spektrofotometri UV-Vis terdiri dari sumber cahaya, monokromator, kuvet, dan detektor. Cahaya dari sumber cahaya melewati monokromator, memberikan cahaya yang lewat panjang gelombang. Radiasi yang dihasilkan difokuskan pada detektor menjadi sinar listrik (Helwandi, 2016).

Pengukuran spektroskopi UV-Vis digunakan untuk analisis kuantitatif daripada kualitatif karena molekul yang akan dianalisis memerlukan energi elektronik yang cukup. Metode ini sangat sensitif dan sangat cocok untuk

tujuan analisis. Spektrofotometri UV-Vis sangat kuantitatif dan jumlah cahaya yang diserap oleh sampel diberikan oleh hukum Lambert beer.

Interaksi ultraviolet atau cahaya tampak menghasilkan transisi elektron ikatan elektron, keduanya ikatan sigma dan pi serta elektron tidak terikat yang ada (n) dalam molekul organik. Elektron ini berada diselain molekul organik. Transisi elektronik telah terjadi adalah perpindahan elektron dari orbital terikat atau tidak terikat ikatan pada orbital antiikatan, juga dikenal sebagai level kegembiraan. Orbital terikat atau tidak terikat sering disebut sebagai Orbit Bumi, sehingga transisi elektron biasanya dinyatakan sebagai: adalah transisi elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Hanya ada dua keadaan tereksitasi elektron dalam molekul organik jenis, yaitu bintang pi* dan bintang sigma *, jadi jika molekul organik memiliki sigma, pi dan elektron elektron yang tidak terikat, misalnya pada molekul aseton. Agar transisi elektronik ini terjadi energi yang dibutuhkan tergantung pada jenis elektroN terikat dan tidak terikat dalam molekul organik.

Semua molekul mengandung elektron yang dapat tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi, sehingga dapat menyerap radiasi pada kisaran UV-Vis. Panjang gelombang di mana penyerapan terjadi tergantung pada seberapa erat elektron terikat dalam molekul. Sebagian besar spektrofotometri serapan UV-Vis didasarkan pada transisi $n \rightarrow \pi^*$ atau $\pi \rightarrow \pi^*$ dan memerlukan adanya kromofor dalam kromofor intramolekul. Transisi ini terjadi pada rentang

spektrum 200-700 nm yang digunakan dalam percobaan (Undorwood et al., 2002).

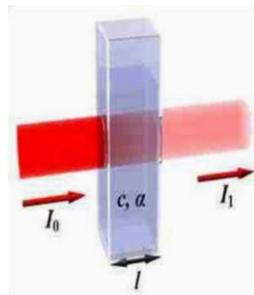
spektrofotometri UV-Vis dapat ditentukan dengan menggunakan sampel berupa larutan, gas atau uap. Secara umum, sampel harus diubah menjadi larutan bening. Untuk melakukan pengujian menggunakan spektrofotometer perlu diperhatikan syarat syarat penggunaan larutan supaya pengujian yang dilakukan memiliki nilai yang baik. Persyaratan pelarut yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. menghomogenkan sampel dengan sempurna.
2. Pelarut yang digunakan adalah mengandung ikatan rangkap terkonjugasi dalam struktur molekul dan tidak berwarna (tidak dapat menyerap cahaya)
3. Tidak ada interaksi dengan molekul senyawa yang akan dianalisis
4. Kemurnian harus tinggi.

Untuk mendapatkan spektrum UV-Vis yang baik, perlu: Konsentrasi sampel juga diperhitungkan. Hubungan antara Absorbansi pada konsentrasi akan linier ($A \approx C$) jika nilai absorbansi larutan berada pada kisaran 0.2-0.8 ($0.2 A < 0.8$) atau regular disebut domain aplikasi dari hukum Lambert-Beer dengan lebar sel 1 cm dan besarnya absorbansi ini untuk senyawa memiliki ikatan rangkap terkonjugasi tereksitasi elektron *, dengan 8.000 - 20.000; konsentrasi larutan sekitar 4×10^{-5} mol/L sedangkan untuk senyawa tidak ada n* eksitasi elektronik, 10 - 100, maka konsentrasi sekitar 10^{-2} mol/L. Jika senyawa tersebut adalah M. ukuran tidak diketahui, konsentrasi larutan dengan Absorbansi biasanya digunakan pada 10 ppm, jika absorbansi diperoleh masih terlalu tinggi, larutan

sampel harus diencerkan; Di sisi lain, jika terlalu rendah, maka kuantitasnya sampel perlu ditambahkan (Luis dan Moncayo n.d., 2009).

Dijelaskan dalam hukum Lambert-Beer, yang menghubungkan antara absorbansi cahaya dengan konsentrasi pada suatu bahan yang mengabsorpsi, dengan persamaan berikut :



gambar 3 Ilustrasi hukum Lambert-Beer (Sabrina 2012)

Absorpsi sinar oleh larutan mengikuti hukum Lambert-Beer, yaitu:

$$A = \log (I_0 / I_t) = a b c$$

Keterangan :

I_0 = intensitas sinar datang

I_t = intensitas dari sinar yang diteruskan,

a = absorptivitas,

b = panjang sel atau kuvet

c = konsentrasi (g/l)

A = absorbans

Tujuan penggunaan spektrometri UV-Vis dalam mendegradasi *Indigosol Red IR* adalah untuk melihat penurunan absorbansi. Semakin rendah absorbansi berarti semakin banyak *Indigosol Red IR* yang terdegradasi.

E. FTIR (Frouier Tranform Infrared)



gambar 4 alat FourierTransformation Infra Red

FTIR adalah akronim berdasarkan spektroskopi inframerah transformasi Fourier. Spektroskopi inframerah transformasi Fourier dalam bahasa Indonesia. FTIR adalah teknik untuk memperoleh spektrum inframerah berdasarkan penyerapan atau emisi zat padat, cair, atau gas. FTIR paling sering digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik secara kuantitatif dan kualitatif. Studi kuantitatif menggunakan FTIR untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel. FTIR digunakan dalam studi kualitatif untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Prinsip perangkat FTIR adalah spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah dengan transformasi Fourier selain menangkap dan menganalisis hasil spektrum. Spektroskopi inframerah digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik karena memiliki spektrum yang sangat kompleks dengan berbagai puncak. (Mayang-Sari, 2011).

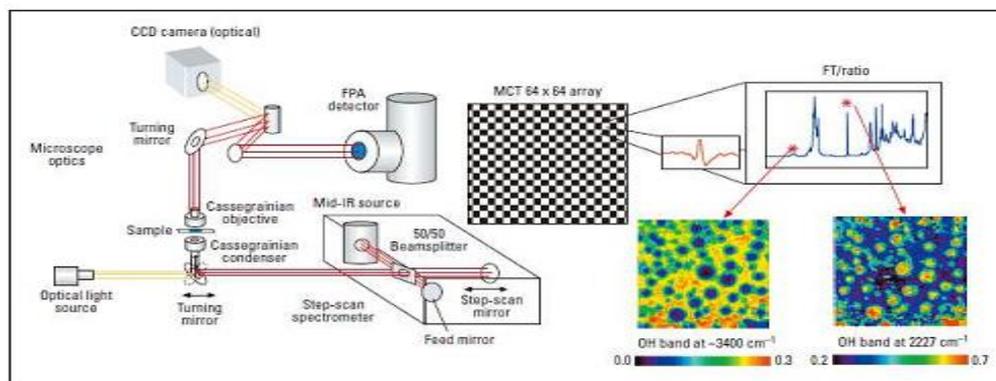
Spektroskopi Inframerah (IR) adalah teknik untuk menganalisis material yang menghasilkan sidik jari dari sampel dengan puncak serapan yang saling

berhubungan dengan frekuensi vibrasi antara ikatan atom – atom yang menyusun material. Setiap material memiliki kombinasi atom yang unik, tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spectrum IR yang sama. Spektroskopi IR digunakan untuk mengidentifikasi material atau analisis kualitatif dari setiap material. Ukuran puncak dalam spectrum secara langsung menunjukkan jumlah material yang terdapat dalam sampel. Software algoritma moder, IR merupakan alat ekselen untuk analisis kualitatif (Nizar et al.,2018).

Spektrometer FTIR adalah instrumen yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa, terutama senyawa organik, baik secara kualitatif serta kuantitatif. Analisis dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya, yaitu dilihat dari simpul spesifik yang menunjukkan jenis kelompok fungsional yang mereka miliki oleh senyawa-senyawa tersebut. Sedangkan analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan menggunakan senyawa standar yang spektrumnya telah dilakukan dalam berbagai variasi konsentrasi. Hampir semua senyawa dengan ikatan kovalen, baik organik atau anorganik, akan menyerap frekuensi yang berbeda dari radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang (λ) 0,5 - 1000 m). Dalam kimia organik, fungsi utama spektrofotometri Inframerah adalah penentuan (interpretasi) struktur molekul, terutama gugus fungsi seperti OH, C = O, C = C. domain yang paling berguna untuk mengenali struktur senyawa yang terletak di daerah 125 m atau 10.000 - 400 cm¹. . Bahkan, unit Satuan yang paling umum digunakan adalah satuan frekuensi (cm¹ .) dan tidak dalam jangka panjang melambai. Absorbansi masing-masing jenis ikatan (NH, CH, OH, C X, C = O, CO, C – C, C = C, C = N, dst.) diperoleh hanya pada

pecahan tertentu dari daerah getaran inframerah. Rentang penyerapan kecil dapat digunakan untuk Identifikasi setiap jenis kewajiban.

Untuk memperoleh informasi struktur senyawa organik yang dianalisis, kita harus akrab dengan frekuensi atau panjang gelombang di mana kelompok yang berbeda fungsi penyerapan. Misalnya, serapan apa pun dalam kisaran $3000 + 150$ cm hampir selalu karena adanya ikatan C=O (gugus karbonil). Pada gambar berikut menyusun daerah serapan secara sistematis sesuai dengan ikatan yang terdapat pada senyawa.



gambar 5 skema alat FTIR

Spektrometer FTIR bisa menembakan sinar inframerah hingga kedalaman 550 nm dan mempunyai *spectral range* optimal pada $7800- 350 \text{ cm}^{-1}$ serta mempunyai *spectral resolution* lebih baik dari 0,4 *wavenumber* (Aji Pambudi et al., 2017). Dalam prosedur analisis FTIR, sampel akan mengalami kontak dengan radiasi inframerah (IR). Radiasi IR akan berdampak pada vibrasi atom atau molekul dalam sampel dan akan menghasilkan absorpsi spesifik atau transmisi energi. Setiap gugus fungsi dalam molekul umumnya memiliki karakteristik sendiri sehingga spektroskopi FTIR digunakan untuk mendeteksi gugus spesifik dari molekul (Kirk dan Othmer, 1953).

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Pengaruh variasi massa katalis pada proses degradasi Indigosol Red IR diperoleh pada variasi massa katalis ZnO 0,05 gram dengan persentase degradasi 93,72%
2. Waktu maksimum yang didapat dalam mendegradasi Indigosol Red IR 10 ppm menggunakan penambahan katalis ZnO optimum dengan menggunakan metode sonolisis yaitu pada variasi waktu 30 menit dengan persentase degradasi 95,98%.

B. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis menyarankan:

1. Mempelajari aplikasi dari degradasi zat warna secara sonolisis dengan memakai doping katalis yang berbeda.
2. Mempelajari pengaruh pH dan konsentrasi larutan pada proses degradasi

DAFTAR PUSTAKA

- A.Hiskia, M. Ecke, A.troupis, A. Kokorakis, H. Hennig, E. Papaconstatinou. *Sonolytic, Photolytic, and Photocatalytic Decomposition of Atrazin In presence of Polyoxometalates. J. Environ. Sci. Tech.*, 35(11): 2358-2364 (2001).
- A.L. Underwood, R. A. DAay. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Terjemahan Hnadayana, Pudjaatmaka, Edisi 4. Erlangga : Jakarta.1998. p 201-227
- Andari, N.D. dan Sri Wardani.2014. *Fotokatalis Tio2-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru*. Chem. Prog 7 (1) : 9 – 14.
- Arief, S., Safni, Roza, P., 2007. *Degradasi Senyawa Rhodamin B Secara Sonolisis dengan Penambahan TiO2 Hasil Sintesa Melalui Proses Sol-Gel, Jurnal Riset Kimia*, Vol.1, No.1, 64-70, Padang.
- Atacan, K., Güy, N., Çakar, S., & Özacar, M. (2019). Efficiency of glucose oxidase immobilized on tannin modified NiFe₂O₄ 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>
- Bhermana, B. G., Safni, & Syukri. (2015). Degradasi Zat Warna Methanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Dengan Penambahan Katalis Tio₂-Anatase Dan Sno₂. *Journal of Islamic Science and Technology*.
- 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).
- 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>
- Dewa Ayu Wismayanti, Ni Putu Diantariani, dan Sri Rahayu Santi.2015. *Pembuatan Komposit Zno-Arang Aktif sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru*. Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali. Jurnal Kimia 9 (1), Januari 2015: 109-116
- Dini, E. W. P., & Wardhani, S. (2014). Degradasi Metilen Biru menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. Chem Prog, 7.
- 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.20>