

**DEGRADASI FENOL MENGGUNAKAN METODE
FOTOSONOLISIS DENGAN BANTUAN KATALIS ZnO**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains*



Oleh :

HILDAYATI AMRI

NIM/TM. 17036016/2017

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2021

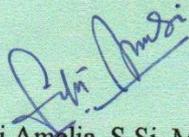
PERSETUJUAN SKRIPSI

DEGRADASI FENOL MENGGUNAKAN METODE FOTOSONOLISIS DENGAN BANTUAN KATALIS ZnO

Nama : Hildayati Amri
NIM : 17036016
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

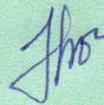
Padang, 18 Februari 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia



Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Hary Sanjaya, M.Si
NIP. 19830428 200912 1 007

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Hildayati Amri
NIM : 17036016
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

DEGRADASI FENOL MENGGUNAKAN METODE FOTOSONOLISIS DENGAN BANTUAN KATALIS ZnO

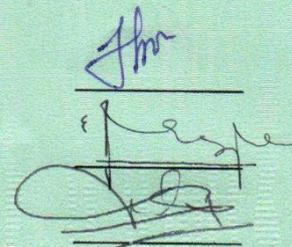
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 18 Februari 2021

Tim Penguji

Nama
Ketua : Hary Sanjaya, M.Si
Anggota : Edi Nasra, M.Si
Anggota : Miftahul Khair, S.Si., M.Sc., Ph.D

Tanda tangan



Handwritten signatures of the examiners, including the Chairman (Ketua) and two members (Anggota).

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Hildayati Amri

NIM : 17036016

Tempat/Tanggal lahir : Koto Salak / 27 Juni 1998

Program Studi : Kimia

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Judul Skripsi : **Degradasi Fenol Menggunakan Metode Fotosonolisis 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 dosen 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 telah 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 dan ketentuan hukum yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 18 Februari 2021

Yang menyatakan



Hildayati Amri
NIM. 17036016

DEGRADASI FENOL MENGGUNAKAN METODE FOTOSONOLISIS DENGAN BANTUAN KATALIS ZnO

Hildayati Amri

ABSTRAK

Penelitian ini telah dilaksanakan untuk mendegradasi senyawa fenol menggunakan metode fotosonolisis. Tujuannya yaitu untuk melihat pengaruh waktu radiasi dan massa katalis yang digunakan untuk mendegradasi senyawa fenol. Hasil persentase degradasi didapatkan setelah dilakukan pengukuran absorbansi fenol setelah didegradasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan didapatkan λ_{max} dari fenol yaitu 270 nm dan 269 nm. Hasil dari penelitian ini memperlihatkan bahwa pengaruh waktu radiasi dan massa katalis dalam mendegradasi senyawa fenol didapatkan persentase degradasi tertinggi pada waktu 300 menit yaitu 44,82% dan untuk pengaruh massa katalis didapatkan persentase degradasi tertinggi pada penambahan massa katalis 100 mg yaitu 19,76%.

Kata Kunci: Degradasi, Fotosonolisis, Fenol, ZnO.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan nikmat-Nya yang selalu dicurahkan kepada seluruh hamba-Nya. Shalawat beserta salam dikirimkan kepada tauladan ummat Islam yakni Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah dengan nikmat dan hidayah-Nya, penulis telah dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Degradasi Fenol Menggunakan Metode Fotosonolisis Dengan Bantuan Katalis ZnO”**.

Selama penyelesaian proposal ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, baik itu berupa saran, bimbingan dan sumbangan pemikiran. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, yang telah memberikan nikmat menuntut ilmu sehingga penulis dapat menambah wawasan di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
2. Ibu dan Ayah (Alm), kakak-kakak , abang, serta keponakan tercinta yang telah meridhoi penulis dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Hary Sanjaya, M.Si selaku Dosen Pembimbing dan Penasehat Akademik.
4. Bapak Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D selaku Ketua Program Studi Kimia.
5. Ibu Fitri Amelia, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

6. Bapak Edi Nasra, M.Si dan Bapak Miftahul Khair, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Dosen Penguji.
7. Teman-teman terdekat yang telah memotivasi, membantu, memberikan masukan, dan menjadi pendengar keluh kesah dalam banyak hal.
8. Keluarga Besar Kimia 2017 atas segala dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
9. Tim Fotosonolisis yang telah membantu dan bahu-membahu dalam menyelesaikan penelitian bersama ini.
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Dalam penyusunan proposal ini, penulis berpedoman kepada buku Panduan Penulisan Skripsi Non Kependidikan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Sebagai langkah penyempurnaan, penulis mengharapkan masukan, kritikan, dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan proposal ini. Semoga masukan, kritikan, dan saran yang diberikan menjadi amal ibadah, aamiin. Akhirnya penulis berharap semoga proposal ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di dunia Sains.

Padang, 16 Februari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I <u>PENDAHULUAN</u>	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	4
F. Manfaat Penelitian	4
BAB II <u>KERANGKA TEORITIS</u>	5
A. Senyawa Fenol	5
B. Seng Oksida (ZnO)	6
C. Fotokatalis	8
D. Fotolisis	10
E. Sonolisis	11
F. Fotosonolisis	13
G. <i>Spektrofometer UV Visible</i>	14
BAB III <u>METODOLOGI PENELITIAN</u>	16
A. Waktu dan Tempat	16
B. Objek Penelitian	16
C. Variabel Penelitian	16

D. Alat dan Bahan	17
1. Alat yang Digunakan.....	17
2. Bahan	17
E. Prosedur Kerja.....	17
1. Pembuatan Larutan Senyawa Fenol 25 ppm.....	17
2. Degradasi fenol secara fotodegradasi.....	17
3. Teknis analisis data	19
BAB IV PEMBAHASAN.....	20
A. Degradasi fenol dengan variasi waktu radiasi menggunakan metode fotodegradasi	20
B. Degradasi fenol dengan variasi massa katalis menggunakan metode fotodegradasi	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	28
A. Kesimpulan	28
B. Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat Fisika ZnO (Jang, 2001)	7
--	---

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur fenol (Fessenden dan Fessenden, 1992).....	5
Gambar 2. Model struktur ZnO (a) rocksalt, (b) zinc blende dan (c) wurtzite (heksagonal) (Lee et al., 2016).	8
Gambar 3. Tahapan reaksi fotokatalitik	9
Gambar 4. Skema alat penelitian.....	14
Gambar 5. Kurva degradasi fenol tanpa katalis ZnO secara fotosonolisis.....	21
Gambar 6. Kurva degradasi fenol menggunakan katalis ZnO secara fotosonolisis	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Larutan Senyawa Fenol 25 ppm	32
Lampiran 2. Degradasi Larutan senyawa fenol dengan Variasi waktu secara Fotosonolisis	33
Lampiran 3. Degradasi Larutan Senyawa Fenol Variasi Massa Katalis Secara Fotosonolisis	34
Lampiran 4. Skema Penelitian	35
Lampiran 5. Absorbansi fenol sebelum degradasi dengan spektrofotometer UV-VIS	36
Lampiran 6. Absorbansi fenol setelah degradasi pada variasi waktu radiasi tanpa katalis ZnO secara fotosonolisis dengan spektrofotometer UV-VIS	38
Lampiran 7. Perhitungan persen degradasi Fenol dengan variasi waktu radiasi secara fotosonolisis	39
Lampiran 8. Hasil degradasi fenol variasi waktu radiasi tanpa katalis ZnO secara fotosonolisis	41
Lampiran 9. Absorbansi fenol setelah proses degradasi pada variasi massa katalis ZnO secara fotosonolisis dengan spektrofotometer UV-VIS	42
Lampiran 10. Perhitungan persen degradasi Fenol dengan variasi massa katalis secara fotosonolisis	43
Lampiran 11. Hasil degradasi fenol variasi massa katalis ZnO secara fotosonolisis	45
Lampiran 12. Converter panjang gelombang 250 nm.....	46

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit sebagai penyedia layanan kesehatan bagi masyarakat yang memiliki peranan penting dalam bidang kesehatan karna berfungsi sebagai pusat pengobatan dan juga menjadi penyedia layanan kesehatan bagi masyarakat. Dalam pengoperasiannya rumah sakit menghasilkan limbah, semua limbah yang diperoleh dari berbagai kegiatan rumah sakit dan kegiatan penunjang lainnya bisa dalam bentuk apapun termasuk padat, cair, maupun gas (Subekti, 2011).

Rumah sakit juga mempunyai dampak negatif. Adapun dampak negatif tersebut yaitu terjadinya pencemaran, dimana jika limbah tersebut tidak diolah dengan baik. Salah satu komponen organik yang terdapat pada limbah cair rumah sakit yaitu fenol. Fenol sudah dipakai sebagai antiseptik, desinfektan serta bahan kimia yang banyak digunakan dalam bidang farmasetikal (Jiang et al., 2020).

Fenol merupakan senyawa yang memiliki toksisitas tinggi serta bersifat karsinogenik, dan korosif terhadap kulit (iritasi) . Fenol merupakan limbah yang sangat berbahaya dimana nantinya akan menjadi polutan bagi lingkungan dan pada konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kerusakan hati, ginjal, dan bahkan kematian pada manusia. Limbah fenol yang berasal dari rumah sakit merupakan hasil dari sterilisasi peralatan, dan juga zat kimia dari laboratorium berbahaya yang mana nantinya akan menjadi polutan bila dibuang begitu saja ke lingkungan. Oleh sebab itu, fenol harus diolah terlebih dahulu dari limbah sebelum dibuang (Wardhani, 2008).

(Rashid & Sato,2011).

Proses fotolisis yaitu terjadinya molekul air berinteraksi dengan sinar matahari (UV/Visible) sedangkan untuk proses sonolisis sendiri menghasilkan radikal hidroksil dan gelombang mekanik yang nantinya memberikan pengaruh berupa efek kavitasi pada air (Safni et al., 2008). Metode fotosonolisis dengan katalis semikonduktor yang berbasis teknologi ultraviolet (UV) berpotensi menghilangkan atau mendegradasi molekul organik dalam air (Wang et al., 2020).

Katalis yang sering digunakan untuk mendegradasi senyawa fenol merupakan oksida logam yang mempunyai sifat semikonduktor, dimana salah satunya yaitu ZnO yang memiliki aktifitas fotokatalitik yang tinggi dan juga murah (Arief, M., 2011). ZnO adalah logam oksida semikonduktor dan memiliki celah pita yaitu 3,37 eV dan mempunyai energi pengeksitasi yang besar 60 meV pada suhu kamar (Li et al., 2020). Sifat tersebut memungkinkan ZnO menjadi semikonduktor yang efisien dan, oleh karena itu dapat diterapkan di beberapa perangkat fungsional, seperti transistor film tipis, dioda pemancar cahaya (LED), sensor UV / ozon, biosensor, perangkat piezoelektrik (Pimentel et al., 2016).

Proses degradasi fenol dengan bantuan ZnO pada kondisi optimum sebagai katalis cukup efektif dalam mendegradasi senyawa fenol dengan persentase $(63,52 \pm 3,48)\%$ dengan pH optimum 8, jumlah massa fotokatalis ZnO optimum yaitu 40 mg hal ini memperlihatkan bahwa massa ZnO dapat meningkatkan jumlah permukaan fotokatalis yang menyediakan radikal hidroksi , dan waktu reaksi optimum yaitu 8 jam yang membuat interaksi

antara cahaya, fenol dan ZnO semakin besar dan $\cdot\text{OH}$ yang terbentuk semakin banyak (Kimia et al., 2016).

Hal tersebut menjadi landasan penulis dalam melakukan penelitian tentang “**Degradasi Senyawa Fenol Menggunakan Metode Fotosonolisis Dengan Bantuan Katalis ZnO**”. Penelitian ini dilakukan agar mengetahui pengaruh waktu radiasi serta massa katalis terhadap degradasi fenol. Hasil degradasi akan dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis yang diharapkan bisa menjadi salah satu solusi bagi rumah sakit dalam mengurangi dampak limbah fenol terhadap lingkungan.

B. Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah, bisa diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

- 1 Fenol termasuk senyawa organik yang mempunyai toksisitas tinggi dan bersifat karsinogenik dan banyak ditemukan pada limbah cair rumah sakit.
- 2 Salah satu upaya memaksimalkan proses degradasi Fenol dengan Metode Fotosonolisis, yang menggabungkan antara metode Fotolisis dan metode Sonolisis.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan dan identifikasi masalah, maka masalah dibatasi dengan:

1. Metode yang digunakan dalam proses degradasi senyawa fenol adalah metode fotosonolisis.

2. Variasi waktu radiasi pada proses degradasi senyawa fenol yang digunakan adalah 0 menit, 60 menit, 120 menit, 180 menit, 240 menit, 300 menit.
3. Variasi massa katalis yaitu 50 mg, 100 mg, 150 mg, 200 mg, dan 250 mg.
4. Konsentrasi fenol yang digunakan yaitu 25 ppm.

D. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu radiasi yang digunakan terhadap degradasi senyawa fenol?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa katalis terhadap degradasi senyawa Fenol?

E. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1 Mengetahui pengaruh waktu radiasi terhadap degradasi senyawa Fenol
- 2 Mengetahui pengaruh massa katalis terhadap degradasi senyawa Fenol

F. Manfaat Penelitian

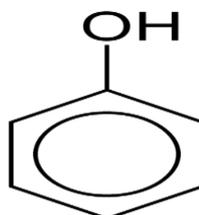
Penelitian ini nantinya diharapkan mampu memberi edukasi dan sumbangsih bagi ilmu pengetahuan terutama dalam bidang Fotokatalis yang mengembangkan metode Fotosonolisis untuk mendegradasi senyawa fenol dengan cara yang efektif dan efisien serta bisa digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya agar pendegradasian ini dapat diterapkan dalam industri skala besar.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Senyawa Fenol

Fenol atau asam karbolat merupakan senyawa yang mempunyai bau khas dengan rumus molekul fenol adalah C_6H_5OH . Fenol dalam keadaan murni berbentuk padatan putih, densitas $1,0576 \text{ g/cm}^3$ pada 20°C serta memiliki kelarutan didalam air 87 g/L pada 25°C (Sari, 2011). Fenol merupakan hasil dari reaksi benzene dengan basa kuat dengan reaksi substitusi. Struktur fenol terdiri dari satu gugus hidroksil (OH^-) yang terikat dengan cincin aromatis yang nantinya disebut monohidroksi benzena. Kereaktifan yang tinggi pada fenol disebabkan oleh adanya gugus hidroksil tersebut (Lestari, 2012).



Gambar 1. Struktur fenol (Fessenden dan Fessenden, 1992)

Fenol cenderung mempunyai sifat lebih asam disebabkan fenol ketika direaksikan bersama NaOH akan melepaskan H^+ dari gugus hidroksilnya. Pelepasan tersebut merupakan akibat dari pelengkapan orbital antara satu-satunya pasangan oksigen dengan sistem aromatik, dimana muatan negatif akan terdelokalisasi melalui cincin tersebut dan akan membuat anion menjadi stabil (Fessenden dan Fessenden, 1992).

Fenol dengan jumlah yang banyak dalam air bisa mengakibatkan kadar oksigen terlarut menjadi turun yang berakibat fenol terindikasi sebagai polutan. Akibatnya senyawa fenol menjadi limbah yang sangat berbahaya karena akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, selain itu fenol juga memiliki toksisitas yang tinggi dan karsinogenik. Fenol merupakan satu dari banyaknya limbah cair senyawa organik yang terdapat di rumah sakit. Senyawa fenol tidak bisa dikategorikan aman terhadap lingkungan dengan konsentrasi yang berkisar 0,5 – 1,0 mg/l KEP No. 51/MENLH/ 10/1995 serta ambang batas fenol sendiri dalam air baku air minum yaitu 0,002 mg/l seperti yang dinyatakan BAPEDAL (Slamet et al., 2005).

B. Seng Oksida (ZnO)

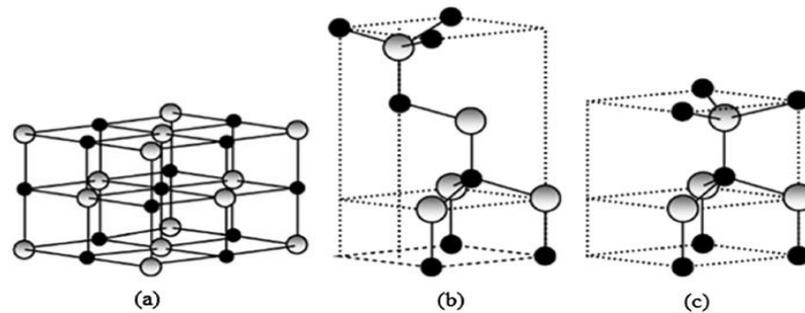
Seng oksida merupakan salah satu fotokatalis yang sangat efisien, tidak beracun dan stabil secara kimiawi. Telah diketahui bahwa semikonduktor seperti ZnO memiliki celah pita lebih besar dari 3 eV merupakan fotokatalis yang sangat baik (Nadjia et al., 2011). Dalam ilmu material, seng oksida diklasifikasikan sebagai semikonduktor didalam golongan II-VI, dan terletak di batas antara semikonduktor yang bersifat ionik dan kovalen. ZnO mempunyai celah pita 3,37 eV dengan energi ikatan 60 meV pada suhu ruang dengan struktur yang stabil (Pimentel et al., 2016).

Pada semikonduktor ZnO memiliki kemampuan menyerap spektrum cahaya lebih banyak dibandingkan dengan TiO₂ (Sakthivel et al., 2003). Oleh sebab itu, salah satu bahan penting untuk laser UV adalah ZnO, selain itu ZnO mempunyai sifat optik dan listrik yang nantinya dipakai sebagai fotokonduktor, sensor terintegrasi (Suwanboon, 2008)

Tabel 1. Sifat Fisika ZnO (Jang, 2001)

Sifat	Nilai
Struktur kristal	Wurtzite (stabil pada 300 K), Zinc blende dan Rocksalt
Energi gap	3.37 eV
Energi ikat eksitasi	60 meV
Kerapatan	5.606 g/Cm ³
Titik lebur	1975 ⁰ C
Parameter kisi a ₀	0.32495 nm
C ₀	0.52069 nm
C ₀ /a ₀	1.60
Konduktivitas termal	0.6, 1-12
Koefisien linear ekspansi (⁰ C)	a ₀ : 6.5x10 ⁻⁶ , c ₀ : 3.0x10 ⁻⁶
Konstanta dielektrik relatif	8.656
Indeks bias	2.008, 2.029

Struktur kristal dari ZnO terdiri atas tiga bentuk yaitu *rocksalt*, *zinc blende*, dan *wurtzite* (heksagonal) yang dapat ditunjukkan pada gambar 2.2. Struktur *rocksalt* ZnO cukup langka ditemukan, karena disebabkan struktur ini dihasilkan dibawah tekanan tinggi (Lee et al., 2016). Struktur *zinc blende* bisa terbentuk saat kristal tumbuh pada substrat kubik (Sutanto & Wibowo, 2015). Sedangkan bentuk dominan struktur kristal ZnO yaitu *wurtzite* karena stuktur ini nantinya paling stabil pada suhu kamar dan tekanan. Struktur *wurtzite* yaitu hexagonal dikarenakan terdapat 12 ion oksigen (O²⁻) yang ada disetiap sudut atas dan bawah membentuk suatu prisma heksagonal.

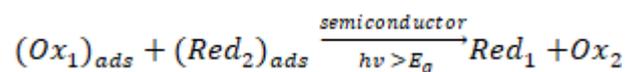


Gambar 2. Model struktur ZnO (a) rocksalt, (b) zinc blende dan (c) wurtzite (heksagonal) (Lee et al., 2016).

C. Fotokatalis

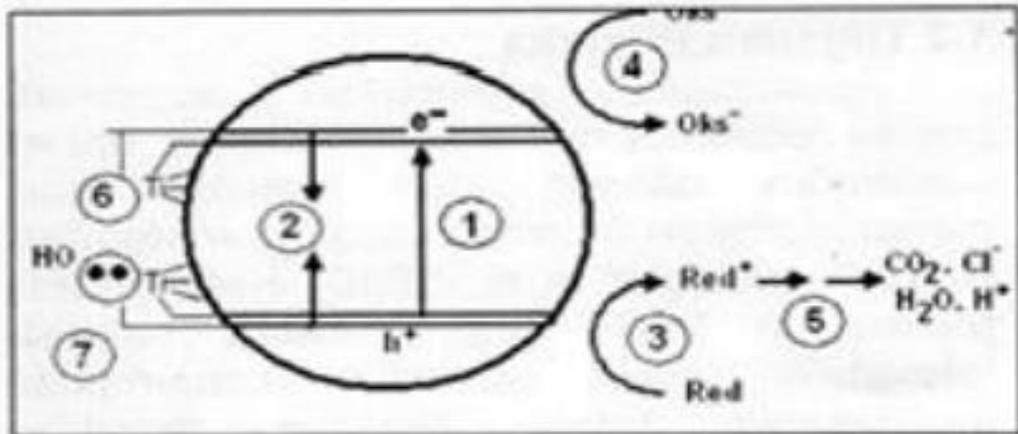
Fotokatalis yaitu gabungan dari kata foto dan katalisis, yang nantinya bisa dikatakan suatu proses yang mengkombinasikan reaksi fotokimia yang memerlukan adanya sinar (cahaya) dan katalis agar transformasi kimia menjadi cepat. Fotokatalis merupakan tempat terjadinya proses fotokimia pada permukaannya. Fotokatalis termasuk metode yang dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa fenol (Hakim & Haris, 2016).

Secara umum reaksi Fotokatalis yaitu :



Metoda AOPs (Advanced Oxidation Processes) merupakan metoda yang menggunakan katalis untuk menghasilkan radikal hidroksil yang memiliki efek kativitas tinggi dalam proses oksidasi senyawa organik. Salah satu contoh metoda ini adalah Fotokatalis yang menghasilkan produk berupa pengolahan limbah yang tidak berbahaya bagi lingkungan yakni CO₂ dan H₂O. Sumber cahaya pada proses fotokatalis ini berupa sinar matahari dan lampu ultraviolet (uv). Katalis yang digunakan umumnya adalah bahan semikonduktor karena mampu menyerap foton (Linsebigler et al., 1995).

Secara umum proses fotokatalitik diawali oleh adanya penyerapan foton oleh suatu semikonduktor yang mengakibatkan terjadinya pemisahan muatan atau fotoeksitasi dalam suatu semikonduktor. Elektron mengalami eksitasi ke pita konduksi dengan meninggalkan lubang positif pada pita valensi. Elektron yang ada pada pita konduksi bereaksi dengan akseptor elektron dan lubang positif pada pita valensi akan bereaksi dengan donor elektron (Rao et al., 2009).



Gambar 3. Tahapan reaksi fotokatalitik

Proses fotokatalis menghasilkan sebuah pasangan *hole* dan elektron yang bereaksi dengan pengabsorb untuk menghasilkan radikal. Radikal ini adalah bahan pengoksidasi yang kuat dan akan mengoksidasi kontaminan organik menjadi CO_2 dan H_2O . Ketika fotokatalis dikenai sinar UV dengan energi yang sesuai menyebabkan fotokatalis teraktifkan membentuk radikal hidroksil (OH) dan superoksida (O_2^-) yang mampu mengoksidasi zat warna (Haryati T, NovitaAndarini, 2014).

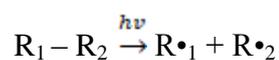
Pada fotokatalis ZnO termasuk bahan pengoksidasi yang baik, karena memiliki aktifitas katalitik yang jauh lebih baik dari bahan lainnya. Hal ini

disebabkan ZnO dapat menyerap cahaya dalam spektrum yang lebih luas dibandingkan bahan semikonduktor lainnya. Degradasi fotokatalitik dengan katalis semikonduktor merupakan cara yang paling efisien dalam menghilangkan zat warna dalam limbah cair tekstil. Penggunaan semikonduktor untuk aktivitas fotokatalis telah menarik perhatian karena mereka berpotensi mendegradasi polutan organik dalam air dan udara (Bachvarova-Nedelcheva et al., 2013).

D. Fotolisis

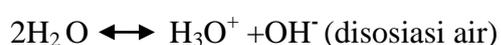
Fotolisis yaitu proses degradasi senyawa atau zat dengan adanya cahaya yang membantu proses degradasi tersebut. Ketika senyawa disinari cahaya, reaksi kimia terjadi akibat penyerapan energi foton oleh senyawa tersebut. Penyerapan sinar matahari (UV) oleh partikel Penyerapan sinar UV oleh partikel fotokatalis menghasilkan 2 pasang elektron dan *hole*. Fotolisis merupakan metode penting dalam mendegradasi polutan organik yang terdapat pada air limbah serta diterapkan pada pengolahan air limbah tersebut (Li et al., 2020).

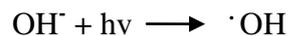
Reaksi fotolisis langsung (*direct photolysis*) bisa dituliskan secara skematis seperti persamaan reaksi berikut:



Reaksi-reaksi fotolisis pada umumnya menghasilkan produk yang berupa ion atau radikal yang bisa diterapkan untuk degradasi polutan atau pencemar dalam media, yaitu pada fasa cair ataupun fasa gas.

Berikut adalah reaksi fotolisis (Joseph, 2015):





Pada proses fotolisis ini, degradasi bisa terjdinya karna adanya penyerapan energi foton oleh spesi radikal, oleh karena itu energi foton yang diadsorbsi harus lebih tinggi daripada energi ikatan agar bisa terputus. Hal itu berarti bahwa panjang gelombang dari energi foton yang paling sesuai untuk reaksi fotolisis, energi foton yang paling sesuai yaitu jika menggunakan sinar UV antara 10 - 380 nm (Bismo, 2006).

E. Sonolisis

Sonolisis termasuk bagian dari metode *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) dalam degradasi senyawa organik oleh gelombang ultrasonik pada media air (Safni et al., 2008). Dalam proses degradasi polutan organik menggunakan gelombang ultrasonik pada umumnya dibutuhkan waktu yang lama dan enrgi yang besar dan digunakan katalis agar dapat mempercepat reaksi.

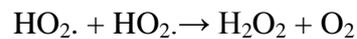
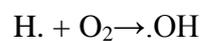
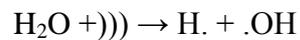
Sonolisis sanggup mengubah polutan organik sehingga menghasilkan karbon dioksida dan air yang dapat membuat polutan tersebut menjadi kurang berbahaya. Metode sonolisis adalah metode ultrasonik untuk mendegradasi zat organik dalam media air menggunakan getaran ultrasonik. Gelombang ultrasonik dalam air limbah mampu untuk mendegradasi senyawa yang sulit terurai karena dalam prosesnya akan menghasilkan radikal OH dan efek kavitasi (Stock et al., 2000).

Sonolisis melibatkan penggunaan gelombang ultrasound untuk menghasilkan oxidizing 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)(Madhavan et al., 2010).

Spesies-spesies reaktif seperti $\bullet\text{OH}$, $\bullet\text{H}$ dan $\text{HO}_2\bullet$ dihasilkan dari proses sonolisis. Sonolisis sendiri mampu memecah air menjadi $\bullet\text{OH}$ dan $\bullet\text{H}$ yang bisa merusak senyawa organik dalam larutan. Rusaknya senyawa organik tersebut akan menghasilkan senyawa-senyawa organik intermediet dan jika sonolisis terus berlangsung maka pada akhirnya akan terjadi mineralisasi tersebut menjadi CO_2 , H_2O , HNO_3 dan sebagainya (Safni et al., 2008).

Degradasi oleh sonolysis pada oksidasi molekul oleh radikal hidroksil dihasilkan selama proses sonication (sonolysis atau sonodecomposition air), menurut Persamaan :



))) Menunjukkan sonication

(Joseph, 2015)

Molekul zat terlarut yang berdifusi kedalam gelembung mampu untuk mendegradasi senyawa berbahaya karena bersifat sangat reaktif. Radikal OH adalah radikal bebas utama yang mempunyai peran dalam reaksi degradasi namun radikal OH yang tercipta tetap bisa kembali bergabung satu sama lain dalam air menjadi H_2O_2 . Terbentuknya senyawa H_2O_2 ini akan mengurangi efisiensi sonolisis. Efisiensi degradasi sonolisis dapat ditingkatkan dengan

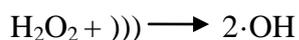
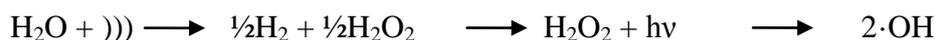
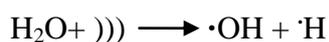
menambahkan katalis yang dapat meningkatkan jumlah radikal OH yang nantinya proses degradasi senyawa organik menjadi cepat (Stock et al., 2000).

F. Fotosonolisis

Photosonolysis (atau *sonophotolysis*) yaitu reaksi yang terjadi karena adanya penggunaan dari sinar ultraviolet Iradiasi (UV) dan *ultrasonication*(AS) secara bersama dengan atau tanpa adanya katalis (Rashid & Sato, 2011). Fotosonolisis merupakan metoda proses oksidasi lanjut (*AOPs: Advanced Oxydation Process*) dimana merupakan gabungan dari metode fotolisis dan sonolisis (Sanjaya et al., 2018). Dimana Sonolisis dan fotolisis merupakan bagian dari proses tersebut. Pada sonolisis digunakan gelombang ultrasonik untuk mendegradasi zat warna sedangkan fotolisis diperlukan radiasi sinar UV dengan panjang gelombang 200nm-400nm .

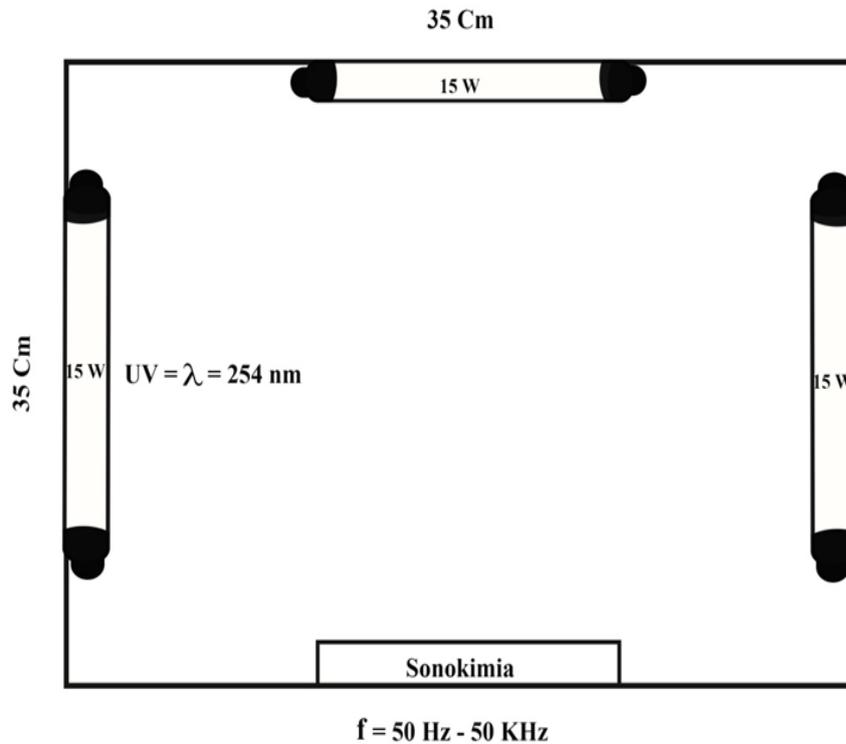
Pada proses sonolisis menghasilkan gelombang mekanik yang dipengaruhi oleh efek kavitasi pada air dan pada fotolisis molekul air berinteraksi dan radiasi sinar UV (Safni *et al*, 2008). Dibandingkan dengan fotolisis dan sonolisis, *photosonolysis* adalah teknologi pengolahan air yang lebih baru dan telah dipelajari, terutama dalam mendegradasi senyawa organik.

Persamaan reaksi dari proses fotosonolisis (Joseph, 2015):



dimana, proses sonikasi ditunjukkan dengan simbol))) .

Berikut skema alat yang akan digunakan dalam proses degradasi fenol secara metode fotosonolisis.



Gambar 4. Skema alat penelitian

G. Spektrofotometer UV Visible

Spektrofotometri UV-VIS bekerja berdasarkan interaksi antara radiasi sinar elektromagnetik dengan molekul zat yang di analisis. Spektroskopi UV-Vis mempunyai prinsip dasar yaitu jika transisi elektronik terjadi yang diakibatkan sinar UV akan membuat elektron tereksitasi dari orbital kosong.

Spektrofotometer tersusun dari spektrometer dan fotometer. Sinar yang dihasilkan oleh spektrum dengan panjang gelombang tertentu merupakan hasil dari spektrofotometer, dimana spektrofotometer merupakan alat untuk mengukur intensitas cahaya yang diserap atau ditransmisikan. Spektrofotometer terdiri dari sumber spektrum yang kontinu, sel pengabsorpsi

untuk larutan sampel atau blanko, monokromator, dan alat yang digunakan dalam pengukuran perbedaan absorpsi antara blanko ataupun pembanding dengan sampel (Khopkar, 2003).

Pengukuran dengan Spektrofotometri UV-Vis molekul yang akan dianalisis membutuhkan energi elektronik yang cukup besar, spektrofotometri UV-Vis tidak terlalu sering digunakan pada analisis kualitatif namun sering digunakan pada analisa kuantitatif. Metoda ini sesuai untuk tujuan analisis. Jumlah sinar yang diserap oleh sampel dikemukakan dalam hukum *Lambert-Beer*.

Hukum *Lambert* menyatakan penyerapan cahaya oleh medium bukan tergantung terhadap intensitas cahaya yang masuk. Hukum tersebut berlaku ketika tidak terjadi proses fisis ataupun reaksi yang bisa dipengaruhi oleh berkas cahaya yang masuk.

$$A = \epsilon b c$$

Keterangan:

A = Absorbansi

ϵ = Absorptivitas molar (dalam $L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

c = Konsentrasi molar (mol L^{-1})

b = Panjang/ketebalan dari bahan/medium yang dilintasi oleh cahaya (cm)

(Day dan Underwood, 2002)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Degradasi fenol menggunakan metode fotolisis didapatkan persentase degradasi tertinggi pada waktu radiasi 300 menit sebesar 44,82%.
2. Degradasi fenol menggunakan metode fotolisis didapatkan persentase degradasi tertinggi pada massa katalis 100 mg yaitu 19,76%.

B. Saran

1. Mempelajari degradasi fenol menggunakan metode fotolisis dengan variasi intensitas lampu UV.
2. Mempelajari degradasi fenol menggunakan metode fotolisis dengan variasi frekuensi alat ultrasonik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, M., . (2011). *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) dengan Metode Proses Pengendapan Kimia Basah dan Hidrotermal untuk Aplikasi Fotokatalisis*, Skripsi, Universitas Indonesia, Depok. Universitas Indonesia.
- Bachvarova-Nedelcheva, A. D., Iordanova, R. S., Stoyanova, A. M., Gegova, R. D., Dimitriev, Y. B., & Loukanov, A. R. (2013). Photocatalytic properties of ZnO/TiO₂ powders obtained via combustion gel method. *Central European Journal of Chemistry*, 11(3), 364–370. <https://doi.org/10.2478/s11532-012-0167-2>
- 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.
- Delsouz Khaki, M. R., Shafeeyan, M. S., Raman, A. A. A., & Daud, W. M. A. W. (2018). Evaluating the efficiency of nano-sized Cu doped TiO₂/ZnO photocatalyst under visible light irradiation. *Journal of Molecular Liquids*, 258, 354–365. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.11.030>
- elvinawati. (2009). Degradasi Asam 2,4-diklorofenoksiasetat (2,4-D) dalam Pestisida Santamin 865 SL Secara Fotolisis dan Sonolisis dengan Penambahan Katalis TiO₂ Anatase. *Exacta*, VII(2), 63–68.
- Getoff, Nikola. 1996. Radiation-Induced Degradation of Water Pollutants-State of the Art. Institute of Theoretical Chemistry and Radiation Chemistry. University of Vienna, Austria. Vol (47) 586-589.
- Hakim, A. R., & Haris, A. (2016). Sintesis Fotokatalis ZnO-Al dan Aplikasinya pada Degradasi Fenol dan Reduksi Cd(II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 7. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.1.7-10>
- Haryati T, NovitaAndarini, S. (2014). The Effect Of Sol-Gel Temperature And Solvent Polyetilen Glycol (Peg) In ZnO-TiO₂ Photocatalyst Activity As Degradation Of Textile Dyeing Liquid Waste. *ALCHEMYjurnal Penelitian Kimia*, 10, 148–156.
- Jiang, J., Zhao, H., Xia, D., Li, X., & Qu, B. (2020). Formation of free radicals by direct photolysis of halogenated phenols (HPs) and effects of DOM: A case study on monobromophenols. *Journal of Hazardous Materials*, 391(November 2019), 122220. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122220>
- 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*, 1061–1068.
- Khopkar, S. (2003). Konsep Dasar Kimia Analitik. *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kimia, J., Universitas, F., & Jimbaran, B. (2016). DEGRADASI FOTOKATALITIK FENOL MENGGUNAKAN FOTOKATALIS ZnO DAN SINAR UV Dessy Gilang Permata , Ni Putu Diantariani *, Ida Ayu Gede Widhiati Sintesis Fotokatalis ZnO. *DEGRADASI FOTOKATALITIK*