

**DEGRADASI ZAT WARNA *METHYL VIOLET*
MENGUNAKAN KATALIS ZnO/Ag DENGAN METODE
FOTOSONOLISIS**



**Oleh:
RAHMA SARI
NIM/TM. 17036057/2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

**DEGRADASI ZAT WARNA METHYL VIOLET
MENGUNAKAN KATALIS ZnO/Ag DENGAN METODE
FOTOSONOLISIS**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna memperoleh
gelar Sarjana Sains (S.Si)*



**Oleh:
RAHMA SARI
NIM/TM. 17036057/2017**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

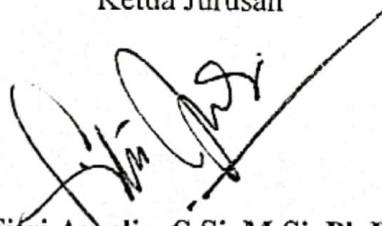
PERSETUJUAN SKRIPSI

Degradasi Zat Warna Methyl Violet Menggunakan Katalis ZnO/Ag dengan Metode Fotosonolisis

Nama : Rahma Sari
NIM : 17036057
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan



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

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing



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

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Nama : Rahma Sari
NIM : 17036057
Program Studi : Kimia (NK)
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Degradasi Zat Warna Methyl Violet Menggunakan Katalis ZnO/Ag dengan Metode Fotosonolisis

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

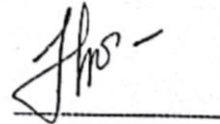
Padang, Agustus 2021

Tim Penguji

Nama

Tanda tangan

Ketua : Hary Sanjaya, S.Si, M.Si



Anggota : Prof. Ali Amran, M.Pd, M.A, Ph.D



Anggota : Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Rahma Sari
NIM : 17036057
Tempat/Tanggal lahir : Ladang Panjang / 17 Juli 1999
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Degradasi Zat Warna Methyl Violet menggunakan Katalis ZnO/Ag dengan Metode Fotosonolisis**

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 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 yang berlaku di perguruan tinggi

Padang, Agustus 2021
Yang menyatakan



Rahma Sari
NIM : 17036057

Degradasi Methyl Violet Menggunakan Katalis ZnO/Ag dengan Metode Fotosonolisis

Rahma Sari
ABSTRAK

Zat warna Methyl violet adalah zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil. Methyl violet mengandung anilinn yang bersifat toksik, mutagenic dan karsinogenik. Senyawa ini sangat mudah berikatan dengan DNA yang menimbulkan kanker dan mutasi gen karena terjadinya kesalahan replikasi pada jaringan makhluk hidup. Selain itu methyl violet juga bersifat non-biodegradasi dalam limbah sehingga diperlukannya penanganan serius. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lamanya waktu radiasi dan penambahan doping Ag pada katalis ZnO terhadap degradasi Methyl violet dengan metode fotosonolisis. Nilai absorbansi diperoleh menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil menunjukkan bahwa larutan Methyl violet memiliki panjang gelombang maksimum yaitu 352 nm. Waktu maksimum untuk mendegradasi Methyl violet dengan katalis ZnO didapatkan pada waktu 120 menit dengan %D 93,50%. Konsentrasi maksimum doping Ag pada ZnO untuk mendegradasi Methyl violet selama 120 menit didapatkan pada katalis ZnO/Ag 10% dengan %D 90,51%. Karakterisasi katalis dianalisis menggunakan XRD dan spektrofotometer UV-DRS. Hasil Analisis menggunakan XRD didapatkan katalis ZnO/Ag memiliki struktur wurtzite dengan ukuran kristal berkisar antara 14,04-40,41 nm. Hasil Analisis menggunakan spektrofotometer UV-DRS didapatkan nilai band gap katalis ZnO/Ag yaitu 3,26 eV.

Keywords: Degradasi, Methyl violet, ZnO/Ag, Fotosonolisis, Band gap

Methyl Violet Degradation Using ZnO /Ag Catalyst by Photosonolysis Method

Rahma Sari

ABSTRACT

Methyl Violet dyes is a substance the dyes that much in use in industrial textile. Methyl Violet contains aniline which is toxic, mutagenic and carcinogenic. This compound is very easy to bind to DNA which causes cancer and gene mutations due to replication errors in living tissues live. In addition to that Methyl Violet also is non-biodegradable in the waste so that the need for handling serious. The study is aimed to determine the effect of the length of time radiation and the methods fotosonolysis. The absorbance value was obtained using a UV-Vis spectrophotometer. The results showed that the solution of Methyl Violet has a long -wave maximum is 352 nm. Time maximum to degrade Methyl Violet with a catalyst ZnO obtained at the time of 120 minutes with %D 93,50%. The maximum concentration of Ag doping ZnO to degrade Methyl Violet for 120 minutes was obtained at 10% ZnO/Ag catalyst with %D 90,51%. The catalyst characterization was analyzed using XRD and UV-DRS spectrophotometer. Results of analysis using XRD obtained catalyst ZnO/Ag has a structure Wurtzite with the size of the crystals range between 14.04-40,41 nm. Results of analysis using a spectrophotometer UV-DRS obtained value of the band gap of the catalyst ZnO/Ag 3,26 eV.

Keywords : Degradation , Methyl violet , ZnO /Ag , Photosonolysis , Band gap

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahma dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Degradasi Zat Warna Methyl Violet Menggunakan Katalis ZnO/Ag Dengan Metode Fotosonolisis”**. Shalawat beserta salam untuk nabi kita Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan untuk mata kuliah pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih terutama kepada:

1. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku pembimbing dan penasihat akademik yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan hingga selesainya proposal penelitian ini.
2. Bapak Prof. Drs. Ali Amran, M.Pd, M.A, Ph.D dan Bapak Ananda Putra, S.Si., M.Si, Ph.D selaku dosen penguji
3. Ibuk Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku ketua Prodi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Kedua orang tua penulis serta kakak-kakak, adik-adik tercinta yang telah memberi semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian.
6. Sahabat serta teman terdekat yang telah memberikan masukan serta semangat hingga selesainya proposal penelitian ini.
7. Teman – teman kimia tahun 2017 yang telah memberikan masukan dan saran serta semangat sehingga proposal penelitian ini dapat terselesaikan.

Dalam penyusunan skripsi 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 skripsi ini. Semoga masukan, kritikan, dan saran yang diberikan menjadi amal ibadah, aamiin. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di dunia Sains.

Padang, Agustus 2021

Rahma Sari

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan masalah.....	6
E. Tujuan penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	7
A. Nanokomposit.....	7
B. Katalis Semikonduktor	7
C. Zink Oksida (ZnO).....	9
D. Ag.....	11
E. Methyl Violet.....	12
F. Metode Sol-Gel	13
G. Metode Fotosonolisis.....	16
H. Spektrofotometri UV-Vis	23
I. XRD (X- Ray Diffraction)	24
F. UV- DRS (Spektrofotometer UV-Diffuse Reflectance)	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
A. Jenis Penelitian, Waktu dan Tempat.....	28
B. Objek Penelitian	28
C. Variabel Penelitian.....	28
D. Alat dan Bahan	29
E. Prosedur Kerja	29
F. Skema Alat.....	33
G. Skema Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Degradasi Methyl Violet dengan Metode Fotosonolisis.....	35
B. Karakterisasi Katalis	41
BAB V PENUTUP.....	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. Model struktur ZnO (a) rocksalt, (b) zinc blende dan (c) wurtzite (heksagonal)	10
2. Struktur Methyl Violet	13
3. Skema umum proses pembuatan sol-gel	15
4. Skema fotoeksitasi dan deeksitasi pada permukaan semikonduktor	18
5. Energi celah pita beberapa semikonduktor dalam larutan elektrolit pH	19

DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1.Sifat fisika ZnO	11
2. parameter pada proses sol-gel	16

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
1. Perhitungan preparasi katalis	53
2. Hasil preparasi katalis ZnO/Ag dengan variasi konsentrasi doping menggunakan metode sol-gel.....	54
3. Preparasi katalis ZnO-Ag dengan variasi konsentrasi dopan.....	55
4. Pembuatan Larutan Methyl Violet	56
5. Degradasi Methyl Violet dengan variasi waktu degradasi secara fotsonolisis.....	57
6. Degradasi Methyl Violet dengan variasi konsentrasi katalis ZnO/Ag secara fotsonolisis	58
7. Absorbansi Methyl Violet sebelum di degradasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....	59
8. Absorbansi Methyl Violet setelah didegradasi dengan variasi waktu radiasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis	60
9. Perhitungan persen degradasi Methyl Violet dengan variasi waktu radiasi menggunakan katalis ZnO secara fotsonolisis.....	61
10. Hasil degradasi Methyl Violet dengan variasi waktu radiasi menggunakan katalis ZnO secara fotsonolisis.....	63
11. Absorbansi Methyl Violet setelah didegradasi dengan variasi konsentrasi dopan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.....	64
12. Perhitungan persen degradasi Methyl Violet dengan variasi konsentrasi dopan menggunakan katalis ZnO/Ag secara fotsonolisis	65
13. Hasil degradasi Methyl Violet dengan variasi konsentrasi dopan menggunakan katalis ZnO/Ag secara fotsonolisis	67
14. Difraktogram XRD Katalis ZnO/Ag 10%.....	68
15. Perhitungan penentuan ukuran partikel kristal ZnO/Ag 10% menggunakan persamaan Scherrer.....	69
16. Data reflektan ZnO/Ag 10% menggunakan Spektrofotometer.....	73
17. Mekanisme Degradasi Methyl Violet pada proses Fotokatalitik	80

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada umumnya senyawa organik menghasilkan zat warna yang banyak digunakan dalam industri tekstil, cat maupun makanan (Safni et al., 2009). Zat warna secara besar dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu zat warna bahan alam dan zat warna sintesis. Zat warna alami dapat dibuat dari tumbuhan maupun hewan, sedangkan zat warna sintetik dibuat dengan reaksi kimia yang merupakan senyawa turunan hidrokarbon aromatic seperti *benzene*, *naftalena*, dan *antrasena* (Parasetia et al., 2012).

Zat warna sintesis sangat banyak beredar di masyarakat, hampir 80% zat warna yang digunakan adalah zat warna sintesis yang digunakan dalam industri. Menurut data statistik hampir 20 % limbah industri tekstil dialirkan ke ekosistem melalui saluran pembuangan. Dengan adanya pembuangan limbah zat warna ke ekosistem sangat mengganggu terutama perairan. Salah satu cara yang untuk menanggulangi masalah limbah tersebut maka dilakukan pendegradasian. Metode Advance Oksidasi Proses (AOPs) metode ini merupakan suatu prosedur kimia berdasarkan penggunaan katalis atau senyawa fotokimia yang menghasilkan spesies sangat reaktif sebagai radikal hidroksil yang memiliki efektivitas tinggi untuk oksidasi senyawa organik (Maldonado et al., 2013).

Senyawa fotokimia ini disintesis dengan penggabungan material komposit. Material komposit yang dikenal lebih dari 30 tahun sebagai material unggulan yang terus dikembangkan seiring dengan zaman dan mulai merangkak mendominasi pasaran dengan banyak pengaplikasian. Nanokomposit adalah

komposit dimana salah satu fase atau penyusunnya memiliki dimensi dalam rentang nanometer yaitu berkisaran antara 1-100 nm. Dengan ukuran partikel yang nano, maka menyebabkan berbagai efek pada karakteristiknya dan peningkatan sifat pada material (Camargo, Satyanarayana, & Fernando Wypych, 2009).

Material nanokomposit adalah kombinasi nanopartikel yang diperkuat dengan serat, partikel dalam matriks polimer, keramik, atau logam. Dari beberapa komponen yang digunakan diperoleh sifat optik, listrik dan magnet tertentu. Nanokomposit disintesis dengan cara memasukkan nanopartikel (*nanofiller*) ke dalam sebuah material makroskopik (matriks). Bahan pengisi yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik komposit, biasanya berupa serat ataupun berbentuk serbuk yang di sebut *Filler* (Hanemann & Zsabo, 2010).

Material yang menarik perhatian banyak orang salah satu diantara adalah seng oksida atau yang lebih dikenal dengan ZnO. Material semikonduktor nanopartikel ini banyak dikembangkan dan diminati karena kinerjanya di bidang elektronik, optik, katalis, fotonik dan digunakan di berbagai bidang dalam nanoteknologi. Senyawa ini memiliki berbagai sifat yang unik, namun ZnO murni memiliki keterbatasan karena ukuran partikel yang relative besar serta celah pita energy yang kurang cocok jika diaplikasikan pada cahaya tampak (Jagadish & Pearton, 2006).

Material ini mempunyai energy celah pita (*band gap energy*) yang lebar sebesar 3,3 Ev serta emisi ultraviolet yang besar karena tingginya energy ikatan elektrik sebesar 60 meV pada suhu ruang (Azeddine et al., 2014). Untuk mengurangi *band gap energy* ZnO dapat dilakukan dengan cara mendopingkan semikonduktor lain yang mempunyai nilai *band gap energy* lebih rendah dari

ZnO. Baru-baru ini, ZnO yang dimodifikasi dibuat dengan cara pendoping menggunakan logam transisi seperti Ag, Mn, Fe, Co, Cr, Al dan Pd. Hasil logam transisi yang didoping ZnO menunjukkan bahwa sifat optik, magnet dan kelistrikan berubah seiring dengan perubahan konsentrasi logam transisi (Labhane et al., 2015). Diantara semikonduktor yang memiliki celah pita rendah perak dianggap sebagai kandidat yang paling potensial karena tahapan paling stabil. Selain itu Ag dapat mendegradasi polutan organik dibawah cahaya tampak (Bian et al., 2020) & (Zhang et al., 2010)

Sintesis nanokomposit ZnO telah banyak dilakukan dengan berbagai macam metode. Beberapa metode yang sering digunakan adalah Co-precipitation (Theodoropoulo et al., 2003), solvothermal (Viswanatha et al., 2013), wet-chemical (Ullah & Dutta, 2008) dan solid state (Theodoropoulo et al., 2003). Metode- metode tersebut memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing.

Metode yang paling sering digunakan salah satunya yaitu metode sol-gel. Metode ini lebih sering digunakan dalam mensintesis nanokomposit karena memiliki beberapa kelebihan seperti: produk yang diperoleh memiliki homogenitas yang sangat baik, tingkat kemurnian tinggi dan proses kristalinitasi lebih cepat terbentuk. Sedangkan jika dilihat dari energy yang digunakan, cukup hemat karena bisa berlangsung pada suhu rendah. Oleh karena metode sol-gel dilaksanakan dalam suhu rendah maka fasa pemisahan dan pembentukan kristal semakin cepat sehingga biaya operasional lebih murah. Dari segi lingkungan metode sol-gel lebih ramah lingkungan karena limbah yang dihasilkan sedikit atau cukup rendah (Sookman et al., 2005)

Berdasarkan pemaparan diatas, penulis tertarik melakukan penelitian mengenai **“Degradasi Zat Warna Methyl Violet Menggunakan Katalis ZnO/Ag dengan Metode Fotosonolisis”**. Untuk mengetahui berhasil atau tidaknya pendopingan nanokomposit ZnO dengan Ag, maka dilakukan uji aktivitas katalitik. Salah satu cara pengujian dengan menggunakan instrumen Uv-vis. Sebelum dilakukan uji aktivitas katalitik maka dilakukan dahulu proses degradasi menggunakan metode fotosonolisis. Zat warna yang digunakan dalam degradasi dan pengujian aktivitas katalitik nanokomposit ZnO/Ag yaitu *Methyl Violet*, alasan digunakannya zat warna *Methyl Violet* karena zat warna tersebut banyak digunakan dalam industry tekstil, yang sulit dibiodegradasi dan juga bersifat toksik.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Zink Oksida (ZnO) merupakan nanopartikel yang bersifat semikonduktor yang digunakan sebagai katalis. Katalis ZnO telah banyak digunakan untuk degradasi zat warna. Untuk itu ZnO dimodifikasi dengan menggunakan doping logam Ag untuk menambah sifat katalitik pada katalisnya.
2. *Methyl violet* merupakan zat warna sintesis yang memiliki struktur kompleks dan stabil sehingga sulit terdegradasi.
3. Salah satu metode dalam mendegradasi *Methyl violet* yaitu fotosonolisis yang merupakan gabungan dari metode fotolisis dan sonolisis dengan katalis ZnO-Ag. Metode ini lebih efektif dan efisien dalam mendegradasi.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Pengaruh variasi waktu penyinaran yang digunakan yaitu 0, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit dalam mendegradasi zat warna *Methyl Violet* dengan bantuan katalis ZnO menggunakan metode fotosonolisis.
2. pengaruh konsentrasi doping katalis ZnO/Ag yaitu variasi 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap persen degradasi *Methyl Violet* dengan metode fotosonolisis.
3. Suhu pada saat pemanasan yaitu 110°C dan suhu kalsinasi yang digunakan adalah 500 °C selama 120 menit.

4. Larutan *Methyl Violet* dengan konsentrasi 10 ppm digunakan sebagai model limbah zat warna.

D. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka rumusan masalah pada penelitian kali ini yaitu :

1. Bagaimana karakteristik katalis ZnO terdoping Ag variasi konsentrasi menggunakan instrumen XRD dan UV-DRS ?.
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu yang digunakan terhadap proses degradasi *Methyl Violet* dengan penambahan katalis ZnO secara fotodegradasi ?.
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi doping yang digunakan terhadap proses degradasi zat warna *Methyl Violet* dengan katalis ZnO doping Ag secara fotodegradasi ?.

E. Tujuan penelitian

Berdasarkan penjelasan dirumusan masalah, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Untuk mengetahui karakterisasi katalis ZnO/Ag menggunakan instrumen XRD, dan UV-DRS.
2. Untuk mengetahui waktu maksimum dari waktu radiasi terhadap proses degradasi zat warna *Methyl Violet* dengan katalis ZnO secara fotodegradasi
3. Untuk mengetahui konsentrasi maksimum untuk mendoping ZnO dan Ag, sehingga didapatkan hasil yang maksimum dalam mendegradasi zat warna *Methyl Violet*.

F. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan adanya penelitian ini diperoleh informasi ilmiah mengenai karakteristik fotokatalis ZnO/Ag yang disintesis dengan metode sol-gel, waktu maksimum dan konsentrasi maksimum dalam mendegradasi zat warna dengan bantuan katalis ZnO doping Ag. Serta dapat memberikan informasi ilmiah mengenai aktivitas katalitik ZnO-Ag dalam mendegradasi *Methyl Violet* secara fotosonolisis.

Selain itu membantu dalam penanganan limbah cair zat warna sintesis karena zat warna tersebut bersifat *nonbiodegradable* atau membutuhkan waktu yang lama untuk terurai untuk itu diperlukan katalis dalam mempercepat proses penguraian.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Nanokomposit

Nanokomposit adalah komposit dimana salah satu fase atau penyusunnya memiliki dimensi dalam rentang nanometer yaitu berkisaran antara 1-100 nm. Dengan ukuran partikel yang nano, menyebabkan berbagai efek pada karakteristiknya dan peningkatan sifat pada material (Camargo, Satyanarayana, & Wypych, 2009)

Material nanokomposit adalah kombinasi nanopartikel yang diperkuat dengan serat, partikel dalam matriks polimer, keramik, atau logam. Dari beberapa komponen yang digunakan diperoleh sifat optic, listrik dan magnet tertentu. Pembuatan nanokomposit dilakukan dengan cara memasukan nanopartikel (*nanofiller*) ke dalam material makroskopik (matriks). Bahan pengisi yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik komposit, biasanya berupa serat ataupun berbentuk serbuk disebut *Filler* (Hanemann & Szabó, 2010)

B. Katalis Semikonduktor

Katalis semikonduktor merupakan katalis yang memiliki sifat konduktivitas listrik yang berada diantara konduktor dan isolator. Struktur pita semikonduktor sama dengan isolator, tetapi berbeda pada energi gapnya, sehingga semikonduktor memiliki sifat yang berbeda dari isolator.

Istilah lain dalam logam semikonduktor adalah *energi band gap*. Energi band gap sangat mempengaruhi dalam proses fotosonolisis. Energi band gap adalah banyaknya energi yang dibutuhkan suatu elektron untuk berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Jika suatu semikonduktor memiliki celah pita cukup

besar, maka elektron tidak cukup kuat berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi dengan sendirinya. Namun ketika disinari oleh suatu foton atau proses fotolisis, maka elektron dapat tereksitasi ke tingkat pita konduksi dan terbentuk lubang pada pita valensi. Reaksi fotokatalis dari suatu semikonduktor dipengaruhi oleh beberapa hal jika dilihat dari struktur pita yang dimilikinya:

1. Pita larangan

Pita larangan ini disebut juga sebagai energi gap, dimana pita ini terbentuk diantara pita valensi dan pita konduksi. Sedangkan energi gap yaitu energi yang dibutuhkan oleh suatu elektron untuk dapat berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi.

2. Pita konduksi

Tempat bergerak elektron yang terlepas dari atom, sehingga atom dapat bergerak bebas dan menghantarkan energi listrik.

3. Pita valensi

Terbentuknya pita valensi disebabkan oleh elektron yang lepas dari ikatan suatu atom karena menerima sebuah energi. (Thre Bond Techniqal , 2004).

Untuk dapat menghasilkan medan listrik pada system semikonduktor, maka harus terdapat energi yang memicu berpindahnya electron dari pita valensi ke pita konduksi. Energi pemicu tersebut bisa didapatkan dari bermacam sumber. Energi yang dihasilkan dari sumber dapat digunakan untuk menghasilkan medan listrik pada system semikonduktor (Soci et al., 2007).

Beberapa sifat menarik yang dimiliki material semikonduktor diantaranya mobilitas elektron yang tinggi, tahan pada temperatur tinggi, dan dapat memancarkan cahaya. Alasan utama digunakanya semikonduktor adalah sifat elektronik yang dimiliki dimana dapat diatur melalui pengontrolan sifat-sifat optiknya (Hasriardy, 2009)

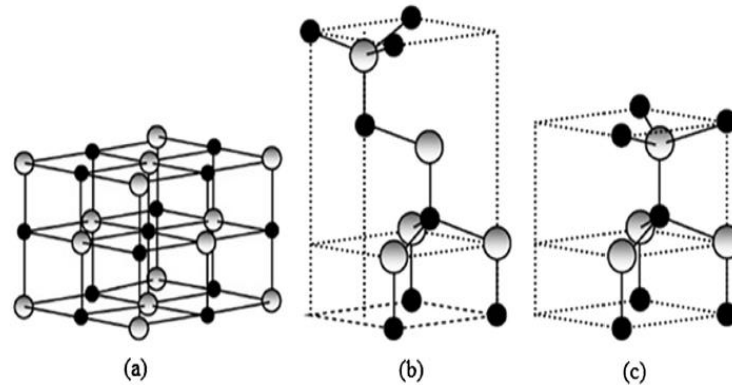
C. Zink Oksida (ZnO)

Zink Oksida merupakan senyawa anorganik yang sering dijumpai dalam bentuk bubuk. ZnO termasuk logam transisi yang sering digunakan sebagai katalis, dimana sifat semikonduktornya terletak diantara batas semikonduktor ionik dan kovalen atau sering juga disebut semikonduktor tipe-n.

Pada bidang kimia material, ZnO juga sering dikenal dengan semikonduktor II-IV. Hal ini disebabkan Zink dan oksigen terletak digolongan 2 dan 4 pada sistem periodic (Fattah, 2016). Dalam rujukan yang ada ZnO memiliki *band gap* 3,37 eV pada temperatur ruang dan excitation binding energi yang besar yaitu 60 meV. ZnO memiliki sifat yang unik diantaranya adalah penyerapan radiasi yang baik, dan fotostabilitas yang baik, dan juga memiliki harga yang lebih terjangkau dan tidak merusak lingkungan karena bisa didetoksifikasi oleh air, sehingga asam peroxide yang dihasilkan masih diambang batas (Pimentel et al., 2016)

Struktur kristal ZnO terdapat dalam tiga bentuk yaitu *rocksalt*, *zinc blende*, dan *wurtzite* (heksagonal) yang dapat dilihat pada gambar 2.1. Struktur *rocksalt* ZnO cukup langka ditemukan, karena struktur ini dihasilkan dibawah tekanan tinggi (Lee, 2015). Ketika kristal tumbuh pada subtrat kubik maka bentuk kristal ZnO yang diperoleh yaitu *Zinc blende* (Susanto, 2015). Sedangkan bentuk

dominan struktur kristal ZnO ditemukan yaitu *wurtzite* heksagonal karena stuktur ini yang paling stabil pada suhu kamar dan tekanan ruang.



Gambar 1. Model struktur ZnO (a) rocksalt, (b) zinc blende dan (c) wurtzite (heksagonal) (Lee et al., 2016)

ZnO mempunyai sifat transparansi yang baik, mobilitas elektron yang tinggi, dan celah pita yang lebar, itu merupakan beberapa sifat menguntungkan dari ZnO. ZnO memiliki celah pita energy yang lebar sehingga transparan terhadap sinar tampak (400-700nm). Penyinaran ultraviolet pada panjang gelombang (<400nm) permukaan ZnO mempunyai kemampuan mengionisasi reaksi kimiawi. Absorpsi sinar ultraviolet (<400nm) oleh ZnO akan diikuti perpindahan elektron pita valensi ke pita konduksi dan terbentuknya pasangan elektron (e^-) dan *hole* positif (h^+) (Singh et al., 2012)

ZnO saat diiradiasi menggunakan sinar UV akan membentuk pasangan elektron dan hole yang dapat menginduksi terjadinya reaksi redoks (C. Li et al., 2012). Penggunaan ZnO dibatasi pada cahaya dengan panjang gelombang di wilayah UV karena semikonduktor ZnO memiliki celah pita yang besar dan hanya dapat menyerap sinar UV. Beberapa modifikasi telah dilakukan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik ZnO dengan membentuk komposit dengan oksida logam (Ramadhani et al., 2015)

Tabel 1.Sifat fisika ZnO

Sifat	Nilai
Struktur kristal	Wurtzite (stabil pada 300 K), Zinc blende dan Rocksalt
Energy gap	3.3eV
Energy 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
C ₀ /a ₀	1.60
Konduktivitas Termal	0,6, 1-1,2
Koefisien linier ekspansi (⁰ C	a ₀ : 6.5.10 ⁻⁶
Konstanta dielektrik relatif	8.656
Indeks bias	2.008,2.029

Banyak penelitian telah dilakukan dengan menggunakan ZnO sebagai katalis, baik ZnO sebagai monokatalis, ZnO yang didoping dengan logam lain (logam) maupun yang didoping dengan senyawa bukan logam (logam-non-logam) karena sifatnya yang serbaguna, kemudahan pembuatan, dan biaya relatif murah(Yu et al., 2013)

D. Ag

Baru-baru ini, ZnO yang dimodifikasi dibuat dengan pendoping logam transisi seperti Ag, Mn, Fe, Co , Cr , Al dan Pd 16. Hasil logam transisi yang mendoping ZnO menunjukkan bahwa sifat optik, magnet dan kelistrikan berubah seiring dengan perubahan konsentrasi logam transisi. Untuk meningkatkan efektivitas bahan semikonduktor dilakukan pendopingan dengan logam transisi

seperti Ag. Nanopartikel Ag dapat bertindak sebagai penyerap electron. Terdapat penghalang Schottky dalam heterostruktur logam mulia semikonduktor, yang memfasilitasi pemisahan yang efisien dari elektron dan lubang area yang difotogenerasi serta efisiensi degradasi katalitik pewarna organik. Ag dapat menangkap elektron yang mengalami fotogenerasi dari semikonduktor, yang memungkinkan lubang membentuk hidroksil radikal dan kemudian bereaksi dengan pewarna organik untuk mendegradasi mereka. Selain itu, Ag telah banyak digunakan karena biayanya yang rendah, tidak beracun, konduktivitas listrik yang baik, dan konduktivitas termal yang tinggi dibandingkan dengan logam mulia lainnya (Li et al., 2018)

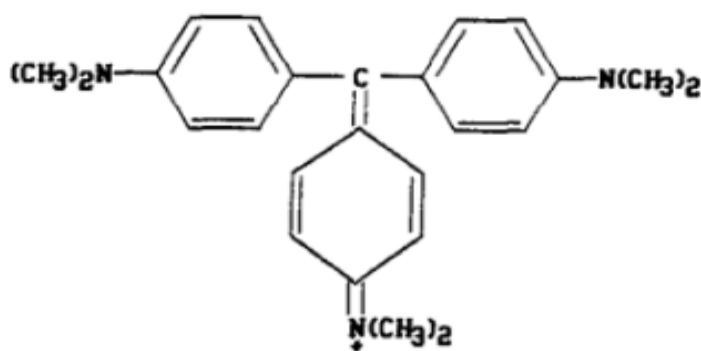
E. Methyl Violet

Zat warna sintetik methyl violet sering digunakan dalam industri, seperti tekstil, kulit, kertas dan printing (Ikhsan et al., 2014). Methyl violet juga sering digunakan sebagai pewarna pada nilon, wol, sutera, kapas serta dimanfaatkan dalam bidang medis dan biologi (Hardeli. et al., 2014). Methyl violet tersusun atas tiga senyawa yang berbeda yaitu senyawa organik pararosalinin tetramethyl ($M_r = 379,5$), pentamethyl ($M_r = 393,5$) dan heksamethyl ($407,5$). Methyl violet sering dikenal dalam bentuk garam ($C+D^-$) dengan rumus molekul $C_{23}H_{26}N_3 + Cl^-$, $C_{24}H_{28}N_3 + Cl^-$, $C_{25}H_{30}N_3 + Cl^-$ (Sulfiana, 2012)

Ada beberapa jenis methyl violet yang sering digunakan dari methyl violet 2B atau lebih dikenal tetramethyl yang memiliki spesifikasi bewarna biru - kehijauan, mencair pada suhu $137^\circ C$ dan ditemukan dalam bentuk bubuk. Tetramethyl akan mengalami protonasi pada pH diatas 1,6 dan akan berubah warna menjadi ungu kebiruan. Selain tetramethyl, methyl violet juga ditemukan

dalam bentuk pentamethyl yang bewarna biru gelap jika dibandingkan dengan tetramethyl (Harnum, 2009). Dan methyl violet ditemukan juga dalam bentuk heksa methyl, dimana senyawa ini sangat mudah berikatan dengan DNA yang menimbulkan kanker dan mutasi gen karena terjadinya kesalahan replikasi pada jaringan makhluk hidup.

Methyl violet dapat larut dalam pelarut polar seperti dipropilen glikol (Sulfiana et al., 2012). Methyl violet mengandung anilinn yang bersifat toksik, mutagenic dan karsinogenik. Selain itu methyl violet juga bersifat biodegradasi sehingga diperlukannya penanganan serius jika zat tersebut menjadi limbah (Hardeli. et al., 2014)



Gambar 2. Struktur Methyl Violet (Azmi, W., Rajesh K. S., 1998)

F. Metode Sol-Gel

Proses sel- gel merupakan suatu metode yang menarik dalam pembuatan campuran anorganik yang disintesis pada suhu rendah pada reaksi kimia. Proses sol- gel diambil dari dua metode yang digunakan yaitu metode sol dan metode gel. Sol merupakan proses suspensi koloid dari partikel padat dalam fasa cair melalui reaksi hidrolisis dan polimerisasi dengan prekursor tertentu. Dengan pengertian lain, sol adalah dispersi stabil dari partikel koloid atau polimer dalam pelarut yang dapat ditemukan dalam bentuk amorf atau kristal. Partikel sol dapat

berinteraksi dengan gaya van der Waals atau ikatan hidrogen. Sintesis sol-gel secara khusus membawa larutan polar seperti media alkohol dan air, yang mana memudahkan dua reaksi utama pada hidrolisis dan kondensasi (Fahlman, D, 2007)

Pertama kali metode sol-gel digunakan sebagai teknik untuk membentuk keramik dan kaca berkualitas tinggi. Sol-gel menggunakan prinsip dasar untuk membentuk larutan prekursor senyawa dengan menggunakan pelarut organik, polimerisasi larutan, pembentukan, dan proses pengeringan serta kalsinasi yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa organik dan membentuk bahan anorganik berupa oksida. Cara ini banyak diterapkan di bidang pembuatan komposit, keramik, polimer, lensa kontak, dan serat.

Ada beberapa tahap proses Sol-gel:

Hidrolisis

Tahap pertama pada metode Sol-gel yaitu, logam prekursor (alkoksida) dilarutkan dalam alkohol dan kemudian dihidrolisis dengan penambahan air dalam kondisi asam, basa atau netral untuk menghasilkan sol koloid. Hidrolisis menggantikan ligan alkoksi (-OR) dengan gugus hidroksil (-OH).

Kondensasi

Setelah mengalami reaksi hidrolisis, maka reaksi kondensasi akan berlangsung. Produk dari reaksi intermediat hasil reaksi hidrolisis sangat berperan dalam proses reaksi kondensasi, sehingga didapatkan nanopartikel. Kondensasi dari molekul hidroksida dengan proses eliminasi air membentuk terjadinya struktur gel dari metal hidroksida.

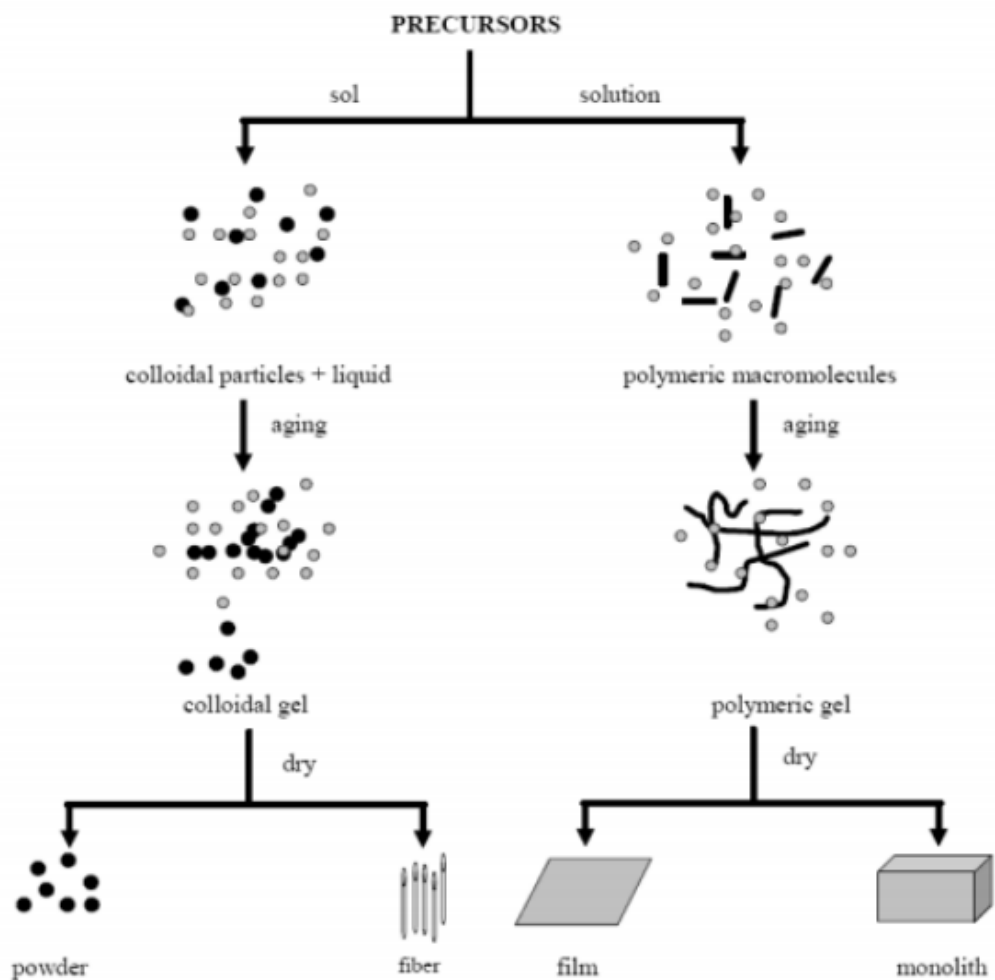
1. Pematangan

Pada tahap pematangan terjadi proses terbentuknya gel yang lebih kuat dan kaku serta menyusut didalam larutan

2. Pengeringan

Pada tahap pengeringan ini, larutan dan cairan untuk mendapatkan struktur sol-gel dalam skala kecil.

Berikut skema umum dari proses sol-gel



Gambar 3. Skema umum proses pembuatan sol-gel

Tabel 2. parameter pada proses sol-gel

Tahapan proses	Tujuan proses	Parameter proses
Larutan kimia	Membentuk gel	Tipe precursor, tipe pelarut, kadar air, konsentrasi precursor, temperatur, dan pH
<i>Aging</i>	Mendiamkan gel untuk mengubah sifat	Waktu, temperatur, komposisi cairan, lingkungan aging
Pengeringan (Drying)	Menghilangkan air dari gel	Metode pengeringan (<i>ovaporative</i> , <i>supercritical</i> , dan <i>freeze drying</i>), temperatur, tekanan, waktu
Kalsinasi	Mengubah sifat-sifat fisik/kimia padatan, sering menghasilkan kristalisasi dan densifikasi	Temperatur, waktu, gas (inert atau reaktif)

Keuntungan yang diperoleh dari metode sol-gel antara lain :

1. Temperatur rendah, homogenitas dan kemurniannya baik serta hemat energy.
2. Tingkat pencemarannya rendah.
3. Proses pemisahan dan kristalinitas cepat.
4. Terbentuknya kristal baru dari padatan non kristal.
5. Produk glass, film lebih baik ditentukan dengan sifat-sifat gel.

Kerugian metode sol-gel antara lain :

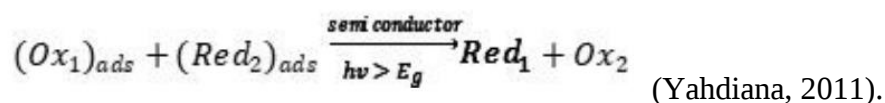
1. Material yang digunakan cukup mahal
2. Waktu proses yang lama (Widodo, 2010)

G. Metode Fotosonolisis

Metode ini merupakan bagian dari AOPs (*Advanced Oxidation Process*) atau disebut juga dengan metode oksidasi lanjut. Fotosonolisis berasal dari dua kata yaitu fotolisis dan sonolisis.

Metode AOPs (Advanced Oxidation Processes) merupakan metode yang menggunakan katalis untuk menghasilkan radikal hidroksil yang memiliki efektivitas tinggi dalam proses oksidasi senyawa organik. Salah satu contoh metode ini adalah fotokatalis yang menghasilkan produk berupa pengolahan limbah yang tidak berbahaya bagi lingkungan seperti 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 mengadsorpsi foton (Linsebigler et al., 1995).

Fotokatalis merupakan suatu reaksi fotokimia yang menggabungkan antara foton dan katalis untuk mempercepat suatu reaksi fotokimia. Reaksi umum fotokatalis yaitu :

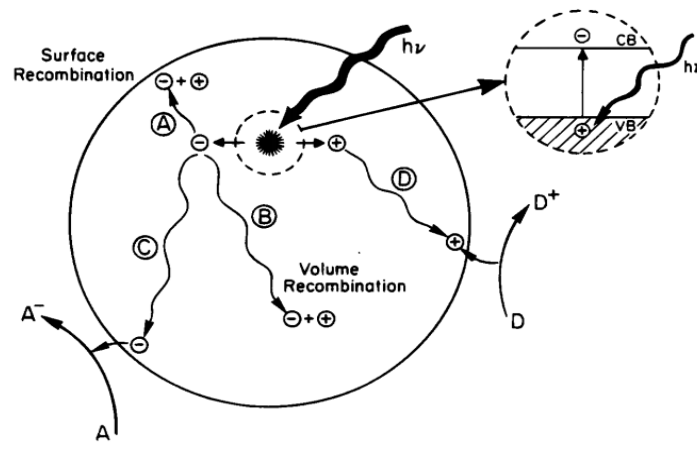


Secara umum reaksi fotokatalis dibedakan sebagai berikut :

1. Fotokatalis homogen merupakan reaksi fotokatalis menggunakan bantuan oksidator seperti ozon dan hidrogen peroksida.
2. Fotokatalis heterogen merupakan reaksi berdasarkan iradiasi sinar UV bahan semikonduktor seperti Seng Oksida (ZnO), Titanium Oksida (TiO₂) dan Kadmium Sulfida (CdS).

Reaksi fotokatalis terjadi ketika jumlah energi pada bandgap yang dimiliki oleh katalis semikonduktor seperti ZnO adalah sama atau lebih besar dari band gap yang mereduksi energi $h\nu$ (foton), kemudian electron (e^-) akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi dan meninggalkan hole positif (h^+) di pita

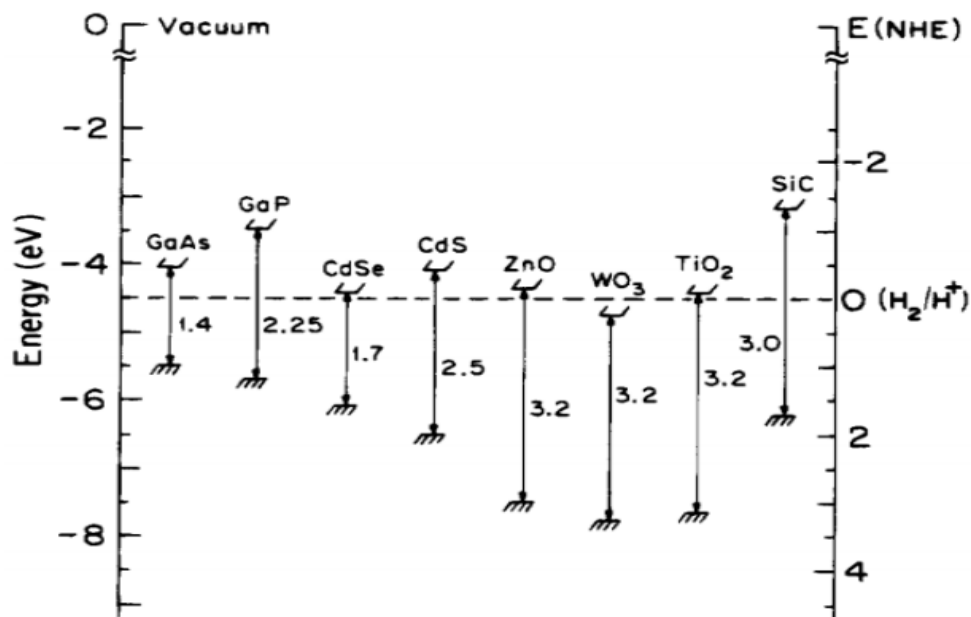
valensi sehingga menghasilkan pasangan electron dan hole (Linsebigler et al., 1995).



Gambar 4. Skema fotoeksitasi dan deeksitasi pada permukaan semikonduktor (Linsebigler et al., 1995).

Elektron akan mengoksidasi radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) saat bereaksi dengan oksigen dari suatu larutan membentuk anion (O_2^-). Sedangkan hole tersebut akan mengoksidasi hidroksil terlarut dan menghasilkan radikal dengan energi tinggi. Radikal hidroksil ini akan mengubah polutan organik menjadi zat yang aman bagi lingkungan (Bhernama et al., 2015).

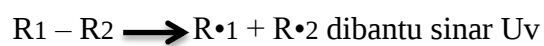
Fotokatalis ZnO termasuk bahan pengoksidasi yang baik, karena memiliki aktifitas katalitik yang jauh lebih baik dari bahan lainnya. Hal ini disebabkan ZnO dapat menyerap cahaya dalam spektrum yang lebih luas dibandingkan bahan semikonduktor lainnya. Degradasi fotokatalitik dengan katalis semikonduktor merupakan cara yang paling efisien dalam menghilangkan zat warna dan polutan organik dalam air dan udara (Bachvarova-Nedelcheva et al., 2013).



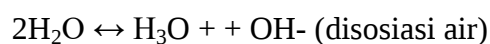
Gambar 5. Energi celah pita beberapa semikonduktor dalam larutan elektrolit pH1

Semikonduktor menyerap cahaya yang memiliki energi lebih besar dari bandgap (E_g), dan akan menghasilkan fotoelektron dan fotohole. Untuk menjalankan reaksi redok diperlukan keduanya. Secara termodinamika, tingkat energi pada sisi pita konduksi merupakan ukuran kekuatan reduksi elektron, sedangkan energi pada sisi pita valensi menunjukkan kekuatan lubang untuk teroksidasi. Semakin negatif nilai potensial sisi valensi, semakin besar daya oksidasi dari lubang tersebut (Yahdiana, 2011).

Fotolisis merupakan metode fotokatalis tingkat lanjut yang menghasilkan degradasi molekul menjadi senyawa lain yang lebih sederhana. Fotolisis yaitu interaksi reaksi intensif antara energi cahaya (energi foton) dan molekul di sekitarnya. Pada fotolisis terjadi transformasi kimia (fotokimia) atau proses pemutusan ikatan dari suatu senyawa organik oleh $\bullet\text{OH}$ yang dihasilkan dengan bantuan energi foton sinar tampak yang sesuai (Bismo, 2006).



Pada umumnya reaksi-reaksi fotolisis merupakan reaksi degradasi (penghilangan) polutan atau pencemar pada media yang digunakan, seperti fasa cair maupun fasa gas. Reaksi ini biasanya menghasilkan produk berupa ion atau radikal. Reaksi proses fotolisis yaitu.(Joseph et al., 2015).



Berdasarkan proses fotolisis ini, untuk mendegradasi atau memisahkan molekul atau spesi (radikal) diperlukan daya serap energi foton yang harus lebih besar dari energi ikatan yang akan diputus. Hal ini menunjukkan bahwa panjang gelombang dari pada energi foton harus sesuai untuk reaksi fotolisis yang akan digunakan sebagai sinar UV antara 10 nm - 380 nm (Bismo, 2006).

Sonolisis menggunakan getaran ultrasonic yang beroperasi pada frekuensi 20 kHz - 500 kHz yaitu metode yang digunakan untuk mendegradasi zat warna organik pada larutan. Dalam tahapan sonolisis akan membentuk hidroksil radikal dan efek kavitasi. Radikal hidroksil tersebut akan mendekomposisi polutan organik menjadi senyawa yang sederhana dan aman bagi lingkungan(Safni, Sari et al., 2009).

Sonolisis mampu merubah polutan organik menjadi karbon dioksida dan air atau mengubah polutan tersebut menjadi senyawa yang kurang berbahaya dibandingkan polutan awal. Gelombang ultrasonik pada air limbah memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa yang sulit terurai karena dalam prosesnya akan menghasilkan radikal OH dan efek kavitasi. (Stock et al., 2000). proses kavitasi ultrasonik dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu sebagai berikut :

1. Tahap nukleasi atau pembentukan gelembung

Tahap ini terjadi karena adanya partikel gelembung mikro yang terperangkap di celah- celah partikel mikro yang tersuspensi di air.

2. Tahap Pertumbuhan Gelembung

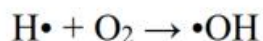
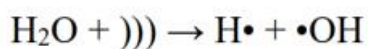
Pada ultrasonikasi intensitas tinggi, gelembung mikro akan tumbuh dengan sangat cepat. Sedangkan pada intensitas rendah laju pertumbuhan dari pertumbuhan gelembung lebih lambat. Hal ini dikarenakan gelembung akan melewati beberapa siklus akustik terlebih dahulu sebelum akhirnya membesar.

3. Tahap Pecahnya Gelembung atau Implosive collapse

Setelah gelembung partikel yang membesar tersebut menerima gelombang ultrasonik yang melebihi ambang batas (20 kHz untuk larutan) maka gelembung partikel tadi akan terus menerus membesar, hingga ia tidak mampu menyerap energi yang dihasilkan oleh gelombang suara secara efisien dan akhirnya pecah. Pemecahan pada tahap sonikasi ini akan menghasilkan radikal bebas yang dapat mendegradasi zat organik.

Reaksi sonolisis menghasilkan zat reaktif seperti $\bullet\text{OH}$, $\bullet\text{H}$ dan $\text{HO}_2\bullet$ dalam media air beroksigen sehingga mampu menguraikan polutan organik didalam air. Dengan rusaknya senyawa organik tersebut maka akan dihasilkan 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, Sari et al., 2009).

Proses degradasi oleh sonolisis akan terus berlangsung selama proses sonikasi. Dimana persamaan reaksi yang terjadi yaitu:



Dimana tanda))) menunjukkan proses sonikasi (Joseph et al., 2015).

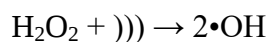
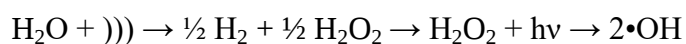
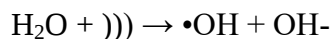
Molekul zat terlarut yang berdifusi kedalam gelembung mampu untuk mendegradasi senyawa berbahaya karena bersifat sangat reaktif. Radikal OH adalah radikal bebas yang digunakan dalam proses degradasi, namun radikal OH juga dapat bergabung satu sama lain membentuk H_2O_2 dalam media air. Terbentuknya senyawa H_2O_2 ini dapat mengurangi efisiensi sonolisis. Oleh sebab itu, penambahan katalis dapat berfungsi untuk meningkatkan efisiensi degradasi sonolisis sehingga meningkatkan produksi radikal OH dan mempercepat proses degradasi polutan organik dalam media air (Peller, J., Wiest & & Kamat, 2001).

Fotosonolisis (sonophotolysis) adalah reaksi yang disebabkan oleh penggunaan gabungan dari sinar ultraviolet Iradiasi-tion (UV) dan ultrasonication (AS) dengan atau tanpa kehadiran katalis. Dibandingkan dengan fotolisis dan sonolisis, fotosonolisis adalah teknologi pengolahan air yang lebih baru dan telah dipelajari, terutama dalam penghapusan senyawa organik (Rashid & Sato, 2011).

Metode fotosonolisis ini menggabungkan antara katalis semikonduktor dengan sumber foton yang berasal dari cahaya matahari. Elektron dari katalis yang dihasilkan akan mengalami perubahan pita valensi menjadi pita konduksi, dikarenakan adanya energi bandgap. Selain itu proses ini akan menghasilkan

lubang dan hidroksil kuat yang bertindak sebagai oksidan bagi senyawa target (Safni, Sari et al., 2009).

Reaksi dari proses fotosonolisis sebagai berikut :



Dimana, H_2O_2 menunjukkan proses sonikasi (Joseph et al., 2015)

H. Spektrofotometri UV-Vis

Analisa menggunakan Spektrofotometri UV-Vis berdasarkan pada interaksi antara molekul atau zat yang dianalisis dengan radiasi elektromagnetik. Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisa spektroskopi menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet pada panjang gelombang 190-380 nm dan cahaya tampak pada panjang gelombang 380-780 nm. Instrument spektrofotometer terbagi atas sumber spektrum kontinu, monokromator, sel absorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan perangkat untuk mengukur perbedaan penyerapan antara sampel dan blanko maupun perbandingan. Spektrofotometer gabungan dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer dapat menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu dari suatu spektrum, sedangkan fotometer merupakan alat untuk mengukur intensitas sinar yang diteruskan ataupun yang diserap (Sibilia, 1996).

Pengukuran menggunakan Spektrofotometri UV-Vis pada molekul yang dianalisis membutuhkan energi elektronik dalam jumlah besar, oleh sebab itu spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk analisa kuantitatif karena sangat sensitif serta sangat cocok untuk tujuan analisis. Konsentrasi larutan yang akan

dianalisa sebanding dengan intensitas cahaya yang diadsorpsi oleh zat di dalam larutan, dinyatakan oleh hukum Lambert-Beer.

Hukum Lambert-Beer mengemukakan yaitu jumlah berkas sinar yang diadsorpsi oleh bahan/media tidak dipengaruhi oleh intensitas berkas sinar yang masuk. Hukum ini hanya berlaku jika tidak terjadi reaksi kimia ataupun proses fisik yang akan dipengaruhi oleh pancaran sinar.

$$A = \epsilon b$$

A adalah absorbansi, ϵ adalah absorptivitas molar, c adalah konsentrasi molar dan b adalah panjang material (medium) yang dilewati oleh sinar (Day & Underwood, 2002)

Tujuan penggunaan spektroskopi UV-Vis dalam degradasi zat warna untuk melihat penurunan absorbansi. Semakin rendah absorbansi berarti semakin banyak zat warna yang didegradasi.

I. XRD (X- Ray Diffraction)

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang 0,5 Å - 2,0 Å. Sinar-X diproduksi dengan menembakkan logam dengan electron berenergi tinggi. Elektron akan melambat saat memasuki logam dan menyebabkan electron di kulit atom logam memantul membentuk ruang hampa. Elektron berenergi lebih tinggi memasuki ruang hampa dengan memancarkan foton sinar-X sebagai kelebihan energinya.

Difraksi sinar-X merupakan teknik untuk mengidentifikasi keberadaan fasa kristal dalam materi dan bahan bubuk, serta mengetahui sifat struktur dan cacat kristal pada setiap fasa. Difraksi sinar-X menggunakan sinar-X yang

terdifraksi seperti sinar yang dipantulkan dari setiap bidang, yang dibentuk secara berurutan oleh atom kristal material (Zakaria, 2003)

Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang menunjukkan gejala difraksi jika cahaya jatuh pada jarak antar atom yang kurang lebih sama dengan panjang gelombang cahaya. Ketika berkas elektron jatuh pada kristal, maka sinar-X yang terbentuk akan tersebar (Sibilia, 1996)

Ketika berkas electron berenergi tinggi mengenai bahan target, akan terjadi interaksi antara electron dari bahan target tersebut. Pancarannya sesuai dengan energi maksimum electron untuk menembus atom target. Electron di kulit pada material atom akan memantul lalu kekosongan akan diisi oleh electron berenergi tinggi sambil memancarkan kelebihan energinya sebagai foton sinar-X. Energi yang hilang diubah menjadi radiasi sinar-X disebut Bremsstrahlung.

XRD adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis bentuk kristal dari padatan. XRD berfungsi untuk menentukan struktur kristal dengan mengukur perbedaan antara bidang kristal. Hukum Bragg didasarkan pada persamaan :

$$n \lambda = 2 d \sin \theta$$

Dimana :

n = orde difraksi (bilangan bulat)

λ = panjang gelombang sinar yang sefasa

d = jarak antar bidang *Bragg* yang dipilih sebagai bidang hambur

θ = sudut datang terhadap bidang *Bragg*

Persamaan diatas adalah hubungan antara bidang dalam kristal dan sudut yang pantulan radiasinya pada intensitas maksimum untuk panjang gelombang

tertentu. Beberapa kegunaan difraksi sinar-X adalah kristal dengan amorf, menentukan struktur kristal, mengidentifikasi fasa kristal.

Beberapa kegunaan dari difraksi sinar-X adalah :

1. Mengetahui struktur Kristal
2. Mendapatkan informasi, komposisi dan keadaan material polikristalin.
3. Menentukan ukuran dan derajat kristal serta konstanta kisi kristalografi dengan tepat (Mark, 1994)

F. UV- DRS (Spektrofotometer UV-Diffuse Reflectance)

UV-DRS adalah instrumen yang sangat baik digunakan untuk menganalisis sampel bubuk atau kristal serta juga bisa digunakan untuk analisis sampel padat. Prinsip UV-DRS berdasarkan transisi elektron yang terjadi dalam molekul orbital, atom atau ion dalam bentuk padat.

Energi celah pita dalam suatu senyawa dapat ditemukan dengan menggunakan spektrofotometri reflektansi difus UV-Vis yang didasarkan pada pengukuran intensitas UV-Vis yang dipantulkan oleh sampel. Karakterisasi UV-DRS digunakan untuk menentukan nilai celah energy (*band gap*). Prinsip spektrofotometer UV-DR berdasarkan teori Kubelka-Munk. Berdasarkan teori Kubelka – Munk, jika suatu lapisan material dengan ketebalan x , diradiasikan dengan sejumlah energi foton, maka material tersebut akan menyerap atau menghamburkan foton.

Berikut Persamaan reflektansi yaitu :

$$R' = \frac{R'(\text{sampel})}{R'(\text{standar})}$$

persamaan Kubelka-Munk:

$$F R' = \frac{(1 - R')^2}{2 R'}$$

Persamaan yang menyatakan hubungan absorbansi (A) dan reflektansi adalah sebagai berikut:

$$\text{Log } \frac{1}{R'} = A$$

Persamaan yang menyatakan hubungan absorbansi (A) dan reflektansi adalah sebagai berikut:

$$Eg = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

(Fiolida & Singyu, 2016)

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu maksimum yang diperoleh dalam mendegradasi Methyl Violet 10 ppm menggunakan katalis ZnO dengan metode fotsonolisis yaitu pada variasi waktu 120 menit dengan persentasi degradasi 93,50%
2. Pengaruh konsentrasi katalis pada proses degradasi Methyl Violet pada waktu maksimum diperoleh pada konsentrasi katalis ZnO/Ag 10% dengan persen degradasi 90,51%
3. Katalis ZnO/ Ag 10% dikarakterisasi menggunakan XRD didapatkan ukuran partikel 14,62 – 41,47 nm dan nilai band gap diukur dengan spektrofotometer UV-DRS didapatkan 3,26 eV.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran:

1. Mempelajari aplikasi dari degradasi zat warna secara fotsonolisis dengan menggunakan doping katalis yang berbeda.
2. Mempelajari pengaruh pH, waktu dan konsentrasi larutan pada proses degradasi.
3. Mempelajari sifat optik dari katalis ZnO doping dalam mendegradasi suatu zat warna

DAFTAR PUSTAKA

- Azeddine, Chelouche, Tahar, Touam, Djovadi, D., & Aksas, A. (2014). *Synthesis and Characterization of New Morphological ZnO and Ce-doped ZnO Powders by Sol-gel Procces*. 5626–5629.
- Azmi, W., Rajesh K. S., U. C. B. (1998). Biodegradation of Triphenlymethane Dyes. *Enzyme and Microbial Tecnology Elsevier Science*, 22.
- 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.
- Bhernama, B. G., Safni, & Syukri, &. (2015). . Degradasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Dengan Penambahan Katalis TiO₂-anatase dan SnO₂. *Journal of Islamic Science and Technology*, 1(1), 49–61.
- Bian, H., Zhang, Z., Xu, X., Gao, Y., & Tao Wang. (2020). Photocatalytic activity of Ag/ZnO /AgO/TiO₂ composite. *ARTICLE*.
- Bismo, S. (2006). *Teknologi Radiasi Sinar Ultra-Ungu (UV) dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fasa Gas*. In Modul Kuliah Pencegahan Pencemaran.
- Camargo, P. H. C., Satyanarayana, K. G., & Fernando Wypych. (2009). Nanocomposites: Synthesis, Structure, Properties and New Application Opportunities. *Materials Research*, 12(1), 1–39.
- Camargo, P. H. C., Satyanarayana, K. G., & Wypych, F. (2009). Nanocomposites: Synthesis, Structure, Properties and New Application Opportunities. *Journal of Materials Research*, 12(1), 1–39.
- Day, R. A., & Underwood, A. L. (2002). *Analisa Kuantitatif Kimia (Terjemahan Sopyan, I.,)*. Erlangga.
- Fahlman, D. B. (2007). *Materials Chemistry* (C. M. University. (ed.)). Central Michigan University.
- Fan, H.-J., Huang, Shih-Tsuen, W.-H. C., Jan, J.-L., Lin, W. Y., & Chen, C.-C. (2009). Degradation pathways of crystal violet by Fenton and Fenton-like systems: Condition optimization and intermediate separation and identification. *Journal of Hazardous Materials*, 171, 1032–1044.