

**TRANSFORMASI ZAT WARNA *METHYL ORANGE* DENGAN
KATALIS TiO_2 MENGGUNAKAN METODE
FOTOSONOLISIS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains



**Oleh :
SUCI RAMADHANI
NIM. 18036023/2018**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

**TRANSFORMASI ZAT WARNA *METHYL ORANGE* DENGAN KATALIS
 TIO_2 MENGGUNAKAN METODE FOTOSONOLISIS**

Nama : Suci Ramadhani
NIM : 18036023
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

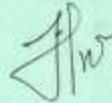
Padang, 06 Juni 2022

Mengetahui:
Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197210241998031001

Disetujui oleh:
Pembimbing



Hary Sanjaya, S.Si, M.Si
NIP. 198304282009121007

PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

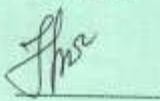
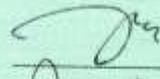
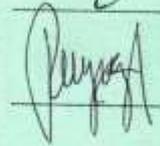
Nama : Suci Ramadhani
NIM : 18036023
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**TRANSFORMASI ZAT WARNA METHYL ORANGE DENGAN
KATALIS TiO_2 MENGGUNAKAN METODE
FOTOSONOLISIS**

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

Padang, 06 Juni 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	
Anggota	: Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D	
Anggota	: Prof. Dr. Rahadian Z, S.Pd., M.Pd	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Suci Ramadhani
NIM : 18036023
Tempat/Tanggal lahir : Batusangkar / 28 Desember 1999
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : **Transformasi Zat Warna Methyl Orange Dengan Katalis TiO_2 Menggunakan 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, 06 Juni 2022
Yang menyatakan



Suci Ramadhani
NIM : 18036023

Transformasi Zat Warna Methyl Orange Dengan Katalis TiO₂ Menggunakan Metode Fotosonolis

Suci Ramadhani

ABSTRAK :

Penelitian mengenai transformasi *methyl orange* telah dikerjakan dengan menggunakan metode fotosonolisis dengan bantuan katalis TiO₂. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan massa katalis terhadap transformasi *methyl orange* serta menentukan waktu optimum untuk mentransformasi zat warna *methyl orange*. Variasi massa katalis yang digunakan untuk transformasi zat warna *methyl orange* adalah dari rentang 0 gram sampai 0,25 gram sedangkan untuk variasi waktu berkisar pada rentang 30 menit hingga 150 menit dengan waktu berkala 30 menit. Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum dari zat warna *methyl orange* menggunakan spektrofotometer UV-Vis adalah 462,8 nm dengan nilai absorbansinya sebesar 0,772. Pada variasi massa katalis diperoleh massa maksimum pada 0,1 gram katalis TiO₂ dengan % Transformasi yang diperoleh adalah sebesar 23,46% sedangkan untuk variasi waktu transformasi diperoleh waktu optimum pada menit ke-120 dengan hasil % Transformasi sebesar 32,04%. Pada penelitian ini keberadaan radikal hidroksil yang dihasilkan saat proses fotosonolisis sangat berperan penting dalam proses mentransformasi zat warna *methyl orange*.

Kata Kunci: Transformasi, Fotosonolisis, *Methyl Orange*, TiO₂

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat, rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Transformasi Zat Warna Methyl Orange dengan Katalis TiO₂ Menggunakan Metode Fotosonolisis**”. Shalawat beserta salam dikirimkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi persyaratan kelulusan dalam rangka memperoleh gelar sarjana S-1 pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Dalam menyempurnakan skripsi ini penulis telah melibatkan banyak pihak yang telah memberikan saran dan masukan yang bermanfaat, untuk itu dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Hary Sanjaya, M.Si. selaku pembimbing dan penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan serta pengarahan hingga selesainya skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Rahadian Z, S.Pd., M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan arahan hingga selesainya skripsi ini.
3. Bapak Budhi Oktavia, M.Si., Ph.D., selaku Kepala Departemen Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan juga dosen penguji yang telah memberikan masukan dan arahan hingga selesainya skripsi ini.
4. Kedua orang tua yang telah memberikan do'a, semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas yang berhubungan dengan penyelesaian skripsi ini.

5. Sahabat dan teman dekat yang telah memberikan masukan dan semangat hingga selesainya skripsi ini.
6. Teman – teman kimia satu angkatan serta pihak – pihak yang tidak disebutkan namanya satu persatu yang telah memberikan bantuan dan dorongan hingga terwujudnya skripsi ini.

Penulis memahami bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati, besar harapan penulis menerima saran dan kritik dari para pembaca skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Padang, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. <i>Methyl Orange</i>	7
B. Katalis TiO ₂	8
C. Fotosonolisis.....	11
D. Spektrofotometer UV Visible.....	21
E. Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared)	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
A. Waktu dan Tempat.....	29
B. Objek Penelitian	29
C. Variabel Penelitian	29
D. Alat dan Bahan	30
1. Alat	30
2. Bahan.....	30
E. Prosedur penelitian	30
1. Pembuatan Larutan Zat Warna <i>Methyl Orange</i>	30
2. Transformasi <i>Methyl Orange</i> dengan Metode Fotosonolisis.....	30
3. Karakterisasi Sampel dengan FTIR.....	31

4. Teknik Analisa Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Transformasi <i>Methyl Orange</i> Secara Fotosonolisis.....	33
1. Transformasi <i>methyl orange</i> variasi massa katalis TiO_2 menggunakan metode fotosonolisis	34
2. Transformasi <i>methyl orange</i> variasi waktu radiasi menggunakan metode fotosonolisis dengan bantuan katalis TiO_2	37
3. Transformasi <i>Methyl Orange</i> dengan Metode Fotolisis dan Sonolisis serta Fotosonolisis pada Massa dan Waktu Optimum	38
B. Karakterisasi <i>Methyl Orange</i> Sebelum Dan Setelah Transformasi Menggunakan FTIR.....	40
C. Pengujian pH <i>Methyl Orange</i> Sebelum Dan Sesudah Transformasi Menggunakan pH meter	43
BAB V PENUTUP.....	45
A. Kesimpulan.....	45
B. Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Zat Warna <i>Methyl Orange</i>	7
Gambar 2. 2 Bentuk Bubuk Titanium Dioksida	8
Gambar 2. 3 Struktur kristal dari TiO ₂ : (a) <i>anatase</i> , (b) <i>rutile</i> , dan (c) <i>brookite</i> ..	9
Gambar 2. 4 Tahapan Reaksi Fotokatalisis.....	13
Gambar 2. 5 Mekanisme reaksi transformasi <i>methyl orange</i> secara fotosonolisis	20
Gambar 2. 6 Skema Alat Fotosonolisis.....	21
Gambar 2. 7 Spektrofotometer UV-Vis	21
Gambar 2. 8 Skema kerja spektroskopi UV-Vis.....	23
Gambar 2. 9 Skema instrumental dari FTIR	28
Gambar 4. 1 Kurva penentuan panjang gelombang maksimum <i>methyl orange</i>	33
Gambar 4. 2 Kurva pengaruh variasi massa katalis TiO ₂ terhadap transformasi <i>methyl orange</i> menggunakan metode fotosonolisis	35
Gambar 4. 3 Kurva pengaruh variasi waktu radiasi terhadap transformasi <i>methyl orange</i> menggunakan katalis maksimum secara fotosonolisis	37
Gambar 4. 4 Kurva perbandingan hasil transformasi <i>methyl orange</i> dengan metode yang berbeda pada massa dan waktu optimum	39
Gambar 4. 5 Spektrum IR (a) <i>methyl orange</i> sebelum transformasi dan.....	41
Gambar 4. 6 Hasil Pengujian pH <i>Methyl Orange</i> Sebelum dan Sesudah Transformasi	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pembuatan Larutan Zat Warna	51
Lampiran 2. Transformasi Larutan <i>Methyl Orange</i> dengan Variasi Waktu secara Fotosonolisis	52
Lampiran 3. Transformasi Larutan <i>Methyl Orange</i> dengan Variasi Massa Katalis secara Fotosonolisis	53
Lampiran 4. Skema Penelitian	54
Lampiran 5 Gambar Alat Fotosonolisis	55
Lampiran 6 Hasil pengujian panjang gelombang maksimum zat warna <i>methyl orange</i> konsentrasi 10 ppm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.....	56
Lampiran 7 Kurva Kalibrasi Zat Warna <i>Methyl Orange</i>	57
Lampiran 8 Data Absorbansi <i>methyl orange</i> setelah ditransformasi pada variasi massa katalis TiO ₂ secara fotosonolisis dengan spektrofotometer UV-Vis	58
Lampiran 9 Konversi Data Absorbansi Hasil Transformasi Zat Warna <i>Methyl Orange</i> Secara Fotosonolisis Variasi Massa Katalis Menjadi Konsentrasi	59
Lampiran 10 Perhitungan persen dengradasi zat warna <i>methyl orange</i> dengan variasi massa katalis TiO ₂ secara fotosonolisis	60
Lampiran 11 Hasil dengradasi zat warna <i>methyl orange</i> dengan variasi massa katalis secara fotosonolisis.....	63
Lampiran 12 Absorbansi <i>methyl orange</i> setelah transformasi pada variasi waktu radiasi dengan katalis optimum secara fotosonolisis dengan spektrofotometer UV-Vis	64
Lampiran 13 Konversi Data Absorbansi Hasil Transformasi Zat Warna <i>Methyl Orange</i> Secara Fotosonolisis Variasi Waktu Menjadi Konsentrasi.....	65
Lampiran 14 Perhitungan persen transformasi zat warna <i>methyl orange</i> dengan variasi waktu radiasi dengan katalis optimum secara fotosonolisis.....	66
Lampiran 15 Hasil transformasi zat warna <i>methyl orange</i> dengan variasi waktu radiasi dengan katalis optimum secara fotosonolisis	69
Lampiran 16 Hasil transformasi zat warna <i>methyl orange</i> dengan menggunakan metode Sonolisis dan metode Fotolisis menggunakan massa dan waktu optimum	70

Lampiran 17 Perhitungan persen transformasi zat warna <i>methyl orange</i> menggunakan metode Sonolisis dan metode Fotolisis pada massa dan waktu optimum	71
Lampiran 18 Hasil pengujian pH zat warna <i>methyl orange</i> sebelum dan sesudah transformasi secara fotosonolisis	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hubungan antara warna dengan panjang gelombang sinar tampak.....	23
Tabel 2 Hasil pengujian gugus fungsi pada methyl orange sebelum dan sesudah transformasi menggunakan Spektroskopi FTIR.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri tekstil serta produk tekstil dapat memberikan dampak ganda bagi kehidupan masyarakat, baik itu dari sisi tenaga kerja, pemasukan ataupun output industri itu sendiri. Pertumbuhan area industri tekstil serta hasil tekstil di Indonesia menobatkan pabrik tekstil sebagai suatu industri terpenting serta jadi penunjang untuk peningkatan perekonomian yang ada di Indonesia. Sehingga tanpa disadari pertumbuhan industri tekstil di Indonesia juga akan semakin meningkat, akibatnya limbah hasil buangan industri tekstil tersebut juga akan semakin bertambah (Komala, 2019).

Industri tekstil yang memanfaatkan zat warna sebagai bahan utamanya kemungkinan besar nantinya akan menghasilkan limbah cair. Dimana limbah cair ini merupakan senyawa organik yang mana limbah ini memiliki struktur aromatis yang akan susah terurai secara alami serta pastinya akan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Saraswati et al., 2015).

Salah satu pewarna azo yang kerap dimanfaatkan dalam produk tekstil yaitu *methyl orange*. Dimana senyawa azo ini memiliki sifat karsinogenik serta susah terurai, sehingga jika dibuang ke sistem perairan maka ekosistem didalam perairan tersebut akan terganggu (Fraditasari et al., 2015).

Zat warna organik sintetik yang terkandung didalam limbah industri ini akan dialirkan menuju beberapa sungai yang kerap dimanfaatkan warga untuk kepentingan sehari – hari. Dilihat dari besarnya dampak negatif yang nantinya

akan dihasilkan oleh toksisitas zat ini, sehingga perlu dicoba melakukan pengolahan limbah lanjutan guna mengatasinya (Anatase et al., 2007). Banyak metode alternatif yang digunakan untuk mengolah limbah zat warna ini, baik secara kimia, fisika maupun biologi guna mentransformasi senyawa organik yang terkandung didalam limbah cair tersebut (Komala, 2019).

Sepanjang ini prosedur umum yang kerap digunakan untuk pengolahan air limbah ialah dengan metode pengendapan kimia serta koagulasi. Penanganan limbah dengan metode pengendapan kimia memerlukan biaya yang banyak. Perlakuan lainnya pada limbah cair dengan cara konvensional ialah dengan metode melenyapkan limbah organik memakai adsorben ataupun koagulasi yang ditandai dengan pembentukan *sludge*. Namun adsorben serta sludge yang dihasilkan masih tergolong jenis limbah yang berbahaya sehingga memerlukan pengolahan lanjut (Safni et al., 2009).

Pengolahan limbah zat warna secara biologi dengan memakai mikroorganisme pun juga banyak dilakukan guna mereduksi kandungan senyawa organik pada limbah industri. Tetapi metode tersebut tidak efisien apabila digunakan untuk pengolahan limbah dengan jumlah yang banyak. Hal ini diakibatkan karena proses tersebut memerlukan waktu yang cukup lama agar terbentuknya enzim yang nantinya bertugas sebagai agen biodegradasi (Komala, 2019).

Diantara prosedur tersebut metode yang sangat efisien untuk digunakan sebagai pengurai limbah zat warna ialah metode fotolisis alasannya adalah fotolisis ini merupakan suatu metode Advanced Oxidation Processes (AOPs) dengan menggabungkan metoda fotolisis dan metode sonolisis (Sanjaya, 2018).

Proses Oksidasi Lanjutan / Advanced Oxidation Processes (AOPs) ialah salah satu metode guna menanggulangi limbah cair tekstil yang efektif, efisien serta ramah lingkungan. Proses Oksidasi Lanjutan ini akan menciptakan radikal hidroksil oksidatif yang kuat serta mempunyai kepekaan terhadap oksidan kimia sehingga bisa merusak struktur polutan organik dari limbah zat warna (Fajri et al., 2021).

Dalam fotolisis molekul – molekul air akan berinteraksi dengan radiasi sinar UV sedangkan saat proses sonolisis akan menghasilkan gelombang mekanik yang memengaruhi efek kavitasi pada air. Metode fotosonolisis ini memakai katalis semikonduktor yang berpotensi untuk mengurai limbah zat warna dengan cepat (Sanjaya, 2018).

Saat proses sonolisis, polutan organik terhancurkan baik oleh pirolisis langsung dalam gelembung kavitasi, ataupun serangan radikal bebas di daerah antar muka serta dalam larutan curah. Dengan metode sonolisis saja tidak bisa menggapai target transformasi total terkhususnya dalam hal senyawa hidrofilik karena susah untuk mereka mentransfer ke daerah hidrofobik gelembung kavitasi, dimana terjadinya sebagian besar transformasi. Namun gabungan dari metoda sonolisis dan fotolisis bisa meningkatkan proses transformasi senyawa organik dalam limbah zat warna (Wu et al., 2001).

Pada proses fotosonolisis ini digunakan katalis semikonduktor yang berpotensi mengurai limbah organik lebih cepat (Sanjaya, 2018). Titanium dioksida adalah jenis katalis yang kerap dimanfaatkan baik dalam industri tekstil ataupun dalam beberapa penelitian yang berkembang dikala ini. Alasannya karena TiO_2 memiliki beberapa kelebihan diantaranya harga yang ekonomis, non toksik serta yang terpenting ialah kestabilan dan keaktifannya jika terkena cahaya. Oleh

karena itu bisa disimpulkan bahwa TiO_2 merupakan fotokatalis yang ramah lingkungan (Agusty, 2012).

Dari penjelasan diatas, saya selaku penulis tertarik untuk mengerjakan penelitian mengenai “Transformasi Zat Warna *Methyl Orange* dengan Katalis TiO_2 Menggunakan Metode Fotosonolisis ”. Transformasi *methyl orange* dipengaruhi oleh faktor lamanya waktu transformasi serta jumlah massa katalis TiO_2 yang digunakan. Penelitian ini diharapkan bisa memberikan pembelajaran serta solusi untuk mengurangi dampak limbah zat warna yang dihasilkan industri tekstil khususnya untuk industri tekstil itu sendiri supaya tidak melakukan pembuangan limbah tidak pada tempatnya yang berdampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

B. Identifikasi Masalah

Dari penjabaran diatas dapat diidentifikasi beberapa masalah, yaitu :

1. *Methyl Orange* adalah zat warna yang digunakan oleh industri tekstil dimana zat ini mengandung limbah berbahaya dan juga bisa merusak lingkungan serta memberikan gangguan bagi tubuh manusia.
2. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses transformasi *Methyl Orange* adalah penambahan katalis TiO_2 dengan menggunakan metode fotosonolisis.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah yang didapat dari penelitian ini, diantaranya :

1. Transformasi *methyl orange* diproses dengan metoda fotosonolisis yang mana merupakan perpaduan antara metode fotolisis dan sonolisis.
2. Massa katalis TiO_2 yang divariasikan untuk proses transformasi *methyl orange* adalah 0 ; 0.05 ; 0.1 ; 0.15 ; 0.2 ; dan 0.25 gram.

3. Variasi waktu radiasi untuk proses transformasi *methyl orange* yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit.

D. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah diatas dapat diketahui rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana hasil yang didapatkan dari transformasi *methyl orange* dengan menggunakan metode fotsonolisis?
2. Bagaimana pengaruh dari penggunaan TiO_2 sebagai katalis dalam proses transformasi *methyl orange* dengan menggunakan metode fotsonolisis?
3. Berapa lama waktu yang diperlukan untuk mentransformasi *methyl orange* dengan menggunakan metode fotsonolisis?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian berdasarkan penjabaran rumusan masalah diatas adalah sebagai berikut :

1. Mentransformasi limbah zat warna *methyl orange* menggunakan metode fotsonolisis.
2. Mengetahui pengaruh penambahan massa katalis TiO_2 terhadap transformasi zat warna *methyl orange* menggunakan metode fotsonolisis
3. Mengetahui waktu optimum pada proses transformasi zat warna *methyl orange* menggunakan metode fotsonolisis dengan bantuan katalis TiO_2 .

F. Manfaat Penelitian

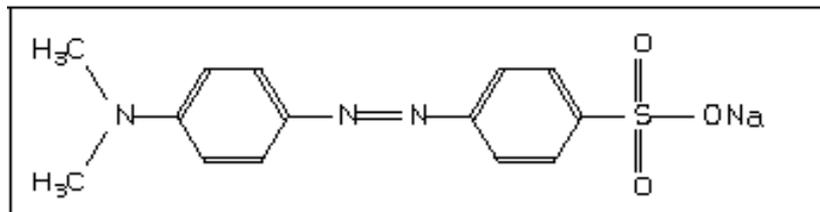
Berdasarkan hasil penelitian ini penulis berharap dapat memberikan edukasi serta sumbangsih ilmu pengetahuan terutama dalam bidang fotokatalis yang mengembangkan metode fotosonolisis guna mentransformasi zat warna *methyl orange* secara efisien dan efektif serta bisa dimanfaatkan sebagai referensi ataupun sebagai pedoman untuk penelitian berikutnya agar pentransformasian ini dapat diterapkan dalam industri berskala besar.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Methyl Orange*

Methyl Orange adalah salah satu jenis pewarna sintesis azo yang mudah larut dalam air, biasanya terdapat dalam limbah buangan dari industri tekstil, makanan, farmasi, produksi cetak serta kertas. Buangan dari industri – industri ini berupa toksisitas serta sifatnya yang sulit terurai bisa menimbulkan ancaman serius terhadap karakterisasi fisika – kimia dari air bersih serta kehidupan akuatik. Berbagai pengolahan kimiawi, biologis serta fisika sudah digunakan untuk pengolahan limbah zat warna azo (Cheah et al., 2013). Bentuk struktur dari zat warna *methyl orange* bisa dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Struktur Zat Warna *Methyl Orange*

(Sumber: Idris, et al., 2014)

Methyl orange dengan rumus molekul C₁₄H₁₄N₃NaO₃S dengan massa molekul 327,34 gram/n merupakan suatu zat warna tekstil dari golongan azo (-N=N-) yaitu turunan dari gugus benzena yang sifatnya *non-biodegradable* (Wardhani et al., 2015). *Methyl orange* memiliki panjang gelombang maksimum sekitar 465 nm (Fitriani, 2016).

Methyl Orange sering dimanfaatkan pada industri plastik, industri tekstil dan industri lainnya yang mana ini dapat menyebabkan kerusakan pada lingkungan, karena adanya warna yang nantinya ditimbulkan serta juga sifatnya

yang toksik serta mutagenik bagi kehidupan (Fitriani, 2016) akibatnya limbah ini sangat mempengaruhi pertumbuhan kehidupan air dan menyebabkan efek kesehatan jangka panjang (Dhir, 2020).

B. Katalis TiO₂

Titanium Dioksida ataupun dikenal dengan titania merupakan bentuk oksida yang sangat umum untuk logam titanium. TiO₂ mempunyai wujud kristal yang warnanya putih, memiliki massa jenis 4,23 g/cc, berat molekul 79,886 g/mol, titik leleh sebesar 18.920 °C dengan adanya oksigen dan 18.430 °C tanpa adanya oksigen. Kristal TiO₂ tidak larut dalam air karena kristal ini memiliki sifat asam yang tidak dapat larut dalam air seperti asam sulfat encer, asam klorida dan alkohol. Tetapi kristal ini bisa larut didalam asam sulfat pekat dan asam flourida.

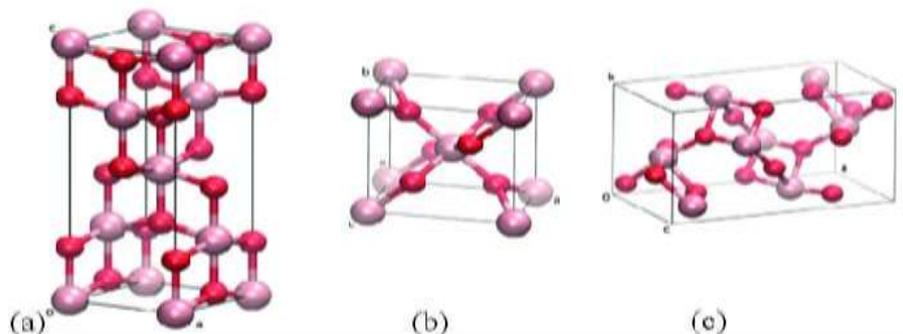
Limbah organik zat warna dapat diubah menjadi senyawa yang tidak berbahaya dengan cara pengolahan alternatif yang memanfaatkan titanium dioksida sebagai katalisnya. Titanium dioksida merupakan suatu bahan semikonduktor dengan aktivitas fotokatalis yang cukup tinggi, tidak berbahaya dan stabil secara kimia (Riyani et al., 2012). Titanium Dioksida mempunyai *band gap* sebesar 3,2 eV yang bisa aktif dibawah sinar radiasi UV (Kavitha & Palanisamy, 2010).



Gambar 2. 2 Bentuk Bubuk Titanium Dioksida

Titanium dioksida banyak digunakan sebagai pigmen (warna) putih pada makanan ataupun kosmetik alasannya karena TiO_2 ini mempunyai warna yang putih serta memiliki sifat tidak beracun dan tahan terhadap karat. TiO_2 memiliki pita valensi yang terisi penuh serta pita konduksi yang kosong yang celah pitanya 3,2 eV (Suspeno, 2009).

Titanium dioksida mempunyai wujud kristal serta amorf. Untuk wujud amorf rangkaian atom TiO_2 tak beraturan oleh karena itu wujud ini mempunyai pita konduksi serta pita valensi yang tidak beraturan. Wujud kristal TiO_2 mempunyai 3 fase, yaitu *anatase*, *rutile*, dan *brookite* (Gambar 2.3) . *Rutile* adalah bentuk kristal yang paling stabil, karena kristal ini dalam bentuk yang murni mudah didapatkan. Struktur kristal *anatase* berbentuk tetragonal dan merupakan bentuk kristal yang sangat reaktif jika terkena sinar. Struktur ini bisa terbentuk karena adanya pemanasan dengan rentang suhu $400^0 - 600^0\text{C}$. Jika pemanasan dilanjutkan hingga suhu 700^0C maka akan terjadi perubahan struktur menjadi *rutile*, untuk struktur *brookite* biasanya dapat ditemui pada mineral dan kristalnya berbentuk orthorombik, kristal jenis ini sangat sulit diamati karena sulitnya dilakukan permurnian pada kristal (Silviyanti, 2012).



Gambar 2. 3 Struktur kristal dari TiO_2 : (a) *anatase*, (b) *rutile*, dan (c) *brookite*

Dari beberapa jenis kristal tersebut, anatase dan rutil lebih sering dipakai sebagai fotokatalis karena keberadaannya yang cukup stabil. TiO_2 jenis anatase ini memiliki fotoaktivitas yang sangat tinggi dibandingkan struktur TiO_2 rutil alasannya struktur anatase ini memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis struktur TiO_2 yang lainnya. Selain itu struktur anatase juga mempunyai sisi aktivasi yang cukup luas dari pada rutil akibatnya kristal anatase ini menjadi sangat reaktif jika terkena cahaya (Setiawan, 2012).

Struktur *anatase* mempunyai nilai band gap yaitu 3,2 eV (Chan et al., 2011) lebih dekat ke cahaya UV dengan $\lambda_{\text{max}} = 388$ nm, untuk struktur rutil mempunyai nilai band gap sebesar 3,0 eV sebanding dengan cahaya UV ($\lambda = 413$ nm) mendekati sinar tampak. Pada terminologi yang lebih teknis, energi celah pita pada semikonduktor dapat diartikan sebagai energi cahaya minimum yang dibutuhkan guna menghasilkan e^- pada pita konduksi yang menghasilkan konduktivitas listrik serta lubang (h^+) pada pita valensi yang mengakibatkan terjadinya kekosongan elektron (Watanabe et al., 1999). Lubang (h^+) yang dihasilkan ini bisa bereaksi dengan air / gugus hidroksil guna menghasilkan $\bullet\text{OH}$. Radikal hidroksil adalah suatu zat pengoksidasi yang sangat kuat sehingga dapat digunakan untuk mengoksidasi sebagian besar dari material organik (Setiawan, 2012). *Band gap energi* juga dapat disimpulkan sebagai energi cahaya minimum yang dibutuhkan guna mengeksitasi elektron (Linsebigler et al., 1995).

Struktur anatase ini memiliki sifat yang metastabil serta cenderung bertransformasi menjadi rutil ketika berada di suhu tinggi (berkisar 915°C). Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perubahan struktur anatase menjadi rutil, diantaranya (Cristallo et al., 2001) :

1. Dimensi rata – rata partikel serta kristal
2. Keberadaan *impurities* pada bagian dalam serta permukaan titanium dioksida (V_2O_5 meningkatkan transformasi anatase menjadi rutile sedangkan keberadaan SO_4^{2-} dan SiO_2 menurunkan kinetika reaksi)
3. Komposisi gas di sekitaran katalis selama reaksi katalitik

Fasa rutile memiliki fotoaktivasi yang lebih rendah dibandingkan fasa anatase. TiO_2 anatase memiliki celah pita sebesar 3,2 eV hal ini mengindikasikan bahwa h^+ di permukaan katalis merupakan spesi oksidator yang kuat sehingga dapat mengoksidasi spesi kimia lainnya yang memiliki potensial redoks yang lebih kecil contohnya seperti molekul air atau gugus hidroksil yang dapat menghasilkan radikal OH (Tjahjanto & Gunlazuardi, 2001).

C. Fotosonolisis

Metode fotosonolisis adalah bagian dari AOPs (Advanced Oxidation Process) / disebut juga dengan metoda oksidasi lanjut. Pada proses transformasi metoda fotosonolisis terdapat tiga metode lainnya, yaitu :

1. Fotokatalisis

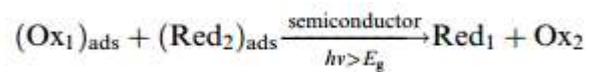
Fotokatalisis adalah gabungan dari kata foto dan katalis, yang mana metoda ini merupakan suatu proses reaksi kimia yang membutuhkan katalis dan juga cahaya guna mempercepat terjadinya transformasi kimia. Transformasi ini berlangsung pada permukaan katalis yang disebut dengan fotokatalisis. Fotokatalis merupakan bahan semikonduktor. Fotokatalis yang umum digunakan adalah TiO_2 (Agusty, 2012).

Fotokatalisis terbagi atas dua jenis yaitu, fotokatalis homogeny dan fotokatalis heterogen. Suatu reaksi fotokatalisis yang dibantu oleh oksidator

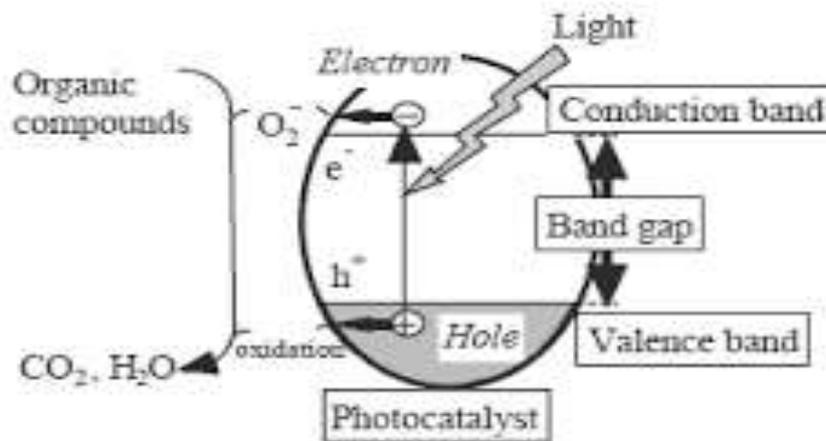
semacam (O_3) dan (H_2O_2) ini adalah penjelasan dari fotokatalis homogeny. fotokatalis heterogen adalah teknologi yang bersumber pada irradiasi cahaya uv pada semikonduktor contohnya TiO_2 (Yahdiana, 2011).

Fotokatalis homogen merupakan salah satu AOPs yang didasarkan pada penyerapan langsung atau tak langsung foton sinar ultraviolet (UV) / cahaya tampak oleh semikonduktor yang memiliki celah energi yang tepat (Malato et al., 2003).

Fotokatalisis ini adalah metoda yang memiliki kemampuan sebagai reduktor maupun oksidator potensial yang efektif dalam mengolah limbah – limbah senyawa organik maupun non organik (Naimah et al., 2014). Salah satu contoh dari metode AOPs (*Advanced Oxidation Process*) adalah fotokatalisis. Secara umum reaksi fotokatalisis yaitunya :



Fase katalisis memiliki beberapa kelebihan diantaranya limbah yang dihasilkan tidak berbahaya serta lebih hemat untuk pemakaian zat kimia dan juga hemat energi. Fotokatalis adalah suatu metode yang potensial dan efektif dalam mengelolah limbah – limbah organik maupun non organik, alasannya fotokatalis ini memiliki kemampuan reduktor dan oksidator (Naimah et al., 2014)

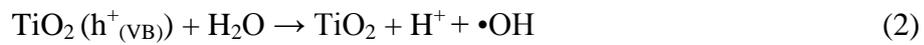
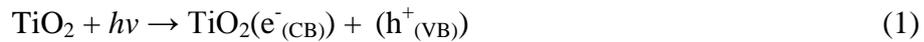


Gambar 2. 4 Tahapan Reaksi Fotokatalisis

Gambar 2.4 merupakan reaksi redoks yang terjadi saat fotokatalisis. Proses fotokatalisis diawali dengan adanya penyerapan foton oleh suatu semikonduktor seperti TiO_2 sehingga mengakibatkan terjadinya proses pemisahan muatan / fotoeksitasi pada suatu semikonduktor tersebut. Electron selanjutnya mengalami eksitasi menuju pita konduksi (CB) yang mana akan menghasilkan lubang positif (h^+) di pita valensi (VB). Proses dari diinduksi foton ini akan menghasilkan pasangan elektron (e^-) dan hole (h^+) seperti yang terlihat pada (Persamaan (1)). (Rao et al., 2009)

Pasangan lubang elektron bisa bermigrasi ke permukaan TiO_2 dan terlibat dalam reaksi redoks seperti yang terjadi pada (Persamaan (2) – (4)), yang mana (h^+) akan bereaksi dengan air dan ion hidroksida akan menghasilkan radikal hidroksil sedangkan (e^-) akan bereaksi dengan oksigen guna menghasilkan anion radikal superoksida kemudian hidrogen peroksida (Persamaan (5)). Hidrogen peroksida nantinya akan bereaksi dengan radikal superoksida yang menghasilkan produk berupa radikal hidroksil (Persamaan (7) – (9)) (Chin & Law, 2018). Radikal hidroksil yang dihasilkan merupakan suatu oksidator yang kuat, radikal

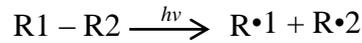
OH ini akan menyerang polutan yang terabsorpsi pada permukaan TiO₂ guna menghasilkan senyawa antara dengan cepat. Bahan antara ini nantinya akan diubah menjadi senyawa – senyawa berupa CO₂, H₂O dan asam mineral seperti yang ditunjukkan pada (Persamaan (11)). Mekanisme fototransformasi senyawa organik dengan adanya radiasi $h\nu$ melalui reaksi redoks dapat dilihat pada persamaan berikut (Chin & Law, 2018).



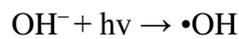
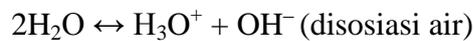
2. Fotolisis

Fotolisis merupakan metoda lanjutan dari fotokatalisis, yang merupakan suatu proses transformasi senyawa yang memerlukan bantuan cahaya serta suatu katalis (Bhernama et al., 2015). Fotolisis merupakan proses pemecahan senyawa dengan menggunakan bantuan energi cahaya (foton). Metoda ini merupakan bagian dari AOPs / proses oksidasi lanjut dengan menggunakan cahaya serta material katalis (Zilfa et al., 2011)

Reaksi fotolisis langsung (*direct photolysis*) dapat dituliskan sebagai berikut (Bismo, 2006):



Pada umumnya reaksi fotolisis ini akan menghasilkan produk berupa ion atau radikal yang dapat digunakan untuk reaksi – reaksi transformasi dari media yang dimaksudkan berupa fasa gas ataupun fasa cair. Mekanisme fotolisis dapat dilihat pada reaksi berikut ini (Joseph et al., 2015) :



Reaksi – reaksi fotolisis biasanya menghasilkan produk seperti ion atau radikal yang bisa dimanfaatkan untuk reaksi – reaksi transformasi (penyisihan) polutan, pencemar dalam media yang dimaksudkan, yaitu fasa cair maupun fasa gas.

Saat proses fotolisis berlangsung air akan menyerap energi foton yang berasal dari sinar uv yang menyebabkan terjadinya reaksi kimia dan kompleks logam serta katalis. Pada saat terjadinya proses penyerapan energi foton pada partikel air fotolisis akan menghasilkan dua pasang (e^-) dan (h^+) (Bhernama et al., 2015).

3. Sonolisis

Suatu proses pelisisan/ (pemecahan) senyawa organik yang terkandung dalam media cair dengan bantuan getaran ultrasonik, ini merupakan pengertian dari sonolisis. Metode sonolisis menggunakan radiasi ultrasonik yang bekerja

pada rentang frekuensi 20 – 500 kHz (Destailats et al., 2001). Proses sonolisis ini akan membentuk radikal hidroksil dan adanya efek kavitas. Radikal – radikal reaktif akan terbentuk didalam air yang ter oksigenasi saat proses sonolisis berlangsung , radikal reaktif yang terbentuk adalah •OH, •H dan •OH₂. Dampak dari sonolisis pada air yaitu terpecahnya molekul H₂O menjadi •OH dan •H 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 CO₂, H₂O, HNO₃ dan sebagainya (Safni et al., 2009)

Prinsip dari metode sonolisis adalah pemanfaatan efek kavitas akustik. Pada saat suatu larutan diiradiasi dengan gelombang ultrasonik, maka akan terjadi tumbukan antar partikel penyusun larutan bertekanan tinggi yang akan menghasilkan gelembung. Selama proses kavitas akan terjadi ketidak stabilan gelembung (*bubble collapse*) yang merupakan pecahnya gelembung akibat suara kecil yang ditimbulkan gelombang ultrasonik (Khafifudin, 2017).

Reaksi antara radikal hidroksil serta molekul polutan terjadi didalam gelembung (*pyrolysis*) atau antarmuka gelembung-cair ataupun pada bulk, tergantung sifat dari polutan itu sendiri (Elvinawati, n.d.). Efek kavitas ini timbul dikarenakan oleh adanya energi mekanik yang dihasilkan dari gelombang ultrasonik dan tidak diserap oleh molekul. Proses kavitas ultrasonik terdiri atas tiga tahapan proses, diantaranya :

1. Tahap nukleasi / pembentukan gelembung

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

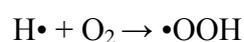
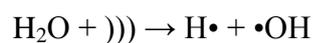
2. Tahap pertumbuhan gelembung

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 sangat 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 atau *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 mengurai senyawa organik. Tahapan ini juga disebut dengan *catastrophic collapse* (Mahvi. A.H, 2009).

Transformasi oleh sonolisis pada oksidasi molekul oleh radikal hidroksil dihasilkan selama proses sonikasi (*sonolysis* atau *sonodecomposition* air), menurut persamaan :



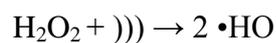
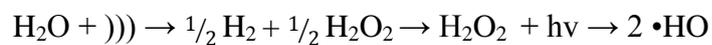
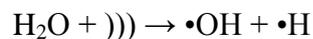


Dimana))) menunjukkan proses sonikasi (Joseph et al., 2015).

Dari uraian ketiga metode diatas, penyempurna prosesnya adalah Fotosonolisis. Fotosonolisis (*sonophotolysis*) adalah suatu reaksi yang disebabkan oleh penggabungan dari sinar ultraviolet (UV) dan *ultrasonication* (AS) dengan menggunakan katalis (Rashid & Sato, 2011).

Metode fotosonolisis ini mengkombinasikan fotolisis dan sonolisis. Pada sonolisis akan menghasilkan gelombang mekanik yang akan mempengaruhi efek kavitasi pada air dan saat proses fotolisis akan terjadinya interaksi antara partikel air dengan cahaya UV (Safni et al., 2009).

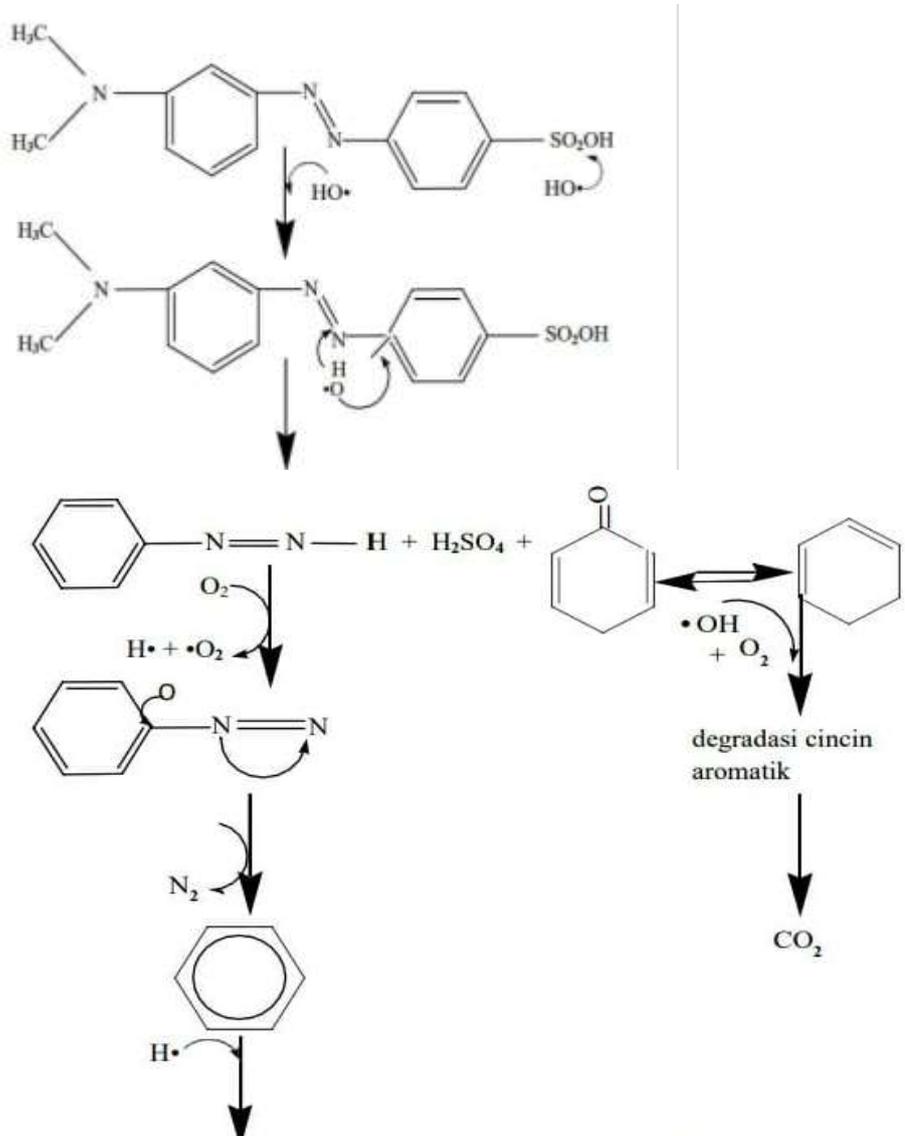
Menurut (Joseph et al., 2015) persamaan reaksi dari fotosonolisis dapat dituliskan sebagai berikut :

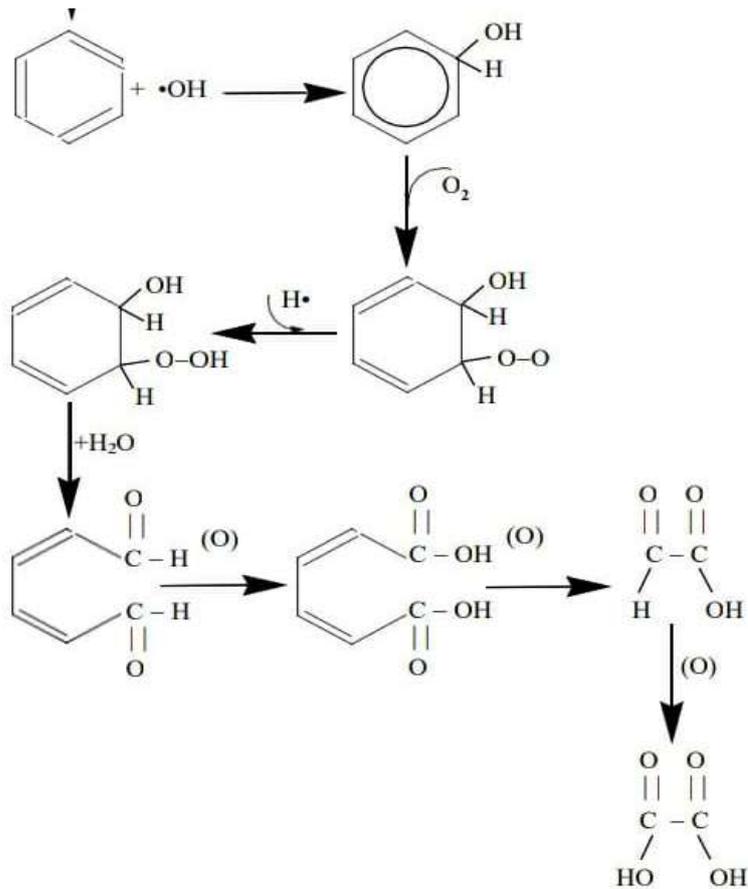


Dimana))) menunjukkan proses sonikasi.

Pada metoda fotosonolisis ini menggabungkan antara katalis semikonduktor dengan sumber foton yang barasal dari sinar uv. Elektron yang dihasilkan dari katalis tersebut akan mengalami perubahan pita valensi menjadi pita konduksi, alasannya karena adanya energi *band gap*. Proses ini juga menghasilkan lubang serta hidrosil yang kuat yang nantinya bertindak sebagai oksidan bagi senyawa target (Safni et al., 2009).

Adapun mekanisme reaksi transformasi yang terjadi pada zat warna *methyl orange* adalah sebagai berikut (Saptaaji, 2007) :

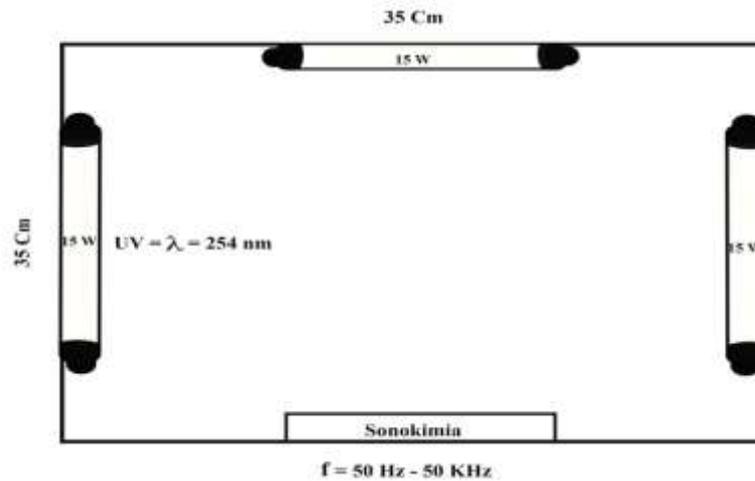




Gambar 2. 5 Mekanisme reaksi transformasi *methyl orange* secara fotosonolisis.

Reaksi Fotosonolisis akan menghasilkan produk berupa radikal hidroksil dalam media air beroksigen yang mana nantinya dapat menguraikan limbah organik di dalam air. Produk dari reaksi fotosonolisis ini adalah senyawa-senyawa yang lebih sederhana lagi seperti CO_2 dan H_2O (Safni et al., 2009).

Dibawah ini adalah skema alat yang nantinya akan digunakan dalam proses transformasi *Methyl Orange* dengan metode fotosonolisis.



Gambar 2. 6 Skema Alat Fotosonolisis
Sumber : (Kumar et al., 2005)

D. Spektrofotometer UV Visible

Spektrofotometri UV-Vis adalah sebuah peralatan yang digunakan sebagai pengukur transmitansi serta absorbansi pada suatu sampel sebagai fungsi (λ) panjang gelombang. Alat ini berguna untuk menghasilkan sinar dengan panjang gelombang tertentu. Absorbansi yang diketahui pada spektrofotometer UV-Vis bisa difungsikan sebagai analisa kualitatif maupun kuantitatif pada suatu zat kimia (Suroño & Sutanto, 2014).



Gambar 2. 7 Spektrofotometer UV-Vis

Sumber : <https://www.news-medical.net/>

Prinsip kerja dari spektrofotometer UV-Vis adalah cahaya yang berasal dari sumber radiasi akan diteruskan ke monokromator serta diarahkan secara terpisah melalui blanko dan sampel dengan cermin berotasi. Pemantulan dari cermin yang berotasi secara terus menerus ini akan menyebabkan perubahan arah pada kedua cahaya secara bergantian. Selanjutnya detektor akan menerima cahaya yang berasal dari blanko dan sampel secara berulang – ulang dan bergantian. Sinyal listrik yang berasal dari detector tersebut akan diproses dan diubah pada digital selanjutnya sampel – sampel tersebut akan dibandingkan menggunakan blanko. kemudian diubah ke digital dan dibandingkan antara sampel dengan blanko. Perhitungan akan dilakukan/ didapatkan secara otomatis dari komputer yang terprogram (Lestari et al., 2012).

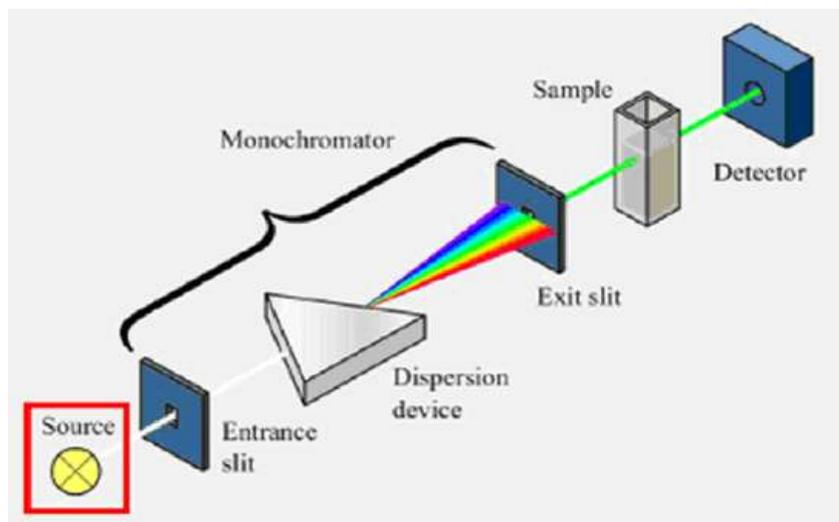
Spektrofotometri UV-Vis merupakan suatu metode yang digunakan untuk menguji sejumlah cahaya yang diabsorpsi pada setiap panjang gelombang di daerah ultraviolet dan tampak. Dalam instrumen ini suatu sinar cahaya terpecah sebagian cahaya diarahkan melalui sel transparan yang mengandung pelarut. Ketika radiasi elektromagnetik dalam daerah Uv-Vis melewati suatu senyawa yang mengandung ikatan-ikatan rangkap, sebagian dari radiasi biasanya diabsorpsi oleh senyawa. Hanya beberapa radiasi yang diabsorpsi, tergantung pada panjang gelombang dari radiasi dalam struktur senyawa.

Absorpsi radiasi disebabkan oleh pengurangan energi cahaya radiasi ketika elektron dalam orbital dari daerah tereksitasi ke orbital energi tinggi (Neupane et al., 2015). Alat ini bekerja pada penyerapan atau transmisi UV cahaya Vis (180-820 nm) dengan sampel. Hal ini juga dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi bahan menyerap berdasarkan kurva kalibrasi dikembangkan material.

Menurut Sastrohamidjojo, alat ini banyak bermanfaat untuk penentuan konsentrasi senyawa yang dapat menyerap radiasi pada daerah ultraviolet (200-400 nm) atau daerah sinar tampak (400- 800 nm).

Tabel 1. Hubungan antara warna dengan panjang gelombang sinar tampak

Panjang Gelombang	Warna yang diserap	Warna yang diamati/warna komplementer
400-450 nm	Ungu (lembayung)	Hijau kekuningan
450-480 nm	Biru	Kuning
480-490 nm	Biru kehijauan	Orange
490-500 nm	Hijau kebiruan	Merah
500-560 nm	Hijau	Merah anggur
560-580 nm	Hijau kekuningan	Ungu (lembayung)
580-595 nm	Kuning	Biru
595-610 nm	Orange	Biru kehijauan
610-750 nm	Merah	Hijau kebiruan



Gambar 2. 8 Skema kerja spektroskopi UV-Vis

Sumber : <https://www.researchgate.net/>

Spektrofotometer UV-Vis memiliki beberapa komponen penyusun. Komponen-komponen pokok dari spektrofotometer UV-Vis meliputi :

1. Sumber tenaga radiasi yang stabil

Sumber tenaga radiasi terdiri dari benda yang tereksitasi hingga ke tingkat yang lebih tinggi oleh sumber listrik tinggi atau oleh pemanasan listrik. Sumber radiasi yang ideal untuk pengukuran serapan harus menghasilkan spektrum kontinu dengan intensitas yang seragam pada keseluruhan kisaran panjang gelombang yang sedang dipelajari.

2. Monokromator

Dalam spektrofotometer, radiasi yang polikromatik ini harus diubah menjadi radiasi monokromatik. Ada dua jenis alat yang digunakan untuk mengurai radiasi polikromatik yaitu penyaring atau monokromator. Penyaring dibuat dari benda khusus yang hanya meneruskan radiasi pada daerah panjang gelombang tertentu dan menyerap radiasi dari panjang gelombang yang lain. Monokromator merupakan serangkaian alat optik yang menguraikan radiasi polikromatik menjadi jalur-jalur yang efektif/ panjang gelombang – gelombang dan memisahkan panjang gelombang-gelombang tersebut menjadi jalur-jalur yang sangat sempit.

3. Tempat cuplikan

Cuplikan yang akan dipelajari pada daerah ultraviolet atau terlihat yang biasanya berupa gas atau larutan ditempatkan dalam sel atau cuvet. Untuk daerah ultraviolet digunakan quartz atau sel dari silika yang dilebur, sedangkan untuk

cuplikan yang berupa gas mempunyai panjang gelombang lintasan 0,1 hingga 100 nm, sedangkan sel untuk larutan mempunyai panjang lintasan tertentu dari 1 hingga 10 cm. Sebelum sel dipakai harus dibersihkan dengan air, atau jika dikehendaki dapat dicuci dengan detergen atau asam nitrat panas.

4. Detektor

Setiap detektor menyerap tenaga foton yang mengenainya dan mengubah tenaga tersebut untuk dapat diukur secara kuantitatif seperti sebagai arus listrik atau perubahan-perubahan panas. Kebanyakan detektor menghasilkan sinyal listrik yang dapat mengaktifkan meter atau pencatat. Setiap pencatat harus menghasilkan sinyal yang secara kuantitatif berkaitan dengan tenaga cahaya yang mengenainya.

Kaitan antara absorbansi dan konsentrasi bisa diketahui dengan hukum Lambert – Beer, yang mana sinar yang dimanfaatkan harus sinar monokromatik. Pengukuran pada spektrofotometer UV-Vis akan menghasilkan spectrum, sehingga nilai absorbansi pada sampel bisa diketahui. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi tersebut dapat dituliskan pada persamaan Lambert – Beer, yaitu sebagai berikut :

$$A = \epsilon b C$$

dimana,

A = absorbansi,

ϵ = absorptivitas molar ($M^{-1} cm^{-1}$),

b = tebal kuvet (cm) dan

C = konsentrasi larutan (M). (Agusty, 2012)

E. Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared)

Spektroskopi FTIR adalah pengukuran panjang gelombang serta intensitas penyerapan radiasi IR oleh suatu sampel. Data spektral IR dari polimer tinggi biasanya diinterpretasikan dalam istilah getaran unit berulang structural (Kong & Yu, 2007). *Fourier Transform Infrared* dapat digunakan untuk menentukan struktur molekul pada suatu senyawa dengan teknik analisis yang sangat baik. Data yang diperoleh dari spektroskopi FTIR ini mengenai struktur molekul suatu senyawa bisa didapatkan hasil yang akurat dan tepat (memiliki resolusi yang tinggi). Spektroskopi FTIR ini juga dapat mengidentifikasi suatu sampel dengan fase yang berbeda –beda seperti fase padat, fase gas, dan fase cair (Sankari et al., 2010).

Fotometri merupakan prinsip kerja dari spektro FTIR ini. Sinar yang berasal dari cahaya infrared merupakan gabungan dari (λ) yang berlainan. Sinar akan berjalan melalui interferometer dan akan terfokuskan di tempat sampel, kemudian sampel akan mentransmisikan sinar tersebut dan akan difokuskan menuju detektor. Gelombang interferens akan dihasilkan apabila terjadi perubahan intensitas sinar. Detektor akan mengubah gelombang tersebut menjadi sinyal, diperkuat oleh penguat, kemudian diubah menjadi sinyal digital, radiasi laser akan terinterferensi oleh radiasi infrared pada sistem optik FTIR, hal tersebut terjadi supaya sinyal radiasi tersebut dapat diterima pada detektor secara keseluruhan dan sempurna.

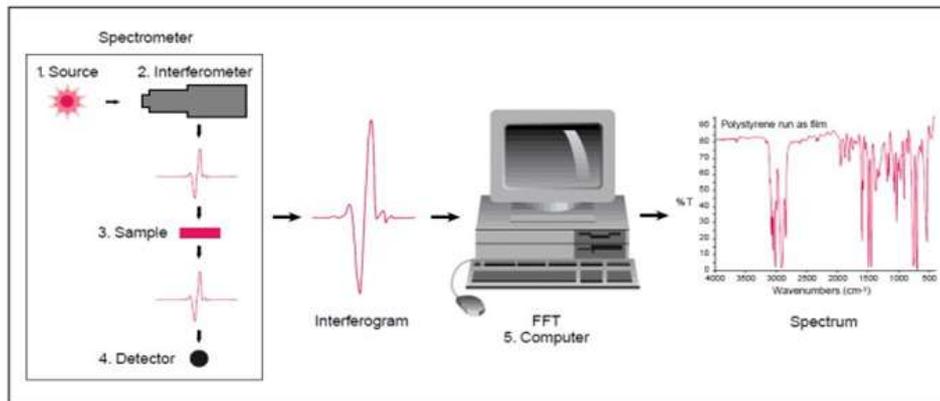
Teknik penggunaan spektrofotometer inframerah berbeda dengan teknik pengoperasian FTIR. Pada FTIR menggunakan suatu interferometer Michelson selaku pengganti monokromator yang berada tepat didepan monokromator.

Interferometer ini akan membagikan sinyal ke detektor yang sesuai dengan intensitas frekuensi vibrasi molekul yang berbentuk inteferogram (Khopkar & Saptorahardjo, 2003).

FTIR merupakan salah satu instrumen yang banyak digunakan untuk mengetahui spektrum vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur senyawa kimia. Terdapat tiga teknik pengukuran sampel yang umum digunakan dalam pengukuran spektrum menggunakan FTIR yaitu *Photo Acoustic Spectroscopy* (PAS), *Attenuated Total Reflectance* (ATR) dan *Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform* (DRIFT). Setiap teknik memiliki karakteristik spektrum vibrasi molekul tertentu. Metode pembacaan spektrum vibrasi molekul pada FTIR ada dua macam diantaranya metode reflektansi dan metode transmisi. Metode transmisi memerlukan teknik khusus dalam preparasi sampel yaitu harus dalam bentuk pellet disk.

Spektroskopi FTIR merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk analisa gugus fungsi suatu sampel berdasarkan spektra penyerapan sinar inframerah (Chaber, 2017). Pada umumnya FTIR digunakan untuk analisis gugus fungsi suatu sampel. Pada spektroskopi inframerah sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan (ditransmisikan).

Adapun skema kerja FTIR adalah :



Gambar 2. 9 Skema instrumental dari FTIR

Jika suatu sampel organik dilewatkan oleh sinar infra merah, maka sebagian sinar ada yang diserap dan ada yang diteruskan atau ditransmisikan. Serapan sinar oleh molekul tergantung pada struktur elektronik dari sampel. Sinar yang diserap sampel menyebabkan terjadinya transisi dari vibrasi dasar ke tingkat vibrasi tereksitasi.

Bentuk spektrum dari senyawa – senyawa organik berkaitan dengan transisi – transisi diantara tingkatan energi elektroniknya. Setiap ikatan mempunyai frekuensi karakteristiknya sendiri sebagai pita serapan dalam spektrum infra merah contohnya pada panjang gelombang 1700 – 1725 cm⁻¹ menandakan adanya ikatan C=O (karbonil), pada panjang gelombang 2700 – 3300 cm⁻¹ dan puncak melebar menandakan adanya ikatan O-H, pada panjang gelombang 3000 menunjukkan adanya ikatan C-H stretch yang overlap dengan O-H, dan pada panjang gelombang 1100 – 1400 dan sudut yang terbentuk sempit menandakan adanya ikatan C-O (Kumar et al., 2005), sehingga spektrum FTIR dari sampel dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam sampel (Albarelli et al., 2011).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Massa katalis TiO₂ yang paling efektif digunakan untuk mentransformasi *methyl orange* dengan metode fotsonolisis adalah sebesar 0,1 gram dengan persentase transformasi yang diperoleh yaitu 23,46 %. Sedangkan untuk waktu optimum yang diperoleh guna mentransformasi *methyl orange* menggunakan metode fotsonolisis adalah selama 120 menit dengan persentase transformasinya sebesar 32,04 %.

B. Saran

1. Mempelajari transformasi *methyl orange* dengan metode fotsonolisis menggunakan katalis yang berbeda
2. Mempelajari penggunaan katalis yang digunakan untuk mentransformasi zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusty, I. P. (2012). *Penggunaan zeolit terimpregnasi tio₂ untuk mentransformasi zat warna congo red*. UNIVERSITAS AIRLANGGA.
- Albarelli, J. Q., Rabelo, R. B., Santos, D. T., Beppu, M. M., & Meireles, M. A. A. (2011). Effects of supercritical carbon dioxide on waste banana peels for heavy metal removal. *The Journal of Supercritical Fluids*, 58(3), 343–351.
- Amelia, F., Liansari, O., Suyani, H., & Yusuf, Y. (2015). PENGGUNAAN KATALIS ZnO-H₂O₂ UNTUK TRANSFORMASI ZAT WARNA RHODAMIN B DAN ALIZARIN-S. *Jurnal Riset Kimia*, 3(1), 75.
- Anatase, P. T., Sari, F., Zulfarman, M., & Kerja, C. (2007). *TRANSFORMASI ZAT WARNA METHANIL YELLOW SECARA SONOLISIS DAN FOTOLISIS DENGAN*. 47–51.
- Bhernama, B. G., Safni, S., & Syukri, S. (2015). Transformasi Zat Warna Metanil Yellow Secara Fotolisis Dan Penyinaran Matahari Dengan Penambahan Katalis TiO₂-anatase dan SnO₂. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 1(1), 49–62.
- Chan, S. H. S., Yeong Wu, T., Juan, J. C., & Teh, C. Y. (2011). Recent developments of metal oxide semiconductors as photocatalysts in advanced oxidation processes (AOPs) for treatment of dye waste-water. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 86(9), 1130–1158.
- Cheah, W., Hosseini, S., Khan, M. A., Chuah, T. G., & Choong, T. S. Y. (2013). Acid modified carbon coated monolith for methyl orange adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 215, 747–754.
- Chin, B. O., & Law, Y. N. (2018). Abdul Wahab Mohammad. A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 536.
- Cristallo, G., Roncari, E., Rinaldo, A., & Trifiro, F. (2001). Study of anatase–rutile transition phase in monolithic catalyst V₂O₅/TiO₂ and V₂O₅–WO₃/TiO₂. *Applied Catalysis A: General*, 209(1–2), 249–256.
- Destailats, H., Alderson, T. W., & Hoffmann, M. R. (2001). Applications of ultrasound in NAPL remediation: sonochemical degradation of TCE in aqueous surfactant solutions. *Environmental Science & Technology*, 35(14), 3019–3024.
- Dhir, R. (2020). Photocatalytic degradation of methyl orange dye under UV irradiation in the presence of synthesized PVP capped pure and gadolinium doped ZnO nanoparticles. *Chemical Physics Letters*, 746, 137302.
- Elvinawati, E. (n.d.). Transformasi Asam 2, 4-diklorofenoksiasetat (2, 4-D) dalam Pestisida Santamin 865 SL Secara Fotolisis dan Sonolisis dengan