



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**DEGRADASI SENYAWA DIKOFIL DALAM
PESTISIDA KELTHANE 200 EC SECARA FOTOLISIS
DENGAN PENAMBAHAN TiO₂-ANATASE**

TESIS



**DESMIATI
06207052**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
2008**

**DEGRADASI SENYAWA DIKOFOL DALAM
PESTISIDA KELTHANE 200 EC SECARA FOTOLISIS
DENGAN PENAMBAHAN TiO₂-ANATASE**

Oleh : DESMIATI

(Di bawah bimbingan Safni dan Hamzar Suyani)

RINGKASAN

Kemajuan teknologi di bidang pertanian telah membuka peluang yang sangat luas bagi penggunaan pestisida. Akan tetapi penggunaan pestisida yang mengandung bahan aktif tertentu secara terus menerus dan tidak memperhatikan petunjuk serta saran penggunaannya dapat mengancam keselamatan lingkungan karena keberadaan residu dari bahan aktif pestisida yang tertinggal di dalam tanah dan di dalam air dapat berpotensi menimbulkan masalah lingkungan yang serius.

Dikofol merupakan salah satu senyawa pestisida yang tergolong akarisida organoklor, berbentuk pekatan jernih berwarna coklat kuning. Dikofol di klasifikasikan sebagai akarisida racun kontak untuk mengendalikan hama serangga, tungau pada tanaman cabai, kapas dan teh.

Kandungan bahan aktif dalam pestisida "Kelthane" 200 EC adalah dikofol sebanyak 191 g/L. Dikofol merupakan senyawa kimia yang termasuk golongan organoklor. Rumus umum dikofol adalah C₁₄H₉Cl₅O, memiliki berat molekul 370,51 g/mol. Nama kimia dikofol berdasarkan IUPAC adalah 1,1-bis(4-chlorophenyl) 2,2,2-trichloroethanol.

Perkembangan teknologi pertanian yang melibatkan penggunaan senyawa dikofol akan menyebabkan semakin banyaknya residu dari golongan senyawa ini

yang terakumulasi di alam. Hal ini dapat menimbulkan efek yang serius pada lingkungan seperti perairan pantai, danau dan badan-badan air (sungai) yang berada di sekitar daerah pertanian tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu usaha penanganan residu yang tepat dari pemakaian pestisida ini agar residu senyawa tersebut tidak terakumulasi di alam.

Pengolahan limbah secara konvensional telah dilakukan seperti dengan cara pengendapan dan penyerapan melalui karbon aktif atau proses mikrobiologi, akan tetapi pengolahan limbah dari residu pestisida secara konvensional kurang efektif. Salah satu alternatif dalam menjawab permasalahan tersebut adalah dengan proses oksidasi lanjut (AOPs; Advanced Oxidation Process), fotokatalisis merupakan bagian dari proses ini (Yulianto *et al.*, 2005). Penguraian senyawa organik seperti sisa pestisida pada lingkungan dengan penggunaan TiO_2 sebagai fotokatalis menarik banyak minat peneliti karena metoda ini memiliki keunggulan antara lain mudah ditangani dan efisiensinya tinggi.

Fotokatalisis merupakan suatu proses yang dibantu dengan adanya sinar Ultra Violet dan material katalis. Sebagian besar senyawa organik di dalam air dapat dioksidasi menjadi mineral yang komplit seperti CO_2 dan H_2O (Kuo dan Ho, 2001). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar efektifitas dan efisiensi fotolisis dengan penambahan TiO_2 -anatase dapat mendegradasi senyawa dikofol.

Senyawa dikofol dengan konsentrasi 30 mg/L dapat didegradasi melalui metoda fotolisis dengan menggunakan lampu UV 10 watt ($\lambda = 365$ nm) terdegradasi sebanyak 9,73 % dengan waktu iradiasi selama 60 menit. Senyawa dikofol pada konsentrasi dan waktu yang sama dengan penambahan TiO_2 -anatase 30,0 mg terdegradasi 32,51 % (tanpa pengadukan) dan 65,84 % (dengan

pengadukan). Selanjutnya dengan menambah waktu perlakuan menjadi 180 menit, senyawa dikofol (30 mg/L) dengan penambahan 30,0 mg TiO_2 -anatase dapat terdegradasi sebanyak 86,13 %.

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa metoda fotolisis dengan penambahan TiO_2 -anatase dapat mendegradasi senyawa dikofol. Untuk peneliti selanjutnya disarankan untuk mengidentifikasi produk fotolisis yang terbentuk dengan HPLC.



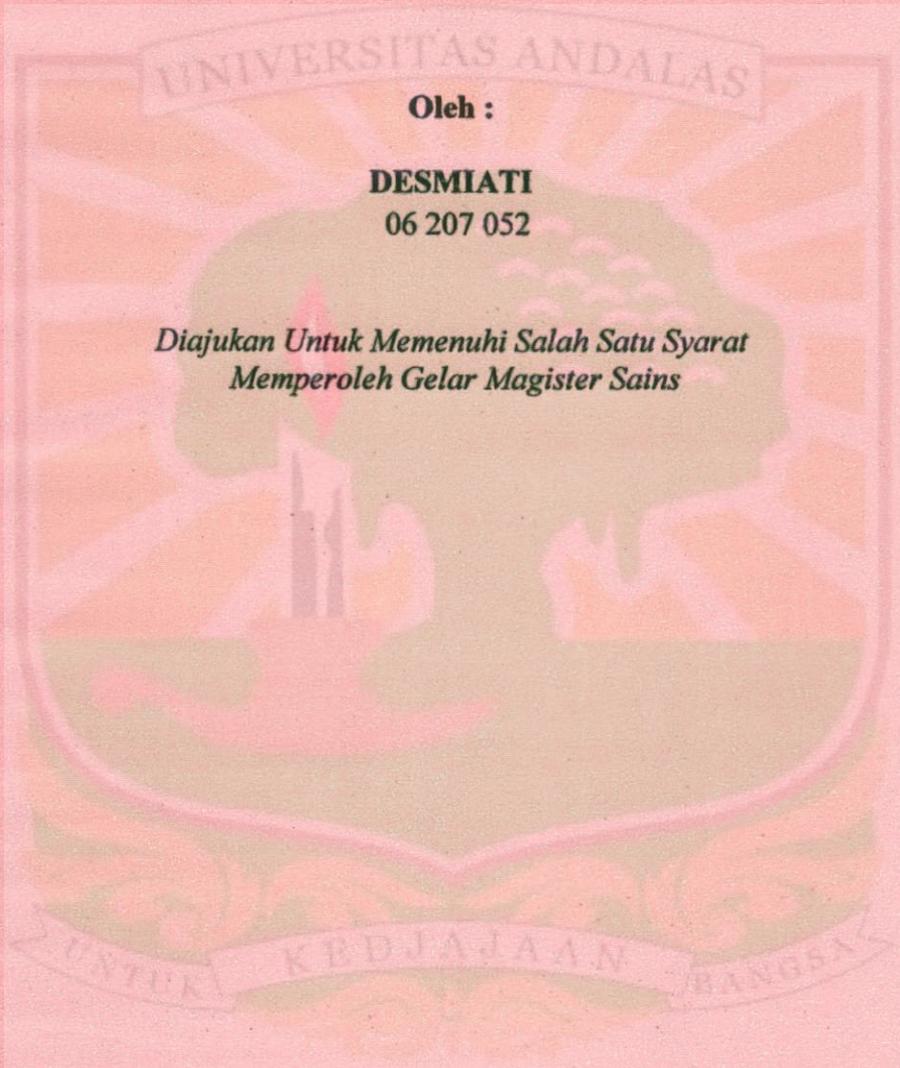
**DEGRADASI SENYAWA DIKOFOL DALAM
PESTISIDA KELTHANE 200 EC SECARA FOTOLISIS
DENGAN PENAMBAHAN TiO₂-ANATASE**

TESIS

Oleh :

DESMIATI
06 207 052

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Sains*



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
2008**

Judul : Degradasi Senyawa Dikofol Dalam Pestisida Kelthane 200 EC Secara Fotolisis Dengan Penambahan TiO_2 - anatase

Nama : Desmiati

BP : 06 207 052

Program Studi : Kimia

Tesis ini telah diuji dan di pertahankan di depan panitia ujian Magister pada Program Pascasarjana Universitas Andalas dan dinyatakan lulus tanggal 23 Juni 2008

Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

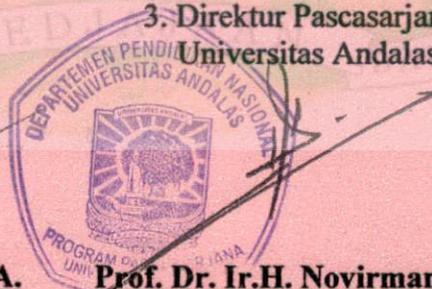
Dr. Safni, M.Eng
Ketua

Prof. Dr. Hamzar Suyani, M.Sc
Anggota

2. Ketua Program Studi

Dr. Djaswir Darwis, MS. DEA.
NIP : 130 812 362

**3. Direktur Pascasarjana
Universitas Andalas**



Prof. Dr. Ir.H. Novirman Jamarun, M.Sc
NIP : 130 819 552

*Kebenaran itu dari Tuhanmu, maka janganlah engkau
termasuk orang-orang yang bimbang
(QS : Ali Imran ; 60)*

Sesungguhnya.....

Disamping kesulitan ada kemudahan dan kelonggaran.

*Oleh karena itu apabila engkau telah selesai dari suatu
pekerjaan,*

*maka bersusah payahlah untuk urusan yang lainnya dengan
tekn.*

(QS : AL Insyirah ; 6-7)

Kupersembahkan untuk yang mulia.....

Ayahanda Drs. Masri Zein, M.Ed (alm) dan ibunda Hj. Raunas,

Suami tercinta Drs. Nofembli Rauf,

ananda tersayang : Luthfi, Widy, Vira dan Agif,

serta keluarga besarku.

*Sebagai ucapan terima kasih atas do'a, motivasi dan pengorbanan yang
diberikan*

Semoga Allah selalu mrlimpahkan rahmat Nya,

Amin.....

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya tulis dengan judul : ***"Degradasi Senyawa Dikofol Dalam Pestisida Kelthane 200 EC Secara Fotolisis Dengan Penambahan TiO_2 -Anatase"*** adalah hasil kerja / karya saya sendiri bukan merupakan jiplakan dari hasil kerja / karya orang lain, kecuali kutipan yang sumbernya dicantumkan. Jika dikemudian hari pernyataan ini ternyata tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya

Padang, Juli 2008

Yang Membuat Pernyataan



DESMIATI

BP : 06 207 052



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 1 Desember 1965 di Padang Sumatera Barat, sebagai anak ke dua dari enam bersaudara dari pasangan Drs. Masri Zein, M.Ed (alm) dan Hj. Raunas.

Penulis menamatkan Sekolah Dasar pada tahun 1977 di SD PPSP IKIP Padang, Sekolah Menengah Pertama di SMP PPSP IKIP Padang Tahun 1980 dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Padang pada tahun 1983. Setamat SMA Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Keguruan Ilmu Pendidikan (IKIP) Padang jurusan Pendidikan Kimia dan memperoleh gelar sarjana pada bulan Februari 1988.

Pada Oktober 1988 Penulis diangkat sebagai guru mata pelajaran kimia di SMA Negeri 2 Padang. Penulis menikah dengan Drs. Nofembli Rauf dari pasangan (Abdul Rauf dan Nurjani) dan dikaruniai tiga orang putra dan seorang putri. Pada tahun 2006, penulis diberikan beasiswa dari Dinas Pendidikan Provinsi Sumatera Barat untuk melanjutkan pendidikan S2 di Program Studi Kimia Pascasarjana Universitas Andalas Padang.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis yang berjudul **"DEGRADASI SENYAWA DIKOFOL DALAM PESTISIDA KELTHANE 200 EC SECARA FOTOLISIS DENGAN PENAMBAHAN TiO₂-ANATASE"**. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada program Pascasarjana Universitas Andalas Padang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih penulis kepada :

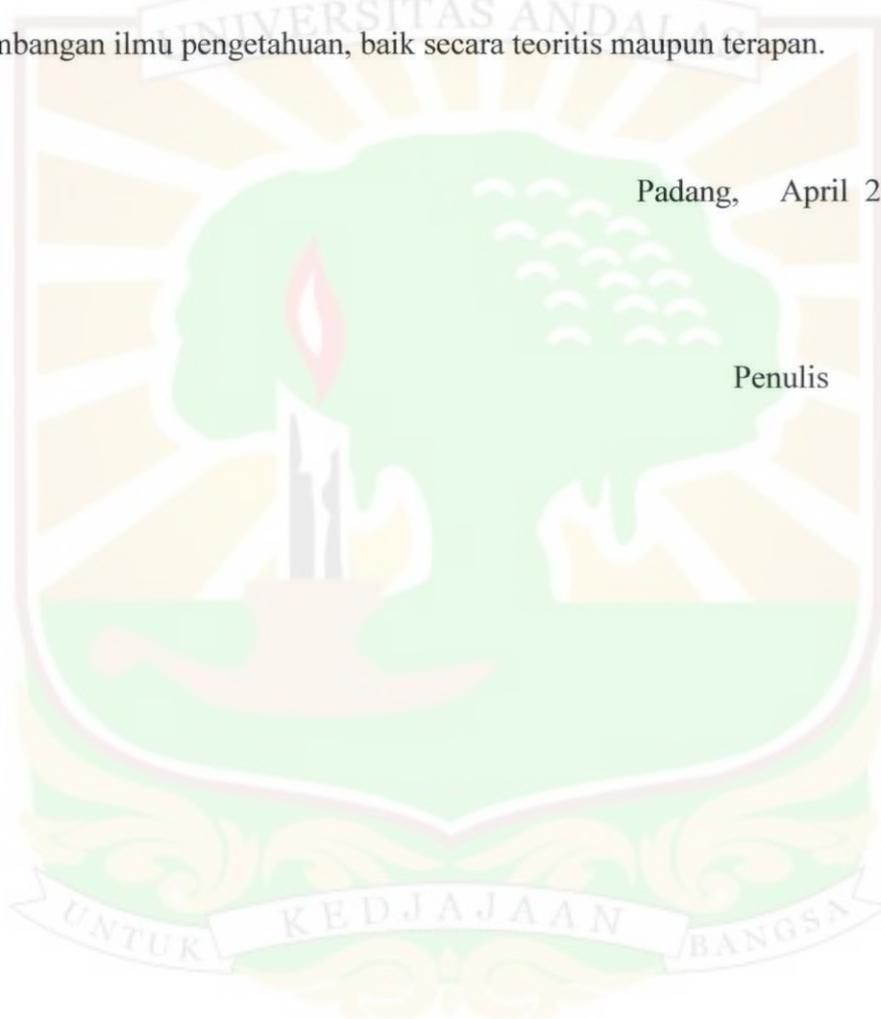
1. Kepala Dinas Pendidikan Sumatera Barat yang telah memberikan Beasiswa untuk peningkatan mutu guru-guru SMA.
2. Ibu Dr. Safni, M.Eng sebagai ketua komisi pembimbing.
3. Bapak Prof. Dr. Hamzar Suyani, M.Sc sebagai anggota komisi pembimbing.
4. Bapak Prof. Tadao Sakai (Aichi Institute of Technology, Toyota Japan) atas sumbangan TiO₂-anatase dan beberapa peralatan penelitian.
5. Bapak Prof. Dr. Hazli Nurdin, M.Sc, selaku Direktur Pascasarjana.
6. Bapak Dr. Rudi Febriamansyah M.Sc dan Bapak Prof. Dr. Emriadi, M.S selaku Asisten Direktur dan serta segenap karyawan Pascasarjana Universitas Andalas.
7. Bapak Dr. Djaswir Darwis, MS, DEA. sebagai ketua program studi kimia.
8. Bapak/Ibu Dosen jurusan kimia FMIPA Universitas Andalas Padang yang telah memberikan ilmu pengetahuan pada penulis.
9. Ibu Sumijar Tanjung dan Ibu Nofrida S.Sos sebagai Analis di jurusan kimia FMIPA Universitas Andalas Padang.

10. Suami dan ananda tercinta yang selalu memberi motivasi dan dukungan baik moril maupun materil.
11. Orang tua dan keluarga besar yang selalu mendo'akan dan memberi semangat.
12. Rekan-rekan satu pembimbing ; Abinul Hakim, Yuni Era, Helma Nismar dan Sri Rezki Nofriani yang selalu berbagi dalam suka dan duka.

Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, baik secara teoritis maupun terapan.

Padang, April 2008

Penulis



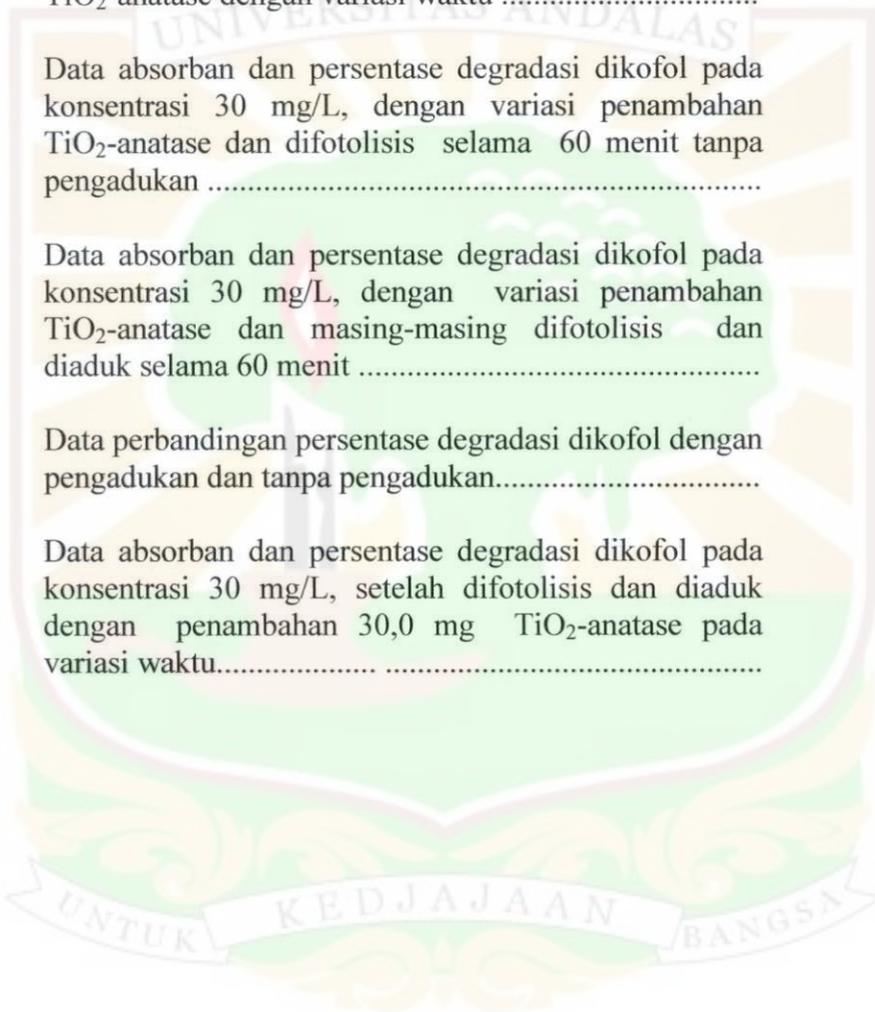
DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Identifikasi dan Pembatasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Dikofol	6
2.2. Fotolisis	7
2.2.1. Fotokatalisis Semikonduktor	8
2.2.2. Fenomena Fotokatalisis Semikonduktor	11
2.3. Titanium dioksida dan karakternya sebagai fotokatalis	12
2.3.1. Titanium Dioksida.....	12
2.3.2. Karakter TiO ₂ sebagai fotokatalisis.....	14
2.4. Spektrofotometer UV-Vis	16
III. BAHAN DAN METODE	19
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2. Alat dan Bahan	19

3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	19
3.3. Prosedur Kerja	20
3.3.1. Pembuatan Variasi Pelarut	20
3.3.2. Pengukuran Spektrum Serapan Dikofol.....	20
3.3.3. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Waktu	20
3.3.4. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Berat TiO ₂ -anatase.....	21
3.3.5. Pengaruh Pengadukan Selama Fotolisis Terhadap Persentase Degradasi Dikofol.....	21
3.3.6. Pengaruh Variasi Waktu Fotolisis Terhadap Degradasi Dikofol dengan Penambahan 30,0 mg TiO ₂ -anatase ...	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Pengamatan Variasi Pelarut	22
4.2. Pengukuran Spektrum Serapan Dikofol	22
4.3. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Waktu	24
4.4. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Berat TiO ₂ -anatase Tanpa Pengadukan	25
4.5. Pengaruh Pengadukan Selama Fotolisis Terhadap Persentase Degradasi Dikofol	27
4.6. Pengaruh Variasi Waktu Fotolisis Terhadap Persentase Degradasi Dikofol	30
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	32
5.2. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Perbandingan variasi pelarut.....	22
2.	Data absorban dikofol pada variasi konsentrasi	35
3.	Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L setelah fotolisis tanpa TiO ₂ -anatase dengan variasi waktu	37
4.	Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO ₂ -anatase dan difotolisis selama 60 menit tanpa pengadukan	39
5.	Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO ₂ -anatase dan masing-masing difotolisis dan diaduk selama 60 menit	41
6.	Data perbandingan persentase degradasi dikofol dengan pengadukan dan tanpa pengadukan.....	43
7.	Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, setelah difotolisis dan diaduk dengan penambahan 30,0 mg TiO ₂ -anatase pada variasi waktu.....	44

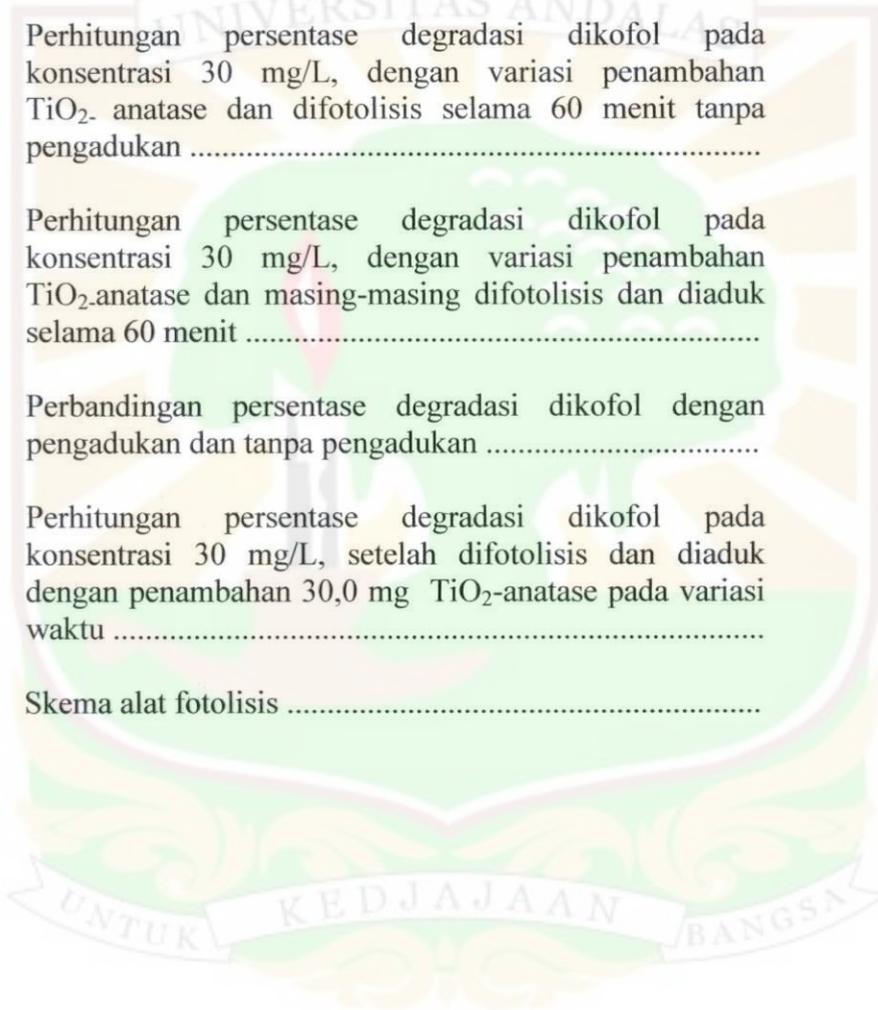


DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Struktur dikofol	6
2.	Proses fotokonduksi	10
3.	Skema proses fotoeksitasi dan deeksitasi pada semikonduktor	12
4.	Struktur kristal TiO_2	13
5.	Spektrum serapan dikofol sebelum fotolisis	23
6.	Kurva kalibrasi standar dikofol	24
7.	Pengaruh waktu iradiasi terhadap persentase degradasi dikofol tanpa TiO_2 -anatase	25
8.	Pengaruh berat TiO_2 -anatase terhadap persentase degradasi dikofol 30 mg/L, setelah diiradiasi selama 60 menit	26
9.	Pengaruh berat TiO_2 -anatase terhadap persentase degradasi dikofol untuk larutan yang diaduk dan tanpa diaduk, diiradiasi selama 60 menit	29
10.	Pengaruh waktu iradiasi terhadap persentase degradasi dikofol 30 mg/L berat TiO_2 -anatase 30 mg diaduk selama proses iradiasi	30
11.	Spektrum serapan dikofol 30 mg/L sebelum dan setelah fotolisis	31

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1.	Perhitungan penentuan absorpsivitas molar (ϵ) 35
2.	Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, setelah fotolisis dengan variasi waktu 37
3.	Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO_2 -anatase dan difotolisis selama 60 menit tanpa pengadukan 39
4.	Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO_2 -anatase dan masing-masing difotolisis dan diaduk selama 60 menit 41
5.	Perbandingan persentase degradasi dikofol dengan pengadukan dan tanpa pengadukan 43
6.	Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, setelah difotolisis dan diaduk dengan penambahan 30,0 mg TiO_2 -anatase pada variasi waktu 44
7.	Skema alat fotolisis 46



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pestisida adalah substansi kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama. Kata pestisida berasal dari kata “pest”, yang berarti hama dan “cida” yang berarti pembunuh. Jadi secara sederhana pestisida diartikan sebagai pembunuh hama. Pengertian hama bagi petani sangat luas, yaitu tungau, tumbuhan pengganggu, penyakit tanaman yang disebabkan oleh fungi (jamur), bakteri dan virus, kemudian nematoda (cacing yang merusak akar), siput, tikus, burung dan hewan lain yang dianggap merugikan (Sudarmo, 1991).

Pestisida merupakan salah satu hasil teknologi modern yang mempunyai peranan penting dalam peningkatan kesejahteraan rakyat. Penggunaannya dengan cara yang tepat dan aman adalah hal mutlak yang harus dilakukan mengingat pestisida merupakan bahan yang beracun. Penggunaan pestisida perlu dikelola sedemikian rupa, sehingga manfaatnya dapat dioptimalkan dan efek samping yang membahayakan dapat ditekan sekecil mungkin (Sudarmo, 1991).

Berdasarkan PP No.7 tahun 1973 yang dimaksud dengan pestisida adalah semua zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang dipergunakan untuk memberantas atau mencegah hama dan penyakit yang merusak tanaman atau hasil pertanian, memberantas gulma, membunuh atau mengendalikan berbagai hama yang dianggap merugikan atau penyakit yang merusak tanaman, bagian tanaman atau hasil pertanian.

Pada umumnya pestisida yang digunakan untuk pengendalian jasad pengganggu adalah racun berbahaya, tentu saja dapat mengancam kesehatan manusia. Penggunaan pestisida yang tidak bijaksana akan menimbulkan efek

samping bagi kesehatan manusia, sumber daya hayati ataupun lingkungan pada umumnya (Sudarmo, 1991).

Kemajuan teknologi di bidang pertanian telah membuka peluang yang sangat luas bagi penggunaan pestisida. Mengingat kebutuhan dan kegunaan pestisida telah banyak produk pestisida yang beredar di masyarakat, dimana masing-masing jenis pestisida mempunyai fungsi dan daya racun yang berbeda-beda. Di samping dapat membantu manusia dalam usaha mengatasi gangguan hama dan penyakit, ternyata penerapan pestisida memberi pengaruh yang besar terhadap organisme atau lingkungan lainnya. Pestisida dapat digolongkan sebagai bahan pencemar atau polutan (Lasut *et al.*, 2001).

Suatu alternatif dalam menjawab permasalahan tersebut adalah dengan proses oksidasi lanjut (AOPs; Advanced Oxydation Process). Fotolisis merupakan bagian dari proses ini (Yulianto *et al.*, 2005). Fotolisis merupakan suatu proses yang dibantu dengan adanya cahaya dan material katalis. Dengan pencahayaan ultraviolet kebanyakan polutan organik dapat dioksidasi menjadi CO₂ dan H₂O (Kuo dan Ho, 2001).

Dikofol merupakan salah satu senyawa pestisida yang tergolong akarisida organoklor, berbentuk pekatan jernih berwarna coklat kuning. Dikofol diklasifikasikan sebagai akarisida racun kontak untuk mengendalikan hama serangga, tungau pada tanaman cabai, kapas dan teh.

Masalah yang dapat timbul adalah potensi racun dari bahan kimia dikofol yang terkandung dalam pestisida “Kelthane” 200 EC, yang berpotensi dapat mencemari lingkungan. Akan tetapi saat ini, pestisida masih saja digunakan mengingat potensi toksisitas yang tidak dapat dielakkan. Residu merupakan keberadaan pestisida yang terakumulasi dalam substrat setelah aplikasi, baik

secara langsung atau tak langsung. Residu pestisida pada tanah, air, tanaman dan hewan, merupakan keprihatinan yang mendalam bagi banyak orang, yang dikemudian hari mengancam kesehatan lingkungan dan manusia. Oleh sebab itu perlu dicari metoda alternatif yang lebih efektif untuk menguraikan residu dari pemakaian pestisida tersebut.

Pengolahan limbah secara konvensional dilakukan antara lain dengan cara pengendapan dan penyerapan oleh karbon aktif. Pengolahan dengan cara ini menghasilkan lumpur atau *sludge*, *sludge* yang terbentuk dibakar atau diproses secara mikrobiologi. Pembakaran *sludge* akan mengakibatkan terbentuknya senyawa klorooksida dan karbondioksida. Di sisi lain penggunaan karbon aktif hanya menyerap pencemar organik yang bersifat non-polar dengan berat molekul rendah, sedangkan untuk senyawa non-polar dengan berat molekul tinggi tidak tereliminasi. Proses mikrobiologi hanya dapat menguraikan senyawa *biodegradable*, sedangkan senyawa *non-biodegradable* tetap berada dalam lingkungan, akibatnya terjadi akumulasi senyawa tersebut di alam (Andayani dan Sumartono, 1999). Pengolahan limbah dari residu pestisida secara konvensional kurang efektif, hanya merupakan penanganan sementara karena tidak merombak kontaminan tetapi merubah dari satu bentuk ke bentuk lain.

TiO₂-anatase adalah katalis yang efektif digunakan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik toksik. Hal ini terbukti dari beberapa hasil penelitian tentang zat warna, seperti : Sudan I terdegradasi 100 % setelah di iradiasi selama 180 menit dengan penambahan TiO₂-anatase (Safni *et al.*, 2008), naphthol blue black terdegradasi sebesar 100 % setelah di iradiasi selama 60 menit dengan penambahan TiO₂-anatase (Safni *et al.*, 2007) dan Alizarin terdegradasi sebesar

100 % setelah di iradiasi selama 30 menit dengan penambahan TiO₂-anatase (Safni *et al.*, 2008).

Metoda fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase telah terbukti dapat mendegradasi beberapa zat warna seperti dijelaskan di atas. Dalam penelitian ini akan dilakukan proses degradasi terhadap pestisida dengan bahan aktif dikofol yang banyak digunakan dibidang pertanian, menggunakan metoda fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka perlu di teliti seberapa besar efektifitas dan efisiensi fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase dapat mendegradasi senyawa dikofol.

1.3. Identifikasi dan Pembatasan Masalah

Pada penelitian ini digunakan iradiasi UV dengan TiO₂-anatase sebagai katalis dalam mendegradasi senyawa dikofol. Parameter perlakuan yang diujicobakan dalam penelitian ini meliputi : variasi waktu iradiasi, variasi berat TiO₂-anatase, dan pengaruh pengadukan selama iradiasi pada proses degradasi senyawa dikofol menggunakan metoda fotolisis. Larutan dikofol sebelum dan setelah difotolisis diukur absorbannya dengan spektrofotometer UV-Vis untuk selanjutnya dihitung persentase degradasinya.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase degradasi senyawa dikofol yang difotolisis dengan penambahan

TiO₂-anatase pada beberapa kondisi perlakuan, yaitu : variasi waktu iradiasi, variasi berat TiO₂-anatase dan pengaruh pengadukan selama proses iradiasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini dapat diketahui persentase dikofol yang terdegradasi secara fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase. Selanjutnya dapat diharapkan adanya pengembangan teknologi dalam mendegradasi senyawa pestisida yang bersifat toksik dan mencemari lingkungan.

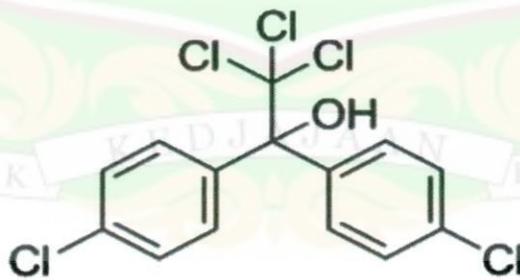


II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dikofol

Pestisida merupakan senyawa kimia yang beracun, racun terhadap serangga, gulma, jamur dan hama lain yang tidak disukai. Umumnya pestisida berpotensi membahayakan bagi manusia, maka dalam penggunaannya dapat memberikan pengaruh yang tidak diinginkan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan pada umumnya (Sudarmo, 1991).

Salah satu jenis akarisida adalah “Kelthane” 200 EC yang digunakan petani untuk mengendalikan hama serangga, tungau pada tanaman cabai, kapas dan teh. Kandungan bahan aktif dalam “Kelthane” 200 EC adalah dikofol sebanyak 191 g/L. Dikofol merupakan senyawa kimia yang termasuk golongan organoklor. Rumus umum dikofol adalah $C_{14}H_9Cl_5O$, memiliki berat molekul 370,51 g/mol. Nama kimia dikofol berdasarkan IUPAC adalah 1,1-bis(4-chlorophenyl) 2,2,2-trichloroethanol.



Gambar 1. Struktur dikofol

Dikofol dijual dengan nama dagang “Kelthane” 200 EC, berbentuk pekatan jernih berwarna coklat – kuning dapat membentuk emulsi dalam air, larut

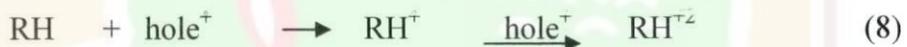
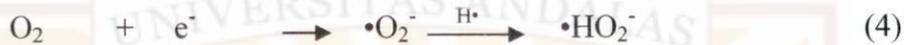
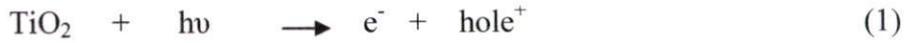
pada pelarut lainnya seperti : oktanol, etanol, aseton, sikloheksana dan lain-lain. Dikofol digunakan sebagai akarisida racun kontak untuk mengendalikan hama serangga, tungau pada tanaman cabai, kapas, teh dan lain sebagainya. Residu pemakaian pestisida ini, khususnya dikofol yang tidak terkontrol di lahan-lahan pertanian merupakan tekanan sangat berat bagi ekosistem lingkungan perairan pantai atau laut dan sungai, khususnya hewan dan organisme air yang hidup pada daerah tersebut (Lasut *et al.*, 2001).

2.2. Fotolisis

Fotolisis merupakan suatu proses degradasi yang dibantu oleh adanya cahaya. Ketika material fotolisis disinari cahaya, material itu menyerap energi foton dan menyebabkan berbagai reaksi kimia. Selain TiO_2 ada beberapa oksida dan sulfida logam yang bersifat semikonduktor, seperti : ZnO , SrTiO_3 , CdS dan ZnS yang dapat digunakan sebagai katalis pada proses fotolisis. TiO_2 adalah katalis semikonduktor yang paling umum digunakan. Dengan cahaya ultraviolet ($\lambda < 405 \text{ nm}$), permukaan TiO_2 mempunyai kemampuan menginisiasi reaksi kimia. Dalam media air, kebanyakan senyawa-senyawa organik seperti sianida dan nitrit yang beracun dapat diubah menjadi senyawa lain yang relatif tidak beracun

Penyinaran permukaan TiO_2 (bersifat semikonduktor) menghasilkan pasangan elektron dan hole positif pada permukaannya. Banyak polutan organik terurai menjadi karbondioksida dan air karena efek hole dengan potensial oksidasi yang tinggi (Kameyama, 2002). Absorpsi sinar UV oleh TiO_2 diikuti perpindahan elektron pita valensi ke pita konduksi dimana terbentuk pasangan elektron pada

pita konduksi (e^-_{pk}) dan lubang positif pada pita valensi (h^+_{pv}). Mekanisme fotolisis semikonduktor melibatkan spesi oksigen sebagai berikut (Adamson, 1990).



Jadi terlihat bahwa dalam ketersediaan oksigen, substrat atau senyawa yang akan didegradasi tidak mengalami transfer muatan secara langsung, tetapi melibatkan terbentuknya hidrogen peroksida lebih dahulu sebagai sumber radikal hidroksil.

2.2.1. Fotokatalisis Semikonduktor

Berdasarkan sifat hantarannya material terbagi atas konduktor, isolator dan semikonduktor. Material semikonduktor memiliki perbedaan energi antara pita valensi dan pita konduksi sehingga memungkinkan adanya hantaran listrik. Terjadinya proses eksitasi elektron ke pita konduksi dengan meninggalkan lubang h^+ , hanya jika pita konduksi punya mobilitas yang tinggi.

Semikonduktor memiliki kemampuan untuk menghasilkan pasangan h^+_{pv} dan e^-_{pk} sehingga dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalisis dalam suatu reaksi

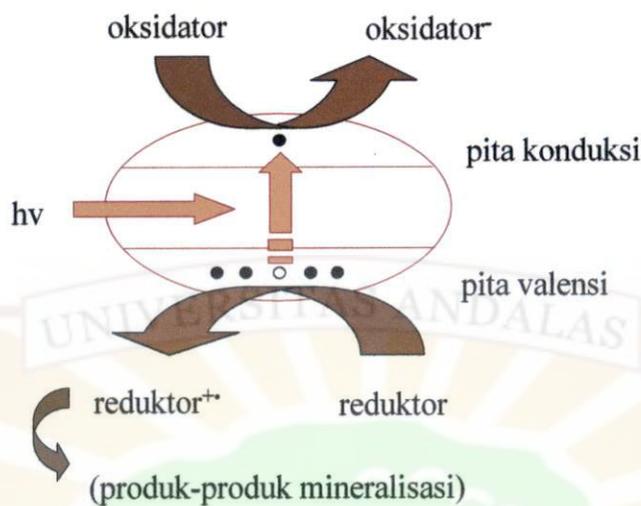
redoks. Pada proses fotokonduksi (eksitasi elektron yang disebabkan oleh foton) yang digunakan sebagai katalis bagi suatu reaksi redoks sering digunakan istilah sel elektrokimia.

Proses katalitik heterogen secara umum dapat didefinisikan sebagai proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis padat. Reaksi melibatkan pasangan elektron dan hole (e^- dan h^+ , elektron lubang positif) pada permukaan bahan semikonduktor. Definisi umum tersebut mempunyai implikasi bahwa beberapa langkah fotokatalis adalah merupakan reaksi redoks yang melibatkan pasangan e^- dan h^+ (Gunlazuardi dan Winarti, 2001).

Proses yang mungkin terjadi setelah fotokonduksi bila semikonduktor berada dalam mediumnya (cair, gas) adalah;

1. Jika pada permukaan semikonduktor tidak terdapat spesi penahan pasangan h^+_{pv} dan e^-_{pk} maka suatu proses rekombinasi (elektron pada pk kembali ke pv) akan terjadi dalam hitungan nano detik (ns). Elektron dan hole akan bergabung kembali disertai pelepasan energi panas.
2. Jika terdapat spesi penahan, rekombinasi dapat dicegah yang memungkinkan senyawa-senyawa yang teradsorpsi pada permukaan semikonduktor (metastabil) mengalami reaksi redoks. Proses jebakan elektron pada pk menyebabkan elektron tidak kembali ke pv dan bereaksi dengan spesi donor dan akseptor elektron melalui suatu proses antar muka menghasilkan proses fotoelektrokimia.

UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS



Gambar 2 Proses fotokonduksi

Proses fotokonduksi yang merangsang terjadinya reaksi kimia, pada tahap awal terjadi penyerapan foton berfrekwensi dengan energinya yang besar atau sama dengan energi celah antara pv dan pk. Selanjutnya sebuah elektron pada pita valensi tereksitasi ke pita konduksi meninggalkan lubang atau hole yang bermuatan positif. Elektron pada pita konduksi ditangkap oleh senyawa akseptor elektron (oks) sedangkan hole pada pita valensi diisi oleh elektron dari senyawa donor elektron (red), senyawa terakhir menjadi reaktif dan terdekomposisi kebentuk mineralisasi.

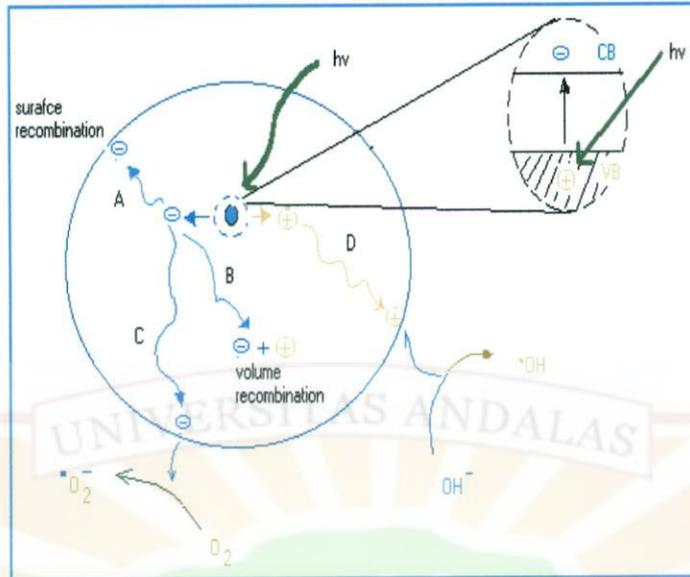
Hole pada pita valensi merupakan oksidator kuat, demikian juga elektron pita konduksi merupakan reduktor yang baik. Hampir semua fototransformasi senyawa organik dapat terjadi dengan memanfaatkan daya oksidasi dari h^+_{pv} baik secara langsung maupun tidak langsung dan agar reaksi redoks dapat berlangsung maka harus ada senyawa lain yang bereaksi dengan e^-_{pk} .

2.2.2. Fenomena Fotokatalisis Semikonduktor

Secara umum, fenomena fotokatalisis pada permukaan semikonduktor dapat dipahami dengan penjelasan sederhana berikut ini (Gambar 3). Jika suatu semikonduktor dikenai cahaya ($h\nu$) dengan energi yang sesuai, maka elektron (e^-) pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (hole⁺, disingkat sebagai h^+) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan e^- dan h^+ ini akan berekombinasi kembali, baik di permukaan (jalur A) atau di dalam bulk partikel (jalur B). Sebagian pasangan e^- dan h^+ dapat bertahan sampai permukaan semikonduktor (jalur C dan D) dimana h^+ dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan dilain pihak e^- akan menginisiasi reduksi zat kimia yang ada di sekitar permukaan semi konduktor.

Pada prinsipnya, reaksi oksidasi pada permukaan semikonduktor dapat berlangsung melalui donor elektron dari substrat ke h^+ (menghasilkan radikal pada substrat yang akan menginisiasi reaksi berantai). Apabila potensial oksidasi yang dimiliki oleh h^+ pada pita valensi ini cukup besar untuk mengoksidasi air atau gugus hidroksil pada permukaan partikel maka akan dihasilkan radikal hidroksil.

Radikal hidroksil adalah spesi pengoksidasi kuat, memiliki potensial reduksi sebesar 2,8 Volt. Potensial sebesar ini cukup kuat untuk mengoksidasi kebanyakan zat organik menjadi air, asam mineral dan karbon dioksida.



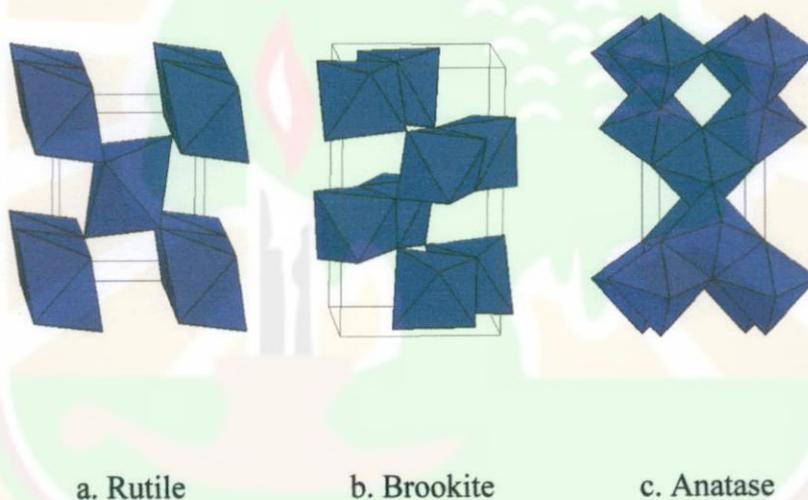
Gambar 3. Skema proses fotoeksitasi dan deeksitasi pada Semikonduktor.
(Lisebigler *et al.*, 1995)

2.3. Titanium Dioksida dan Karakternya Sebagai Fotokatalis

2.3.1. Titanium Dioksida

Titanium dioksida (TiO_2 , titania) merupakan material yang sering digunakan sebagai katalis untuk dekomposisi senyawa-senyawa organik toksik, seperti pestisida, zat warna dan lain lain. TiO_2 tersebut biasanya terdapat dalam bentuk powder atau lapisan film tipis, dengan berat molekul 79,90 g/mol dimana kadar Ti 59,95% dan kadar O 40,05% (O Neil, 2001). Titik leleh dari TiO_2 adalah 1870 °C. TiO_2 tidak larut dalam HCl, HNO_3 dan H_2SO_4 encer, tetapi larut dalam H_2SO_4 pekat. TiO_2 juga merupakan salah satu katalis yang paling stabil. TiO_2 merupakan katalis yang paling sering digunakan dibandingkan dengan katalis lainnya dengan mempunyai sifat inert yang baik secara biologi, maupun secara kimia, stabil dan tahan terhadap korosi kimia selama reaksi berlangsung, serta relatif tidak mahal (Ullman, 1996).

TiO₂ memiliki tiga jenis yaitu rutile, brookite dan anatase, tetapi yang memiliki aktifitas katalitik yang terbaik adalah anatase. Hasil penelitian sebelumnya (Arief *et al.*, 2001) menunjukkan bahwa Rhodamin B terdegradasi 90 % dengan penambahan TiO₂-anatase disonolisis selama 6 jam, sedangkan dengan penambahan TiO₂-rutile hanya terdegradasi 68,48 %. Struktur anatase dapat disintesa di laboratorium, tetapi brookite sangat sulit. Hal ini disebabkan karena proses pembentukan TiO₂ anatase dan rutile relatif lebih mudah daripada TiO₂ brookite.



Gambar 4. Struktur Kristal TiO₂

Titanium dioksida merupakan katalis yang paling cocok digunakan untuk degradasi senyawa organik, karena TiO₂ paling aktif dan praktis untuk diaplikasikan dalam penanganan masalah lingkungan seperti purifikasi dan pengolahan limbah berbahaya, purifikasi udara dan desinfeksi air (Kameyama,

2002). Terbentuknya spesies oksidator kuat pada permukaan TiO_2 juga menjadi dasar bagi aplikasi sistem ini untuk mematikan mikroorganisme (desinfeksi).

2.3.2. Karakter TiO_2 Sebagai Fotokatalis

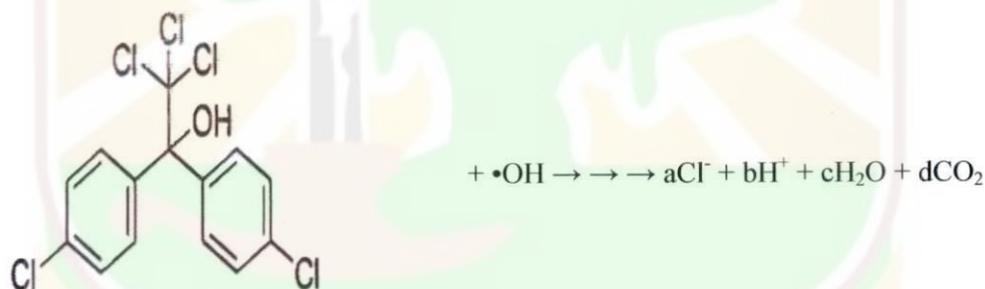
Beberapa faktor akan mempengaruhi aktifitas TiO_2 , salah satu yang terpenting adalah bentuk kristalnya. Titanium dioksida memiliki tiga struktur kristal, yaitu rutil, anatase, dan brokit. Hanya struktur rutil dan anatase yang cukup stabil keberadaannya dan biasanya digunakan sebagai fotokatalis. Perbedaan kedua struktur yang berakibat pada perbedaan masa jenis (3,9 g/mL untuk anatase dan 4,2 g/mL untuk rutil), luas permukaan dan sisi aktifnya.

Perbedaan struktur kristal dapat mengakibatkan perbedaan tingkat energi struktur pita elektroniknya. Tingkat energi hasil hibridisasi yang berasal dari sub kulit 3d titanium bertindak sebagai pita konduksi, sedangkan tingkat energi hasil hibridisasi dari sub kulit 2p oksigen bertindak sebagai pita valensi. Sebagai konsekwensinya posisi tingkat energi pita valensi, pita konduksi, dan besarnya energi gap antara keduanya akan berbeda bila lingkungan dan penyusun atom Ti dan O di dalam kristal TiO_2 berbeda, seperti struktur anatase ($E_g = 3,2 \text{ eV}$) dan rutil ($E_g = 3,0 \text{ eV}$).

Besarnya energi celah (g), posisi energi pita konduksi dan pita valensi akan menentukan karakter fotokatalis dalam hal kebutuhan energi foton yang diperlukan untuk mengaktifkan dan beberapa kekuatan oksidasi atau reduksinya setelah diaktifkan. TiO_2 -anatase mempunyai energi celah sebesar 3,2 eV, yang merupakan selisih absolut tingkat energi pita konduksi (kurang lebih -4,5 eV) dengan posisi tingkat energi pita valensi (kurang lebih -7,7 eV).

Posisi tingkat energi pita valensi, sisi tempat terjadinya h^+ , sebesar itu diperkirakan mempunyai potensial oksidasi lebih besar dari 3 Volt. Hal ini mengindikasikan bahwa h^+ pada permukaan TiO_2 merupakan spesi oksidator kuat, yang akan mengoksidasi spesi kimia lainnya yang mempunyai potensial redoks yang lebih kecil, seperti molekul air atau gugus hidroksil yang akan menghasilkan radikal hidroksil.

Proses fotodegradasi senyawa organik dengan bantuan fotokatalis semikonduktor umumnya akan menghasilkan produk-produk mineralisasi. Reaksi oksidasi fotokatalitik organoklor dengan menggunakan katalis TiO_2 sebagai berikut :



Dalam aplikasinya, fotokatalis semikonduktor TiO_2 berbeda fasa dengan substrat (fotokatalis heterogen). Reaksinya sangat tergantung pada salah satu reaktan yang teradsorpsi pada permukaan semikonduktor itu sendiri. Peranan cacat kristal dalam kasus TiO_2 adalah adanya tonjolan-tonjolan ion titanium. Dengan adanya tonjolan tersebut, substrat lebih mudah tersangkut untuk mengadakan ikatan pada permukaan semikonduktor TiO_2 tersebut. Cacat kristal sangat penting dan meningkatkan konduktifitas material dalam hubungannya dengan semikonduktor,

cacat kristal mampu menahan agar pasangan $h^+_{pv} - e^-_{pk}$ tetap berada dan bergerak sepanjang permukaan.

TiO₂ sebagai fotokatalis dipelajari secara ekstensif untuk degradasi polutan lingkungan. TiO₂ biasanya dalam bentuk bubuk atau lapisan film tipis. Reaksi fotokatalitik terjadi pada permukaan, oleh karena itu sifat permukaan TiO₂ menjadi faktor penting yang menentukan kinetika dan mekanisme reaksi fotokatalitik. Aktivitas katalitiknya dipengaruhi oleh struktur kristal, luas permukaan, ukuran partikel, porositas, densitas permukaan grup hidroksil dan sebagainya (Park dan Choi, 2005).

TiO₂ menghasilkan elektron dan hole oleh iradiasi cahaya. Banyak polutan organik terurai menjadi karbondioksida dan air dengan adanya hole yang memiliki potensial oksidasi yang tinggi.

2.4. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri merupakan metoda analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis suatu larutan dengan menggunakan monokromator sistem prisma atau kisi difraksi dan detektor fotosel. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur serapan radiasi suatu larutan (Fritz dan Schenk, 1979). Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi.

Teknik spektrofotometri didasarkan pada sifat interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan benda atau materi, interaksi dapat berupa absorpsi, emisi transmisi dan refleksi cahaya. Radiasi elektromagnetik dapat bersifat gelombang maupun partikel. Peristiwa refleksi menunjukkan bahwa cahaya bersifat

gelombang. Karakteristik dari gelombang cahaya tersebut ditentukan oleh panjang gelombang, biasanya dinyatakan dalam nanometer (nm).

Spektrofotometer UV-Vis dapat dipakai untuk analisis, baik senyawa organik maupun senyawa anorganik yang mengabsorpsi radiasi UV-Vis. Dalam senyawa-senyawa organik ikatan-ikatan double atau triple merupakan ikatan penyebab gugus kromator (penyebab absorpsi radiasi). Sedangkan dalam senyawa anorganik, penyerapan radiasi dapat terjadi oleh karena senyawa-senyawa tersebut memang berwarna atau dapat dibuat berwarna dengan pembentukan kompleks, sehingga semakin sensitif analisis kuantitatif dapat dilakukan.

Pelarut yang dipilih haruslah yang tidak mengganggu absorpsi senyawa yang akan diteliti, tidak menyerap radiasi pada daerah absorpsi dan tidak menimbulkan interaksi dengan senyawa yang bersangkutan. Senyawa polar seperti air adalah baik untuk pelarut dan spektrum UV-Vis.

Radiasi elektromagnetik UV-Vis mempunyai panjang gelombang berkisar 200 – 800 nm. Sinar UV berada pada panjang gelombang 200 – 400 nm dan sinar tampak 400 – 800 nm. Absorpsi radiasi menyebabkan terjadinya eksitasi elektron. Penggunaan spektrofotometer UV-Vis pada senyawa organik adalah berdasarkan transisi $n-\pi^*$ dan $\pi-\pi^*$. Atom atau molekul akan mengabsorpsi pada daerah panjang gelombang yang energinya sesuai dengan beda energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi dari atom atau molekul. Panjang gelombang yang diabsorpsi spesifik untuk masing-masing senyawa (Underwood dan Day, 1998).

Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber spektrum sinar yang kontinu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembanding. Sebagai sumber cahaya biasa digunakan lampu hidrogen atau

deuterium untuk pengukuran ultraviolet dan lampu tungsten untuk pengukuran pada cahaya tampak. Lampu deuterium mengandung gas deuterium pada kondisi tekanan rendah dan dihubungkan dengan tegangan tinggi akan menghasilkan suatu spektrum kontinu yang merupakan spektrum UV.

Wadah sampel adalah sel untuk menaruh cairan ke dalam berkas cahaya spektrofotometer. Sel ini akan meneruskan energi cahaya dalam daerah spektra yang diinginkan sehingga dalam hal ini digunakan sel kaca untuk daerah tampak dan sel kuarsa atau kaca silika untuk daerah ultraviolet. Sel tampak dan ultraviolet yang khas mempunyai tebal lajur larutan sebesar 1 cm (Fritz dan Schenk, 1979).

Untuk pengukuran secara kuantitatif, metoda spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan, dimana absorpsi sinar oleh larutan merupakan fungsi konsentrasi. Pada kondisi optimum, dapat dibuat hubungan linier secara langsung antara absorpsi larutan dan konsentrasi larutan tersebut, ditentukan untuk mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Skoog *et al.*, 1996), yakni :

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c$$

Dimana, A = absorban

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

b = tebal lajur larutan (cm)

c = konsentrasi (mol L^{-1})

Suatu spektrofotometer tersusun dari sumber sinar yang kontinu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blanko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorpsi antara sampel dan blanko ataupun pembanding.

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik Terapan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas Padang pada bulan Juni 2007 sampai Februari 2008.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis (S.1000 Secoman, Sarcelles Perancis), untuk mengukur absorban larutan dikofol. Kotak iradiasi yang dilengkapi dengan lampu UV 10 watt, $\lambda = 365$ nm (Germicidal CE G 13 Base 8 FC11004) tempat melakukan iradiasi (gambar pada Lampiran 7), neraca analitik, sentrifuse dengan kecepatan 6.000 rpm (profuge, model. PRF 6 KP, Korea) digunakan untuk memisahkan TiO₂-anatase dari sampel, pipet takar, labu ukur, Erlenmeyer, magnetik stirer (SRS 116 AA Advanced) sebagai pengaduk dan peralatan gelas lainnya.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah senyawa dikofol dalam pestisida Kelthane 200 EC (PT. Dow Agrosiences Indonesia) dengan kandungan bahan aktif dikofol 191 g/L. TiO₂-anatase (Ishihara Sangyo, Ltd. Japan), akuades dan etanol (Merck KGaA 64271 Darmstadt, Germany).

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Pembuatan Variasi Pelarut

Sebanyak 13,1 μL Kelthane 200 EC diencerkan dengan pelarut etanol : akuades sampai volumenya 25 ml untuk mendapatkan larutan dikofol 100 mg/L. Kelarutan dari dikofol dapat diperoleh dengan membuat perbandingan pelarut etanol dengan akuades sebagai berikut : 0:10, 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2. Selanjutnya dari beberapa variasi ini diamati kekeruhannya dan ditentukan pelarut yang digunakan selanjutnya.

3.3.2 Pengukuran Spektrum Serapan Dikofol

Larutan induk dibuat dengan mengencerkan 131 μL pestisida Kelthane 200 EC diencerkan dalam labu ukur 250 mL menggunakan perbandingan pelarut etanol : akuades = 5 : 5. Dari larutan induk dikofol 100 mg/L dibuat 5 variasi konsentrasi yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L. Dari lima variasi konsentrasi larutan diukur spektrum serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis.

3.3.3. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Waktu

Larutan dikofol dengan konsentrasi 30 mg/L dimasukkan ke dalam lima buah Erlenmeyer 25 mL dengan volume larutan masing-masing 20 mL. Dilakukan fotolisis terhadap masing-masingnya dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Larutan yang telah difotolisis diukur serapannya dengan Spektrofotometer UV-Vis.

3.3.4. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Berat TiO₂-anatase

Larutan dikofol dengan konsentrasi 30 mg/L dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 25 mL dengan volume masing-masing 20 mL. Kemudian ditambahkan TiO₂-anatase sebanyak 0 ; 6,0 ; 12,0 ; 18,0 ; 24,0 ; 30,0 dan 36,0 mg. Larutan didegradasi secara fotolisis selama 60 menit. Sesudah difotolisis larutan disentrifus selama 15 menit untuk memisahkan TiO₂-anatase dan masing-masing larutan diukur serapannya dengan spektrofotometer UV-Vis.

3.3.5. Pengaruh Pengadukan Selama Fotolisis Terhadap Persentase Degradasi Dikofol

Larutan dikofol dengan konsentrasi 30 mg/L dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 25 ml dengan volume masing-masing 20 ml, ditambahkan TiO₂-anatase 0 ; 6,0 ; 12,0 ; 18,0 ; 24,0 ; 30,0 dan 36,0 mg. Larutan difotolisis sambil diaduk dengan menggunakan pengaduk magnetik selama 60 menit. Hasil fotolisis ini disentrifus selama 15 menit untuk memisahkan TiO₂-anatase dari larutan. Kemudian diukur serapan masing-masing larutan dengan spektrofotometer UV-Vis.

3.3.6. Pengaruh Variasi Waktu Fotolisis Terhadap Degradasi Dikofol dengan Penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase

Larutan dikofol dengan konsentrasi 30 mg/L dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 25 mL dengan volume masing-masing 20 mL. Kemudian ke dalam masing-masing larutan ditambahkan 30,0 mg TiO₂-anatase. Setelah itu larutan difotolisis disertai pengadukan masing-masing selama 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit.

Hasil fotolisis dengan pengadukan disentrifus selama 15 menit untuk memisahkan TiO₂-anatase dari larutan. Kemudian diukur serapan masing-masing larutan dengan spektrofotometer UV-Vis.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Pengamatan Variasi Pelarut

Pembuatan variasi pelarut yang digunakan untuk melarutkan dikofol perlu dilakukan karena dikofol tidak larut dalam akuades. Variasi campuran etanol : akuades dengan perbandingan yang berbeda akan diujicobakan untuk melarutkan dikofol. Dari pengamatan didapatkan hasil sebagai berikut :

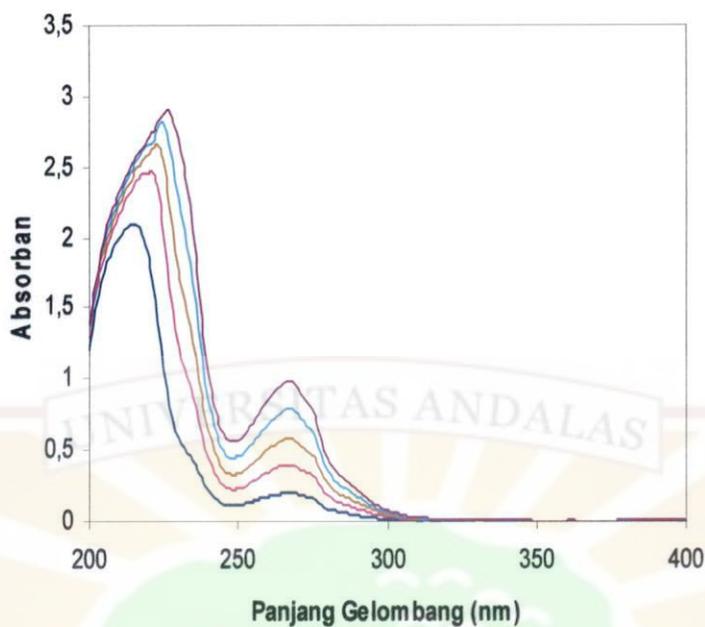
Tabel 1. Perbandingan Variasi Pelarut.

Perbandingan Pelarut (Etanol : Akuades)	Larutan Dikofol
0 : 10	Keruh
1 : 9	Keruh
2 : 8	Keruh
3 : 7	Keruh
4 : 6	Bening kekeruhan
5 : 5	Bening
6 : 4	Bening
7 : 3	Bening
8 : 2	Bening

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 1, maka selanjutnya perbandingan pelarut yang digunakan untuk melarutkan dikofol pada penelitian ini adalah Etanol : Akuades = 5 : 5.

4.2. Pengukuran Spektrum Serapan Dikofol

Pengukuran spektrum serapan dikofol 10, 20, 30, 40, 50 mg/L (dalam pelarut Etanol : Akuades) dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Spektrum serapan masing-masing larutan dikofol dapat dilihat pada Gambar 5.

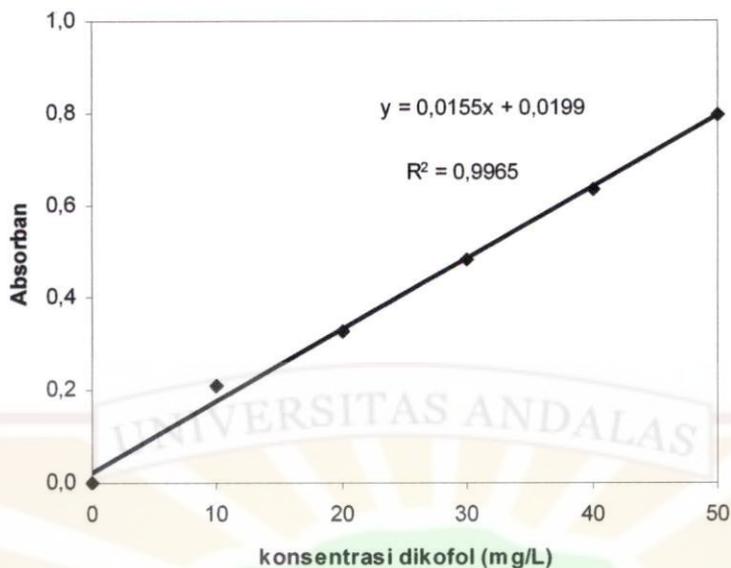


Gambar 5. Spektrum serapan dikofol sebelum fotolisis

— 10 mg/L — 20 mg/L — 30 mg/L — 40 mg/L — 50 mg/L

Puncak serapan maksimum yang diperoleh dari hasil pengukuran serapan dikofol berada pada panjang gelombang 266 nm. Selanjutnya dari nilai serapan dapat dihitung nilai absorpsivitas molar (ϵ), yang nilainya spesifik terhadap masing-masing senyawa.

Berdasarkan hukum Lambert-Beer didapatkan nilai absorpsivitas molar rata-rata yang diperoleh dari kelima pengukuran di atas sebesar $6.286,81 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Perhitungan nilai absorpsivitas molar dan data absorban dikofol pada panjang gelombang 266 nm dapat dilihat pada Lampiran 1.



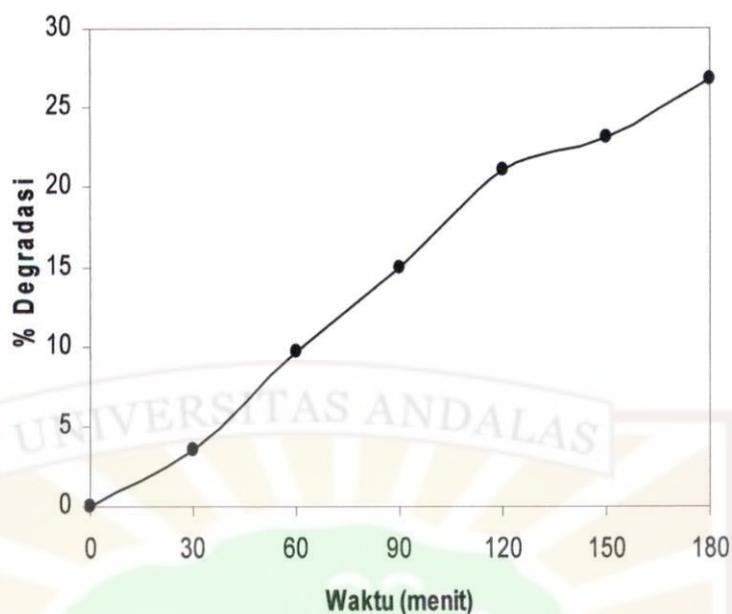
Gambar 6. Kurva kalibrasi standar dikofol

Hubungan linear antara konsentrasi dikofol dengan absorban dapat dilihat pada Gambar 6. Dalam penelitian selanjutnya digunakan larutan dikofol 30 mg/L sebagai larutan yang difotolisis dan dilanjutkan dengan penambahan TiO₂-anatase.

4.3. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Waktu

Erlenmeyer yang berisi larutan dikofol dengan konsentrasi 30 mg/L, akan difotolisis yang diposisikan tegak lurus terhadap lampu UV dengan jarak 20 cm, masing-masing difotolisis selama 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit.

Metoda fotolisis dalam proses kimia menghasilkan radikal OH dalam larutan berair yang akan menyerang senyawa organik untuk mengawali proses mineralisasi. Semakin lama waktu iradiasi semakin banyak jumlah radikal OH yang berperan dalam mendegradasi senyawa dikofol.

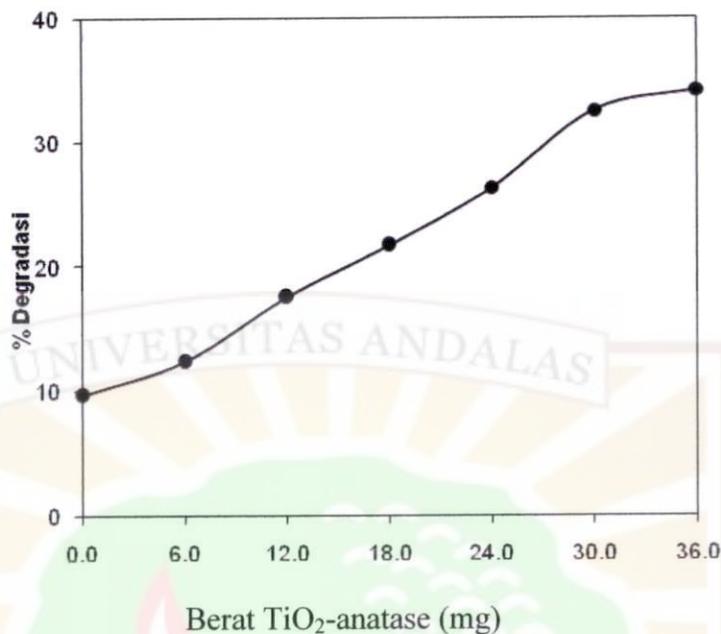


Gambar 7. Pengaruh waktu iradiasi terhadap persentase degradasi dikofol [Dikofol] = 30 mg/L, tanpa TiO₂-anatase

Persentase degradasi dikofol bertambah dengan bertambahnya waktu iradiasi pada senyawa dikofol, seperti terlihat pada Gambar 7. Berdasarkan besarnya absorban awal dan absorban setelah fotolisis maka dapat ditentukan persentase degradasi dikofol. Data dan perhitungan persentase degradasi pada variasi waktu dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.4. Degradasi Dikofol Secara Fotolisis dengan Variasi Berat TiO₂-anatase Tanpa Pengadukan

Larutan dikofol 30 mg/L dengan penambahan 0 ; 6,0 ; 12,0 ; 18,0 ; 24,0 ; 30,0 dan 36,0 mg TiO₂-anatase difotolisis selama 60 menit. Fotolisis yang disertai dengan penggunaan katalis disebut fotokatalis. Pengaruh fotokatalis terhadap proses fototransformasi merupakan hubungan antara iradiasi, katalis dan pengadukan.



Gambar 8. Pengaruh berat TiO₂-anatase terhadap persentase degradasi dikofol [Dikofol] = 30 mg/L, waktu iradiasi 60 menit.

Gambar 8 memperlihatkan bahwa persentase degradasi dikofol bertambah dengan bertambahnya berat TiO₂-anatase. Pada penambahan 36,0 mg TiO₂-anatase dengan waktu fotolisis 60 menit, persentase degradasi dikofol 30 mg/L diperoleh sebesar 34,16 %. Proses iradiasi senyawa dikofol dengan penambahan TiO₂-anatase menyebabkan absorpsi sinar UV oleh titanium dioksida dan terjadi perpindahan elektron pita valensi ke pita konduksi sehingga terbentuk pasangan elektron pada pita konduksi (e^-_{pk}) dan lubang positif pada pita valensi (h^+_{pv}).

TiO₂-anatase berperan meningkatkan efisiensi degradasi dikofol. Ketika proses fotolisis berlangsung, terjadi pembentukan radikal OH yang berperan sebagai spesies reaktif pada proses degradasi. Dengan penambahan TiO₂-anatase

dapat meningkatkan produksi radikal OH sehingga lebih banyak dikofol yang berhasil didegradasi.

Peningkatan persentase degradasi dikofol terjadi karena semakin banyak dikofol yang diserap pada permukaan TiO_2 -anatase dengan adanya hole yang bermuatan positif. Hole pada TiO_2 akan bereaksi dengan molekul H_2O atau ion OH^- dan memproduksi radikal hidroksil yang akan mendekomposisi senyawa dikofol. Peningkatan persentase degradasi senyawa dikofol yang dilarutkan dalam air yang mengandung ion H^+ bereaksi dengan O^{2-} dan akan meningkatkan jumlah H_2O_2 , akibat meningkatnya jumlah H_2O_2 maka jumlah radikal OH dan OH^- yang dihasilkan bertambah.

Banyaknya OH^- yang terbentuk akan meningkatkan jumlah radikal hidroksil yang berperan dalam mendegradasi dikofol. Adanya oksigen, substrat atau senyawa yang akan didegradasi tidak mengalami transfer muatan secara langsung, tetapi melibatkan terbentuknya hidrogen peroksida lebih dahulu sebagai sumber radikal hidroksil. Data dan perhitungan persentase dikofol dengan penambahan variasi berat TiO_2 -anatase dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.5. Pengaruh Pengadukan Selama Fotolisis Terhadap Persentase Degradasi Dikofol

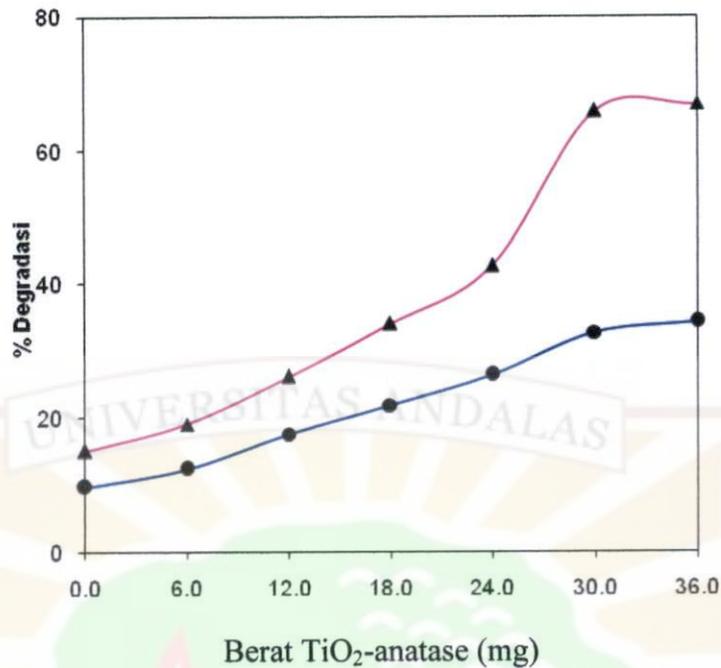
Larutan dikofol 30 mg/L yang ditambah TiO_2 dengan berat yang bervariasi, dan selama proses iradiasi dengan sinar UV disertai pengadukan menggunakan pengaduk magnetik selama 60 menit, ternyata pada semua variasi penambahan berat TiO_2 -anatase menunjukkan peningkatan persentase degradasi, bahkan pada penambahan 36,0 mg TiO_2 -anatase terjadi kenaikan persentase degradasi yaitu 66,87 %.

Pada proses iradiasi selama 60 menit yang disertai dengan adanya pengadukan, proses fototransformasi berlangsung lebih baik, karena terjadi pemerataan diseluruh bagian larutan pada saat dikenai sinar dan reaksi antara fotokatalis semikonduktor TiO_2 dengan molekul dikofol menjadi lebih sempurna.

Proses pengadukan membentuk keseimbangan proses adsorpsi pada permukaan semi konduktor. Jika proses tidak seimbang (adsorpsi besar dari desorpsi) maka proses masuknya substrat akan terhalang, akibatnya efisiensi fotokatalis menjadi rendah. Di samping itu pengadukan juga akan sangat membantu proses pelarutan oksigen ke dalam suspensi. Adamson (1990) melaporkan bahwa oksigen berperan penting dalam fotokatalis, dalam hal ini oksigen berfungsi sebagai akseptor elektron pita konduksi (e^-_{pk}) pada reaksi $\text{O}_2 + e^-_{pk} \rightarrow \text{O}_2^-$

Ion radikal oksigen dapat memicu reaksi lanjutan dengan radikal hidrogen melalui reaksi berantai (1-8), akan terbentuk suatu radikal hidroksil dan ion hidroksil yang dapat berperan untuk menghancurkan molekul substrat dikofol, dilanjutkan dengan reaksi berantai yang mengakibatkan dikofol mengalami transformasi.

Radikal hidroksil sangat penting dalam fototransformasi dikofol, pembentukannya sangat bergantung pada jumlah oksigen reaktif yang terlibat dalam reaksi. Perbedaan yang cukup signifikan antara persentase degradasi pada proses iradiasi tanpa pengadukan dengan proses iradiasi yang disertai pengadukan dapat kita lihat pada Gambar 9.



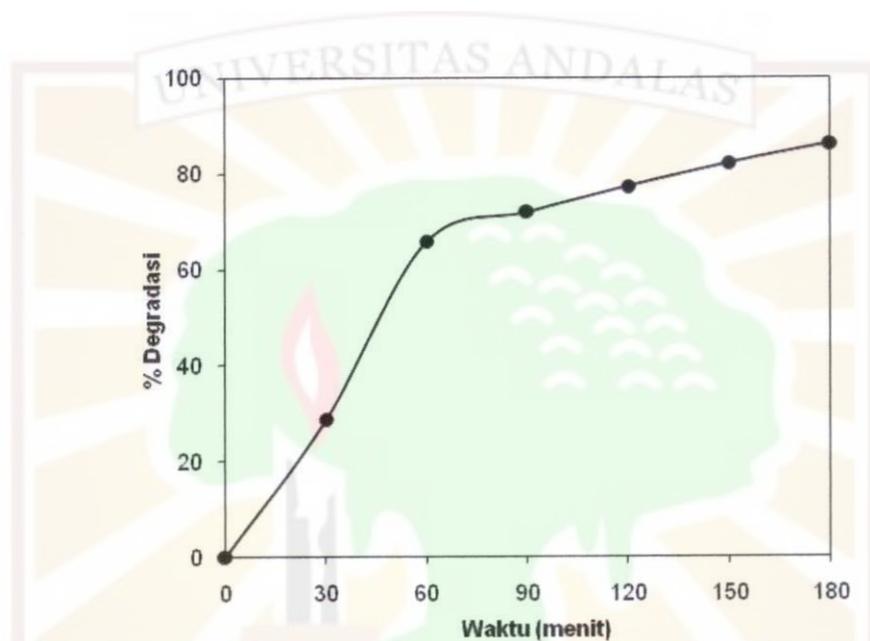
Gambar 9. Pengaruh berat TiO₂-anatase terhadap persentase degradasi dikofol untuk larutan yang diaduk dan tanpa diaduk [Dikofol] = 30 mg/L, waktu iradiasi 60 menit.

▲ Dengan pengadukan ● Tanpa pengadukan

Pengadukan menyebabkan partikel TiO₂-anatase tersebar secara merata di seluruh permukaan larutan, sehingga interaksi antara muatan permukaan TiO₂-anatase dengan senyawa dikofol lebih sempurna sehingga dalam waktu yang sama dapat mendegradasi senyawa dikofol lebih banyak jika dibandingkan dengan proses iradiasi tanpa disertai pengadukan. Data persentase degradasi senyawa dikofol dengan variasi berat TiO₂-anatase dengan pengadukan dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.6. Pengaruh Variasi Waktu Fotolisis Terhadap Persentase Degradasi Dikofol

Larutan dikofol 30 mg/L yang telah ditambah dengan 30,0 mg TiO_2 -anatase diiradiasi dan diaduk selama beberapa variasi waktu, yaitu 30, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit.

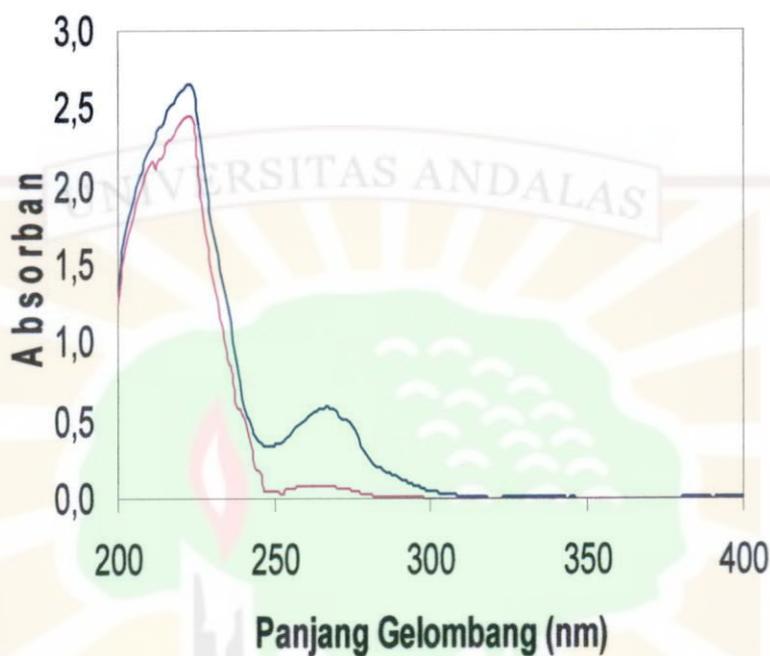


Gambar 10. Pengaruh waktu iradiasi terhadap persentase degradasi
[Dikofol] = 30 mg/L, berat TiO_2 -anatase 30,0 mg
Diaduk selama proses iradiasi

Dari Gambar 10 dapat dilihat persentase degradasi senyawa dikofol meningkat seiring dengan bertambahnya waktu iradiasi, sehingga pada menit ke 180 senyawa dikofol telah terdegradasi sebesar 86,13 %. Data persentase degradasi dikofol pada penambahan 30,0 mg TiO_2 berdasarkan variasi waktu dapat dilihat pada Lampiran 6.

Dengan pengadukan partikel TiO_2 -anatase tersebar lebih merata di seluruh permukaan larutan sehingga interaksi antara muatan permukaan TiO_2 -anatase

dengan senyawa dikofol lebih sempurna sehingga dalam waktu yang lebih singkat dapat diperoleh persentase degradasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan proses iradiasi tanpa disertai pengadukan.



Gambar 11. Spektrum serapan dikofol sebelum dan setelah fotolisis [Dikofol] = 30 mg/L,

— Sebelum fotolisis — Setelah fotolisis

Pada Gambar 11 dapat dilihat spektrum serapan dikofol sebelum dan sesudah fotolisis selama 180 menit dengan penambahan TiO_2 -anatase sebanyak 30,0 mg disertai pengadukan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Metoda fotolisis dengan menggunakan lampu UV 10 watt ($\lambda = 365 \text{ nm}$) dapat mendegradasi senyawa dikofol (30 mg/L) sebanyak 9,73% dengan waktu iradiasi selama 60 menit. Untuk senyawa dikofol pada konsentrasi dan waktu iradiasi yang sama dengan penambahan TiO_2 -anatase 30,0 mg terdegradasi sebanyak 32,51 % (tanpa pengadukan) dan 65,84 % (dengan pengadukan) selanjutnya dengan menambah waktu perlakuan menjadi 180 menit, senyawa dikofol (30 mg/L) dengan penambahan 30,0 mg TiO_2 -anatase dapat terdegradasi sebanyak 86,13 %.

5.2. Saran

Bagi peneliti selanjutnya disarankan, menggunakan wadah sampel yang permukaannya luas, sehingga sinar UV dapat diserap lebih banyak dan untuk mengidentifikasi produk fotolisis yang terbentuk dengan HPLC.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. W. 1990. *Physical Chemistry of Surface*, 5th ed, John Wiley & Sons, New York, pp 710-731
- Andayani, W dan A, Sumartono. 1999. Aplikasi Radiasi Pengion Dalam Penguraian Limbah Industri I. Radiolisis Larutan Standar Zat Warna Reaktif Cibacron Violet 2 R, *Majalah Batan*. Vol XXXII No. 1 / 2, Januari/April.
- Arief, S., Safni dan Putri Perdana Roza. 2007. Degradasi Senyawa Rhodamin B Secara Sonolisis Dengan Penambahan TiO₂ Hasil Sintesa Melalui Proses Sol-Gel. *J. Ris. Kim.* Vol. 1. No. 1. 64 – 69.
- Fritz J. S dan G. H. Schenk. 1979. *Quantitative Analytical Chemistry*. 4th ed. Allyn and Bacon, Inc. Boston. 77 – 90.
- Gunlazuardi, J dan Winarti Andayani. 2002. Evaluasi Deklorinasi dan Pemecahan Cincin Aromatis Selama Degradasi Pentaklorofenol Secara Fotokatalisis Pada Permukaan Lapisan Tipis Titanium Dioksida, Departemen of Chemistry, University of Indonesia, Kampus Baru UI-Depok.
- Hiskia, A., M. Ecke, A. Troupis, A. Kokorakis, H. Hennig dan E. Papaconstantinou. 2001. Sonolytic, Photolytic, and Photocatalytic Decomposition of atrazin in presence of Polyoxometalates. *J. Environ. Sci. Technol*, 35: 2358 – 2364.
- Kameyama, T. 2002. Robust Science and Technology for Safe and Secure Life Space Photocatalyst, *Ainst s Photocatalyst*.
- Kuo, W. S dan P. H. Ho. 2001. Solar Photocatalytic Decolorization of Methylene Blue in Water. *J. Chemosphere*. 45: 77 – 83.
- Lasut, M.T., B Polii dan V. A. Kumurur. 2001. Komparasi Tingkat Toksisitas Beberapa Pestisida (Endosulfan, Fentoat, BPMC, Glifosat, 2-4 D) Dengan Menggunakan Ikan Bandeng (*Chanos Chanos Forsk*). Hasil Penelitian. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Lisebigler A.L., Guangquen Lu, John T. Yates, 1995, Photocatalysis on TiO₂ Surface : Principles, Mechanism and Selected Results, *Chem Rev.*, 95: 735-758.
- O' Neil, M. 2001. An Encyclopedia of chemical, Drugs and Biologicals, Merck Index, 13th ed, Merck and Co. Inc, USA. No.5958 : p 1085.
- Park, H dan W. Choi. 2005. Photocatalytic Reactivities of Nafion-Coated TiO₂ for The Degradation Charged Organic Compounds under UV or Visible Light, *J. Phys. Chem. B*. 109: 11667 – 11674.

- Safni, Maizatisna, Zulfarman dan T. Sakai. 2007. Degradasi zat warna Naphtol Blue Black secara sonolisis dan fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase, *J. Ris Kim.* 1 (1) hal 43 – 49.
- Safni, Umiati Loekman dan Fitra Febrianti. 2008. Degradasi Zat Warna Sudan I Secara Sonolisis dan Fotolisis Dengan Penambahan TiO₂-anatase. *J. Ris. Kim* 1 (2) hal 164-170.
- Safni, Zulfarman dan Dina Fitri Wulandari. 2008. Degradasi Indigo Carmin Secara Sonolisis dan Fotolisis Dengan Penambahan TiO₂-anatase. *J. Sains MIPA* (Submitted).
- Safni, Zulfarman, Fardila Sari. 2008. Degradasi Metanil Yellow Secara Sonolisis dan Fotolisis Dengan Penambahan TiO₂-anatase. *J. Forum Penelitian* (Submitted).
- Safni, Zamzibar Zuki, Cheri, Haryati, Maizatisna. 2008. Degradasi Zat Warna Alizarin Secara Sonolisis dan Fotolisis Dengan Penambahan TiO₂-anatase. *J. Pilar* (Submitted).
- Skoog, D.A., D.M. West dan F.J Holler. 1996. *Fundamental of Analytical Chemistry*. 6th. Saunders College Publishing. Philadelphia.406.
- Sudarmo, S. 1991. *Pestisida*. Kanisius. Yogyakarta.
- Ullman's. 1996. *Encyclopedia Of Industrial Chemistry*, Vol A27, VCH, Verlagsgesells Chaff. Germany. 102-104.
- Underwood, A. L and R.A. Day. 1988. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Terjemahan Handayana, Pudjaatmaka. Edisi 4. Erlangga. Jakarta. 523-528.
- Yulianto, M.E., Dwi Handayani dan Silviana. 2005. *Kajian Pengolahan Limbah Industri Fatty Alkohol dengan Teknologi Fotokatalitik Menggunakan Energi Surya*. Gema Teknologi 22.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan penentuan absorpsivitas molar (ϵ)

Tabel 2 : Data absorban dikofol pada variasi konsentrasi

No	Konsentrasi (mg/L)	Absorban
1.	10	0,207
2.	20	0,324
3.	30	0,483
4.	40	0,636
5.	50	0,797

Rumus :
$$\epsilon = \frac{A}{b \times c} \times Mr$$

Dimana : A = Absorban

b = Tebal lajur larutan (cm)

c = Konsentrasi (g L^{-1})

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

Mr = Massa molekul relatif (g mol^{-1})

- Untuk konsentrasi larutan 10 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,207}{1 \text{ cm} \times 0,01 \text{ g L}^{-1}} \times 370,51 \text{ g mol}^{-1} = 7.669,56 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

- Untuk konsentrasi larutan 20 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,324}{1 \text{ cm} \times 0,02 \text{ g L}^{-1}} \times 370,51 \text{ g mol}^{-1} = 6.002,26 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

- Untuk konsentrasi larutan 30 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,483}{1 \text{ cm} \times 0,03 \text{ g L}^{-1}} \times 370,51 \text{ g mol}^{-1} = 5.965,21 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

- Untuk konsentrasi larutan 40 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,636}{1 \text{ cm} \times 0,04 \text{ g L}^{-1}} \times 370,51 \text{ g mol}^{-1} = 5.891,11 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

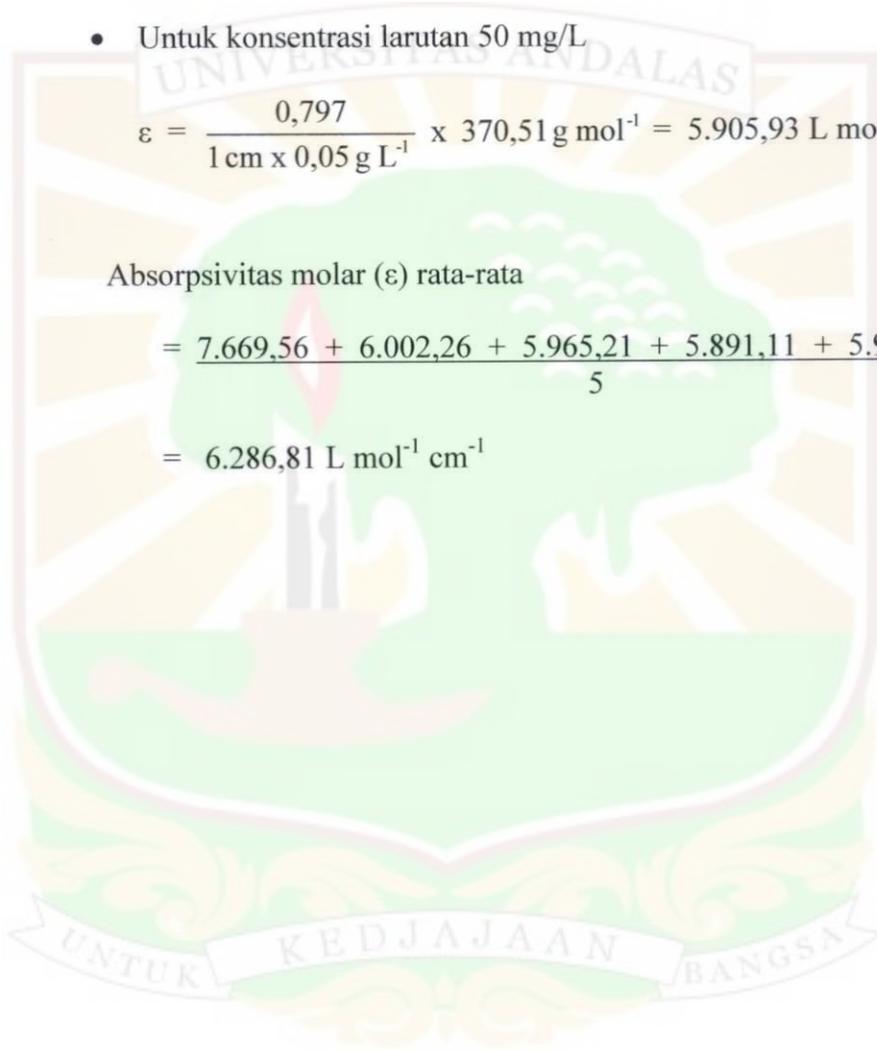
- Untuk konsentrasi larutan 50 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,797}{1 \text{ cm} \times 0,05 \text{ g L}^{-1}} \times 370,51 \text{ g mol}^{-1} = 5.905,93 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

Absorpsivitas molar (ϵ) rata-rata

$$= \frac{7.669,56 + 6.002,26 + 5.965,21 + 5.891,11 + 5.905,93}{5}$$

$$= 6.286,81 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$



Lampiran 2. Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, setelah fotolisis dengan variasi waktu.

Tabel 3 : Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L. Setelah fotolisis tanpa TiO₂-anatase dengan variasi waktu.

No	Waktu (menit)	Absorban awal	Absorban akhir	Persentase degradasi
1.	30	0,483	0,466	3,52
2.	60	0,483	0,436	9,73
3.	90	0,483	0,411	14,90
4.	120	0,483	0,381	21,12
5.	150	0,483	0,371	23,19
6.	180	0,483	0,354	26,71

$$\text{Persentase degradasi} = \frac{\text{Absorban awal} - \text{Absorban akhir}}{\text{Absorban awal}} \times 100 \%$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa TiO₂-anatase selama 30 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,466}{0,483} \times 100\% \\ &= 3,52 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa TiO₂-anatase selama 60 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,436}{0,483} \times 100\% \\ &= 9,73 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa TiO₂-anatase selama 90 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,411}{0,483} \times 100\% \\ &= 14,90 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa TiO₂-anatase selama 120 menit

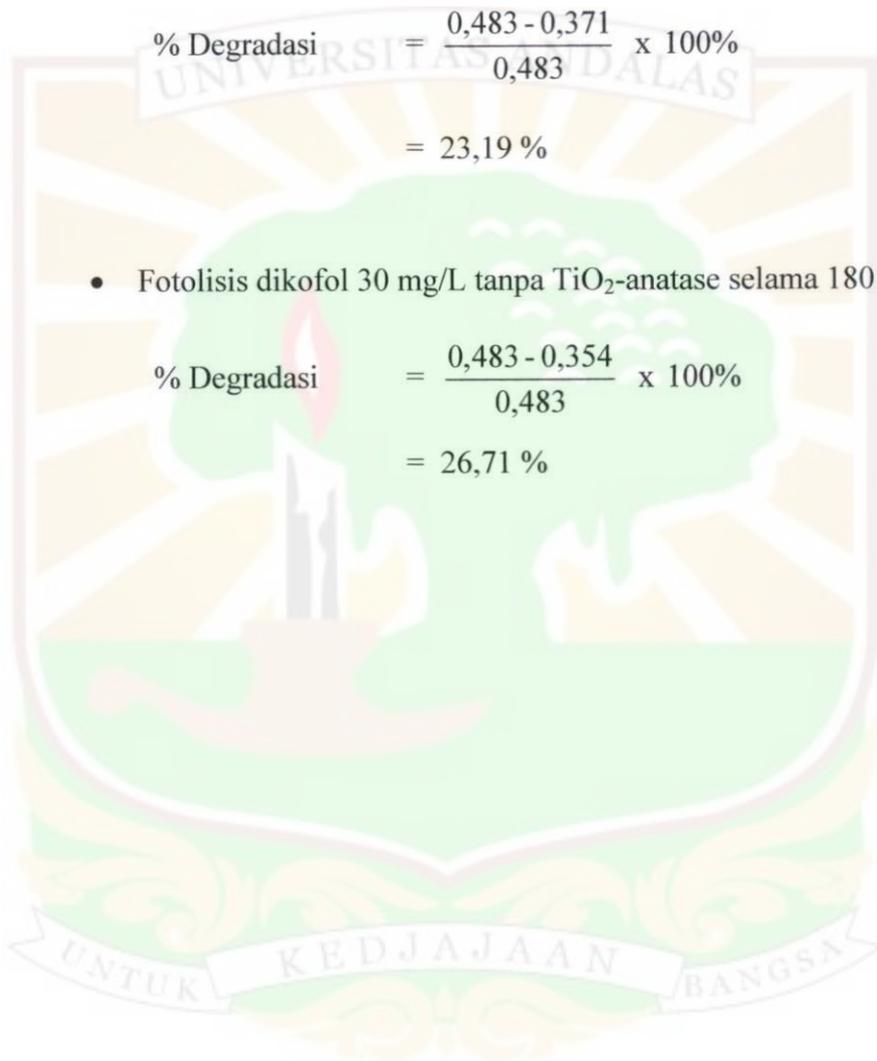
$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,381}{0,483} \times 100\% \\ &= 21,12 \%\end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa TiO₂-anatase selama 150 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,371}{0,483} \times 100\% \\ &= 23,19 \%\end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa TiO₂-anatase selama 180 menit

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,354}{0,483} \times 100\% \\ &= 26,71 \%\end{aligned}$$



Lampiran 3. Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO₂-anatase dan difotolisis selama 60 menit tanpa pengadukan.

Tabel 4 : Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO₂-anatase dan difotolisis selama 60 menit tanpa pengadukan.

No	Berat TiO ₂ (mg)	Absorban awal	Absorban akhir	Persentase degradasi
1.	0,0	0,483	0,436	9,73
2.	6,0	0,483	0,423	12,42
3.	12,0	0,483	0,398	17,60
4.	18,0	0,483	0,378	21,74
5.	24,0	0,483	0,356	26,29
6.	30,0	0,483	0,326	32,51
7.	36,0	0,483	0,318	34,16

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa penambahan TiO₂-anatase selama 60 menit.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,436}{0,483} \times 100\% \\ &= 9,73 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 6,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit tanpa pengadukan.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,423}{0,483} \times 100\% \\ &= 12,42 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 12,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit tanpa pengadukan.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,398}{0,483} \times 100\% \\ &= 17,60 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 18,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit tanpa pengadukan.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,378}{0,483} \times 100\% \\ &= 21,74 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 24,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit tanpa pengadukan.

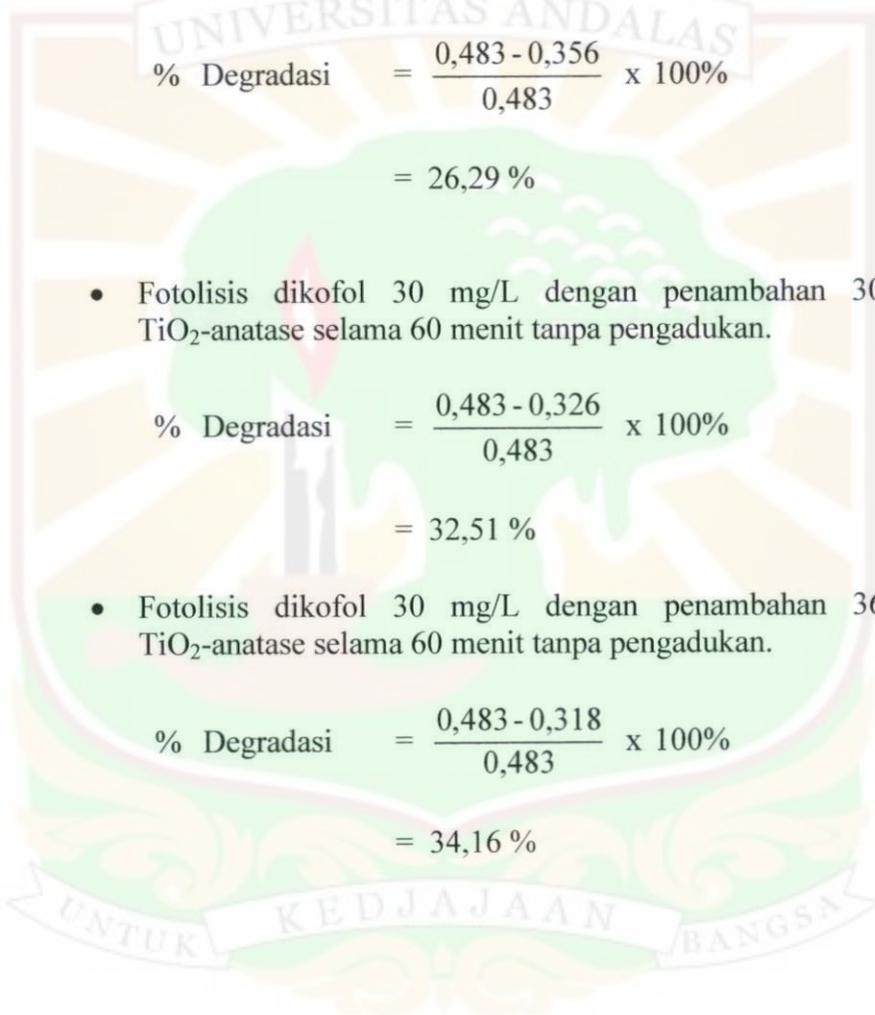
$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,356}{0,483} \times 100\% \\ &= 26,29 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit tanpa pengadukan.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,326}{0,483} \times 100\% \\ &= 32,51 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 36,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit tanpa pengadukan.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,318}{0,483} \times 100\% \\ &= 34,16 \% \end{aligned}$$



Lampiran 4. Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO₂-anatase dan masing-masing difotolisis dan diaduk selama 60 menit

Tabel 5 : Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, dengan variasi penambahan TiO₂-anatase dan masing-masing difotolisis dan diaduk selama 60 menit.

No	Berat TiO ₂ (mg)	Absorban awal	Absorban akhir	Persentase degradasi
1.	0,0	0,483	0,410	15,11
2.	6,0	0,483	0,391	19,05
3.	12,0	0,483	0,357	26,09
4.	18,0	0,483	0,319	33,95
5.	24,0	0,483	0,277	42,65
6.	30,0	0,483	0,165	65,84
7.	36,0	0,483	0,160	66,87

- Fotolisis dikofol 30 mg/L tanpa penambahan TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan.

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,410}{0,483} \times 100\% \\ &= 15,11 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 6,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,391}{0,483} \times 100\% \\ &= 19,05 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 12,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,357}{0,483} \times 100\% \\ &= 26,09 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 18,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,319}{0,483} \times 100\% \\ &= 33,95 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 24,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan

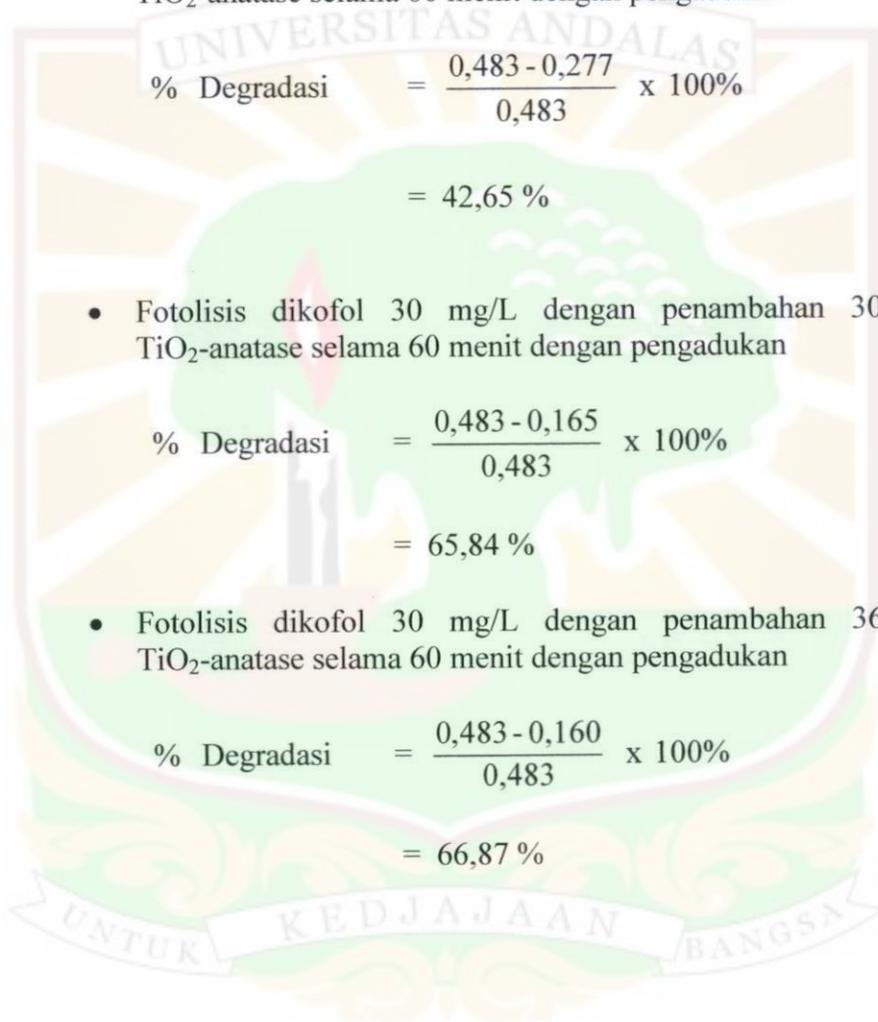
$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,277}{0,483} \times 100\% \\ &= 42,65 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,165}{0,483} \times 100\% \\ &= 65,84 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 36,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,160}{0,483} \times 100\% \\ &= 66,87 \% \end{aligned}$$



Lampiran 5. Perbandingan persentase degradasi dikofol dengan pengadukan dan tanpa pengadukan.

Tabel 6 : Data perbandingan persentase degradasi dikofol dengan pengadukan dan tanpa pengadukan.

No	Berat TiO ₂ (mg)	% Degradasi tanpa pengadukan	% Degradasi dengan pengadukan
1.	0,0	9,73	15,11
2.	6,0	12,42	19,05
3.	12,0	17,60	26,09
4.	18,0	21,74	33,95
5.	24,0	26,29	42,65
6.	30,0	32,51	65,84
7.	36,0	34,16	66,87

Lampiran 6. Perhitungan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, setelah difotolisis dan diaduk dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase pada variasi waktu.

Tabel 7 : Data absorban dan persentase degradasi dikofol pada konsentrasi 30 mg/L, setelah difotolisis dan diaduk dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase pada variasi waktu.

No	Waktu (menit)	Absorban awal	Absorban akhir	Persentase degradasi
1.	0	0,483	0,483	0,00
2.	30	0,483	0,345	28,57
3.	60	0,483	0,165	65,84
4.	90	0,483	0,135	72,05
5.	120	0,483	0,110	77,23
6.	150	0,483	0,086	82,19
7.	180	0,483	0,067	86,13

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 30 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,345}{0,483} \times 100\% \\ &= 28,57 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 60 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,165}{0,483} \times 100\% \\ &= 65,84 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 90 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned} \% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,135}{0,483} \times 100\% \\ &= 72,05 \% \end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 120 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,110}{0,483} \times 100\% \\ &= 77,23 \%\end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 150 menit dengan pengadukan

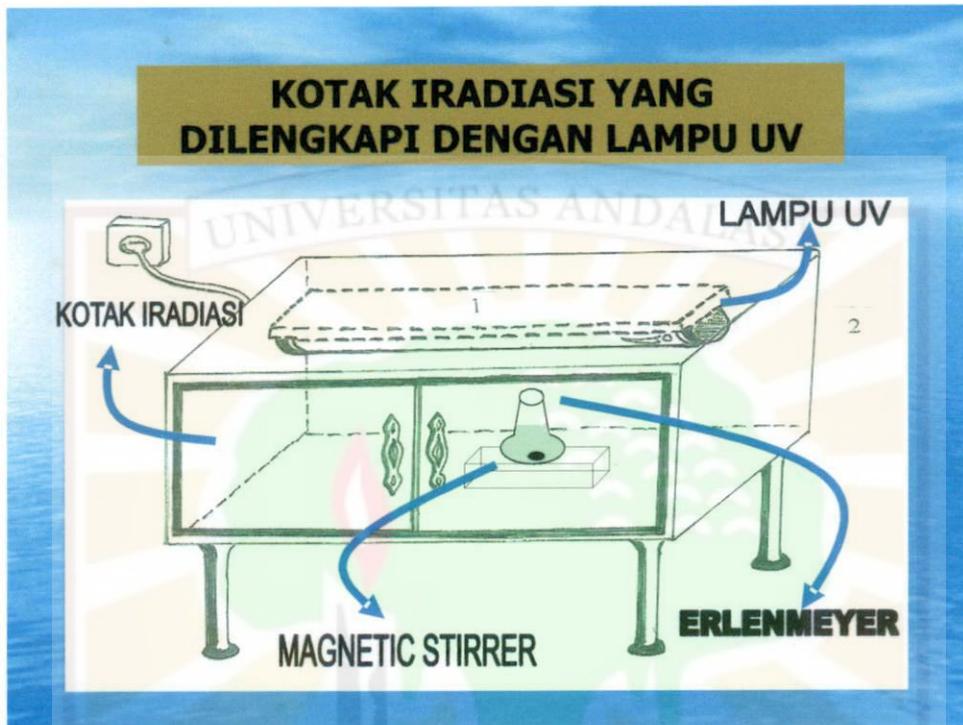
$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,086}{0,483} \times 100\% \\ &= 82,19 \%\end{aligned}$$

- Fotolisis dikofol 30 mg/L dengan penambahan 30,0 mg TiO₂-anatase selama 180 menit dengan pengadukan

$$\begin{aligned}\% \text{ Degradasi} &= \frac{0,483 - 0,067}{0,483} \times 100\% \\ &= 86,13 \%\end{aligned}$$



Lampiran 7. Skema Alat Fotolisis



UNTUK KEDJAJA MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS