



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 METHYLENE BLUE SECARA OZONOLISIS SERTA ANALISISNYA DENGAN MENGGUNAKAN HPLC

SKRIPSI



**RIZKA PRATIWI
06932008**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012**

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga dengan kerja keras penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul **“Degradasi *Methylene Blue* Secara Ozonolisis serta Analisisnya dengan Menggunakan HPLC”**. Penyusunan skripsi ini merupakan suatu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (Strata 1) pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas. Dalam pelaksanaan penelitian maupun penyusunan skripsi ini penulis mendapatkan banyak masukan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang sangat bermanfaat baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada Bapak Yulizar Yusuf, M.S sebagai pembimbing I dan Ibu Prof. Dr. Safni, M.Eng sebagai pembimbing II. Kemudian penulis juga memberikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan yang tiada batasnya baik moril, maupun materil.
2. Bapak Dr. Adlis Santoni sebagai Ketua Jurusan Kimia dan Bapak Dr. Mai Efdi sebagai Koordinator Pendidikan Jurusan Kimia FMIPA UNAND.
3. Bapak Zulfarman, M.S sebagai Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan serta dukungan selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kimia FMIPA UNAND
4. Bapak-bapak dan Ibu-ibu dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan bagi penulis
5. Keluarga besar Zokure (Angkatan 2006) yang telah memberikan dukungan.

Demikian semoga makalah ini dapat berguna dan memberikan kontribusi dalam perkembangan IPTEK, terutama dalam penanganan limbah di lingkungan.

Padang, September 2012

Penulis

ABSTRAK

DEGRADASI *METHYLENE BLUE* SECARA OZONOLISIS SERTA ANALISISNYA DENGAN MENGGUNAKAN HPLC

RIZKA PRATIWI (06932008),

dibimbing oleh : Yulizar Yusuf, M.S dan Prof.Dr.Safni, M.Eng

Methylene Blue merupakan salah satu zat warna yang digunakan pada bakteriologi, indikator redoks, antiseptik, desinfektan dan bahan pencelup kertas. Kebanyakan zat warna organik merupakan senyawa *non-biodegradable* yang mengandung senyawa azo dan bersifat karsinogen. Oleh karena zat warna organik merupakan bahan sintetik, lingkungan alami tidak mampu mendegradasi senyawa tersebut sehingga dapat terakumulasi di alam. Jika jumlahnya melebihi konsentrasi maksimum akan menimbulkan masalah lingkungan yang baru. Untuk mengatasinya berbagai metoda telah dikembangkan diantaranya metoda konvensional seperti klorinasi, pengendapan, dan penyerapan karbon aktif. Metoda ini kurang efektif, oleh karena itu diperlukan metoda yang lebih efektif salah satunya ozonolisis. Penelitian terhadap senyawa *Methylene Blue* dilakukan secara ozonolisis. Hasil degradasi menggunakan spektrofotometer Uv-Vis dan HPLC pada panjang gelombang 658 nm. Pengukuran dengan Spektrofotometer UV-Vis ini menunjukkan penurunan absorbansi dari senyawa *Methylene Blue* 20 mg/L setelah didegradasi secara ozonolisis. Pendeteksian dengan HPLC menunjukkan penurunan tinggi puncak dan terbentuknya senyawa intermediet selama proses degradasi. Senyawa *Methylene Blue* 20 mg/L pH 3 yang diozonasi selama 10 menit didapatkan persen degradasi sebesar 98,51%.

Kata kunci: *Methylene blue*, ozonolisis, HPLC

ABSTRACT

DEGRADATION OF METHYLENE BLUE BY OZONOLYSIS THEN ANALYSIS USING HPLC

RIZKA PRATIWI (06932008),

advised by : Yulizar Yusuf, M.S and Prof. Dr. Safni, M.Eng

Methylene Blue is one of the dyes used in bacteriology, redox indicator, antiseptic dyes and material desinfectan paper. Most dyes contain non biodegradable organic compound such as azo compound which unfortunately. Furthermore organic dyes are synthetic material, where natural environmental are not able to degrade when they accumulate in nature. Degradation of *Methylene Blue* has been done. In this research the degradation process was done by ozonolysis. Detection after degradation using Spectrophotometer Uv-Vis and HPLC. Analysis using Spectrophotometer Uv-Vis showed decreases concentration of *Methylene Blue*. This is same with using HPLC, beside that using HPLC showed intermediat product. Degradation of *Methylene Blue* 20 mg/L at pH 3, within 10 minutes ozonolysis, degradation percentage was 98,51 %. Ozonolysis effective in degradation of *Methylene Blue*.

Kata kunci: *Methylene blue, ozonolysis, HPLC*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 <i>Methylene Blue</i>	4
2.2 Ozonolisis.....	5
2.3 Spektrovotometer UV-Vis.....	8
2.4 HPLC.....	9
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan.....	13
3.3 Prosedur Kerja	14
3.3.1 Pembuatan Reagen	14
a. Pembuatan Larutan CH_3COOH 0,2 M, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,2 M, NH_4OH 0,2 M dan NH_4Cl 0,2 M.....	14
b. Pembuatan Larutan Buffer pH 3	14
c. Pembuatan Larutan Buffer pH 5	14
d. Pembuatan Larutan Buffer pH 7	15
e. Pembuatan Larutan Buffer pH 9	15

3.3.2 Degradasi Zat warna <i>Methylene Blue</i> secara Ozonolisis.....	15
a. Pengukuran spektrum serapan <i>Methylene Blue</i>	15
b. Penentuan pH Optimum Ozonolisis.....	15
c. Penentuan persentase degradasi dengan variasi waktu ozonolisis .	16
3.3.3 Analisis Hasil Degradasi Senyawa <i>Methylene Blue</i> Menggunakan HPLC.....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Pengukuran Spektrum Serapan <i>Methylene Blue</i>	17
4.2 Penentuan pH optimum zat warna <i>Methylene Blue</i> secara ozonolisis	19
4.3 Degradasi <i>Methylene Blue</i> dengan variasi waktu ozonolisis	19
4.4 Pengukuran Spektrum Serapan <i>Methylene Blue</i> setelah ozonolisis	20
4.5 Kromatogram Hasil degradasi <i>Methylene Blue</i> secara Ozonolisis dengan menggunakan HPLC	21
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Kesimpulan.....	23
5.2 Saran.....	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur <i>Methylene Blue</i>	4
Gambar 2.	Reaksi degradasi menggunakan ozon.....	6
Gambar 3.	Skema alat HPLC secara umum	10
Gambar 4.	Spektrum serapan <i>Methylene Blue</i> dalam Pelarut Aquadest Pada variasi konsentrasi a) 10 ppm b) 20 ppm c) 30 ppm d) 40 ppm.....	17
Gambar 5.	Kurva kalibrasi standar <i>Methylene Blue</i>	18
Gambar 6.	Pengaruh pH ozonolisis terhadap persen degradasi <i>Methylene Blue</i> 20 mg/L(pH 3, 5, 7, dan 9)	19
Gambar 7.	Pengaruh waktu ozonolisis terhadap presentase degradasi <i>Methylene Blue</i> 20 mg/L pH 3.....	20
Gambar 8.	Spektrum serapan <i>Methylene Blue</i> pada waktu optimum dengan spektrofotometer UV-Vis. a) awal b) Ozonolisis	21
Gambar 9.	Kromatogram <i>Methylene Blue</i> Pada Waktu Optimum dengan HPLC. a) awal, b) Ozonolisis	22

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data absorban <i>Methylene Blue</i> pada variasi konsentrasi	27
Tabel 2. Data absorban dan persentase degradasi <i>Methylene Blue</i> 20 mg/L berdasarkan pengaruh pH Ozonolisis	29
Tabel 3. Data absorban dan persentase degradasi <i>Methylene Blue</i> 20 mg/L pH 3 berdasarkan pengaruh waktu ozonolisis	30



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Perhitungan penentuan absorbtivitas Molar (ϵ).....	27
Lampiran 2.	Data absorban dan perhitungan persentase degradasi <i>Methylene Blue</i> 20 mg/L berdasarkan pengaruh pH ozonolisis.....	29
Lampiran 3.	Data absorban dan perhitungan persentase degradasi <i>Methylene Blue</i> 20 mg/L pH 3 berdasarkan pengaruh waktu ozonolisis.....	30



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dicapai manusia diharapkan memberikan keselamatan, jaminan dan kualitas hidup yang tinggi namun juga selaras dengan pelestarian lingkungan. Timbulnya berbagai permasalahan lingkungan menuntut para ilmuwan melakukan berbagai upaya, salah satunya adalah bagaimana agar pencemaran zat warna organik pada limbah cair dapat ditangani. Sebagian besar zat warna organik yang terdapat dalam limbah cair akan mengakibatkan masalah lingkungan yang sangat serius.

Kebanyakan zat warna organik merupakan senyawa *non-biodegradable* yang mengandung senyawa azo dan bersifat sangat karsinogen¹, karena merupakan bahan sintetik, lingkungan alami tidak mampu mendegradasi senyawa tersebut sehingga dapat terakumulasi di alam.

Pengolahan limbah dengan metoda konvensional dilakukan dengan cara klorinasi, pengendapan, dan penyerapan oleh karbon aktif, kemudian lumpur atau *sludge* yang terbentuk dibakar atau diproses secara mikrobiologi. Pembakaran *sludge* akan mengakibatkan terbentuknya senyawa klorooksida dan karbondioksida, sedangkan penggunaan karbon aktif hanya menyerap pencemar organik yang mempunyai sifat non-polar dengan berat molekul tinggi. Proses mikrobiologi hanya dapat menguraikan senyawa *biodegradable*, sedangkan

senyawa *non-biodegradable* tetap berada dalam *sludge* yang akan kembali ke lingkungan, akibatnya terjadi akumulasi senyawa tersebut di alam ³.

Menurut Arslan dan Balcioglu metoda konvensional kurang efektif untuk degradasi limbah cair, karena dalam perlakuan limbah cair industry secara konvensional, zat warna organik biasanya dipindahkan dengan adsorben atau koagulasi. Akan tetapi undang-undang lingkungan yang baru, menganggap adsorben yang digunakan atau lumpur sebagai limbah berbahaya, sehingga membutuhkan lebih lanjut ¹.

Selain pencemaran air yang berasal dari limbah industri, limbah dari kegiatan perhotelan dan limbah rumah sakit juga patut diperhitungkan. Dewasa ini pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh zat pewarna telah cukup memprihatinkan sehingga diperlukan penanganan yang serius untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu dari zat pewarna tersebut adalah *Methylene Blue* ($C_{16}H_{18}N_3SCl$). Selain itu juga terkandung dalam detergen, sehingga limbah laudri dari rumah sakit, hotel dan rumah tangga juga mengandung senyawa aktif *methylene blue*. Jika dibiarkan tanpa perbaikan dan pengolahan limbah, molekul yang berada dalam keadaan aktif tentu akan lebih mudah mengalami reaksi kimia untuk membentuk produk. Produk-produk yang dihasilkan bias saja menjadi masalah baru bagi lingkungan ^{2,10}.

1.2 Perumusan Masalah

Berapa persen *Methylene Blue* yang dapat didegradasi secara ozonolisis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa persen *Methylene Blue* yang dapat didegradasi secara ozonolisis.

1.4 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi yang bermanfaat untuk membantu usaha penanganan limbah yang mengandung zat warna *Methylene Blue* melalui proses degradasi menggunakan metoda ozonolisis sehingga diperoleh hasil degradasi dari zat warna *Methylene Blue* yang ramah lingkungan.

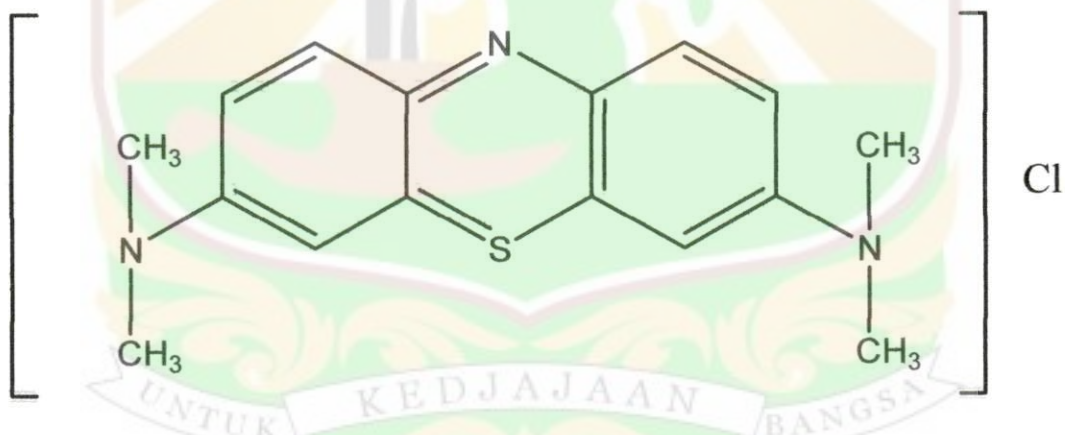


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Methylene Blue

Methylene Blue mempunyai rumus umum $C_{16}H_{18}ClN_3S$ dengan komposisi C = 60,08 %, H = 5,67%, Cl = 11,08%, N = 13,14% dan S = 10,02 %. Struktur molekul *Methylene Blue* :



Gambar 1. Rumus Struktur *Methylene Blue*

Methylene Blue dikenal dengan nama 3,7-Bis (dimetilamin) fenotiazin-5-ium klorida mempunyai berat molekul = 319,89 g/mol. Titik lelehnya adalah 80 °C. Kelarutannya dalam H₂O pada suhu 20 °C sekitar 50 g/L. *Methylene Blue* larut

dalam air, tidak larut dalam dietil eter. *Methylene Blue* digunakan untuk bahan pencelup kertas. Selain itu juga terkandung dalam detergent, sehingga limbah laundry dari rumah sakit, limbah hotel dan rumah tangga mengandung senyawa aktif metilen biru.¹

Air yang terkontaminasi oleh *Methylene Blue* dalam jumlah yang melebihi konsentrasi maksimum, bila dikonsumsi oleh manusia akan dapat menimbulkan penyakit methemoglobinemia. Dalam hal ini *Methylene Blue* akan mengoksidasi ion ferro pada hemoglobin menjadi ion ferri membentuk methemoglobin. Tidak seperti hemoglobin yang mengikat oksigen secara reversibel, methemoglobin mengikat oksigen tanpa dapat melepaskannya ketika ditransfer ke jaringan. Gejala penyakit ini ditandai dengan darah yang berwarna coklat. Terdapatnya methemoglobin dalam darah inilah yang disebut methemoglobinemia.¹¹

Disamping sebagai penyebab penyakit methemoglobin, *Methylene Blue* juga merupakan senyawa peka cahaya (sensibilisator). Bila terkena radiasi sinar matahari, *Methylene Blue* akan menjadi molekul aktif dan melalui suatu proses transfer energi (sensibilisasi), molekul aktif ini akan memindahkan seluruh energinya ke molekul lain yang berada didekatnya. Molekul-molekul yang berada dalam keadaan aktif tentu akan lebih mudah mengalami reaksi kimia untuk membentuk produk. Produk-produk yang dihasilkan bisa saja menjadi masalah baru bagi lingkungan.⁶

2.2 Ozonolisis

Metoda ozonolisis pertama kali ditemukan oleh Christian Friedrich Schonbein pada tahun 1840. Sebelum ditemukannya teknik-teknik spektroskopik, ozonolisis

merupakan metoda untuk menentukan struktur molekul organik. Ilmuwan kimia mengozonisasi rantai alkena yang belum diketahui menjadi struktur yang lebih kecil sehingga dapat diidentifikasi.

Ozonolisis merupakan suatu metoda degradasi senyawa organik dengan menggunakan ozon (O_3), dimana terjadi pemutusan antara $C=C$ sehingga menghasilkan ikatan rangkap $C=O$.² Hasil dari degradasi ini tergantung pada jenis ikatan rangkap yang teroksidasi dan kondisi perlakuan.²⁷

Reaksi degradasi menggunakan ozon adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Reaksi degradasi menggunakan ozon

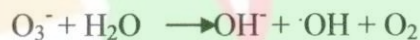
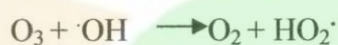
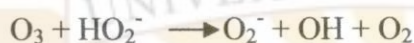
Ozon merupakan agen pengoksidasi yang kuat dan merupakan senyawa yang sangat reaktif. Pembentukan ozon diinisiasi oleh fotodisosiasi NO_2 oleh sinar matahari :



Ozon dapat ditentukan secara kemiluminesensi, spektroskopi absorpsi infra merah dan spektroskopi absorpsi ultraviolet. Instrumen yang berdasarkan pada absorpsi ultraviolet merupakan alat yang paling umum digunakan.

Dengan adanya ozon (O_3), mengakibatkan terjadinya pemutusan ikatan antara π pada alkena, menghasilkan 2 ikatan $C=O$ yang baru. Ozonolisis

merupakan salah satu proses oksidasi lanjut, dimana reaksi kimia diinisiasi oleh ozon. Dalam larutan, ozon akan diuraikan oleh ion hidroksida (OH^-) atau basa konjugasi dari hidrogen peroksida (HO_2^-) membentuk radikal HO_2^\cdot dan OH^\cdot sebagai berikut.



Secara laboratorium ozon dapat dihasilkan dengan melewatkan udara (21% O_2 dan 79% N_2) melalui sesuatu generator ozon. Ozon dapat bereaksi dengan senyawa organik baik langsung atau tidak langsung melalui dekomposisi dan formasi dari radikal hidroksil atau oksidasi dari spesies organik yang mungkin terjadi melalui kombinasi reaksi dengan molekul ozon dan reaksi dengan hidroksi radikal.²

Proses ozonolisis melalui reaksi pada ikatan rangkap senyawa organik kompleks menghasilkan dua molekul sederhana yang memiliki bentuk dan karakteristik molekul yang berbeda. Jika bereaksi dengan senyawa lain, maka ozon akan menghancurkan senyawa tersebut. Proses akhir jika molekul organik bereaksi dengan ozon adalah karbon dioksida dan air.¹²

Ozon merupakan oksidator kuat dengan potensial oksidasi 1,52 eV. Ozon memiliki kereaktifan kimia yang tinggi karena memiliki konfigurasi elektron yang stabil. Ozon sangat efektif untuk pengolahan air minum dan pengolahan dan pengolahan air limbah karena ozon memiliki potensial oksidasi yang tinggi. Mekanisme degradasi disebabkan karena adanya radikal OH yang merusak senyawa organik tersebut.¹⁵

Ozonolisis merupakan suatu metoda degradasi senyawa organik dengan menggunakan ozon (O_3), dimana terjadi pemecahan antara $C=C$ sehingga menghasilkan ikatan rangkap $C=O$. Hasil dari degradasi ini tergantung pada jenis ikatan rangkap yang teroksidasi dan kondisi perlakuan. Dalam fasa air, ozon dapat diuraikan oleh ion hidroksida, OH^- , atau basa konjugasi dari $H_2O_2(HO_2^-)$ menjadi radikal HO_2 dari OH yang dapat membantu proses degradasi senyawa organik pada zat warna Methylene Blue.¹⁷

2.3 Spektrofotometer UV – Vis

Spektrofotometer merupakan suatu alat yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis suatu jalur larutan dengan menggunakan monokromator sistem prisma atau kisi difraksi dan detektor fotosel. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditranmisikan atau diabsorpsi. Jadi, Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditranmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi gelombang.²²

Radiasi elektromagnetik UV- Vis tersebut mempunyai panjang gelombang berkisar 200 – 800 nm. Sinar UV mulai dari 200 – 400 nm, dan sinar tampak

400– 800 nm. Absorpsi radiasi akan menyebabkan terjadinya eksitasi elektron. Atom atau molekul akan mengabsorpsi pada daerah panjang gelombang energinya sesuai dengan beda energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi dari atom atau molekul.²³

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 linear secara langsung antara absorpsi larutan dan konsentrasi larutan tersebut. Persamaan yang menggambarkan hubungan linear tersebut dikenal dengan Hukum Lambert – Beer, yaitu :

$$A = a \cdot b \cdot c$$

Dimana :

- A = absorban
- a = serapan spesifik ($\text{cm}^{-1}\text{M}^{-1}$)
- b = lajur larutan (cm)
- c = konsentrasi

2.5. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

Kromatografi adalah suatu bagian teknik pemisahan komponen campuran dalam fasa diam oleh fasa gerak. Dalam kromatografi terdapat 3 hal yang berperan penting dalam hal ini yaitu fasa gerak, fasa diam dan analit (sampel yang akan dianalisa). Kromatografi terbagi atas tiga macam seperti kromatografi cair, gas, dan fluida superkritis. Jenis kromatografi dapat digunakan tergantung pada jenis analit yang dianalisa..

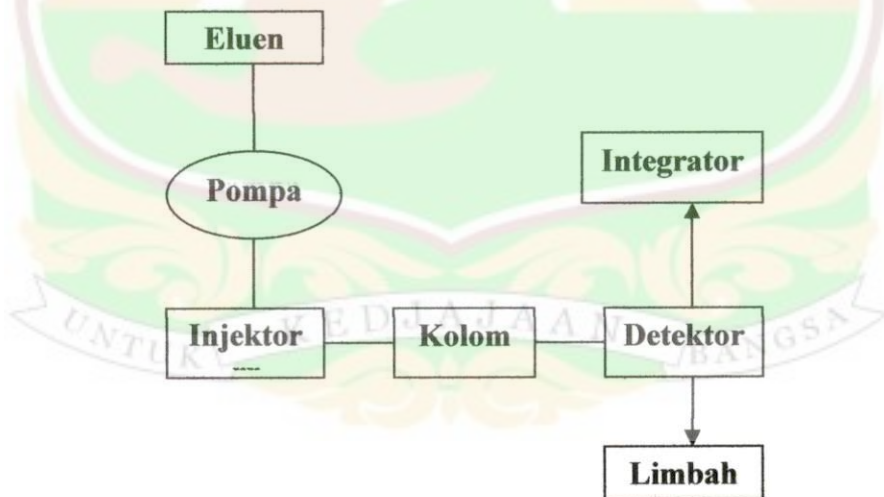


HPLC dapat digunakan untuk sebagian besar senyawa yang tidak menguap dan senyawa yang berbobot molekul tinggi. Selain itu HPLC dapat dipakai untuk senyawa organik, yang sebagian besar tidak menguap. HPLC biasanya dilakukan pada suhu kamar. Senyawa yang tidak tahan panas dapat ditangani dengan mudah.

Pada sistem HPLC data yang dihasilkan adalah waktu retensi dan area dari sampel. Analisis kualitatif dan kuantitatif dilakukan dengan membandingkan waktu retensi dari luas puncak standar dari senyawa murni.

Metoda HPLC dapat digunakan dalam berbagai lapangan seperti farmasi, biokomia, industri makanan, industri kimia, kimia forensik, laboratorium klinik, laboratorium klinik dan polutan.²⁴

Sistem peralatan HPLC pada umumnya terdiri dari pompa, injektor, kolom, detektor, dan integrator (alat pembaca sinyal yang dihasilkan detektor), seperti gambar 3.



Gambar 3. skema alat HPLC secara umum

Fase diam merupakan reaksi antara klorosilana dengan gugus hidroksil dari silika dimana permukaan silika banyak mengandung gugus hidroksil sekitar 27×10^{27} gugus hidroksil/m². Fase diam non polar yang paling umum digunakan adalah C₈ (oktasilana) dan C₁₈ (oktadesilana). Sebaliknya fasa gerak yang digunakan mempunyai kepolaran yang tinggi. Dalam hal ini dapat digunakan pelarut metanol, asetonitril dan air yang dicampurkan dengan perbandingan tertentu.

Fase gerak yang digunakan dalam metoda HPLC harus mempunyai syarat-syarat tertentu yakni mempunyai tingkat kemurnian yang tinggi, mudah didapatkan, titik didih 20 – 50°C di atas temperatur kolom, kekentalan rendah, kurang reaktif, sesuai dengan detektor yang digunakan dan tidak mudah terbakar.

Pemisahan pada HPLC terjadi secara dinamis, oleh sebab itu diperlukan sistem deteksi yang dapat bekerja secara langsung dan menghasilkan rekaman yang spontan dari peristiwa-peristiwa yang terjadi pada kolom HPLC. Detektor harus mempunyai sensitifitas yang baik pada konsentrasi rendah dari analit dan volume yang kecil untuk menghindari pelebaran pita.²⁶

Detektor UV-Vis adalah detektor yang paling banyak digunakan dalam metoda HPLC karena sebagian besar senyawa organik mengabsorpsi sinar dalam daerah UV dari spektrum elektromagnetik. Pada panjang gelombang ini pelarut sangat sedikit atau sama sekali tidak menyerap sinar, sedangkan analit menyerap dengan kuat. Di samping detektor UV-Vis detektor lain yang digunakan yaitu detektor fluorescence, elektrokimia, indeks refraksi, konduktiviti, spektromasa dan FT-IR.

HPLC dengan prinsip kromatografi adsorpsi banyak digunakan digunakan pada industri farmasi dan pestisida. Zat-zat dengan kepolaran yang berbeda, yaitu antara sedikit polar sampai polar dapat dipisahkan dengan HPLC berdasarkan partisi cair-cair. Asam-asam nukleat dapat dipisahkan dengan kolom penukar ion yang dikombinasikan dengan kolom butiran berlapis zat berpori. Pemakaian HPLC pada kromatografi eklusi dilakukan dengan kolom panjang, tujuan utama kerjanya tetap sama yaitu penentuan berat molekul polimer dan masalah-masalah biokimia.²⁵

Pemakaian HPLC ini mempunyai keuntungan yang cukup banyak seperti: analisis dilakukan dalam waktu cepat; daya pisahnya baik; kepekaan terhadap detektor spesifik; kolom HPLC dapat dipakai kembali; cocok untuk analisis senyawa bermolekul besar dan kecil; serta mudah memperoleh cuplikan. Oleh karena itu, HPLC cukup efektif dari segi waktu karena pengujiannya tidak butuh waktu lama, zat yang dipakai cukup sedikit sehingga lebih efisien.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analisis Terapan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang mulai bulan September sampai Januari 2012.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Reaktor ozon (Bioozone space age sterilizer, Natural Health Science Sdn. Bhd, Malaysia), seperangkat alat HPLC, spektrofotometer UV-Vis (S.1000 Secoman, Sarcelles Perancis) untuk mengukur spektrum serapan, Neraca analitik (AA-200, Denver instrument Company), pipet takar, labu ukur, botol, pH meter (Denver instrument Company) dan peralatan gelas lainnya.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Methylene Blue*, CH_3COOH p.a, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, NH_4OH 25%, NH_4Cl , dan akuades.



3.3 Prosedur Kerja

3.3.1. Pembuatan Reagen

a. Pembuatan Larutan CH_3COOH 0,2 M, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,2 M, NH_4OH 0,2M, NH_4Cl 0,2 M

Larutan CH_3COOH 0,2 M dibuat dengan mengencerkan 2,8 mL CH_3COOH p.a dalam labu ukur 250 mL dengan akuades. Larutan $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,2 M, dibuat dengan melarutkan 3,8500 g $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ dengan akuades dalam labu ukur 250 mL. Larutan NH_4OH 0,2 M dibuat dengan mengencerkan 7,7 mL NH_4OH 25% dalam labu ukur 250 mL dengan akuades. Larutan NH_4Cl 0,2 M dibuat dengan melarutkan 2,6750 g NH_4Cl dalam labu ukur 250 mL dengan akuades.

b. Pembuatan Larutan Buffer pH 3

Larutan buffer pH 3 dibuat dengan mencampurkan 50 mL CH_3COOH 0,2 M dan 1 mL $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,2 M, diencerkan dalam labu 500 mL. pH larutan ditepatkan 3 dengan penambahan sedikit CH_3COOH 0,2 M atau $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,2 M sambil diukur dengan menggunakan pH meter.

c. Pembuatan Larutan Buffer pH 5

Larutan buffer pH 5 dibuat dengan mencampurkan 7,4 mL CH_3COOH 0,2 M dan 17,6 mL $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,2 M, diencerkan dalam labu 500 mL. pH larutan ditepatkan 5 dengan penambahan sedikit CH_3COOH 0,2 M atau $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,2 M sambil diukur dengan menggunakan pH meter.

d. Pembuatan Larutan Buffer pH 7

Larutan buffer pH 7 dibuat dengan mencampurkan 0,5 mL NH_4OH 0,2 M dan 90 mL NH_4Cl 0,2 M, diencerkan dalam labu 500 mL. pH larutan ditepatkan 7 dengan penambahan sedikit NH_4OH 0,2 M atau NH_4Cl 0,2 M sambil diukur dengan menggunakan pH meter.

e. Pembuatan Larutan Buffer pH 9

Larutan buffer pH 9 dibuat dengan mencampurkan 25 mL NH_4OH 0,2 M dan 45 mL NH_4Cl 0,2 M, diencerkan dalam labu 500 mL. pH larutan ditepatkan 9 dengan penambahan sedikit NH_4OH 0,2 M atau NH_4Cl 0,2 M sambil diukur dengan menggunakan pH meter.

3.3.2. Degradasi zat warna *Methylene Blue* secara Ozonolisis

a. Pengukuran spektrum serapan *Methylene Blue*

Methylene Blue sebanyak 1,00 gram dilarutkan dalam 1000 mL aquadest untuk mendapatkan larutan induk *Methylene Blue* 1000 mg/L. Kemudian larutan induk *Methylene Blue* 1000 mg/L diencerkan menjadi 4 variasi konsentrasi 10, 20, 30 dan 40 mg/L. Keempat variasi konsentrasi larutan tersebut masing-masing diukur spektrum serapan dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 400-800 nm.

b. Penentuan pH Optimum Ozonolisis

Larutan *Methylene Blue* dengan konsentrasi 20 mg/L dimasukkan ke dalam 4 buah erlenmeyer 20 mL. Larutan disiapkan pada pH 3 dan 5 (suasana asam), pH 7 (netral), pH 9 (suasana basa) dengan penambahan

buffer. Setelah itu dengan mengalirkan ozon ke dalam larutan selama 5 menit. Kemudian dilakukan pengukuran absorban masing-masing larutan yang telah diozonolisis dengan spektrofotometer UV/Vis dengan panjang gelombang 400-800 nm, Kemudian diambil data absorban pada panjang gelombang yang memberikan serapan maksimum.

c. Penentuan persentase Degradasi dengan variasi waktu ozonolisis

Larutan *Methylene Blue* konsentrasi 20 mg/L dimasukkan ke dalam 10 buah erlenmeyer masing-masing sebanyak 20 ml. Setelah itu dengan mengalirkan ozon ke dalam larutan variasi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 menit. Kemudian dilakukan pengukuran absorban masing-masing larutan yang telah diozonolisis dengan spektrofotometer UV/Vis dengan panjang gelombang 400-800 nm.

3.3.3 Analisis Hasil Degradasi *Methylene Blue* Menggunakan HPLC

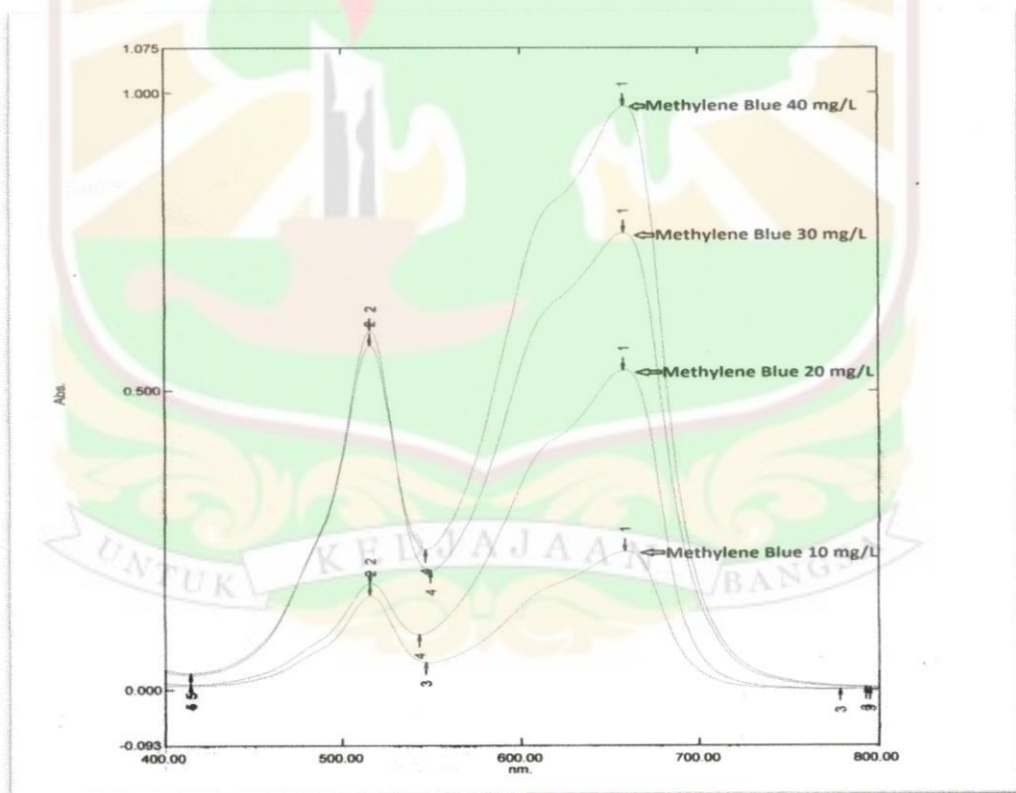
Pendeteksian hasil degradasi dan senyawa yang terbentuk setelah terdegradasinya senyawa *Methylene Blue* dilakukan dengan metoda HPLC. Analisis ini dilakukan pada kondisi-kondisi optimum pendegradasian. Pada metoda ini digunakan Fase gerak: metanol 100 % Volume injeksi: 20 μ L, Laju alir: 1 ml/menit, Detektor: UV-Vis, Panjang gelombang: 658 nm, Temperatur: 40 $^{\circ}$ C, Kolom: C₁₈ (Shim-pack VP-ODS) 250 x 4,6 mm *id*).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

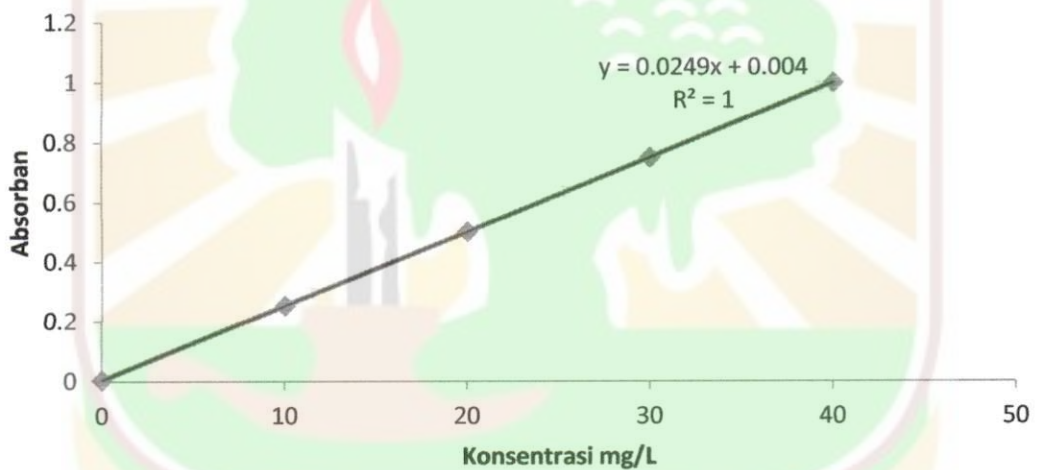
4.1 Pengukuran Spektrum Serapan *Methylene Blue*

Pengukuran spektrum serapan *Methylene Blue* pada konsentrasi pada konsentrasi 10, 20, 30 dan 40 mg/L dalam pelarut air dengan menggunakan spektrofotometer UV/Vis (SHIMADZU) memperlihatkan puncak serapan maksimum pada panjang gelombang 658 nm.



Gambar 4. Spektrum serapan *Methylene Blue* dalam pelarut aquadest pada variasi konsentrasi (a) 10 mg/L, (b) 20 mg/L, (c) 30 mg/L, (d) 40 mg/L

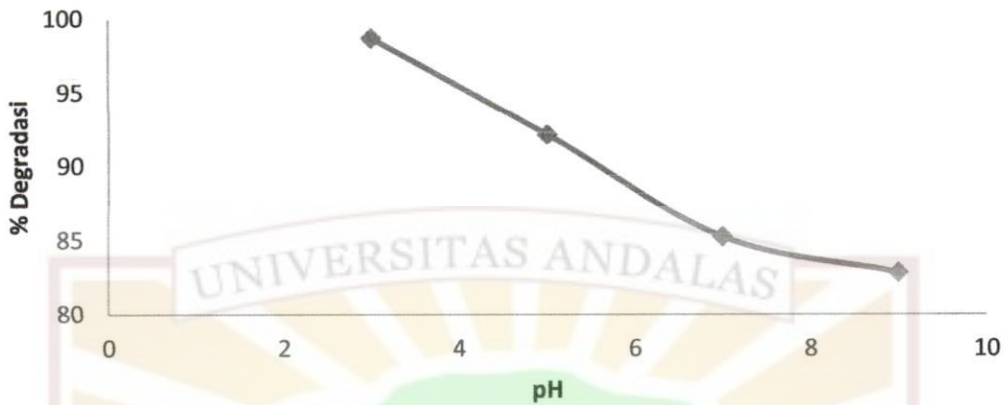
Berdasarkan nilai serapan dari *Methylene Blue* pada hasil pengukuran spektrum UV-Vis dapat dihitung nilai absorbtivitas molar (ϵ) dari *Methylene Blue*. Perhitungan dilakukan berdasarkan Hukum Lambert Beer dengan tebal kuvet (b) yang digunakan 1 cm dan konsentrasi *Methylene Blue* 10, 20, 30, 40 mg/L. Dari perhitungan didapat nilai absorbtivitas molar (ϵ) *Methylene Blue* adalah $8885,404 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$, ini menunjukkan kesensitifan pendeteksian yang cukup tinggi. Perhitungan nilai absorbtivitas dan tabel nilai serapan maksimum dapat dilihat pada lampiran1.



Gambar 5. Kurva kalibrasi standar *Methylene Blue*

Hubungan yang linear antara konsentrasi yang linear antara konsentrasi *Methylene Blue* dengan absorban dapat dilihat pada Gambar 5. Dalam penelitian selanjutnya digunakan larutan *Methylene Blue* 20 mg/L sebagai larutan yang akan ozonolisis.

4.2 Penentuan pH optimum zat warna Methylene Blue secara Ozonolisis

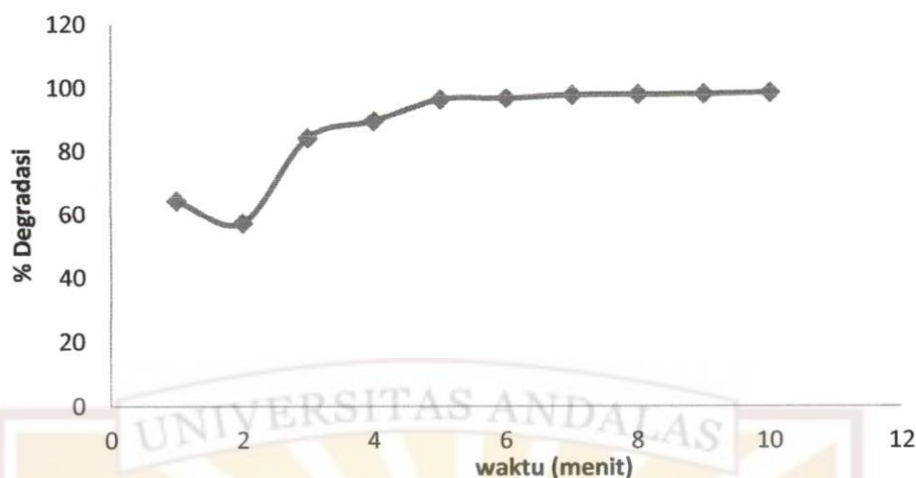


Gambar 6 .Pengaruh pH ozonolisis terhadap presentase degradasi *Methylene Blue*

Dari Gambar dapat diketahui bahwa Penentuan pH optimum untuk Degradasi Zat Warna Methylene Blue secara Ozonolisis yaitu terdapat pada kondisi pH 3 dengan persen Degradasi paling tinggi yaitu 98,69 %. Jadi untuk degradasi zat warna Methylene Blue secara ozonolisis selanjutnya dikondisikan pada pH 3.

4.3 Degradasi *Methylene Blue* dengan variasi waktu ozonolisis

Penentuan waktu terhadap persentase degradasi *Methylene Blue* dilakukan dengan metoda ozonolisis. Dimana larutan *Methylene Blue* 20 mg/L pH 3 dialirkan ozon selama 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 menit. Pengaruh waktu ozonolisis terhadap persen degradasi *Methylene Blue* dapat dilihat pada Gambar 7.

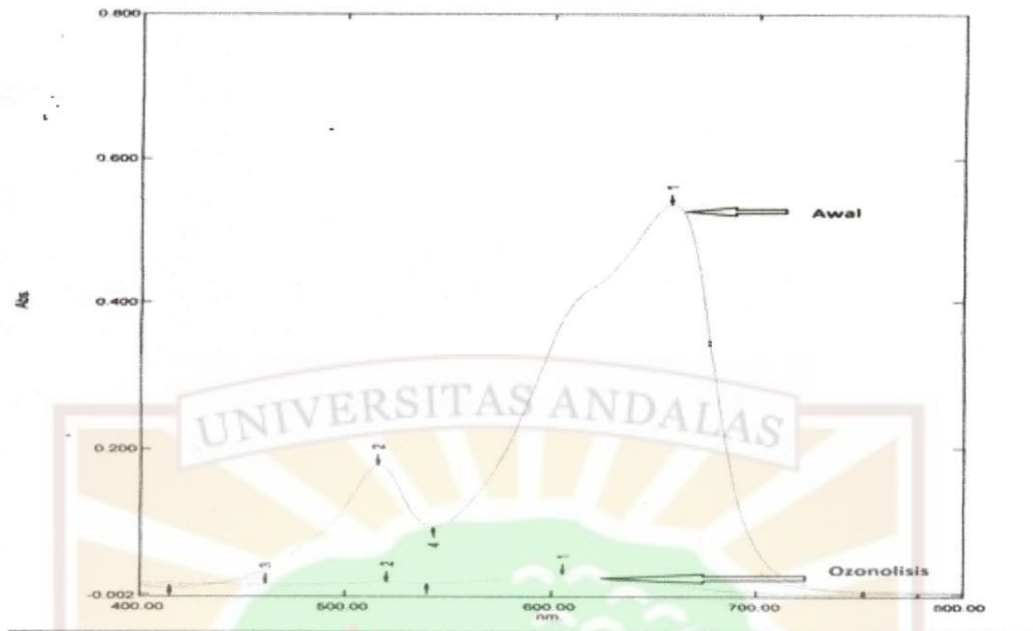


Gambar 7. Pengaruh waktu ozonolisis terhadap persen degradasi *Methylene Blue* 20 mg/L pH 3 (waktu 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 menit)

Dari Gambar 7 terlihat bahwa persentase degradasi *Methylene Blue* meningkat dengan bertambahnya waktu ozonolisis. Semakin lama waktu ozonolisis yang digunakan maka akan semakin besar persentase degradasi yang didapatkan. Pada Gambar 7 terlihat persentase degradasi tertinggi pada waktu 10 menit yaitu 98,51%. Dengan bertambahnya waktu degradasi, ozon (O_3) dapat memproduksi radikal OH lebih banyak. Radikal OH dapat menyerang senyawa *Methylene Blue* yang berada bukan hanya pada permukaan larutan saja, namun juga dapat menyerang senyawa yang berada dalam larutan.

4.4 Spektrum Serapan *Methylene Blue* setelah Ozonolisis

Larutan *Methylene Blue* awal, dan setelah ozonolisis diukur spektrum serapannya pada panjang gelombang maksimum dengan Spektrofotometer UV-Vis. Larutan *Methylene Blue* setelah ozonolisis dilakukan pengukuran spektrum serapannya bertujuan untuk membandingkan efektifitas dalam proses pendegradasian.

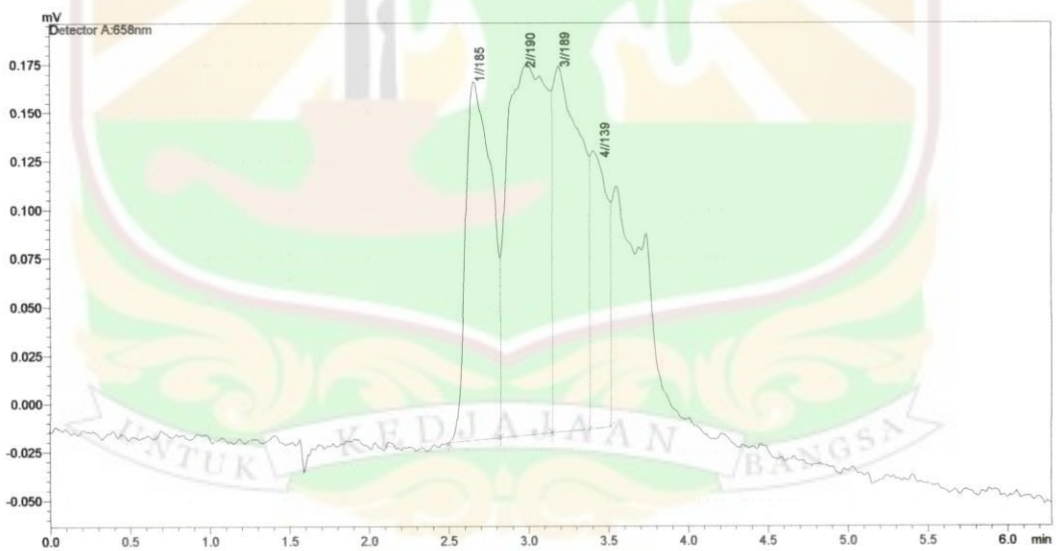
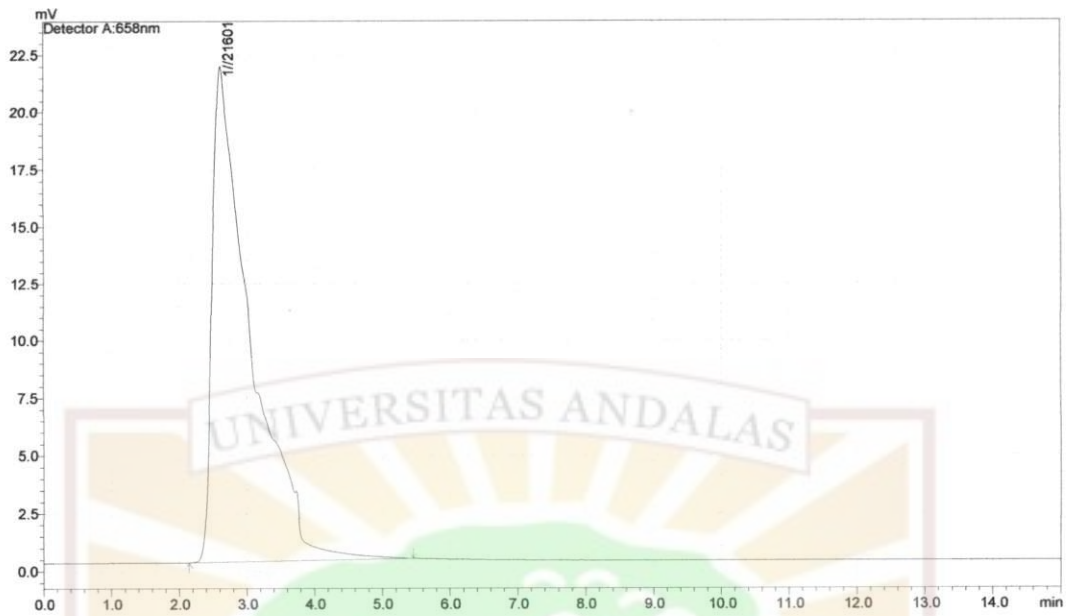


Gambar 8. Spektrum serapan *Methylene Blue* pada waktu optimum dengan spektrofotometer UV-Vis. a) awal b) Ozonolisis

4.5 Kromatogram Hasil Degradasi *Methylene Blue* Secara Ozonolisis dengan menggunakan HPLC

Analisis HPLC dilakukan untuk melihat perbandingan antara degradasi secara ozonolisis waktu optimum. Pada analisis HPLC ini dilakukan pengukuran sampel larutan *Methylene Blue* awal, sampel hasil ozonolisis pada waktu optimum pendegradasian. Sampel yang diinjeksikan pada alat HPLC sebanyak 20 μL . Kondisi HPLC dengan menggunakan fase gerak metanol 100%, laju alir 1 ml/menit dan panjang gelombang 658 nm. Sampel yang diinjeksikan adalah sampel larutan awal *Methylene Blue*, hasil degradasi secara ozonolisis pada waktu 10 menit.

Hasil pengukuran HPLC larutan awal *Methylene Blue*, hasil degradasi secara ozonolisis pada waktu optimum pendegradasian dapat dilihat pada Gambar 9.



b

Gambar 9. Kromatogram *Methylene Blue* Pada Waktu Optimum dengan HPLC. a) awal, b) ozonolisis (**Fase gerak:** metanol 100%, **Volume injeksi:** 20 μ L, **Laju alir:** 1 ml/menit, **Detektor:** UV-Vis, **Panjang gelombang:** 658 nm, **Temperatur:** 40 $^{\circ}$ C, **Kolom:** C₁₈ (Shim-pack VP-ODS) 250 x 4,6 mm id)

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa pada keadaan optimum degradasi terdapat lebih dari satu puncak kromatogram hal ini menandakan senyawa *Methylene Blue* setelah didegradasi secara ozonolisis menghasilkan beberapa senyawa intermediet, ini disebabkan karena *Methylene Blue* yang terkandung didalam sampel sekitar 98 %.

Puncak-puncak kromatogram hasil ozonolisis 10 menit tersebut menandakan senyawa *Methylene Blue* telah berubah menjadi senyawa-senyawa hasil ozonolisis, senyawa intermediet yang terbentuk adalah Azure A dan Azure B.

Hasil ini jelas bahwa dengan metoda ozonolisis dalam waktu sekitar 10 menit merupakan waktu yang optimum untuk mendegradasi *Methylene Blue*, sehingga pada analisis HPLC terdapat 3 puncak yang berbeda waktu retensinya dengan senyawa *Methylene Blue*, 3 puncak tersebut merupakan senyawa hasil degradasi *Methylene Blue* yang lebih sederhana.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.

Degradasi zat warna *Methylene Blue* 20 mg/L secara ozonolisis optimum pada pH 3 dengan persentase degradasi mencapai 98,51% setelah 10 menit ozonolisis. Hasil analisis dengan menggunakan HPLC sesuai dengan hasil persen degradasi yang diperoleh dengan spektrofotometer UV/Vis. Selain itu, pada metoda ozonolisis, sisa degradasi senyawa *Methylene Blue* yang dianalisis menggunakan HPLC menghasilkan beberapa puncak kromatogram. Puncak tersebut selain senyawa *Methylene Blue*, juga terdapat intermediet dari senyawa *Methylene Blue*.

5.2 Saran

Analisis hasil degradasi dengan HPLC menunjukkan terbentuknya puncak-puncak baru dan pemisahan yang masih belum sempurna, maka untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis kualitatif senyawa intermediet hasil degradasi *Methylene Blue* tersebut dan juga mencari kondisi fasa gerak, fasa diam, kolom, dan detektor yang sesuai sehingga bisa dihasilkan pemisahan yang sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

1. W. S. Kuo and P. H. Ho, Solar Photocatalytic Decolorization of Methylene Blue in Water, *J. Chemosphere*, 45 : 77-83. 2001.
2. L.F Tietze, M. Bratz. Ozonololysis Mechanism in Organic, *Org Synth Coll*, 9 : 34, 1998.
3. M. Christina, P. Mu'nisatun, S. Saptaji, R., 2007, *Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Metil Orange dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Bekas Elektron 350 keV/10mA*, JFN, Vol. 1. No. 1. 1978-8738.
4. Safni, Sari, F. Maizatisna, dan Zulfarman, 2009, *Degradasi Zat Warna Mathanil Yellow Secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂ Anatase*, *J. Sains Material Indonesia*, 11(1) : 47 – 51.
5. Mohamad Steiman, Daniel Vildoza, Corinne Ferronato, Jean-Marck Chovelon, 2007, *Photocatalytic degradation of azo dye Metanil Yellow: Optimization and Kinetic Modeling using a chemometric approach*, Elsevier, Vol. 10. No. 1016 : 06.015.
6. L. N. Stock, P. Jullie, Vinadgopal, V. K., 2000, *Prashant Combinative Sonolysis & Photocatalysis for Textile Dye Degradation*, *J. Environ, Sci. Technology*, 34: 1747-1750.
7. 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) : 43 – 49.
8. Safni, U.Loekman, , dan F. Febrianti, 2008, *Degradasi Zat Warna Sudan I Secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂-anatase*, *J. Ris. Kim*, 1(2) : 164 – 170.
9. Safni, Zuki Z, Cheri Haryati, dan Maizatisna, 2008, *Degradasi Zat Warna Alizarin Secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂-anatase*, *J. Pilar Sains*, 17(1) : 31 – 36.
10. Safni, D. F. Wulandari, Zulfarman, Maizatisna, 2008, *Degradasi Indigo Carmin secara sonolisis dan fotolisis dengan penambahan TiO₂-anatase*, *J. Sains MIPA*, 14(3). 143 – 149.
11. L. F. Ali, 2010, *Degradasi Metanil Biru secara Fotolisis dengan Katalis TiO₂-SnO₂*. Skripsi. FMIPA Unand
12. R. Sari, 2010, *Degradasi Rhodamin B secara Fotolisis dengan katalis TiO₂-SnO₂*, Skripsi, FMIPA Unand.

13. O'Neil, M. J., 2001, *An Encyclopedia of Chemical, Drugs and Biologicals*, Merks Indez, 13th ed, Merck and Co. iNc, USA, No. 5958. hal 1089.
14. Syukri, H. Aziz, dan A. Alif, 2008, *Seng Oksida (ZnO) Sebagai Fotokatalis Pada Proses Degradasi Senyawa Biru Metilen*, *J. Ris. Kim.*, 1(2) : 179 – 186
15. Syukri Arief, Safni, dan P. P. Roza, 2007, *Degradasi Senyawa Rhodamin B Secara Sonolisis dengan Penambahan TiO₂ Hasil Sintesa Melalui Proses Sol-Ge.*, *J. Ris. Kim*, 1(1) : 64 – 70.
16. Safni, Zulfarman, dan D. F. Wulandari, 2008, *Degradasi Indigo Carmine Secara Sonolisis dan Fotolisis dengan Penambahan TiO₂-anatase*, *J. Sains MIPA*, 14(3) : 143 – 149 .
17. Kamus Lengkap Kimia Oxford, Erlangga, Jakarta, 1994.
18. Matthews, R.W., 1999, *Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*, Ollis, D. F, Al-Ekabi H., Eds, Elsevier, Amsterdam.
19. Adamson, A., 1990, *Physical Chemistry of Surface*, John Willey and Sons. New York. p 730-731.
20. Mao, Y and A. Bakac, 1996, *Photocatalytic Oxidation of Toluene to Benzaldehyde by Molecular Oxygen*, *J. Phys. Chem*, 100. 10. p 4219.
21. R. Manurung., R, Hasibuan, 2004, *Perombakan ZAt Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob*, e-USU Repository, Sumatra Utara.
22. Khopkar, S.M, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Hal 168, UI Press, 1990.
23. Underwood, A.L, R. A. Day, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Terjemahan Handayana, Pujdaatmaka, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta : pp. 384-422, 2002
24. Gritter, R. J, J. M. Bobbit and E.S. Arthur, *Intoduction to Chromatography*, Terjemahan oleh Kasasih Padmawita, Edisi ke-2, Penerbit ITB, Bandung, 1991
25. Skoog, D.A, *Principles of Instrumental Analysis*, 3rd ed, Sounders Golden sumburst series, New York, 1985.
26. Poole, C. F, and S. K. Poole, *Choromatography today*, 1st ed, Elsevier science B. V, Netherlands, 1994.
27. Xu, Xian-wen, S. Hui-xiang, W. Da-hui, *Ozonation with ultrasonic enhancement of p-nitrophenol wastewater*. *J. Zhejiang Univ Science B*.5 : 319-323, 2005.

Lampiran 1. Perhitungan penentuan absorbtivitas Molar (ϵ)

Tabel 1. Data absorban Methylene Blue pada variasi konsentrasi

Konsentrasi (mg/L)	Absorban (A)
10	0,231
20	0,536
30	0,765
40	0,978

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

Dimana :

A = Absorban

b = Lajur larutan (cm)

c = Konsentrasi (g L⁻¹)

ϵ = Absorbtivitas molar (L mol⁻¹ cm⁻¹)

Mr = Massa molekul relatif (g mol⁻¹)

- Untuk konsentrasi larutan *metanil yellow* 10 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,231}{1 \text{ cm} \times 0,01 \text{ g/L}} \times 355,89 \text{ g/mol} = 8221,059 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

- Untuk konsentrasi larutan *metanil yellow* 20 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,536}{1 \text{ cm} \times 0,02 \text{ g/L}} \times 355,89 \text{ g/mol} = 9537,852 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

- Untuk konsentrasi larutan *metanil yellow* 30 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,765}{1 \text{ cm} \times 0,03 \text{ g/L}} \times 355,89 \text{ g/mol} = 9075,195 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

- Untuk konsentrasi larutan *metanil yellow* 40 mg/L

$$\epsilon = \frac{0,978}{1 \text{ cm} \times 0,04 \text{ g/L}} \times 355,89 \text{ g/mol} = 8701,511 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

Absorbktivitas Molar (ϵ) rata-rata :

$$= \frac{8221,059 + 9537,852 + 9075,195 + 8701,511}{4}$$

4

$$= 8885,404 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$



Lampiran 2. Data absorban dan perhitungan persentase degradasi *Methylene Blue* 20 mg/L berdasarkan pengaruh pH Ozonolisis

Tabel 2. Data absorban dan persentase degradasi *Methylene Blue* 20 mg/L berdasarkan pengaruh pH Ozonolisis

pH	Absorban	Absorban	% Degradasi
	Awal	Akhir	
3	0,536	0,007	98,69%
5	0,536	0,042	92,16%
7	0,536	0,079	85,26%
9	0,536	0,092	82,83%

$$\text{Persen degradasi} = \frac{A_{\text{awal}} - A_{\text{akhir}}}{A_{\text{awal}}} \times 100\%$$

- Ozonolisis *Methylene Blue* 20 mg/L pH 3
 $\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,007}{0,536} \times 100 \% = 98,69\%$
- Ozonolisis *Methylene Blue* 20 mg/L pH 5
 $\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,042}{0,536} \times 100 \% = 92,16\%$
- Ozonolisis *Methylene Blue* 20 mg/L pH 7
 $\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,079}{0,536} \times 100 \% = 85,26\%$
- Ozonolisis *Methylene Blue* 20 mg/L pH 9
 $\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,092}{0,536} \times 100 \% = 82,83\%$

Lampiran 3. Data absorban dan perhitungan persentase degradasi Methylene Blue 20 mg/L pH 3 berdasarkan pengaruh waktu Ozonolisis

Tabel 3. Data absorban dan persentase degradasi Methylene Blue 20 mg/L pH 3 berdasarkan pengaruh waktu Ozonolisis

Waktu (Menit)	Absorban	Absorban	%Degradasi
	Awal	Akhir	
1	0,536	0,229	57,28%
2	0,536	0,191	64,36%
3	0,536	0,085	84,14%
4	0,536	0,056	89,55%
5	0,536	0,019	96,45%
6	0,536	0,017	96,83%
7	0,536	0,012	97,76%
8	0,536	0,011	97,95%
9	0,536	0,010	98,13%
10	0,536	0,008	98,51%

$$\text{Persen degradasi} = \frac{A_{\text{awal}} - A_{\text{akhir}}}{A_{\text{awal}}} \times 100\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 1 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,229}{0,536} \times 100 \% = 57,28\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 2 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,191}{0,536} \times 100 \% = 64,36\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 3 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,085}{0,536} \times 100 \% = 84,15\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 4 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,056}{0,536} \times 100 \% = 89,55\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 5 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,019}{0,536} \times 100 \% = 96,45\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 6 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,017}{0,536} \times 100 \% = 96,83\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 7 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,012}{0,536} \times 100 \% = 97,76\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 8 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,011}{0,536} \times 100 \% = 97,95\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 9 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,010}{0,536} \times 100 \% = 98,13\%$$

- Ozonolisis Methylene Blue 20 mg/L pH 3 selama 10 menit

$$\% \text{ Degradasi} = \frac{0,536 - 0,008}{0,536} \times 100 \% = 98,51\%$$

