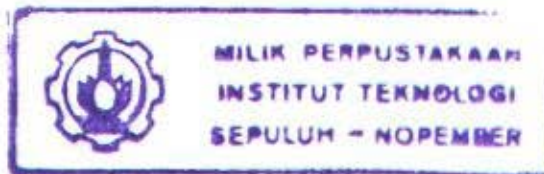


20.048/H/04



⁴⁰⁷
**KINERJA FULLERIT SEBAGAI FOTOSENSITIZER
PADA GENERATOR OKSIGEN SINGLET (GOS)**

SKRIPSI

Oleh

**NIKO HERBERT.S
NRP.1499100032**

*Rskri
547.35
Nil
K-1
2004*



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	24-2-2004
Terima Dari	H/
No. Agenda Prp.	219644

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004**

**KINERJA FULLERIT SEBAGAI FOTOSENSITIZER
PADA GENERATOR OKSIGEN SINGLET (GOS)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Menyelsaikan Program S-1 Kimia
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh

**NIKO HERBERT.S
NRP.1499100032**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004**

**KINERJA FULLERIT SEBAGAI FOTOSENSITIZER
PADA GENERATOR OKSIGEN SINGLET (GOS)**

SKRIPSI

Oleh

**NIKO HERBERT.S
NRP. 1499100032**

Surabaya, Pebruari 2004

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

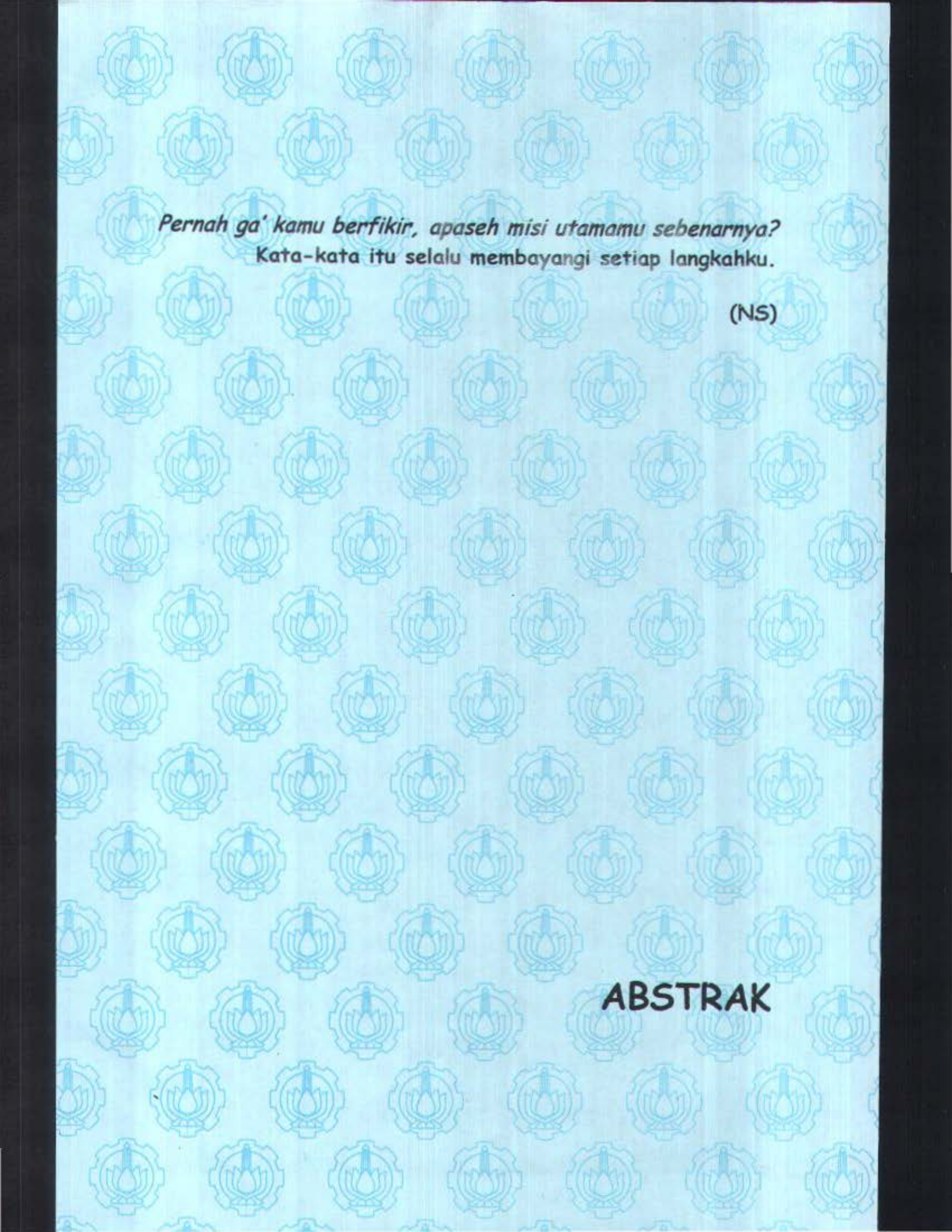


**DR. SYAFSIR AKHLUS, MSc
NIP. 131 758 100**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia FMIPA-ITS



**DR. MARDI SANTOSO
NIP. 131 869 968**



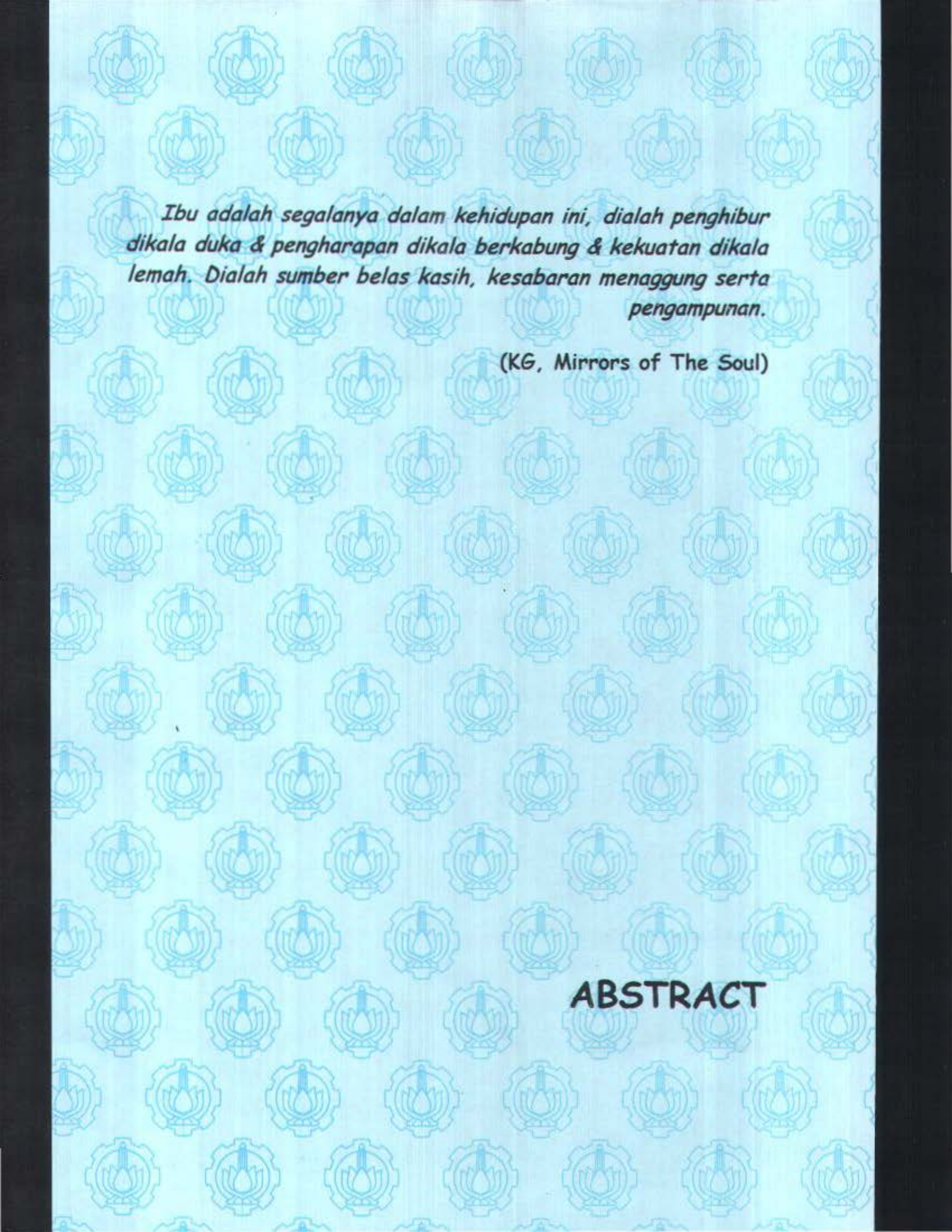
Pernah ga' kamu berfikir, apaseh misi utamamu sebenarnya?
Kata-kata itu selalu membayangi setiap langkahku.

(NS)

ABSTRAK

ABSTRAK

Konsentrasi fotosensitizer adalah salah satu faktor yang mempengaruhi proses oksidasi lidokaina secara fotokimia. Fotosensitizer yang digunakan adalah fullerit sedangkan lidokaina sebagai respon oksigen singlet. Pembentukan oksigen singlet dilakukan dengan cara mengalirkan oksigen dan larutan fullerit ke generator oksigen singlet (GOS) dengan variasi konsentrasi fullerit adalah $2,5 \times 10^{-5}$ M; 1×10^{-5} M; $7,5 \times 10^{-6}$ M; 5×10^{-6} M; dan $2,5 \times 10^{-6}$ M. Kemudian, GOS disinari selama satu jam dengan lampu halogen 4×100 W sebagai sumber foton. Oksigen singlet yang terbentuk kemudian dialirkan ke reaktor pengoksidasi (RP) yang di dalamnya terdapat lidokaina. Dari data analisa diketahui bahwa kinerja fullerit optimum pada konsentrasi $2,5 \times 10^{-5}$ M.



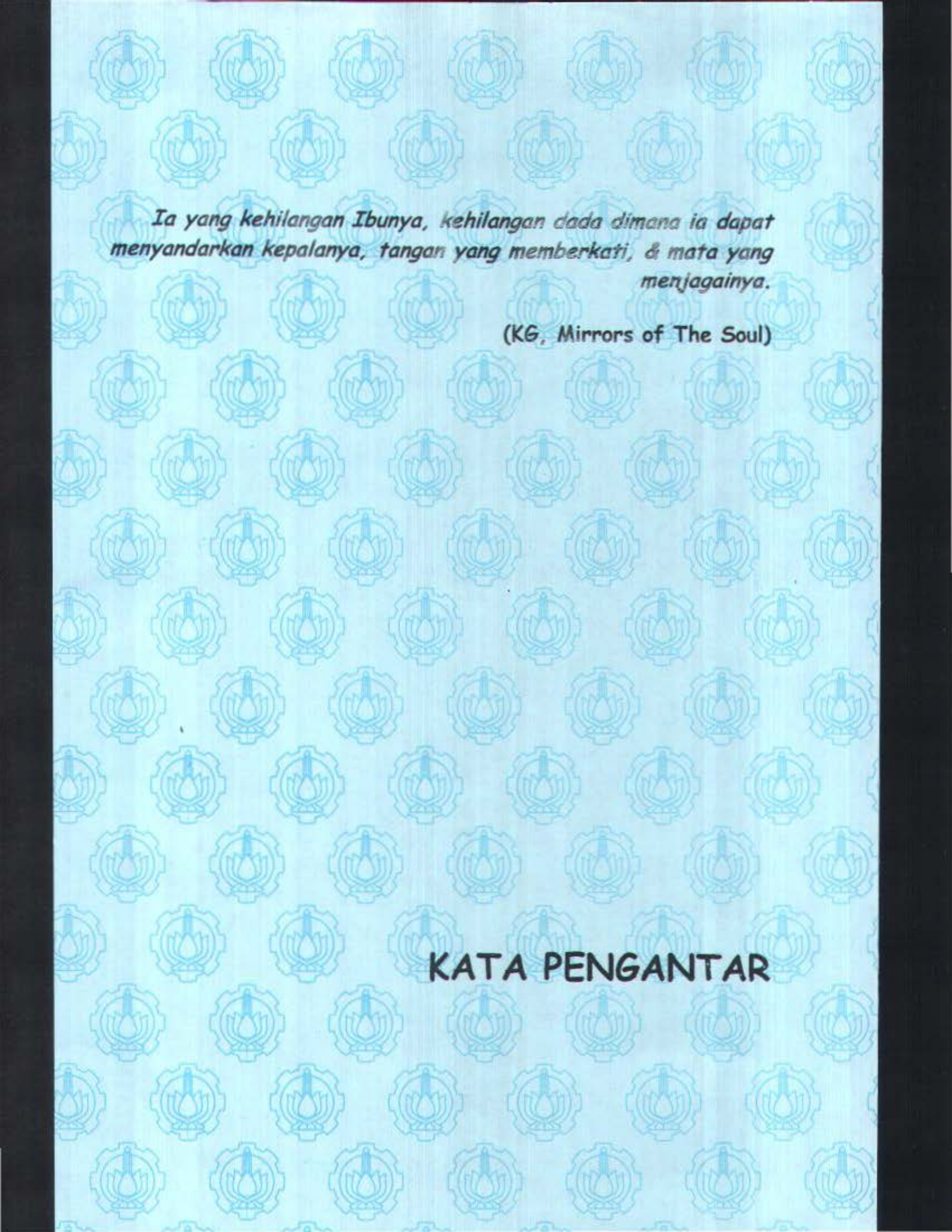
Ibu adalah segalanya dalam kehidupan ini, dialah penghibur dikala duka & pengharapan dikala berkabung & kekuatan dikala lemah. Dialah sumber belas kasih, kesabaran menaggung serta pengampunan.

(KG, Mirrors of The Soul)

ABSTRACT

ABSTRACT

Photosensitizer concentration is one of factor affecting lidocaine oxydation process photochemically. Photosensitizer used is fullerite, while lidocaine is singlet oxygen response. Singlet oxygen forming is carried out by flowing oxygen and fullerite solution to Singlet Oxygen Generator (SOG) with concentration of fullerite respectively: $2,5 \times 10^{-5}$ M; 1×10^{-5} M; $7,5 \times 10^{-6}$ M; 5×10^{-6} M; and $2,5 \times 10^{-6}$ M. After that, SOG is lighted for 1 hour with halogen lamp 4×100 W as foton source. Formed singlet oxygen flow to oxydator reactor (OR) where lidocaine placed in. From analysis data, obtained that optimum fullerite performance on concentration $2,5 \times 10^{-5}$ M.



*Ia yang kehilangan Ibunya, kehilangan dada dimana ia dapat
menyandarkan kepalanya, tangan yang memberkati, & mata yang
menjagainya.*

(KG, Mirrors of The Soul)

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segenap puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Penguasa Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **"Kinerja Fullerit Sebagai Fotosensitizer Pada Generator Oksigen Singlet (GOS)"**.

Dengan tersusunnya Skripsi ini, ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Syafsir Akhlus, MSc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan dan membantu hingga selesainya Skripsi ini.
2. Bapak Dr. Mardi Santoso selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA-ITS.
3. Bapak Drs. Djoko Hartanto, MSi selaku dosen wali yang telah banyak memberi bimbingan dan pengarahan selama menempuh studi di Kimia ITS.
4. Bapak dan Ibu dosen di lingkungan FMIPA-ITS yang secara langsung maupun tak langsung membantu terselesainya Skripsi ini.
5. Semua pihak yang telah membantu terselesainya Skripsi ini.

Penulis telah menyelesaikan Skripsi ini dengan maksimal dengan mengharapkan hasil yang baik dengan penyajian yang terbaik. Namun, makalah ini sangat perlu lebih disempurnakan. Penulis menaruh harapan adanya sisi manfaat bagi penulis sendiri dan bagi pembaca yang budiman dari Skripsi ini.

Surabaya, Pebruari 2004

Penulis





Cinta . . . tumbuh karena terbiasa
Cinta . . . akan semakin terasa bila orang itu telah tiada

(NS)

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	5
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Fotokimia	
2.1.1. Hukum Fotokimia	6
2.1.2. Proses Fotokimia	8
2.1.3. Keadaan Transisi Elektronik	11
2.1.4. Fotosensitizer	16
2.2. Oksigen Singlet dan Fotooksidasi	
2.2.1. Keadaan Singlet dan Triplet	18
2.2.2. Sifat-sifat Oksigen	19
2.2.3. Pembentukan Oksigen Singlet	20

2.2.4. Fotooksidasi dengan Oksigen Singlet	20
2.2.5. Struktur Molekul Oksigen	21
2.3. Fullerit	
2.3.1. Sifat-Sifat Fullerit	25
2.3.2. Fullerit sebagai Sensitizer Oksigen Singlet	28
2.4. Lidokaina	
2.4.1. Sifat-sifat Lidokaina	28
2.4.2. Reaksi Lidokaina dengan Oksigen Singlet	29
2.5. Spektrofotometer UV-VIS	
2.5.1. Proses Absorpsi Cahaya Spektrofotometer UV-VIS	31
2.5.2. Hukum Beer Spektrofotometri	33
2.6. Spektrofotometri Inframerah	36
2.6.1. Peralatan Spektrofotometer IR	38
2.6.2. Cara-cara Penanganan Cuplikan	39

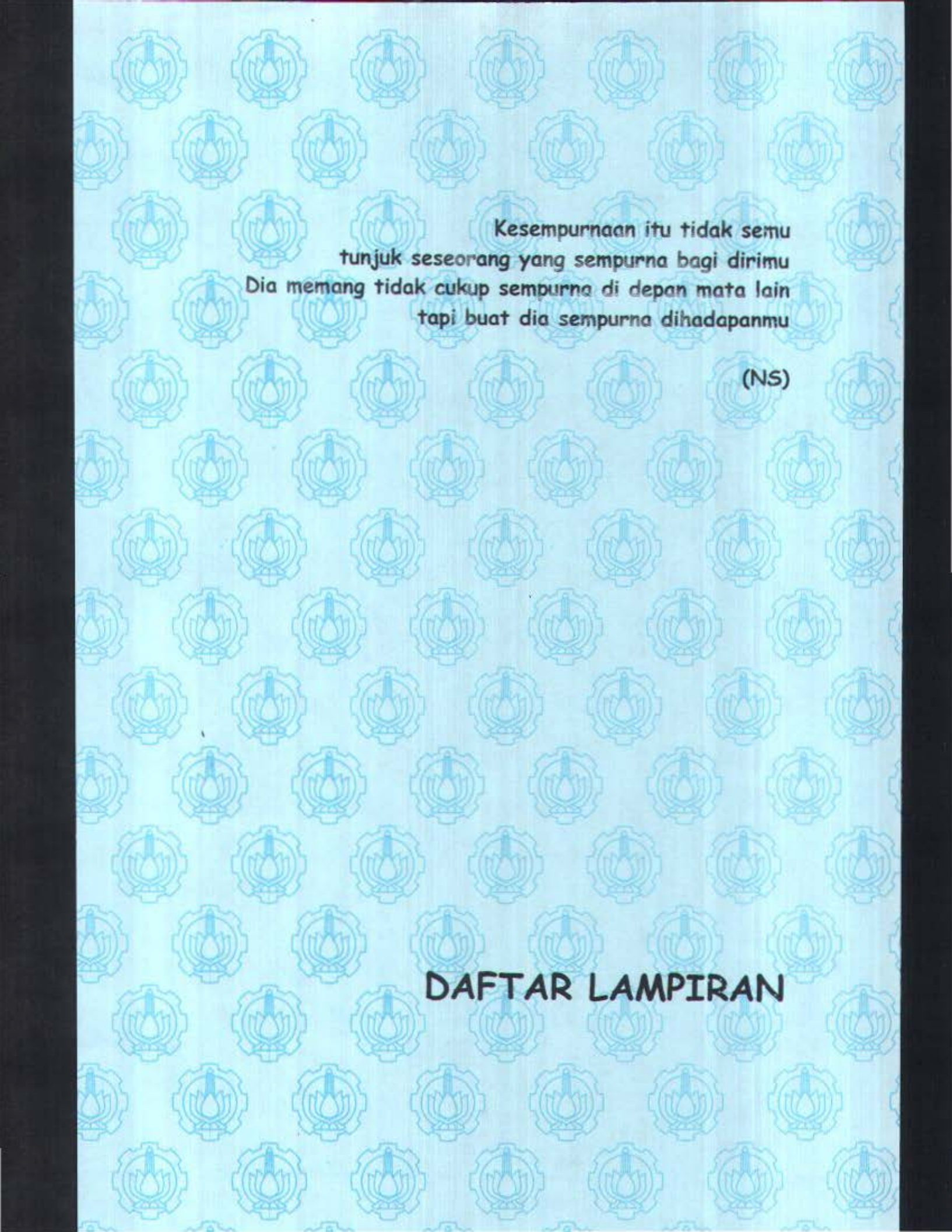
BAB III METODOLOGI

3.1. Alat dan Bahan	
3.1.1. Alat	43
3.1.2. Bahan	43
3.2. Prosedur Percobaan	
3.2.1. Pembuatan Fotosensitizer	44
3.2.2. Pembuatan Larutan Lidokaina	44
3.2.3. Cara Kerja GOS	44

3.2.4. Proses Oksidasi Lidokaina	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Persiapan Larutan Fullerit	47
4.2. Pengaruh Konsentrasi Fullerit dalam Mengoksidasi Lidokaina	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	

3.2.4. Proses Oksidasi Lidokaina	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Persiapan Larutan Fullerit	47
4.2. Pengaruh Konsentrasi Fullerit dalam Mengoksidasi Lidokaina	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	





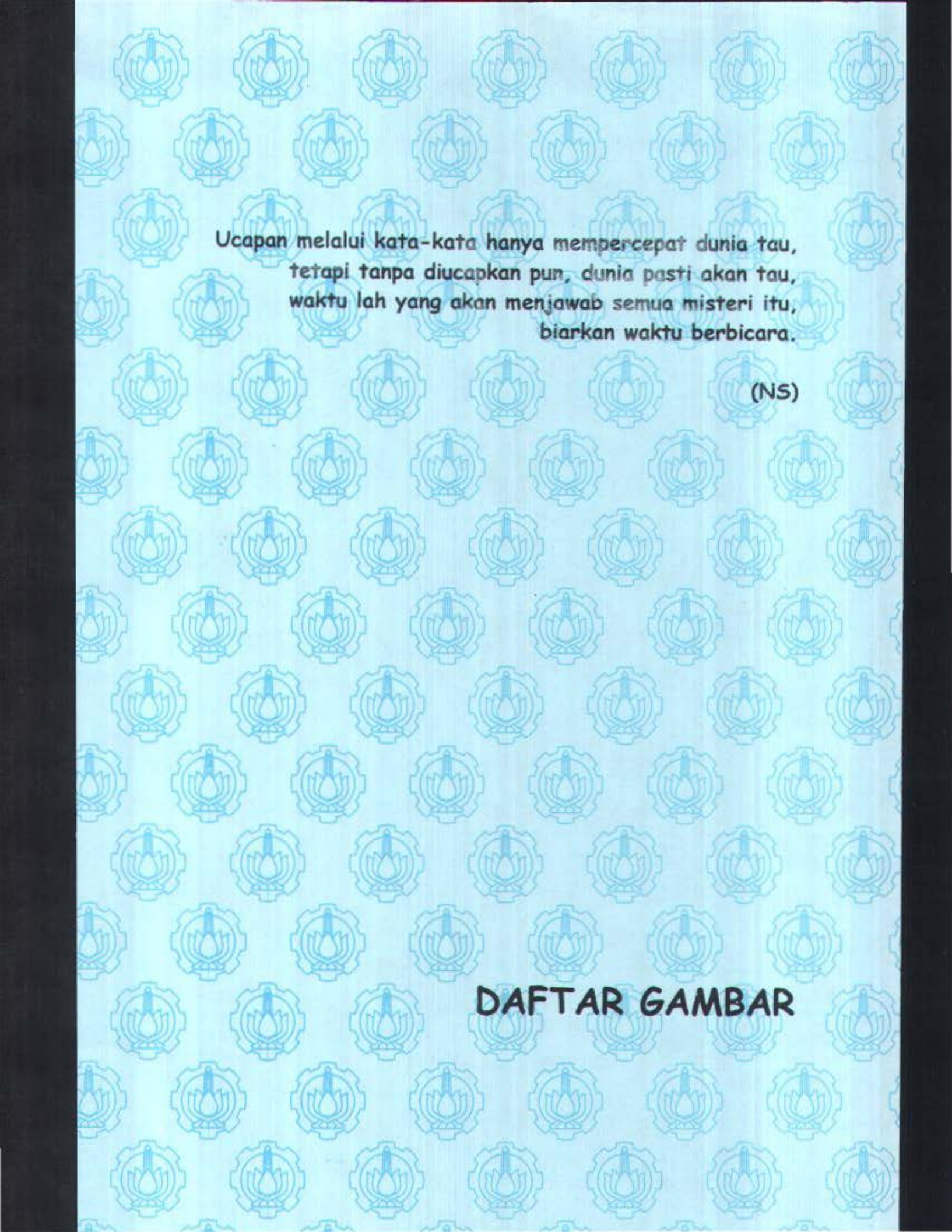
Kesempurnaan itu tidak semu
tunjuk seseorang yang sempurna bagi dirimu
Dia memang tidak cukup sempurna di depan mata lain
tapi buat dia sempurna dihadapanmu

(NS)

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Nama	Halaman
Lampiran A	Skema Kerja	70
Lampiran B	Perhitungan	71



**Ucapan melalui kata-kata hanya mempercepat dunia tau,
tetapi tanpa diucapkan pun, dunia pasti akan tau,
waktu lah yang akan menjawab semua misteri itu,
biarkan waktu berbicara.**

(NS)

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Nama	Halaman
2.1.	Diagram Energi Jablonski	10
2.2.	Skema keadaan tereksitasi pada suatu molekul	14
2.3.	Reaksi oksigen singlet dengan ikatan tidak jenuh	21
2.4.	Penempatan elektron pada orbital molekul oksigen	22
2.5.	Susunan elektronik orbital molekul oksigen	24
2.6.	Model struktur dari fullerit (C_{60})	25
2.7.	Struktur lidokaina	29
2.8.	Reaksi lidokaina dengan oksigen singlet	29
2.9.	Kromatogram GC-MS	30
2.10.	Blok diagram untuk memperlihatkan unsur-unsur spektrofotometer sinar tunggal	33
2.11.	Diagram spektrofotometer inframerah	41
2.12.	Wadah cuplikan pada spektrofotometer IR: (a) Tabung kapiler, (b) wadah pelet, (c) wadah larutan	42
3.1.	Rangkaian generator oksigen singlet (GOS)	46
4.1.	Spektrum UV-Vis dari fullerit	48
4.2.	Kurva standar larutan fullerit	49
4.3.	Spektrum UV-Vis dari lidokaina	51
4.4.	Grafik pengukuran absorbansi senyawa lidokaina dalam metanol 0.03 M terhadap perubahan konsentrasi fullerit dalam toluen selama 1 jam oksidasi	52

4.5. Spektrum FT-IR dari lidokaina standar 0.03 M	56
4.6. Spektrum FT-IR lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M dengan cahaya	57
4.7. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M tanpa cahaya	58
4.8. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 1.0×10^{-5} M dengan cahaya	59
4.9. Spektrum FT-IR pada lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 1.0×10^{-5} M tanpa cahaya	60
4.10. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 7.5×10^{-6} M dengan cahaya	61
4.11. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M dengan cahaya	62
4.12. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M tanpa cahaya	63
4.13. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-6} M dengan cahaya	63

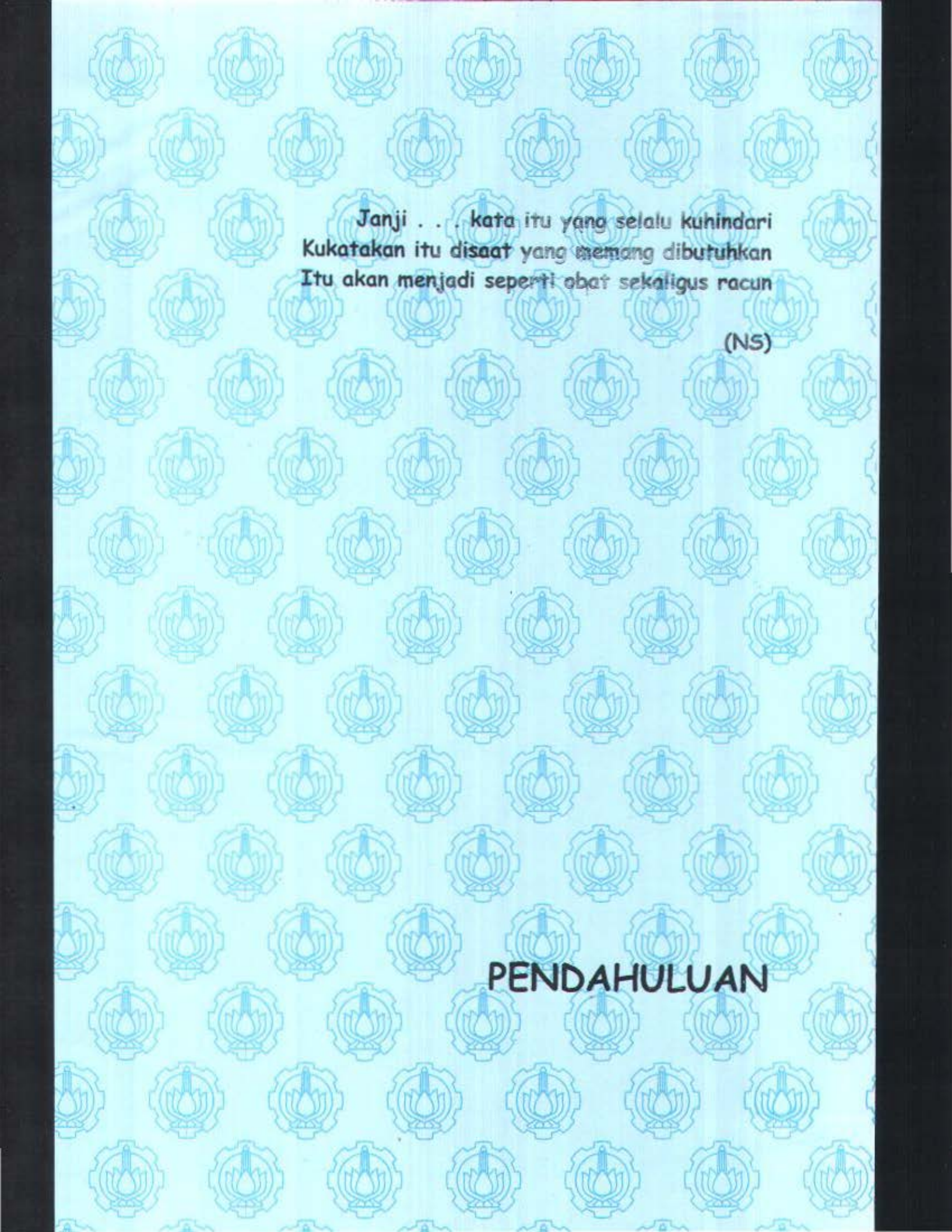
Semua yang kulakukan bersamamu adalah kata hatiku
Tidak sedikit pun memandang rendah dirimu
Kamu tidak sendiri
Aku bisa merasakan rasa sakit dalam hatimu
Karena aku sudah merasakannya
Memang benar adanya

Tapi kan !!!
(NS)

DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel	Nama	Halaman
4.1.	Data absorbansi larutan fullerit sebelum proses oksidasi	48
4.2.	Data konsentrasi fullerit setelah proses oksidasi	50
4.3.	Hasil analisa oksidasi lidokaina dengan spektrofotometer UV-Vis	52



Janji . . . kata itu yang selalu kuhindari
Kukatakan itu disaat yang memang dibutuhkan
Itu akan menjadi seperti obat sekaligus racun

(NS)

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Fotooksidasi lidokaina merupakan fotooksidasi yang menggunakan gas oksigen yang diubah menjadi oksigen singlet sebagai pengoksidasi senyawa lidokaina. Molekul oksigen singlet dihasilkan secara fotokimia melalui irradiasi dengan adanya suatu sensitizer (pemeka). Molekul oksigen dalam keadaan tereksitasi singlet, khususnya keadaan $^1\Delta_g$, yang mempunyai waktu hidup yang jauh lebih panjang daripada keadaan triplet, $^3\Sigma_g^-$, bereaksi dengan berbagai substrat organik tidak jenuh menyebabkan oksidasi spesifik pada senyawa-senyawa lidokaina. Konsentrasi sensitizer dan konsentrasi lidokaina serta laju alir oksigen akan mempengaruhi oksidasi pada lidokaina.

Sensitizer diperlukan untuk menghasilkan oksigen singlet secara fotonis. Bila sensitizer diberi cahaya, senyawa akan tereksitasi ke keadaan singlet, setelah tereksitasi, sensitizer akan turun ke keadaan triplet dan mentransfer energinya kepada oksigen sehingga molekul

oksigen tereksitasi ke keadaan singlet. Oksigen singlet inilah yang digunakan sebagai oksidator (Rabek, 1996).

Fullerit merupakan suatu jenis fotosensitizer yang sangat baik. Fullerit merupakan akseptor elektron yang baik dan sebagai fotosensitizer yang efisien untuk oksigen singlet (Quaranta, 1995). Fullerit merupakan bentuk padatan dari fulleren yang larut dalam pelarut organik.

Sumber foton yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari lampu halogen yang mempunyai radiasi elektromagnetik dalam daerah sinar tampak dan ultraviolet. Sinar lampu halogen (warna kuning) dengan panjang gelombang 590 nm akan diabsorpsi oleh kromofor sensitizer yang menyebabkan energi sensitizer akan meningkat dalam keadaan tereksitasi. Penurunan kekuatan cahaya dalam kromofor yaitu sejumlah radiasi yang diserap dalam kromofor ini hingga jumlah kemungkinan tumbukan yang terjadi dalam kromofor ini adalah sebanding dengan jumlah spesies terjadi dalam kromofor dan jumlah foton yang melaluinya. Pada keadaan tereksitasi tersebut, fotosensitizer akan kehilangan energi vibrasi dengan cepat hingga mencapai nol dan dapat menyebabkan persilangan antar sistem dari keadaan tereksitasi singlet terendah menjadi triplet terendah. Pada keadaan triplet terendah memiliki waktu hidup yang lebih panjang sehingga dapat mentransfer energi elektroniknya

dengan baik ke oksigen membentuk oksigen singlet. Kemudian oksigen singlet digunakan untuk bereaksi dengan lidokaina.

Pada penelitian sebelumnya, selama penyinaran, fotosensitizer bercampur dengan resin (pulp) di dalam reaktor yang sama sehingga menyebabkan fotosensitizer menjadi pudar akibat penyinaran secara terus menerus. Selain itu juga terjadi pencampuran fotosensitizer dan hasil bleaching sehingga perlu proses pemisahan. Untuk mengetahui masalah tersebut, telah dilakukan proses bleaching dengan menggunakan reaktor katil bergerak (Akhlus, 2000a).

Penelitian ini didukung dengan penelitian-penelitian sebelumnya antara lain pada penelitian fotokimia morfolin dan amin dengan C_{60} (Inoue, dkk, 1995). Suatu reaksi dengan adanya oksigen yang berlebih ditentukan dengan analisis dasar dengan kontrol reaksi tanpa adanya oksigen. Dinyatakan bahwa oksigen membutuhkan $C_{60}O_n$ dalam reaksinya. $C_{60}O$ dihasilkan hanya sebanyak 7% dari irradiasi C_{60} selama 18 jam yang mana menghasilkan lapisan endapan berwarna coklat (Creegan, dkk, 1992). Pada penelitian lain mengenai penggunaan C_{60} yaitu dikatakan bahwa sensitizer dapat memproduksi oksigen singlet melalui transfer energi ke oksigen pada keadaan dasar. Pembentukan oksigen singlet sangat sulit antara cahaya dan oksigen sehingga diperlukan

C_{60} yang merupakan fotosensitizer yang sangat baik (Arbogast, dkk, 1991). Sedangkan penelitian mengenai lidokaina adalah reaksi kimia oksigen singlet dengan amina menghasilkan senyawa hidroperoksida dan dehidrogenasi sebagai produk utama (Lissi, 1993; Encinas, 1987; Schaefer, 1970). Metode Mair (Mair, 1964) digunakan untuk penentuan hidroperoksida dan turunan amina dengan konsentrasi ekuivalen sampai 0.0153 M diperoleh jika 0.03 M lidokaina dalam asetonitril diradiasi selama 12 jam dengan keberadaan rose bengal sebagai fotosensitizer.

Pada penelitian ini akan dilakukan fotooksidasi larutan lidokaina dengan menggunakan sensitizer fullerit (C_{60}) dengan menggunakan lampu halogen sebagai sumber foton pada Generator Oksigen Singlet (GOS). Sensitizer dan oksigen dialirkan ke dalam GOS sehingga akan terbentuk oksigen singlet yang kemudian dialirkan ke reaktor pengoksidasi (RP) yang berisi larutan lidokaina sebagai respon oksigen singlet. Kinerja optimum fullerit akan diteliti sehingga diketahui konsentrasi yang sesuai dalam menghasilkan oksigen singlet yang baik untuk mengoksidasi lidokaina.

Hasil yang diperoleh dari oksidasi lidokaina akan diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk membandingkan absorbansi sebelum dan sesudah dioksidasi

dengan oksigen singlet. Setelah itu lidokaina diuji dengan spektrofotometer inframerah (FT-IR) yang digunakan untuk mengetahui gugus-gugus dari produk yang terbentuk.

1.2. Permasalahan

Permasalahan dari penelitian ini adalah bagaimana kinerja fullerit pada Generator Oksigen Singlet yang digunakan sebagai fotosensitizer dengan memvariasi konsentrasinya dalam mengoksidasi lidokaina.

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui optimasi kinerja fullerit pada Generator Oksigen Singlet yang digunakan sebagai fotosensitizer penghasil oksigen singlet dengan memvariasi konsentrasinya untuk mengoksidasi lidokaina secara fotonis.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan fullerit sebagai fotosensitizer yang dimasukkan ke dalam Generator Oksigen Singlet dengan menggunakan cahaya lampu halogen sebagai sumber foton dan menggunakan lidokaina sebagai bahan yang dioksidasi.



Sahabat adalah kebutuhan jiwa, yang mesti terpenuhi

(KG, The Prophet)

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fotokimia

2.1.1. Hukum Fotokimia

Fotokimia adalah perubahan kimia yang disebabkan oleh cahaya. Cahaya yang dimaksud disini adalah radiasi elektromagnetik dalam daerah sinar tampak dan ultraviolet yang memiliki panjang gelombang 100 nm sampai 700 nm. Perubahan kimia diterjemahkan secara luas dan dimasukkan sejumlah peristiwa yang terjadi pada tingkat molekul setelah mengabsorpsi foton (Coyle, 1995).

Hukum pertama fotokimia, Grotthos (1817) dan Draper (1843) menyatakan bahwa sinar yang diserap molekul dapat mengakibatkan perubahan. Kedua, Stark dan Einstein (1908-1912) menyatakan bahwa molekul menyerap kuantum tunggal suatu cahaya sehingga molekul tersebut tereksitasi.



Maka, satu mol foton mengeksitasi satu mol molekul. Jika radiasi elektronik yang digunakan berlebih maka molekul dapat menyerap dua foton secara berurutan.



Dalam fotokimia, intensitas cahaya, I_a , menyatakan jumlah foton yang diserap oleh sistem per volume per waktu. Intensitas merupakan energi yang diserap per unit volume per waktu dibagi $Nah\nu$ dari suatu panjang gelombang tertentu. Kecepatan reaksi fotokimia sebanding dengan intensitas cahaya yang diserap dan sebanding dengan konstanta kuantum, Φ . Untuk reaksi;



kecepatan reaksinya dinyatakan persamaan:

$$V = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{2} \frac{d[B]}{dt} = \frac{d[C]}{dt} = \Phi I_a$$

sehingga konstanta kuantum reaksinya tidak tergantung reaktan. Konstanta kuantum reaksi, Φ , sebanding dengan kecepatan reaksi dibagi cahaya yang diserap.

$$\Phi = \frac{V}{I_a}$$

Konstanta kuantum merupakan perbandingan molekul yang mengalami perubahan dalam reaksi fotokimia dibagi dengan jumlah foton yang diserap:

$$\Phi = \frac{\text{molekul}}{\text{foton - terserap}}$$

Konstanta kuantum berguna untuk menyatakan kecepatan fluoresensi dan fosforisensi. Ketika suatu foton diserap oleh suatu molekul maka molekul tersebut mengalami perubahan energi dan konstanta kuantumnya.

Keadaan triplet teraktivasi dapat berubah ke keadaan lain dengan proses berbeda yaitu:

1. Molekul dapat terdisosiasi jika energi aktivasi sama atau lebih besar dari energi disosiasi.
2. Molekul dapat berubah ke keadaan lain tanpa proses radiasi.
3. Energi dapat hilang bila molekul bertumbukan.
4. Energi molekul dapat diberikan ke molekul lainnya dengan cara bereaksi.
5. Molekul dapat mentransformasikan energi aktivasi menjadi radiasi fosforisensi atau fluoresensi (Bonini, 1998).

2.1.2. Proses Fotokimia

Pada umumnya molekul diamagnetik yang menyerap sinar akan berpindah dari tingkat singlet dasar ke singlet tereksitasi. Keadaan singlet dasar dinyatakan sebagai S_0 dan keadaan singlet tereksitasi pada tingkat vibrasi tertentu dari keadaan tereksitasi, pada umumnya molekul tersebut kehilangan energi vibrasi dengan cepat hingga

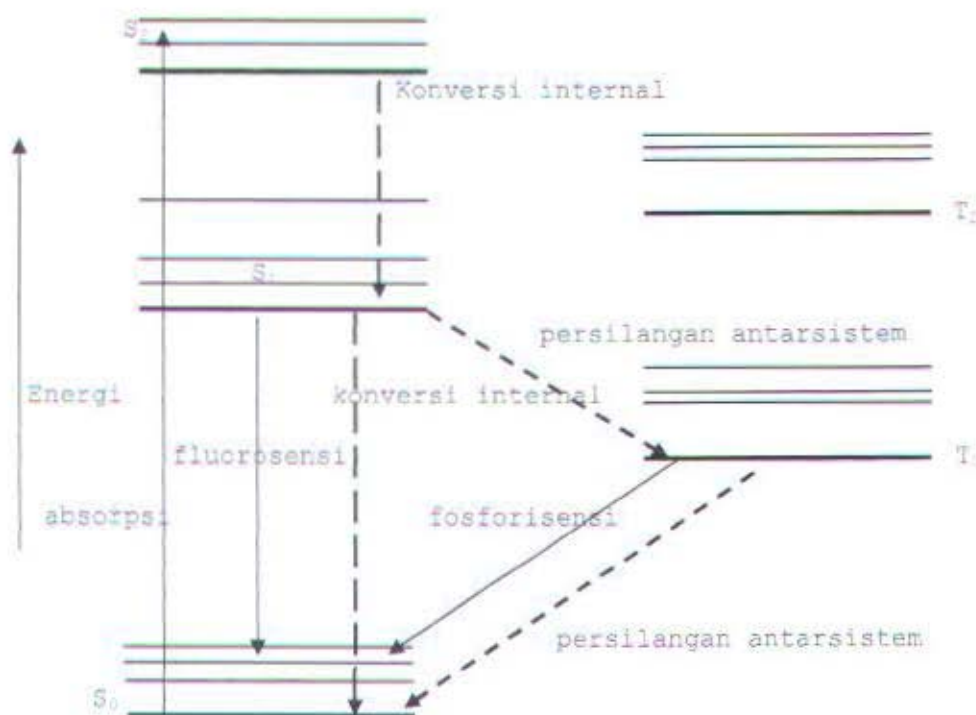
tercapai tingkat vibrasi nol dari keadaan elektroniknya. Molekul yang tereksitasi juga dapat mengalami transisi tanpa radiasi yang sangat cepat dari keadaan elektronik tinggi ke keadaan elektronik rendah pada multiplisitas yang sama. Proses ini yang disebut konversi dalam (Moore, 1980).

Ketika kerusakan non-radiasi melibatkan perubahan kelipatgandaan spin dan yang bersaing dalam menentukan nasib molekul tereksitasi ialah suatu yang terlarang yang disebut persilangan antarsistem (*intersystem crossing*). Hal ini terjadi melalui kopling orbit spin, dalam hal ini keadaan dengan momen sudut spin dan momen sudut orbital yang sedikit bercampur, karena mempunyai momen sudut total yang sama.

Persilangan antarsistem dari tereksitasi singlet terendah sampai triplet terendah adalah suatu hal yang penting dalam proses fotokimia, karena waktu hidup yang panjang untuk triplet terendah. Kehilangan energi karena perpindahan triplet terendah kepada keadaan dasar dapat terjadi oleh proses radiatif yang disebut fosforisensi (pendar fosfor) atau karena proses pengendoran yang terdiri dari suatu persilangan antarsistem balik yang menyangkut konversi (pengubahan) internal atau eksternal. Spektrum fosforisensi biasanya ditentukan dalam larutan yang dibekukan sampai kristal pada 70 - 80 K. Spektrum

fosforisensi timbul pada panjang gelombang yang lebih besar daripada spektrum fluorosensi. Waktu hidup radioaktif T_1 sangat panjang dibanding keadaan S_1 , misalnya untuk benzofenon 200.000 kali (Murtolo, Said, Ardi, 1984).

Pada molekul organik ada proses persilangan antarsistem yang penting. Pertama adalah kerusakan non-radiasi yang berkompetisi dengan kerusakan radiasi dari keadaan triplet terendah menuju keadaan dasar. Kedua adalah konversi keadaan singlet terendah menuju triplet terendah yang berkompetisi fluorosensi dan konversi internal dari keadaan singlet terendah. Secara sederhana proses diatas dapat digambarkan dengan diagram energi Jablonski pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram Energi Jablonski

Gambar 2.1 menunjukkan proses fotokimia yang terjadi pada molekul tereksitasi. Proses yang terjadi pada gambar anatara lain:

- a) Proses absorpsi.
- b) Proses fluoresensi
- c) Proses fosforisensi.
- d) Proses deaktivasi tumbukan.
- e) Proses konversi kedalam.
- f) Proses persilangan antar sistem (Atkins, 1994).

2.1.3. Keadaan Transisi Elektronik

Keadaan tereksitasi merupakan suatu keadaan yang ditandai dengan adanya absorpsi foton oleh molekul. Dalam spektrum absorpsi elektronik, terjadi proses absorpsi yang terdiri dari antaraksi foton yang mempunyai berbagai energi dengan molekul dalam keadaan dasar. Proses absorpsi ini terjadi dalam waktu sekitar 10^{-16} detik atau kurang. Dalam selang waktu ini, atom tidak mengalami gerakan. Kenyataan ini merupakan dasar prinsip Frank-Condon, yang menyatakan bahwa molekul-molekul umumnya memasuki tingkat eksitasi vibrasi.

Keadaan tereksitasi dapat terjadi karena beberapa hal seperti pengaliran arus listrik, pembakaran atau pemanasan, radiasi ionisasi dan reaksi kimia. Metode

terakhir biasanya menunjukkan *chemiluminesens*, suatu emisi sinar tampak dari reaksi kimia, karena emisi sinar biasanya merupakan sifat keadaan tereksitasi. Meskipun metode yang lebih banyak digunakan dan sesuai untuk menghasilkan keadaan tereksitasi adalah dengan absorpsi foton pada daerah sinar tampak dan ultraviolet.

Proses absorpsi cahaya sangat cepat dan sejenak setelah absorpsi geometri molekuler tidak berubah dan inti menempati posisi yang relatif sama dengan keadaan dasar. Momen dipol pada keadaan eksitasi dapat diestimasi dengan analisa efek pelarut pada absorpsi dan spektra emisi. Panjang gelombang maksimal yang diemisikan sensitif terutama terhadap sifat dan kepolaran pelarut. Momen dipole spesies dalam keadaan dasar, memberikan suatu ukuran distribusi semua elektron dan bisa digunakan untuk petunjuk dalam prediksi perilaku kimia. Keadaan tereksitasi memiliki Waktu hidup yang karakteristik dibawah kondisi yang diberikan seperti suhu, pelarut, konsentrasi substrat dan spesies yang lain dalam larutan.

Keadaan tereksitasi yang tidak berinteraksi dengan spesies lain akan mengalami satu dari dua kejadian, yaitu dapat berubah menjadi keadaan berbeda secara elektronik dengan senyawa yang sama atau berubah menjadi senyawa yang berbeda. Secara konseptual keduanya tidak terlalu berbeda.

Pertama merupakan proses fotofisika dan yang kedua proses fotokimia.

Proses fotofisika intramolekul dapat dibagi dalam dua kelompok, proses radiasi atau luminisensi yaitu suatu gejala dimana (1) suatu reaksi kimia menghasilkan produk-produk yang mengandung molekul tereksitasi, dan (2) kembalinya produk-produk tereksitasi ini ke keadaan dasar, diikuti dengan pancaran cahaya. Pada proses ini foton ultraviolet atau radiasi sinar tampak diemisikan, dan proses non-radiatif dimana tidak ada emisi yang terjadi. Energi dari sinar yang diemisikan lebih kecil dari sinar yang digunakan untuk mengeksitasi. Ketika keadaan singlet tereksitasi memancarkan foton, keadaan secara normal diubah menjadi keadaan dasar, yang juga keadaan singlet. Setiap proses radiasi yang tidak disertai dengan perubahan spin disebut fluoresensi. Bila sebuah molekul menyerap cahaya ultraviolet atau cahaya tampak, maka sebuah elektron dipromosikan dari keadaan dasar ke suatu keadaan singlet tereksitasi. Segera setelah promosi (pada orde 10^{-11} detik), elektron itu turun ke keadaan singlet tereksitasi dengan energi terendah. Salah satu cara dimana molekul tereksitasi dengan elektron-elektron dalam keadaan singlet berenergi terendah dapat kembali ke keadaan dasar ialah dengan melepaskan energinya dalam bentuk cahaya. Proses ini juga

sangat cepat (10^{-7} detik). Energi yang dilepaskan dengan pemancaran cahaya ini, jumlahnya lebih sedikit dari pada energi yang semula diserap. Selisih ini mengakibatkan gerakan molekul meningkat oleh karena itu panjang gelombang cahaya yang dipancarkan sedikit lebih panjang daripada panjang gelombang yang diserap.



Gambar 2.2. Skema keadaan tereksitasi pada suatu molekul

Suatu senyawa yang menyerap cahaya yang berada dalam rentang panjang gelombang cahaya tampak akan terlihat berwarna. Bila senyawa yang sama memancarkan cahaya pada suatu panjang gelombang yang berlainan, senyawa itu akan tampak berwarna dua atau berfluorosensi (Fessenden & Fessenden, 1992). Dua parameter yang digunakan pada fluorosensi adalah nilai kuantum (quantum yield) dan waktu hidup. Nilai kuantum merupakan sifat yang relevan terhadap sebagian besar fotofisika dan fotokimia, dan didefinisikan

untuk fluoresensi sebagai persamaan (2.1). Lebih dasar merupakan ukuran efisiensi absorpsi radiasi yang menyebabkan terjadinya perubahan tertentu. Sejauh ini reaksi fotokimia adalah sejumlah produk molekul yang dibentuk untuk setiap kuantum cahaya yang diabsorpsi. Waktu hidup fluoresensi diukur secara langsung dengan mengikuti penurunan intensitas fluoresensi dengan waktu sesudah radiasi dihentikan (Coyle, 1995).

Fosforisensi menyerupai fluoresensi dalam berbagai hal, yang berbeda dalam tipe ini adalah proses radiasi kelipatgandaan (multiplicity) spin pada perubahan spesies. Hampir semua fosforisensi untuk senyawa organik melibatkan luminisensi yang awalnya dalam keadaan triplet tereksitasi terendah, yang terdeaktivasi dalam proses keadaan dasar.

Proses kerusakan non-radiasi melibatkan konversi dari suatu keadaan elektronik menjadi yang lain tanpa emisi cahaya. Proses non-radiasi ini dapat dibagi menjadi dua kategori yang berkaitan dengan perubahan kelipatgandaan spin selama proses. Jika tidak terjadi perubahan spin, proses ini disebut sebagai konversi internal. Hal ini berarti keadaan singlet tereksitasi yang lebih tinggi mengalami kerusakan dengan cepat menurun menuju singlet tereksitasi terendah sebelum diikuti fotofisika atau fotokimia. Sama halnya untuk keadaan triplet tereksitasi.

Konversi internal juga terjadi dari keadaan singlet yang terendah menuju keadaan dasar (Coyle, 1995).

2.1.4. Fotosensitizer

Dalam reaksi fotokimia, tidak semua molekul dapat mengabsorpsi cahaya untuk terjadi reaksi tetapi menggunakan fotosensitizer. Reaksi fotokimia semacam ini dapat terjadi jika fotosensitizer menyerap energi dan mentransfer energi ke reaktan. Reaktan akan memadamkan fotosensitizer sehingga fotosensitizer akan kembali ke keadaan dasar. Pemadaman fotosensitizer diikuti dengan perpindahan elektron ke reaktan.

Pada umumnya fotosensitizer merupakan molekul diamagnetik yang menyerap sinar dan berpindah ke tingkat keadaan singlet tereksitasi. Pada keadaan singlet tereksitasi, fotosensitizer dapat memancarkan radiasi ke keadaan dasar atau mengalami penyilangan antar sistem ke keadaan triplet. Keadaan triplet mempunyai waktu hidup yang lebih panjang daripada keadaan singlet tereksitasi. Keadaan ini sangat berarti bagi reaksi fotokimia. Pembentukan $^1\text{O}_2$ dari $^3\text{O}_2$ digunakan fotosensitizer pada keadaan triplet yang mempunyai energi triplet antara $30\text{-}56 \text{ kJ mol}^{-1}$.

Proses perpindahan energi elektronik dapat dibagi tiga golongan yaitu: perpindahan radiatif, perpindahan

jarak pendek (tumbukan) dan perpindahan jarak jauh (resonansi). Perpindahan radiatif terjadi pemancaran molekul donor (fotosensitizer) dan akseptor (reaktan) hampir sama dengan garis tumbukan. Perpindahan energi akan relatif efisien bila energi donor lebih besar daripada energi akseptor. Dalam perpindahan energi jarak jauh, molekul donor dan akseptor terpisah pada jarak jauh lebih besar dari garis tengah tumbukan. Efisiensi perpindahan energi ini tergantung pada luas tumpang tindih antara spektrum pancaran cahaya dari molekul donor dan spektrum serap molekul akseptor.

Salah satu contoh reaksi dengan fotosensitizer adalah merkuri dan dengan hidrogen. Merkuri yang bertindak sebagai fotosensitizer untuk reaksi dekomposisi hidrogen:



Pada reaksi yang menggunakan fotosensitizer dapat menyebabkan pemudaran pada fotosensitizer. Mekanisme pemudaran pada fotosensitizer sangatlah kompleks dan dapat mengalami perubahan struktur pada fotosensitizer tersebut. Macam-macam fotosensitizer yang ada antara lain: *Fluoresin*, *2,7 Dichlofluorescein*, *Eosin B*, *Eosin Y*, *Rose bengal*, *Rhodamine B*, *Rhodamine 6G*, *Sulphorhodamine B*, *Proflavine*, *Acriflavine*, *Acridine orange*, *Methylen Blue*, *Crystal*

violet, Lumichrome, Lumiflavine, dan Riboflavine (Rabek, 1996).

2.2. Oksigen Singlet dan Fotooksidasi

2.2.1. Keadaan Singlet dan Triplet

Sebenarnya semua molekul organik mempunyai tingkat dasar tunggal (singlet), kecuali radikal-radikal bebas; hal ini dinyatakan sebagai S_0 . Dan keadaan tunggal yang tereksitasi S_1 , S_2 dan seterusnya menurut tingkat kenaikan energi. Untuk keadaan triplet dinyatakan T_1 , T_2 dan seterusnya. Biasanya eksitasi cenderung membawa ke keadaan singlet daripada ke triplet, karena peralihan S_0 ke T_1 menyangkut perubahan kelipatgandaan spin dan itu tidak diperbolehkan.

Selisih antara keadaan singlet dan triplet menjadi penting dalam kimia keadaan tereksitasi, karena perbedaan energi antara kedua keadaan tersebut. Adanya dua macam keadaan ini disebabkan elektron-elektron yang berpasangan pada keadaan dasar S_0 yakni sepasang untuk tiap orbital, pada saat eksitasi salah satu elektron pindah kepada orbital yang mempunyai energi yang lebih tinggi. Salah satu dari kedua spin pada kedua elektron dalam keadaan tereksitasi dapat sama, yaitu keduanya $+1/2$ atau $-1/2$, atau kedua elektron itu mempunyai spin yang berlawanan yakni

+1/2 dan -1/2. Kelipatgandaan suatu keadaan ialah sama dengan $2(S)+1$, bila S ialah jumlah spin, baik +1/2 maupun -1/2. Bila kedua elektron mempunyai spin yang sama $S=1$, dan $2(S)+1 = 3$ maka diperoleh keadaan triplet, bila elektron-elektron mempunyai spin yang berlawanan $S=0$, dan $2(S)+1$ maka diperoleh keadaan singlet (Murtolo, Said, Ardi, 1984).

2.2.2. Sifat-sifat Oksigen

Oksigen mempunyai tiga isotop, ^{16}O (99,759%), ^{17}O (0,0374%) dan ^{18}O (0,2039). Hasil dari distilasi bertingkat air adalah: 97% atom ^{18}O dan 4% atom ^{17}O . ^{18}O digunakan sebagai runutan dalam studi mekanisme reaksi senyawaan oksigen. Meskipun ^{17}O mempunyai spin inti (5/2), digunakan pada akumulasi spektrum dan metode transformasi Fourier. Sebagai contoh studi resonansi ^{17}O yaitu perbedaan antara H_2O dalam suatu kompleks, misalnya $(\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{H}_2\text{O})^{3+}$ dan pelarut air (Cotton, F.A dan Wilkinson, G., 1992).

Oksigen mempunyai dua alotrop yaitu dioksigen, O_2 dan trioksigen atau ozon O_3 . O_2 bersifat paramagnetik dalam semua keadaan dan mempunyai struktur elektron $:\ddot{\text{O}}=\ddot{\text{O}}:$. Meskipun demikian, teori norbital molekul sederhana dengan mudah memperhitungkan keadaan dasar triplet yang mempunyai sebuah ikatan rangkap dua. Ada beberapa keadaan yang terletak lebih tinggi, yang penting dalam oksidasi

fotokimia. Baik cairan maupun padatan O_2 berwarna biru pucat (Cotton dan Wilkinson, 1992).

2.2.3. Pembentukan Oksigen Singlet

Oksigen singlet, 1O_2 , dapat dibentuk melalui reaksi kimia. Oksigen teresitasi ($^1\Delta_g^+$) hanya ada dalam keadaan terkondensasi. Oksigen ($^1\Sigma_g^+$) dan ($^1\Delta_g^+$) ada dalam fasa gas dan dapat berubah satu terhadap yang lain:



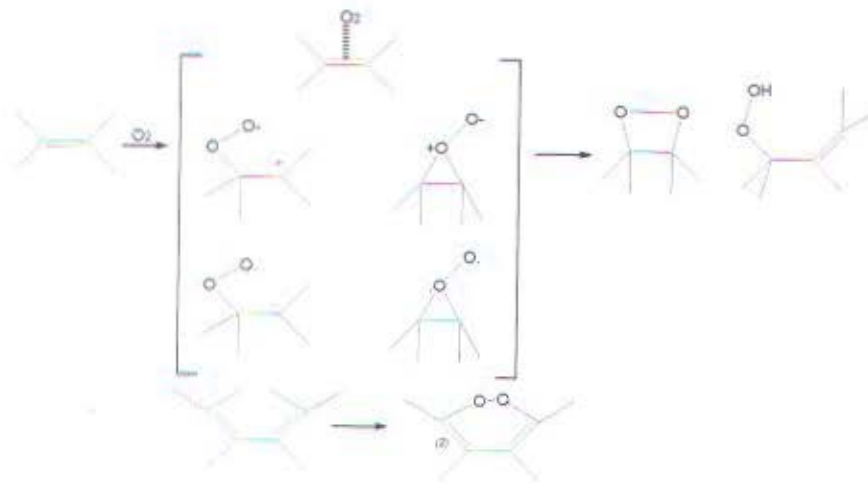
Q= molekul lain dan M= molekul ketiga yang digunakan untuk menyimpan energi dan momentum dalam fasa gas.

2.2.4. Fotooksidasi dengan Oksigen Singlet

Oksigen singlet adalah pereaksi elektrofil yang dapat bereaksi dan mengoksidasi senyawa organik yang mempunyai tempat yang kaya elektron misal senyawa organik yang mempunyai gugus fenol, serta senyawa organik lain yang kaya elektron seperti alkena, enol eter, amina dan olefin tersubstitusi (Yoshika, Nishioka, Hasegawa, 1993).

Oksigen dalam keadaan singlet 1O_2 baik dalam bentuk $^1\Delta_g$ dan $^1\Sigma_g^+$ adalah reagen yang dapat digunakan dalam berbagai polimer yang mengandung ikatan tidak jenuh alitik

dan atau diena. Polimer bereaksi dengan oksigen singlet untuk memberikan dioxetana atau hidroperoksida. Polidiena menghasilkan endo-peroksida, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.3. Reaksi oksigen singlet dengan ikatan tidak jenuh

Reaksi oksigen singlet ini dulu dipandang reaksi dengan proses langsung, tetapi sekarang diketahui adanya kejadian yang nyata bahwa dalam reaksi ini terdapat intermediet baik dalam bentuk ionik ataupun biradikal intermediet (Fengel dan Wegner, 1995).

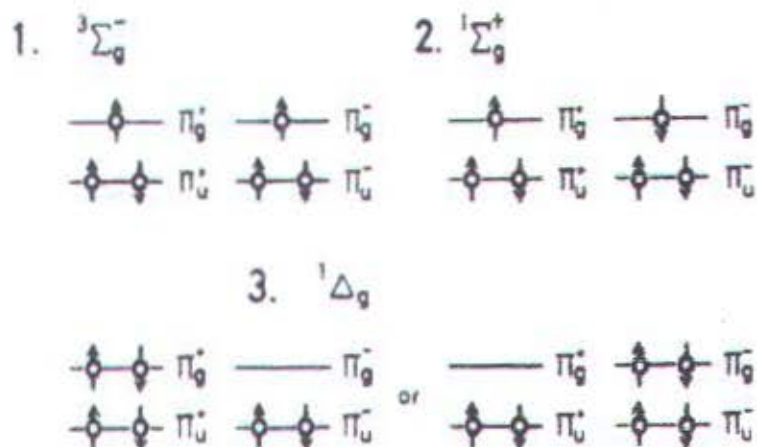
2.2.5. Struktur Molekul Oksigen

Teori kuantum struktur atom atau molekul dapat digunakan untuk menerangkan sifat molekul oksigen. Dengan model LCAO, orbital molekul (MO) oksigen keadaan dasar



adalah: $(1\sigma_g)^2 (1\sigma_u)^2 (2\sigma_g)^2 (2\sigma_u)^2 (3\sigma_g)^2 (1\pi_u)^4 (1\sigma_g)$. Sifat elektronik oksigen ditentukan oleh enam elektron dalam orbital molekul- π -nya.

Gambar 2.3, menggambarkan spin konfigurasi keadaan energi terendah O_2 : $(\pi_x)89 (\pi_y)89 (\pi^*x)8 (\pi^*y)8$ dengan simbol spektroskopik ($^3\Sigma_g^-$). Dua elektron tidak berpasangan pada MO menunjukkan sifat paramagnetik molekul oksigen. Dua elektron berpasangan menempati orbital MO π_g yang sama simbolkan $^1\Delta_g$. Keadaan O_2 ($^1\Delta_g^+$) adalah jenis dengan energi lebih rendah yang bereaksi secara kimia sebagai 1O_2 dengan energi eksitasi sebesar 0,98 eV (22,5 kkal/mol) yang memiliki waktu hidup 45 menit pada gas bertekanan rendah.



Gambar 2.4. Penempatan elektron pada orbital molekul oksigen

O_2 (${}^1\Delta_g^+$) menumbuk molekul lain dapat mengurangi waktu hidupnya menjadi 14 menit dalam gas oksigen bertekanan 760 torr. Keadaan eksitasi berenergi lebih tinggi, (${}^1\Sigma_g^+$), memiliki dua elektron berpasangan yang menempati dua orbital MO yang berbeda. Energi eksitasi O_2 (${}^1\Sigma_g^+$) sebesar 1,63 eV (37,5 kkal/mol) dan waktu hidup 7 detik. O_2 (${}^1\Sigma_g^+$) segera diubah dengan cepat menjadi O_2 (${}^1\Delta_g^+$) dalam media kondensasi.

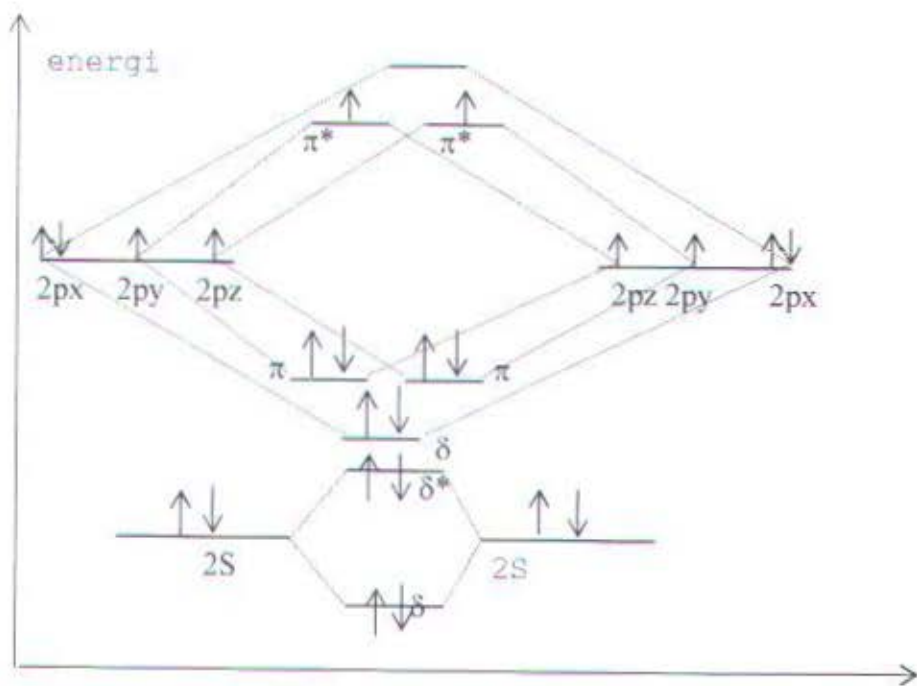
Oksigen di alam berbentuk diatomik (oksigen, O_2) dan triatomik (ozon, O_3). Kedua senyawa oksigen tersebut stabil dan berwujud gas.



Elektron-elektron keadaan dasar meliputi: elektron sigma (δ), pi (π) dan non bonding (n). Ketika suatu elektron mengalami tereksitasi maka elektron tersebut dipromosikan pada orbital yang tidak ditempati. Dalam hubungan ini, transisi elektron sering dihubungkan antara orbital asal dan orbital tujuan. Sebagai contoh, $n \rightarrow \pi^*$ merupakan transisi dari orbital non bonding ke orbital anti bonding π^* . Transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ merupakan gerakan elektron dari bonding π ke orbital anti bonding π^* . Biasanya

transisi dalam senyawa organik terjadi pada $n \rightarrow \pi^*$ dan $\pi \rightarrow \pi^*$.

Dua elektron berada dalam orbital yang sama maka spinnya harus berlawanan agar berada dalam keadaan stabil. Molekul yang setiap elektronnya berpasangan disebut dengan keadaan singlet (S). Ketika dua elektron berada pada orbital yang berbeda, aturan Hund memprediksi bahwa energi terendah terjadi jika elektron bersifat paralel dan tak berpasangan. Molekul dengan dua elektron tidak berpasangan disebut keadaan triplet (T_1 , T_2 , dll). Susunan elektronik oksigen dengan teori orbital molekul digambarkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Susunan elektronik orbital molekul oksigen

2.3. Fullerit

2.3.1. Sifat-sifat Fullerit

Fullerit diberi nama oleh Richard Buckminster Fuller (1895-1983), seorang arsitek dari Amerika. Ditemukan pada kubah geodesi yang mengilustrasikan morfologi dari molekul fulleren. Nama lain dari fulleren adalah *Buckminsterfullerit*, *Bucky Balls* dan *Fullerit*. Fullerit mempunyai rumus molekul C_{60} dengan berat molekul 720.66 gm dimana terdiri dari 100% karbon dan mempunyai rumus empirik C_{60} . Fullerit banyak terdapat di Shunga salah satu tempat di Karelia, Russia dan juga terdapat di Tajikistan. Fullerit mempunyai struktur kristal Tetragonal-Ditetragonal Dipiramidal. Fullerit mempunyai sifat fisika antara lain: densitas 1.9 - 2, dengan rata-rata = 1.95, tidak tembus cahaya, belahannya *Brittle - Conchoidal* - sangat rapuh dalam bentuk yang kecil, mempunyai kekerasan 3.5 - Copper Penny, kekilapan logam, dan lapisannya berwarna hitam.



Gambar 2.6. Model struktur dari fullerit (C_{60})

Beberapa sifat penting dari fullerit adalah :

- a. C_{60} menyerap cahaya pada daerah tampak.
- b. Energi gap relatif rendah antara keadaan singlet dan triplet C_{60} (5,5 kkal/mol), hal ini secara efisien memfasilitasi intersystem crossing, dan pembentukan keadaan triplet dengan hasil yang tinggi (>95%).
- c. C_{60} merupakan fotosensitizer yang sangat baik untuk pembentuk oksigen singlet.
- d. C_{60} merupakan akseptor elektron yang baik, dengan kemampuan untuk mengakomodasi hingga enam elektron reversibel.
- e. C_{60} memiliki pengecualian energi reorganisasi rendah dengan derajat muatan delokalisasi yang tinggi, serta rigid.
- f. Bentuk C_{60} yang pejal dan berbentuk bulat dengan semua karbon pada permukaannya, membuat C_{60} memiliki kestabilan yang tinggi (Thomas, 1999).

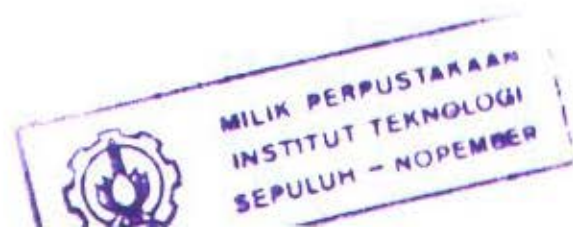
Fullerit, C_{60} , juga memperlihatkan beberapa sifat yang luar biasa lainnya, yaitu:

- a. C_{60} memiliki kemungkinan tertinggi untuk simetri keseluruhan molekul. Hal ini dimiliki oleh gugus icosahedral.
- b. Fullerit merupakan zat yang stabil. Fullerit lebih stabil di udara dan di dalam larutan, dan dapat

dimurnikan dengan sublimasi tanpa dekomposisi, yang memungkinkan percobaan dengan ketelitian serta kemurnian yang baik.

- c. Ruang (rongga) di dalam kerangka fullerit cukup besar untuk mengikutsertakan segala jenis atom di sistem periodik.
- d. Struktur molekuler dari C_{60} memiliki 30 ikatan rangkap terkonjugasi yang memperlihatkan kesamaan perilaku kimia sebagai suatu senyawa organik yang tak jenuh.
- e. Molekul C_{60} terkristalisasi memiliki sifat semikonduktor (Huffman, 1990).
- f. Memiliki energi sebesar 36 kJ mol^{-1} dari rentang energi fotosensitizer $22 - 45 \text{ kJ mol}^{-1}$ (Guldi, 1993)

Pada struktur C_{60} tiap vertex dari *icosahedron* diisi oleh atom karbon, dan tiap karbon berhubungan dengan tiga atom karbon lainnya, dengan sebuah ikatan rangkap dan dua ikatan tunggal. Atom-atom karbon dengan kondisi ikatan seperti ini biasanya merupakan karbon sp^2 , karena orbital-orbitalnya digunakan untuk membentuk ikatan sigma dengan tiga karbon di sebelahnya yang merupakan hibridisasi dari orbital $2s$ dan dua orbital $2p$ ($2p_x$ dan $2p_y$). Orbital $2p(2p_z)$ yang tersisa akan berikatan π .



2.3.2. Fullerit sebagai Fotosensitizer Oksigen Singlet

Meninggalkan elektron dari orbital ikatan berenergi rendah ke orbital anti-ikatan berenergi tinggi akan meningkatkan afinitas elektron dan pada saat yang bersamaan mengurangi potensial ionisasi fullerit. Konsekuensinya, fullerit pada kondisi singlet dan triplet tereksitasi merupakan oksidan dan reduktan yang lebih kuat dibanding pada saat dalam keadaan singlet dasar (Guldi, 1993).

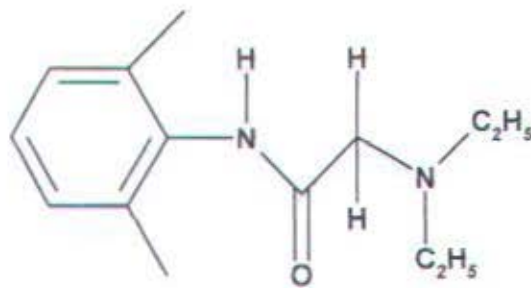
Fotogenerasi dari intermediet C_{60} triplet terlibat dalam proses transfer energi yang mengubah keadaan dasar triplet molekul oksigen singlet, 1O_2 , tereksitasi. Aktivasi fotosensitizer ini sering mempengaruhi kerusakan oksidatif pada struktur lipid, protein, dan asam amino. (Pasquini, Brian, 1990).

2.4. Lidokaina

2.4.1. Sifat-sifat Lidokaina

Lidokaina dengan rumus struktur $C_{14}H_{22}N_2O$ dikenal dengan beberapa nama antara lain: 2-(Diethylamino)-N-(2,6-dimetilfenil) asetamid; Lignosin; dan Gravokain.

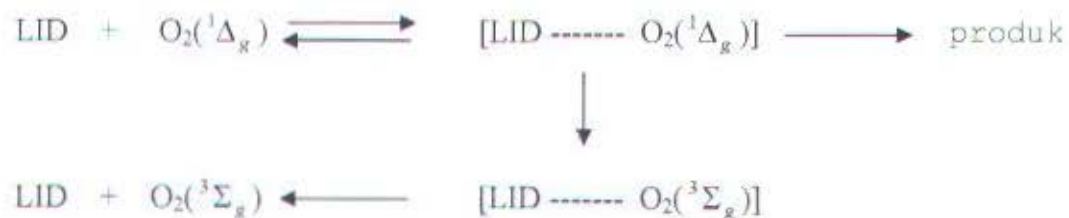
Lidokaina mempunyai titik leleh 68-69°C, titik didih 180-182°C. Lidokaina tidak dapat larut dalam air tetapi larut dalam alkohol, eter, benzen, kloroform, dan minyak (The Merck Index, 1983).



Gambar 2.7. Struktur lidokaina

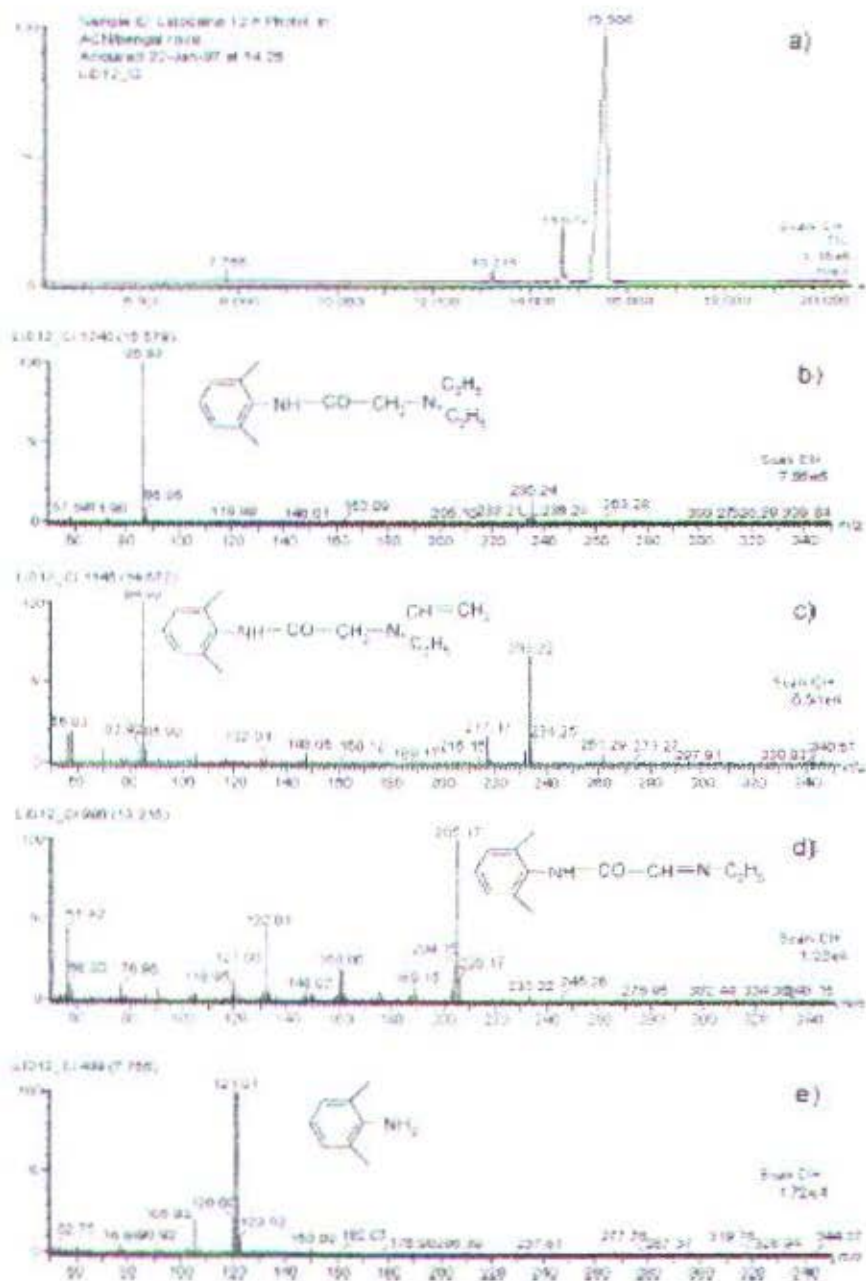
2.4.2. Reaksi Lidokaina dengan Oksigen Singlet

Reaksi lidokaina dengan oksigen singlet adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8. Reaksi lidokaina dengan oksigen singlet

Metode Mair (Mair, 1964) untuk penentuan hidroperoksida dan turunan amina dengan konsentrasi ekuivalen sampai 0.0153 M dari hidroperoksida diperoleh jika 0.03 M lidokaina dalam asetonitril dioksidasi selama 12 jam dengan keberadaan rose bengal sebagai sensitizer. Besarnya produksi hidroperoksida sejalan dengan pengurangan lidokaina. Material utama dari distribusi produk diketahui dengan analisis GC-MS turunan lidokaina yang dihasilkan dalam fotoksidasi (Zanocco, 2001).



Gambar 2.9. (a) Kromatogram GC-MS dari 30 nM lidokaina dalam asetonitril diirradiasi selama 12 jam dengan rose Bengal; (b) spektrum massa lidokaina dengan waktu retensi 15.58 men; (c) spektrum massa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-(etilvinil-amino)-asetamida dengan waktu retensi 14.67 men; (d) spektrum massa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida dengan waktu retensi 13.22 men; (e) spektrum massa 2,6-Dimetil-fenilamin dengan waktu retensi 7.76 men.

2.5. Spektrofotometri UV-VIS

2.5.1. Proses Absorpsi Cahaya Spektrofotometer UV-VIS

Radiasi UV memiliki energi yang lebih tinggi dibandingkan radiasi inframerah. Absorpsi cahaya UV menyebabkan transisi elektronik, yang merupakan promosi elektron-elektron dari orbital berenergi lebih rendah ke orbital keadaan tereksitasi berenergi lebih tinggi. Energi yang terserap selanjutnya terbuang sebagai kalor, sebagai cahaya atau tersalurkan dalam reaksi kimia.

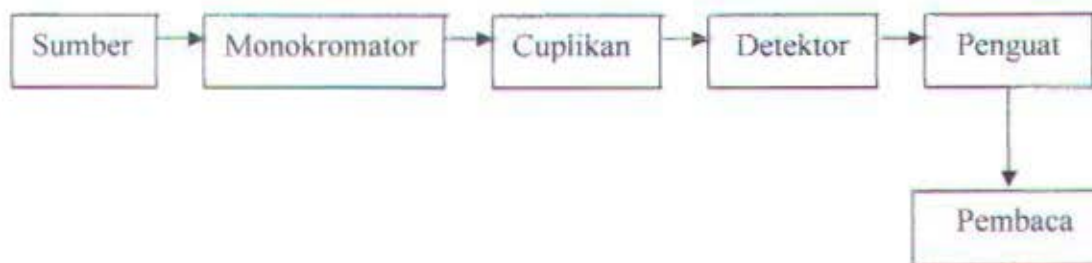
Panjang gelombang UV bergantung pada mudahnya promosi elektron. Molekul-molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi elektron, akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek. Molekul yang memerlukan energi lebih sedikit akan menyerap panjang gelombang yang lebih panjang.

Pada golongan alkana transisi yang mungkin terjadi adalah promosi satu elektron yang terletak pada orbital untuk tingkat energi terendah ke orbital tingkat energi yang lebih tinggi yaitu anti ikatan. Sinar ultraviolet memiliki panjang gelombang yang sangat pendek (sekitar 150 nm). Pada alkana sederhana, transisi energi paling rendah adalah yang paling penting. Transisi ini terjadi dari $\pi \rightarrow \pi^*$ yang mengakibatkan jalur serapan sekitar 170 sampai 190 nm dalam alkana yang tidak terkonjugasi. Pada keton

alifatik jenuh transisi energi paling rendah melibatkan elektron-elektron yang tidak berikatan pada oksigen, transisi yang terjadi dari $n \rightarrow \pi^*$ pada panjang gelombang sekitar 280 nm (Sastrohamidjojo, 1985).

Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmittansi atau absorbansi suatu contoh sebagai fungsi panjang gelombang. Unsur-unsur terpenting suatu spektrofotometer, yang ditunjukkan secara skematik dalam gambar 2.13 adalah sebagai berikut:

1. Sumber energi radiasi yang kontinu dan meliputi daerah spektrum, dimana alat ditujukan untuk dijalankan.
2. Monokromator, yang merupakan suatu alat untuk mengisolasi suatu berkas sempit dari panjang gelombang-panjang gelombang dari spektrum luas yang dipancarkan oleh sumber.
3. Wadah untuk cuplikan.
4. Detektor yang merupakan suatu transducer yang mengubah energi radiasi menjadi isyarat listrik.
5. Penguat dan rangkaian yang bersangkutan yang membuat isyarat listrik cocok untuk diamati.
6. Sistem pembacaan yang dapat mempertunjukkan besarnya isyarat listrik.



Gambar 2.10. Blok diagram untuk memperlihatkan unsur-unsur spektrofotometer sinar tunggal

2.5.2. Penggunaan Hukum Beer dalam Spektrofotometri

Jumlah radiasi monokromatik yang diabsorpsi oleh cuplikan melalui medium dengan panjang tertentu dirumuskan oleh hukum Beer-Bouguer-Lambert, tetapi pada umumnya biasa disebut dengan hukum Beer. Penemuan Bouguer pada tahun 1729 dan Lambert pada tahun 1760 mengemukakan bahwa setelah tenaga radiasi diabsorpsi pada tebal medium tertentu maka tenaga radiasi yang diteruskan akan mengalami penurunan secara eksponensial, hal ini dapat dirumuskan secara matematik dengan ketentuan P_0 adalah tenaga radiasi yang jatuh dan P adalah tenaga yang keluar dari suatu lapisan medium setebal b satuan:

$$-\frac{dP}{db} = k_1 P$$

$$-\frac{dP}{P} = k_1 db$$

Dengan mengintegrasikan antara batas-batas P_0 dan P dan C dan b :

$$\begin{aligned}
 -\int_{P_0}^P \frac{dP}{P} &= k_1 \int_0^b db \\
 -(\ln P - \ln P_0) &= k_1 b \\
 \ln P_0 - \ln P &= k_1 b \\
 \ln \frac{P_0}{P} &= k_1 b
 \end{aligned}$$

Pada umumnya persamaan tersebut ditulis dalam logaritma dasar 10, sehingga yang berubah hanya tetapan:

$$\log \frac{dP}{P} = k_2 db$$

Sedangkan hubungan antara konsentrasi macam zat penyerap dan besarnya absorpsi dirumuskan oleh Beer dan Bernard pada tahun 1852. Hukum Beer analog dengan Bouguer dalam menguraikan pengurangan eksponensial pada tenaga transmisi dengan suatu peningkatan aritmatik dalam konsentrasi. Maka:

$$\ln \frac{P_0}{P} = k_3 dc$$

Dan setelah integrasi dan pengubahan menjadi logaritma biasa akan menjadi:

$$\log \frac{dP}{P} = k_4 dc$$

Hukum Bouguer dan Beer dengan mudah digabung menjadi pernyataan yang sesuai. Diketahui bahwa dalam mempelajari akibat perubahan konsentrasi terhadap absorpsi,

Dalam hukum Bouguer-Beer terdapat dua bentuk persamaan, yaitu:

$$A = abc_{gr/liter} \quad \text{atau} \quad A = \epsilon bc_{mol/liter}$$

dimana:

A = absorbansi

b = panjang jalan lewat medium penyerap (dalam cm)

c = konsentrasi zat terlarut yang menyerap

a = tetapan absorptivitas (apabila c adalah gr per liter)

ϵ = tetapan absorbtivitas molar (apabila c adalah mol per liter).

Diketahui bahwa $\epsilon = a \times \text{BM}$, dengan ketentuan BM menunjukkan berat molekuler zat yang menyerap di dalam larutan. Transmittan, $T = P/P_0$ adalah fraksi tenaga jatuh yang ditransmisikan oleh suatu contoh. Jika $A = \log(P_0/P)$ dan $T = P/P_0$, maka $A = \log(1/T)$ (Day & Underwood, 1989).

2.6. Spektrofotometri Inframerah

Bila sinar inframerah dilewatkan melalui cuplikan senyawa organik, maka sejumlah frekuensi diserap sedangkan frekuensi yang lain diteruskan atau ditransmisikan tanpa diserap. Jika kita menggunakan antara persen absorbansi atau persen transmittan lawan frekuensi maka akan dihasilkan suatu spektrum inframerah.

Pada suhu kamar, molekul-molekul organik dalam keadaan vibrasi yang tetap, setiap ikatan mempunyai frekuensi rentangan dan bending yang karakteristik dan dapat menyerap sinar pada frekuensi tersebut. Kita dapat menghitung frekuensi vibrasi tersebut dari ikatan dengan cukup teliti, seperti halnya kita dapat menghitung frekuensi vibrasi bola dari sistem pegas. Hukum Hooke dapat digunakan, yang dapat dinyatakan dengan:

$$\nu = \frac{1}{2\pi c} \left[\frac{k}{(m_1 m_2 / m_1 + m_2)} \right]^{1/2}$$

dimana:

ν = frekuensi

c = kecepatan cahaya

k = tetapan yang dihubungkan dengan kekuatan pegas/kekuatan

m_1 dan m_2 = massa dari dua atom

Molekul yang tersusun dari banyak atom mempunyai banyak frekuensi vibrasi, untuk molekul non linier dengan n atom, jumlah ragam vibrasi adalah $(3n-6)$, sehingga secara teoritis metana mempunyai sembilan dan etana mempunyai enam belas ragam vibrasi.

Setiap ragam vibrasi yang berbeda mungkin (dan sering terjadi) dapat memberi pita serapan yang berbeda, sehingga gugus CH_2 memberi dua pita serapan C-H str pada ν_{sym} dan ν_{anti} . Vibrasi lain mungkin tidak memberi serapan C-H str. Karena mungkin mempunyai frekuensi di luar daerah inframerah normal yang sedang diamati. Sejumlah vibrasi mungkin mempunyai frekuensi di luar daerah inframerah yang diamati. Penting kiranya untuk dapat terjadi pita serapan yaitu bahwa vibrasi tertentu tidak dapat mengadakan interaksi dengan perubahan medan listrik dari sinar inframerah.

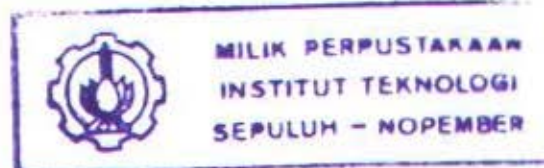
2.6.1. Peralatan Spektrofotometer Inframerah

Bagian pokok dari spektrofotometer inframerah adalah sumber cahaya inframerah, monokromator dan detektor. Cahaya dan sumber cahaya inframerah dilewatkan cuplikan, dipecah menjadi frekuensi individunya dalam monokromator dan intensitas relatif dari frekuensi individu diukur oleh detektor. Komponen-komponen pokok pada spektrofotometer inframerah meliputi:

a) Sumber Inframerah

Sumber yang umum digunakan adalah merupakan batang yang dipanaskan oleh listrik yang berupa:

- "Nernst glower" (campuran oksida Zr, Y, Er, dsb).



- "Globar" (silikon karbida).
- Berbagai bahan keramik.

b) Monokromator

Prisma dan grating keduanya dapat digunakan. Kebanyakan prisma yang digunakan adalah NaCl, hal ini dikarenakan NaCl hanya transparan dibawah 625 cm^{-1} . Grating dan prisma mempunyai peranan dalam mereduksi spektra dan dapat dari bermacam-macam bahan.

Pada umumnya grating memberikan hasil yang lebih baik daripada prisma pada frekuensi yang tinggi. Ketidakuntungan terhadap NaCl adalah sifatnya yang higroskopis hingga cermin-cermin harus dilindungi dari kondensasi uap.

c) Detektor

Alat-alat yang modern kebanyakan memakai detektor *thermopile*.

2.6.2. Cara-cara Penanganan Cuplikan

Cara-cara penanganan cuplikan tergantung dari jenis cuplikan yaitu apakah berbentuk gas, cairan atau padatan.

a) Gas

Untuk menangani cuplikan berbentuk gas, maka cuplikan harus dimasukkan ke dalam sel gas; sel ini menghadap langsung pada berkas sinar.

b) Cairan

Cara yang paling mudah dalam menangani cuplikan bentuk cairan adalah menempatkan cuplikan tersebut sebagai film yang tipis diantara dua lapisan NaCl yang transparan terhadap inframerah.

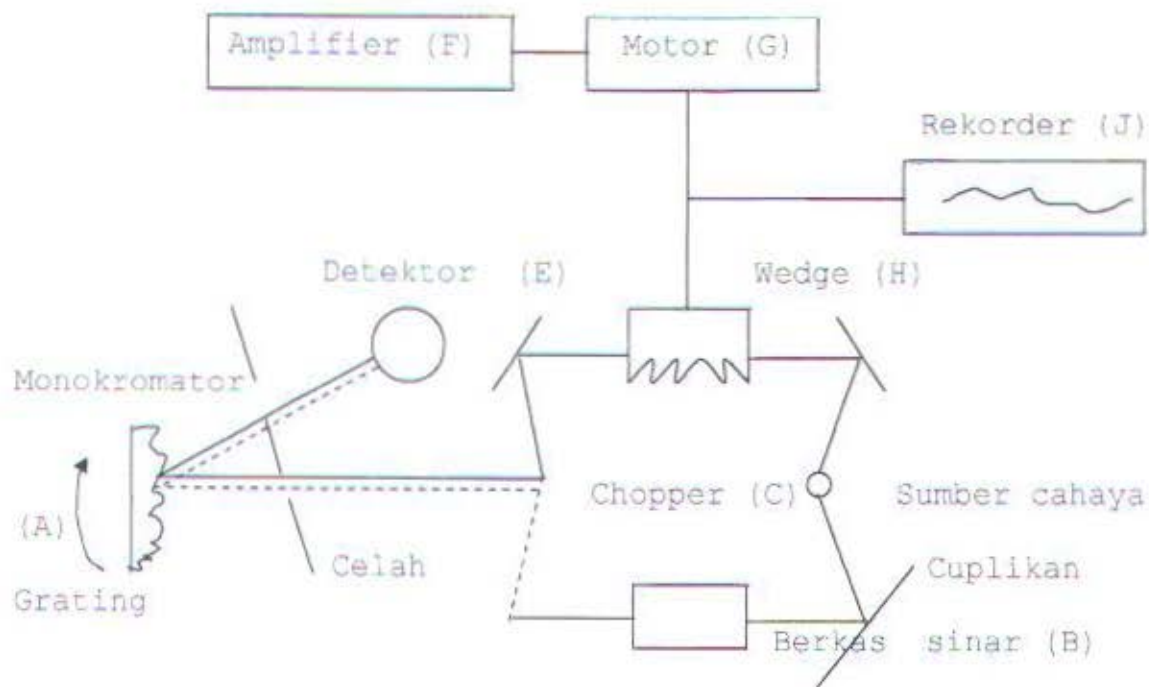
c) Padatan

Wujud cuplikan padat dapat bermacam-macam diantaranya: kristal, amorf, serbuk, gel, dan lain-lain. Berbagai macam metoda telah dikembangkan untuk penyediaan cuplikan padat hingga dapat langsung diukur.

Ada tiga cara umum untuk mencatat spektra bentuk padatan: pelet KBr, mull dan bentuk film/lapisan tipis. Padatan juga dapat ditentukan dalam larutan tetapi spektra larutan mungkin memberikan penampakan yang berbeda dari spektra bentuk padat karena gaya-gaya intermolekul akan berubah.

d) Larutan

Cuplikan dapat dilarutkan dalam pelarut seperti karbontetraklorida, karbon disulfida atau kloroform dan spektrum dari larutan ini dicatat.

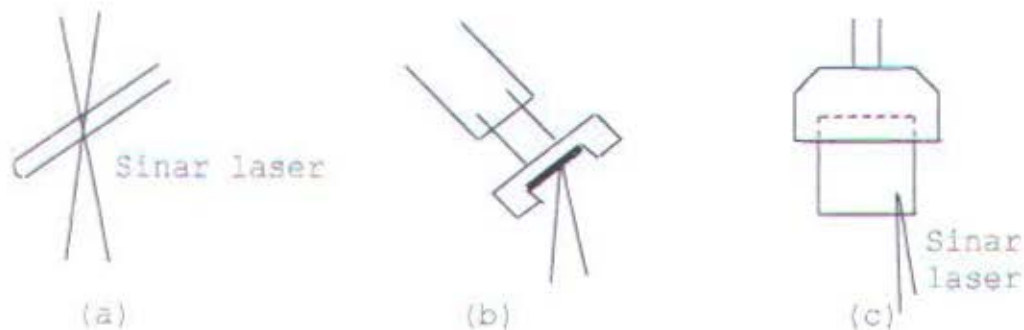


Gambar 2.11. Diagram spektrofotometer inframerah

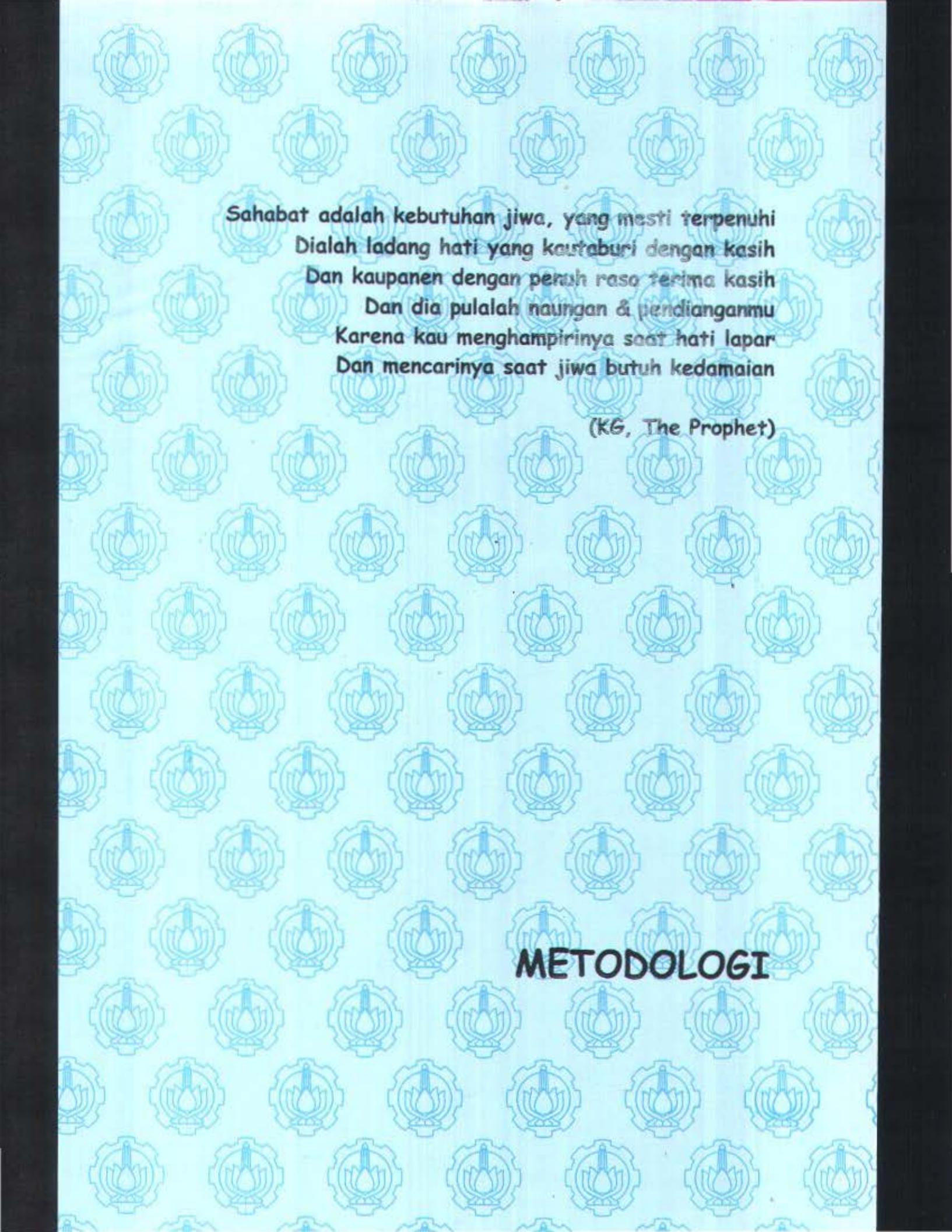
Sinar dari sumber cahaya (A) dipecah menjadi dua berkas cahaya yang sama, salah satu (B) dilewatkan melalui cuplikan, yang lain berkelakuan sebagai berkas cahaya referensi, fungsi dari double beam adalah mengukur perbedaan intensitas antara dua berkas cahaya pada setiap panjang gelombang. Dua berkas cahaya sekarang dipantulkan ke chopper (C), yang terdiri atas cermin yang dapat berputar, bila chopper berputar (10 kali per detik), ia menyebabkan berkas sinar cuplikan dan referensi dipantulkan bergantian ke grating monokromator (D). Grating berputar perlahan-dan mengirimkan frekuensi-frekuensi individu ke detektor thermophile (E) yang mengubah tenaga (panas) sinar inframerah menjadi tenaga listrik.

Bila cuplikan telah menyerap sinar dari frekuensi tertentu, maka detektor akan menerima bergantian dari chopper berkas sinar kuat (berkas sinar referensi) dan berkas sinar yang lemah (berkas sinar cuplikan). Hal ini akan memberikan arus bolak balik yang mengalir dari detektor ke amplifier (F), amplifier dibuat hanya untuk memperkuat arus bolak-balik. Amplifier dihubungkan dengan servo motor (G) kecil yang mendorong cermin wedge (H) ke berkas sinar referensi hingga detektor menerima sinar dengan intensitas yang sama dari berkas sinar cuplikan dan referensi. Gerakan wedge ini sebagai akibat masuk dan keluarnya berkas referensi menunjukkan sebagai pita-pita serapan pada spektrum yang dihasilkan (Sastrohamidjojo, 1985).

Wadah cuplikan yang digunakan antara lain (Christian & O'Reilly, 1986):



Gambar 2.12. Wadah cuplikan pada spektrofotometer IR: (a) Tabung kapiler, (b) wadah pelet, (c) wadah larutan



Sahabat adalah kebutuhan jiwa, yang mesti terpenuhi
Dialah ladang hati yang kurburi dengan kasih
Dan kaupanen dengan penuh rasa terima kasih
Dan dia pulalah naungan & pendianganmu
Karena kau menghampirinya saat hati lapar
Dan mencarinya saat jiwa butuh kedamaian

(KG, The Prophet)

METODOLOGI

BAB III

METODOLOGI

3.1. Alat dan Bahan

3.1.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah generator oksigen singlet (GOS) berupa tabung transparan (tembus sinar), empat buah lampu halogen sebagai sumber foton masing-masing 100 W. Sedangkan reaktor pengoksidasi (RP) adalah sebuah beker gelas 250 mL. Peralatan lain yang diperlukan antara lain: pompa sirkulasi, reservoir larutan fullerit, tabung oksigen, stop kran, stop watch, pengukur laju larutan fullerit dan laju oksigen (2 flow meter berskala), selang nilon, beker gelas (500 ml, 250 ml), labu ukur (1000 ml, 500 ml, 100 ml), pengaduk kaca, kaca arloji, botol sampel, neraca analitik, kertas pH, spektrofotometer UV-Vis dan spektrofotometer inframerah.

3.1.2. Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan pada penelitian ini antara lain: gas oksigen, lidokaina (Lidocaine, $C_{12}H_{22}N_2O$,

dari Sigma), fullerit (Fullerite, C_{60} , dari Aldrich), toluen teknis, dan metanol teknis.

3.2. Prosedur Penelitian

3.2.1. Pembuatan Larutan Fotosensitizer

Fullerit dilarutkan dalam toluen teknis dengan variasi konsentrasi 2.5×10^{-5} M; 1×10^{-5} M; 7.5×10^{-6} M; 5×10^{-6} M; dan 2.5×10^{-6} M. Masing-masing larutan tersebut dimasukkan ke dalam reaktor fotokimia.

3.2.2. Pembuatan Larutan Lidokaina

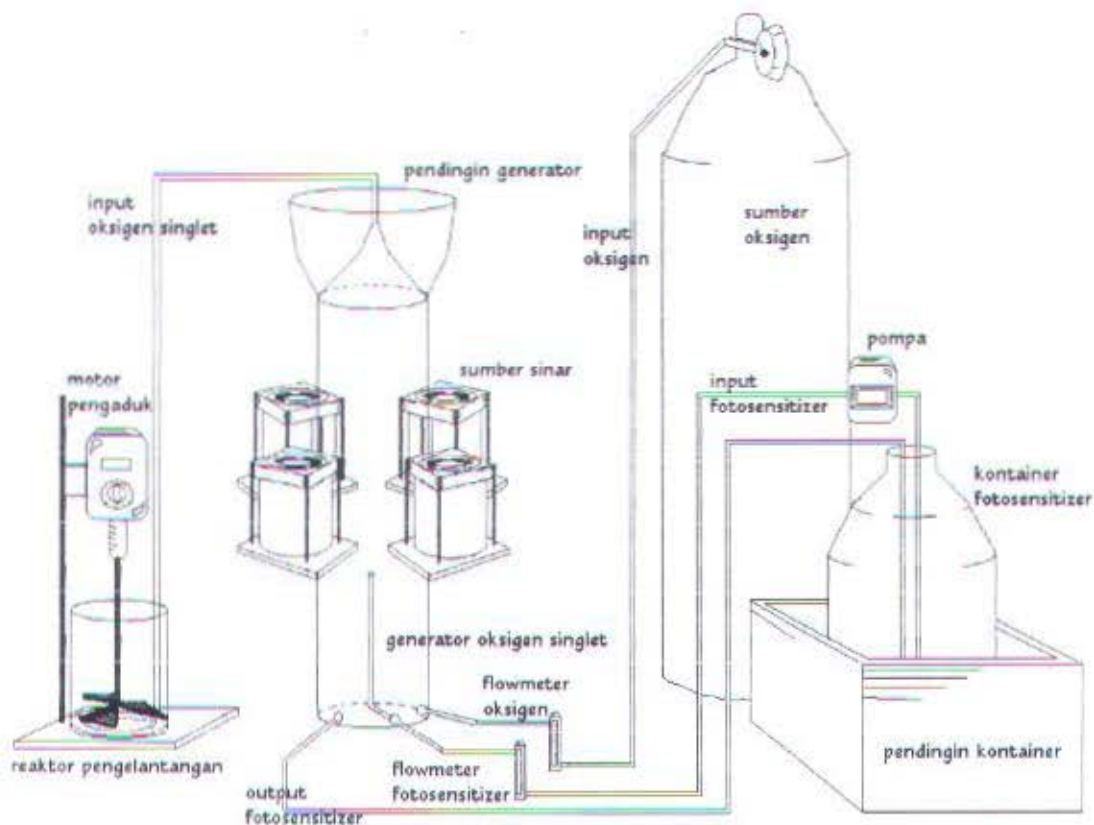
Larutan lidokaina dengan konsentrasi 0.03 M dilarutkan dalam larutan metanol teknis lalu dibuat kurva standar dengan panjang gelombang 250-350 nm. Setelah diperoleh panjang gelombang maksimumnya kemudian diukur absorbansinya.

3.2.3. Cara Kerja Generator Oksigen Singlet (GOS)

Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 4 bagian, yaitu wadah fotosensitizer (fullerit), generator oksigen singlet (GOS), sumber sinar, dan reaktor pengoksidasi (RP). Wadah fotosensitizer dilengkapi dengan pendingin, begitu pula dengan generator oksigen singlet dan sumber sinar. Hal ini dilakukan untuk mengurangi dampak

panas yang ditimbulkan oleh empat unit sumber sinar yang berkekuatan 100 watt tiap unitnya. Pada wadah fotosensitizer dan generator oksigen singlet, digunakan es sebagai pendingin, sementara itu pendingin sumber sinar telah terintegrasi pada masing-masing unit.

Generator oksigen singlet mula-mula diisi larutan fotosensitizer dengan laju alir 90 ml/menit (diatur menggunakan flow meter). Setelah GOS terisi, oksigen mulai dialirkan dengan laju alir 4 L/menit (diatur menggunakan flow meter) dan volume sensitizer dijaga konstan selama sirkulasi. Kemudian, GOS diirradiasi dengan lampu halogen (4 buah @100 watt) yang merupakan sumber foton sehingga oksigen singlet terbentuk secara fotokimia. Oksigen singlet yang dihasilkan kemudian dialirkan ke reaktor pengoksidasi dengan selang.

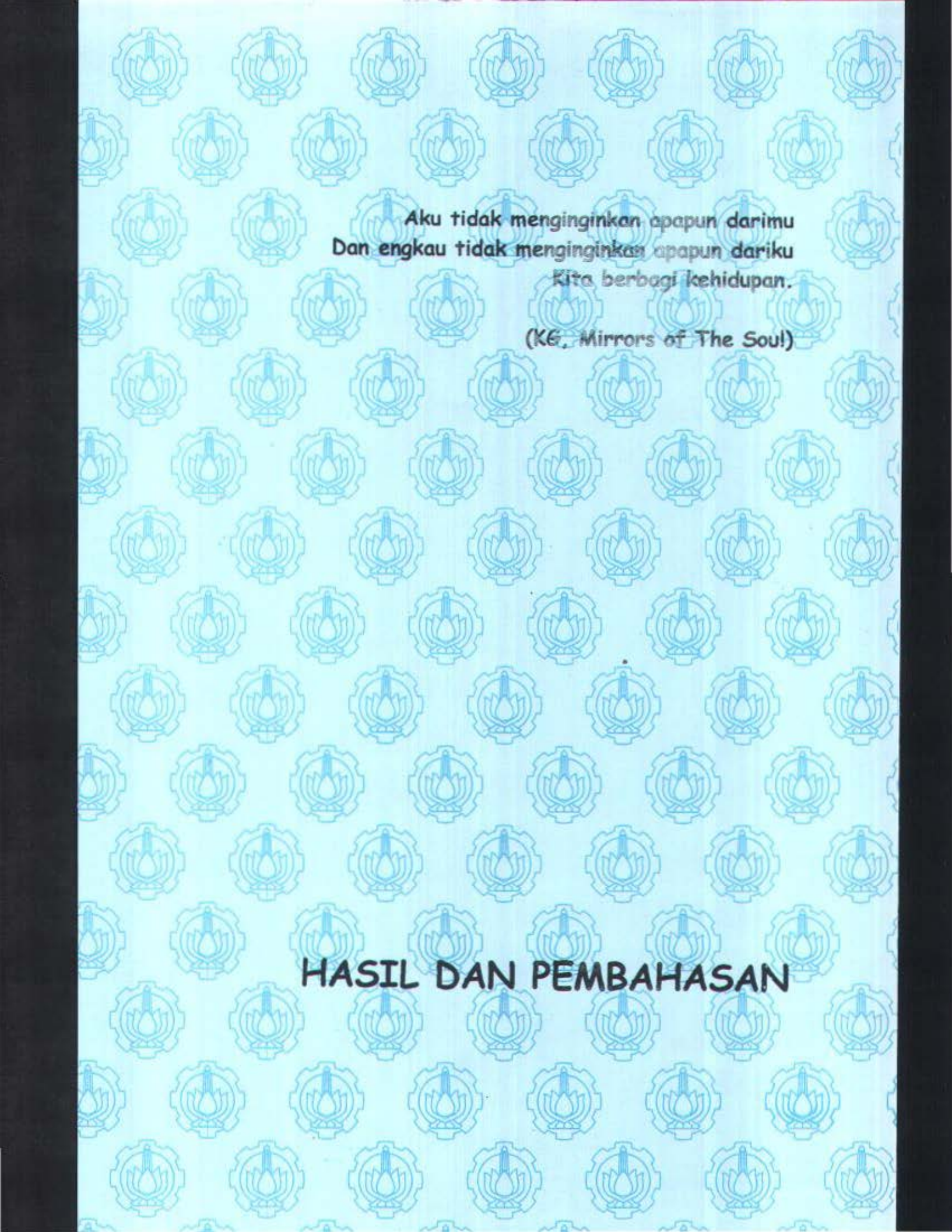


Gambar 3.1. Rangkaian generator oksigen singlet (GOS)

3.2.4. Proses Oksidasi Lidokaina

Pembentukan oksigen singlet dilakukan dengan cara mengalirkan larutan fullerit dan oksigen ke tabung GOS. Kemudian, GOS disinari selama 1 jam dengan lampu halogen sebagai sumber foton. Oksigen singlet yang terbentuk kemudian dialirkan ke RP.

Larutan lidokaina dimasukkan ke RP sebanyak 150 ml kemudian dialiri oksigen singlet dari GOS selama 1 jam. Hasil oksidasi diuji dengan spektrofotometer UV-Vis dan spektrofotometer inframerah.



Aku tidak menginginkan apapun darimu
Dan engkau tidak menginginkan apapun dariku
Kita berbagi kehidupan.

(KE, Mirrors of The Soul)

HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

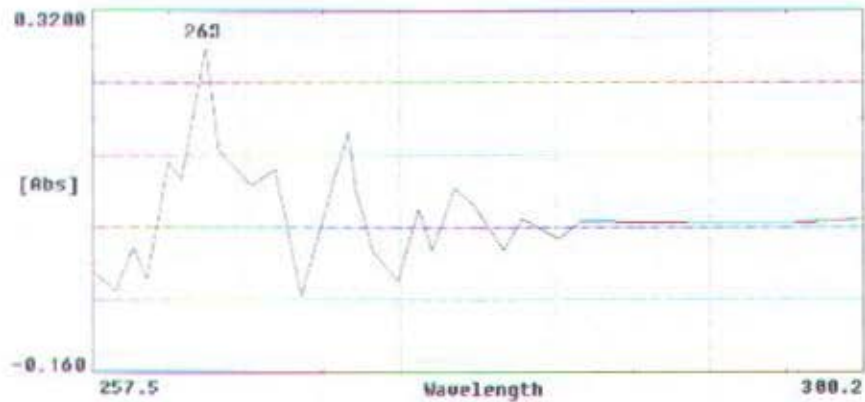
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Persiapan Larutan Fullerit

Fullerit sebagai sensitizer dibuat variasi konsentrasinya dengan menggunakan toluen sebagai pelarut. Fullerit murni mempunyai bentuk fisik berupa serbuk halus berwarna coklat kehitam-hitaman yang larut dalam pelarut toluen yang menghasilkan larutan berwarna coklat kemerahan (mocca).

Variasi konsentrasi fullerit yang digunakan adalah 2.5×10^{-5} M; 1×10^{-5} M; $1 \times 7.5 \times 10^{-6}$ M; 5×10^{-6} M; dan 2.5×10^{-6} M. Pembuatan konsentrasi fullerit dilakukan dengan pengenceran bertingkat dari konsentrasi 2.5×10^{-5} M hingga diperoleh konsentrasi 2.5×10^{-6} M. Kestabilan konsentrasi masing-masing larutan fullerit diketahui dengan analisa absorbansi larutan fullerit dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan toluen sebagai blanko pada panjang gelombang 263 nm.

Panjang gelombang fullerit diperoleh dengan spektrofotometer UV-Vis seperti pada gambar 4.1.



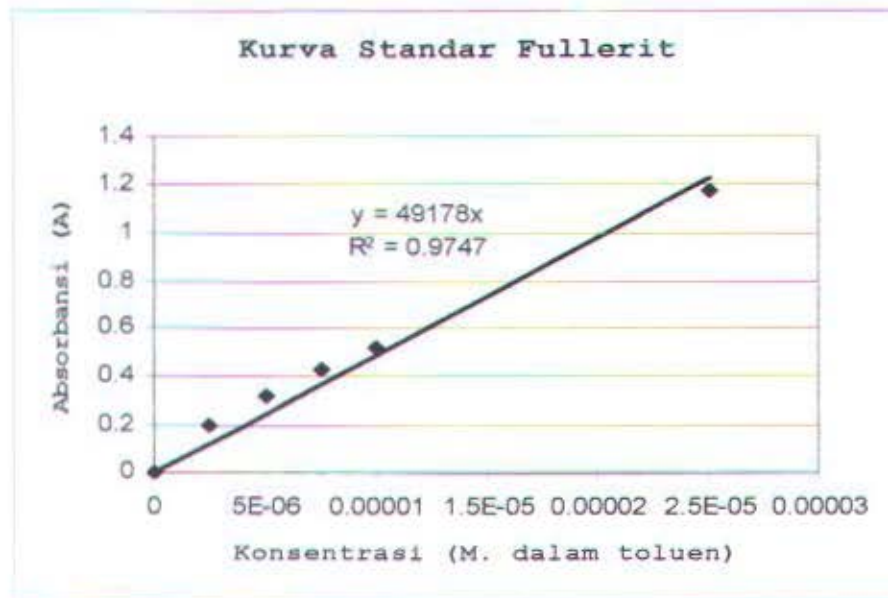
Gambar 4.1. Spektrum UV-Vis dari fullerit

Konsentrasi fullerit sebelum proses pengoksidasian berupa data absorbansi larutan fullerit dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data absorbansi larutan fullerit sebelum proses oksidasi

Konsentrasi larutan Fullerit (M,dalam toluen)	Absorbansi (A)
0	0
2.5×10^{-5}	1.1742
1.0×10^{-5}	0.5234
7.5×10^{-6}	0.4327
5.0×10^{-6}	0.3233
2.5×10^{-6}	0.2027

Berdasarkan data pada tabel 4.1, maka dapat dibuat kurva standar dari larutan fullerit pada panjang gelombang 263 nm seperti yang dihasilkan pada gambar 4.2 dan diperoleh persamaan garis regresi linier, $y = 49178x$.



Gambar 4.2. Kurva standar larutan fullerit

Pada persamaan garis regresi diperlukan uji statistik untuk menaksir selang kepercayaan dan nilai lereng dari persamaan kurva kalibrasi. Uji kelinieran kurva kalibrasi dimaksudkan untuk menghitung harga koefisien korelasi (r) yaitu untuk mengetahui apakah semua titik pada kurva kalibrasi terletak pada garis lurus lerengnya. Perhitungan pada lampiran B menghasilkan persamaan $y = 49178x$ dengan harga $r = 0,9873$ yaitu nilai yang mendekati satu, artinya titik-titik pada kurva kalibrasi mendekati garis lurus lerengnya.

Konsentrasi fullerit pada setiap konsentrasi dianalisa kembali absorbansinya setelah proses oksidasi untuk mengetahui apakah terjadi perubahan selama proses oksidasi berlangsung.

Konsentrasi fullerit setelah proses pengoksidasian yang dibandingkan dengan konsentrasi fullerit sebelum proses oksidasi dapat dilihat dari tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data konsentrasi fullerit setelah proses oksidasi

Konsentrasi awal larutan fullerit (M, dalam toluen)	Absorbansi larutan fullerit setelah pengelantangan (A)	Konsentrasi akhir larutan fullerit (M, dalam toluen)
2.5×10^{-5}	1.1941	2.55×10^{-5}
1.0×10^{-5}	0.5352	1.01×10^{-5}
7.5×10^{-6}	0.4287	7.61×10^{-6}
5.0×10^{-6}	0.3233	5.15×10^{-6}
2.5×10^{-6}	0.2106	2.52×10^{-6}

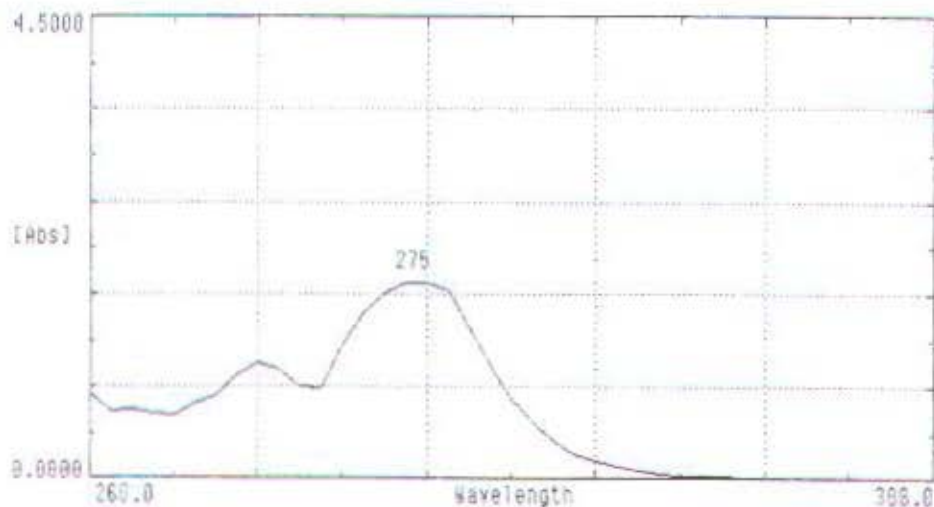
Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi larutan fullerit setelah proses oksidasi dengan membandingkan data pada kurva standar fullerit, diketahui tidak terdapat perubahan konsentrasi yang berarti pada konsentrasi.

4.2. Pengaruh Konsentrasi Fullerit dalam Mengoksidasi Lidokaina

Oksidasi lidokaina dipengaruhi oleh jumlah fotosensitizer dan oksigen yang diubah ke bentuk oksigen singlet. Peningkatan jumlah fotosensitizer menyebabkan energi yang ditransfer ke oksigen untuk membentuk oksigen singlet meningkat, tetapi peningkatan fotosensitizer yang berlebih akan menghalangi absorpsi sinar yang masuk ke

dalam reaktor. Hal ini disebabkan larutan fullerit berwarna coklat dan akan menghalangi absorpsi sinar oleh fullerit.

Berdasarkan variasi konsentrasi fullerit yang digunakan, diperoleh data absorbansi dari lidokaina hasil oksidasi yang dapat dilihat pada tabel 4.3. Hasil analisa diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan panjang gelombang 275 nm. Panjang gelombang 275 nm diperoleh dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dari lidokaina dengan pelarut metanol dibuat menjadi 0.03 M dengan metanol sebagai blanko seperti pada gambar 4.3.



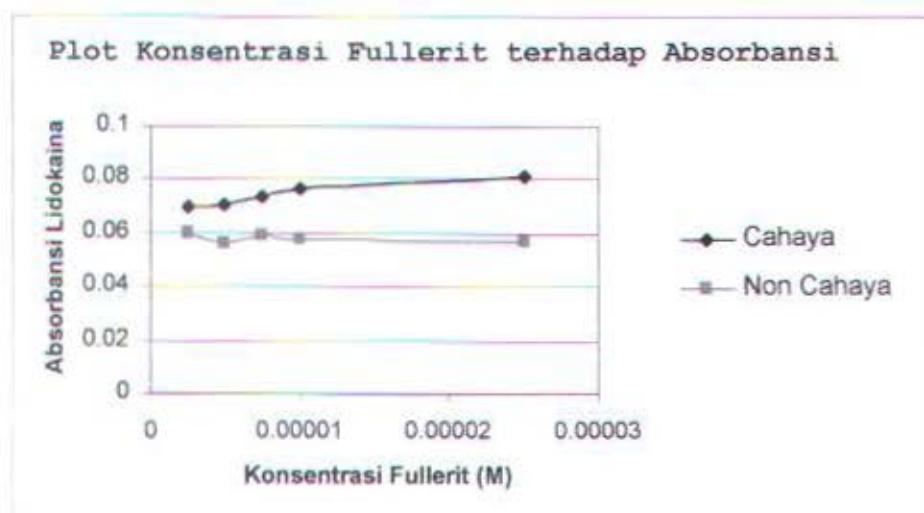
Gambar 4.3. Spektrum UV-Vis dari lidokaina

Hasil analisa oksidasi lidokaina dengan spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada tabel 4.3. dengan absorbansi lidokaina standar diperoleh sebesar 0.0372.

Tabel 4.3. Hasil analisa oksidasi lidokaina dengan spektrofotometer UV-Vis

Konsentrasi Fullerit (M)	ABSORBANSI				Tanpa Cahaya
	Cahaya				
	I	II	III	Rata-rata	
2.5×10^{-5}	0.0946	0.0757	0.0736	0.0813	0.0565
1.0×10^{-5}	0.0788	0.081	0.0699	0.0766	0.0575
7.5×10^{-6}	0.0793	0.0709	0.071	0.0737	0.0592
5.0×10^{-6}	0.0697	0.0679	0.0729	0.0702	0.0559
2.5×10^{-6}	0.0668	0.0698	0.073	0.07	0.0596

Berdasar pada tabel 4.3 di atas maka dapat dibuat secara grafik perubahan konsentrasi fullerit terhadap absorbansi lidokaina seperti terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik pengukuran absorbansi senyawa lidokaina dalam metanol 0.03 M terhadap perubahan konsentrasi fullerit dalam toluen selama 1 jam oksidasi

Konsentrasi fullerit dari 2.5×10^{-5} M; 1×10^{-5} M; 7.5×10^{-6} M; 5×10^{-6} M; dan 2.5×10^{-6} M secara berturut-turut menyebabkan penurunan absorbansi pada lidokaina. Namun penurunan tersebut tidak secara linier. Pada konsentrasi fullerit terbesar yaitu pada 2.5×10^{-5} M, larutan lidokaina memiliki nilai absorbansi yang lebih besar. Hal ini disebabkan molekul-molekul fullerit lebih banyak bila dibandingkan dengan konsentrasi fullerit lain yang konsentrasinya lebih kecil. Semakin banyak molekul fullerit, maka kemampuan untuk mentransfer energi dalam bentuk tripletnya ke oksigen menjadi oksigen singlet juga semakin besar kemungkinannya, sehingga oksigen singlet akan mengoksidasi senyawa lidokaina lebih banyak.

Absorbansi lidokaina mengalami peningkatan yang berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi fullerit setelah dioksidasi dengan oksigen singlet. Peningkatan absorbansi lidokaina ini disebabkan terbentuknya ikatan rangkap pada produk. Oksigen singlet akan menyerang gugus amina pada lidokaina menyebabkan terbentuknya produk utama yaitu N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-(etil-vinil-amino)-asetamida, N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida dan 2,6-Dimetil-fenilamin (Zanocco, dkk, 2001).

Intensitas cahaya yang diserap akan semakin besar dengan bertambahnya konsentrasi sensitizer pada daerah

konsentrasi rendah yaitu konsentrasi di bawah 1×10^{-3} M, namun pada daerah konsentrasi tinggi maka intensitas cahaya akan menurun dengan bertambahnya konsentrasi sensitizer (Zhou, dkk, 1996).

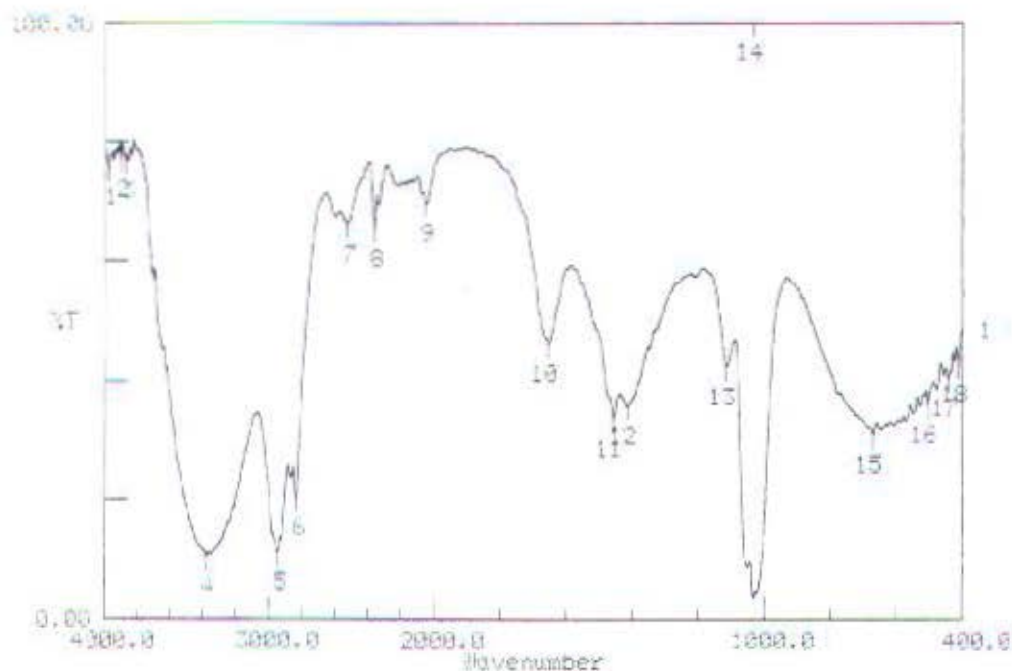
Proses oksidasi pada penelitian ini dilakukan dengan dua metoda yaitu dengan menggunakan cahaya dan tanpa cahaya. Hasil oksidasi lidokaina dengan metode oksidasi yang menggunakan cahaya dan tanpa menggunakan cahaya dapat dilihat dari tabel 4.3 dan perbandingannya dapat dilihat pada gambar 4.4. Metoda oksidasi dengan menggunakan cahaya sebagai sumber foton dimaksud untuk membandingkan kereaktifan oksigen dalam keadaan dasar dengan oksigen singlet. Absorbansi yang terukur pada lidokaina menunjukkan nilai yang hampir sama pada setiap variasi konsentrasi fullerit pada metode oksidasi tanpa menggunakan cahaya. Metode oksidasi tanpa cahaya yaitu tidak memberi energi foton kepada sensitizer yang mana oksigen hanya dilewatkan saja melalui sensitizer sehingga oksigen tetap dalam keadaan dasar dan tidak tereksitasi seperti halnya sensitizer yang dikenai cahaya sebagai sumber foton. Absorbansi lidokaina pada metode oksidasi tanpa menggunakan cahaya adalah lebih kecil dibandingkan dengan metode oksidasi menggunakan cahaya. Metode oksidasi tanpa cahaya dimana molekul-molekul fotosensitizer berada dalam keadaan

stasioner, molekul stasioner tidak dapat memancarkan radiasi elektromagnetiknya.

Suatu atom harus mengalami perubahan dari suatu keadaan stasioner ke keadaan stasioner yang lebih rendah untuk dapat memancarkan radiasi elektromagnetiknya, dan sebaliknya atom akan mengabsorpsi energi bila mengalami perubahan dari suatu keadaan stasioner ke keadaan stasioner yang lebih tinggi (hukum Bohr).

Hasil oksidasi lidokaina juga dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer inframerah (FT-IR). Pada analisa lidokaina standar yaitu sebelum dioksidasi (gambar 4.5), dari spektrum inframerah yang terlihat, muncul puncak serapan pada bilangan gelombang 3385.38 cm^{-1} (no. 4) yang menunjukkan gugus O-H stretching. Serapan pada bilangan gelombang 2947.50 cm^{-1} (no.5) menunjukkan gugus CH stretching (gugus alkil). Pada puncak serapan lain, muncul serapan pada bilangan gelombang 1651.22 cm^{-1} (no. 10) yang menunjukkan gugus C=O pada amida sekunder. Pada serapan bilangan gelombang 1454.46 cm^{-1} (no. 11) diketahui adalah gugus CH_2 vibrasi gantung. Gugus $-\text{CH}_2-\text{CO}-$ terdapat pada serapan bilangan gelombang 1413.95 cm^{-1} (no. 12). Pada serapan bilangan gelombang 1032.01 cm^{-1} (no. 14) menunjukkan adanya gugus C-N stretching. Pada puncak lainnya, muncul

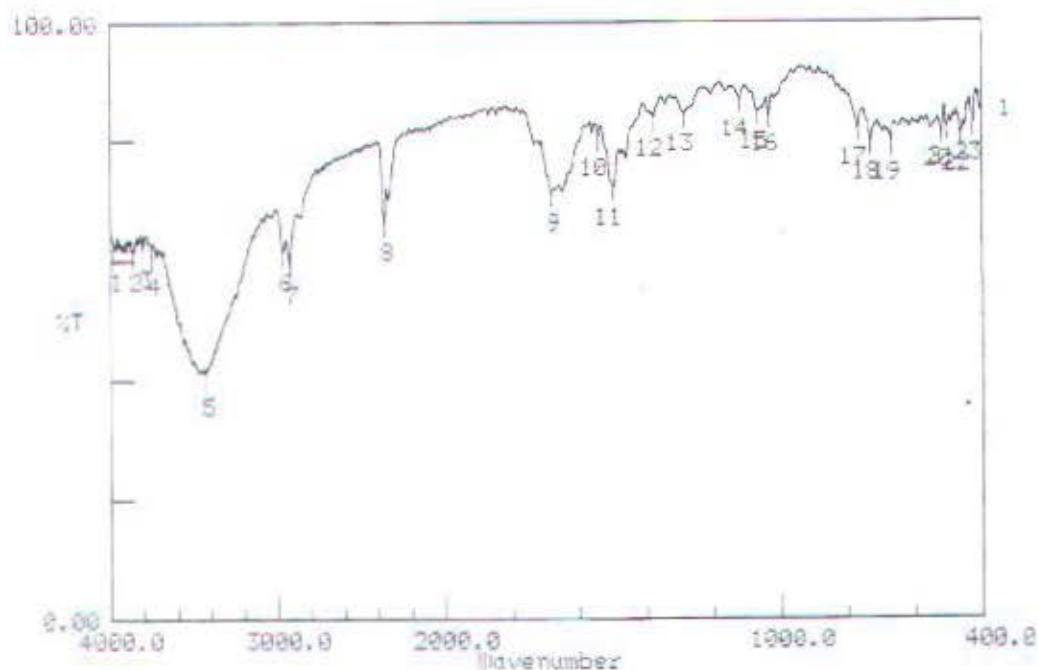
serapan pada bilangan gelombang 669.36 cm^{-1} (no. 15) yang menunjukkan adanya gugus benzen tersubstitusi 1, 2, 3.



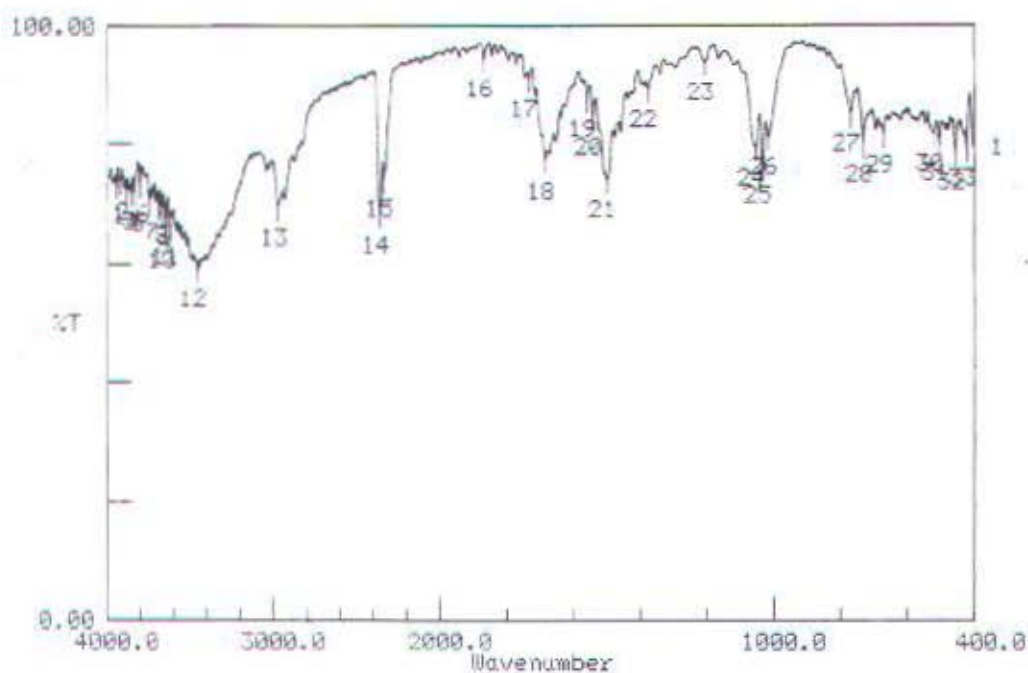
Gambar 4.5. Spektrum FT-IR dari lidokaina standar 0.03 M

Spektrum inframerah lidokaina hasil oksidasi dengan metode oksidasi yang menggunakan cahaya, pada konsentrasi fullirit $2.5 \times 10^{-5} \text{ M}$ (gambar 4.6) terdapat puncak spektrum serapan pada bilangan gelombang 3429.74 cm^{-1} (no. 5). Puncak tersebut adalah gugus OH *stretching*. Puncak lainnya muncul pada bilangan gelombang 2966.79 cm^{-1} (no. 6) yang menunjukkan gugus $-\text{CH}_3$. Pada bilangan gelombang 1682.08 cm^{-1} (no. 9) menunjukkan adanya gugus C=N untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida. Puncak serapan lain terdapat pada bilangan gelombang 1286.64 cm^{-1} (no. 13) yang menunjukkan masih adanya gugus C-N pada aromatik amin.

Lidokaina hasil oksidasi dengan metode oksidasi tanpa menggunakan cahaya pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M (gambar 4.7), terdapat puncak-puncak yang sama dengan spektrum yang menggunakan cahaya. Namun terdapat perbedaan pada tingginya puncak spektrum serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1684.01 cm^{-1} (no. 18) yang lebih pendek. Hal ini menunjukkan lebih kecilnya konsentrasi lidokaina hasil oksidasi dengan metode tanpa cahaya daripada dengan menggunakan cahaya. Dengan demikian, absorbansinya juga menjadi lebih kecil.



Gambar 4.6. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M dengan cahaya

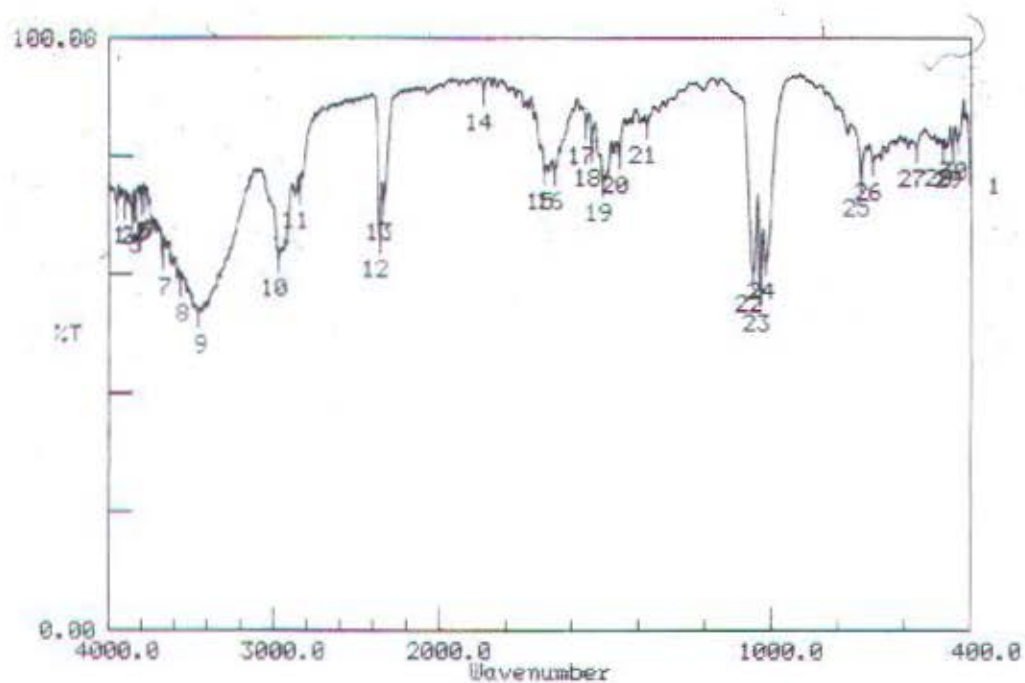


Gambar 4.7. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M tanpa cahaya

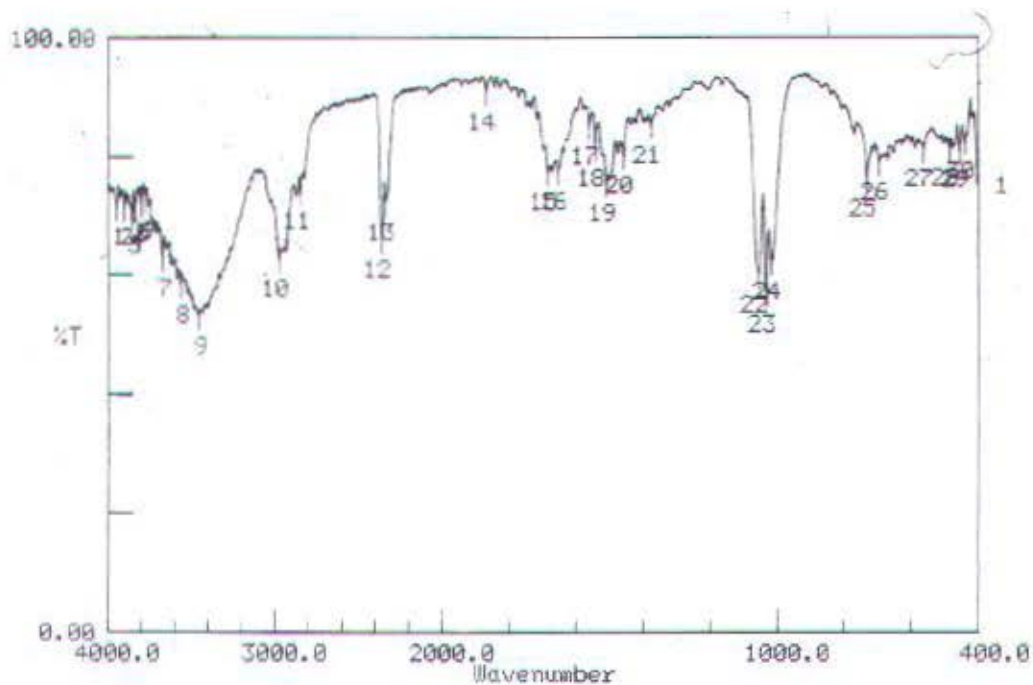
Pada konsentrasi fullerit 1×10^{-5} M, diperoleh spektrum inframerah lidokaina hasil oksidasi dengan metode oksidasi yang menggunakan cahaya (gambar 4.8), terdapat serapan pada bilangan gelombang 3439.39 cm^{-1} (no. 11) yang menunjukkan adanya gugus OH *stretching*. Serapan pada bilangan gelombang 2968.71 cm^{-1} (no. 12) menunjukkan adanya gugus CH *stretching* (gugus alkil). Gugus yang lain yaitu gugus C=N *stretching* muncul serapan pada bilangan gelombang 1684.01 cm^{-1} (no. 20) untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida. Terdapat perbedaan dari spektrum sebelumnya yang menunjukkan adanya gugus C=C yang muncul pada serapan bilangan gelombang 1653.14 cm^{-1} (no. 21) untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-(etil-vinil-amino)-

asetamida. Hal ini membuktikan adanya pembentukan dua macam ikatan rangkap dari hasil oksidasi lidokaina. Spektrum-spektrum yang terbentuk pada konsentrasi ini lebih pendek daripada konsentrasi 2.5×10^{-5} M sehingga absorbansinya lebih kecil.

Pada metode oksidasi tanpa cahaya (gambar 4.9), pada bilangan gelombang 1684.01 cm^{-1} (no. 15) menunjukkan adanya gugus C=N untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida. Pada puncak lainnya, muncul serapan bilangan gelombang 1653.14 cm^{-1} (no. 16) menunjukkan gugus C=C untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-(etil-vinil-amino)-asetamida.



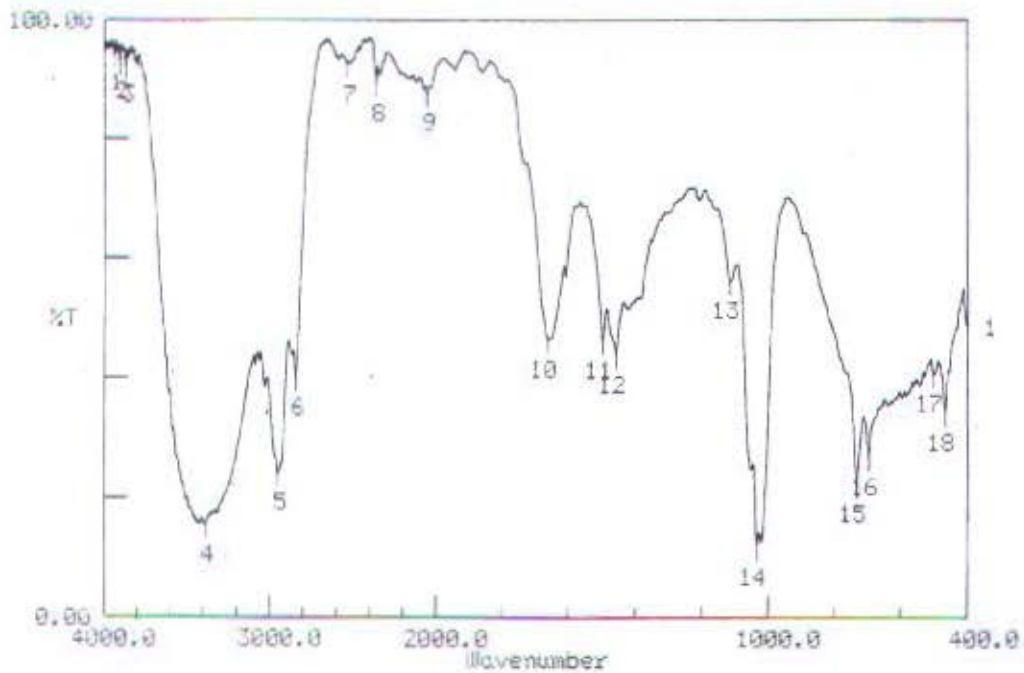
Gambar 4.8. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 1.0×10^{-5} M dengan cahaya



Gambar 4.9. Spektrum FT-IR pada lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 1.0×10^{-5} M tanpa cahaya

Konsentrasi fullerit 7.5×10^{-6} M (gambar 4.10) menghasilkan spektrum inframerah untuk lidokaina hasil oksidasi dengan metode oksidasi yang menggunakan cahaya, terdapat gugus OH *stretching* yang muncul pada bilangan gelombang 3385.38 cm^{-1} (no. 4). Gugus CH *stretching* (gugus alkil) muncul pada bilangan gelombang 2949.43 cm^{-1} (no. 5). Pada puncak lain terdapat serapan pada bilangan gelombang 1660.86 cm^{-1} (no. 10) yang menunjukkan adanya gugus C=N untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida. Pada bilangan gelombang 1454.46 cm^{-1} (no. 12) yang menunjukkan gugus CH₃-O. Serapan yang lain yaitu pada bilangan gelombang 1032.01 cm^{-1} (no. 14) menunjukkan adanya

gugus C-N *stretching*. Gugus benzen tersubstitusi 1, 2, 3 muncul serapan pada bilangan gelombang 729.16 cm^{-1} (no. 15). Hasil oksidasi lidokaina menghasilkan bentuk baru dari sebelumnya yaitu terbentuknya gugus amin yang terikat pada benzen yang menunjukkan senyawa 2,6-Dimetil-fenilamin.

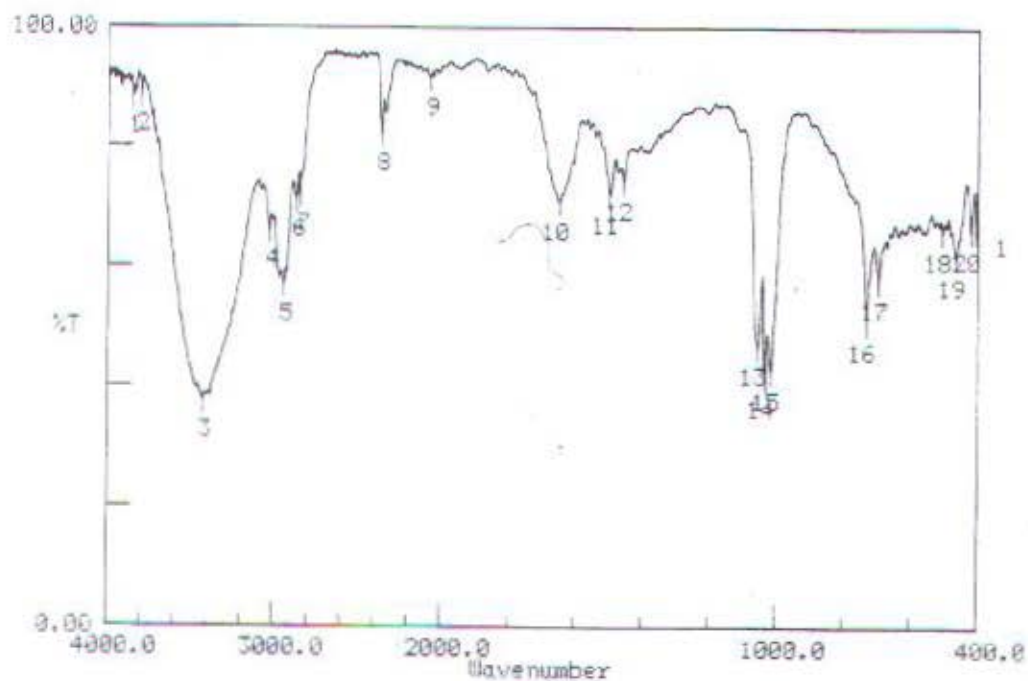


Gambar 4.10. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 7.5×10^{-6} M dengan cahaya

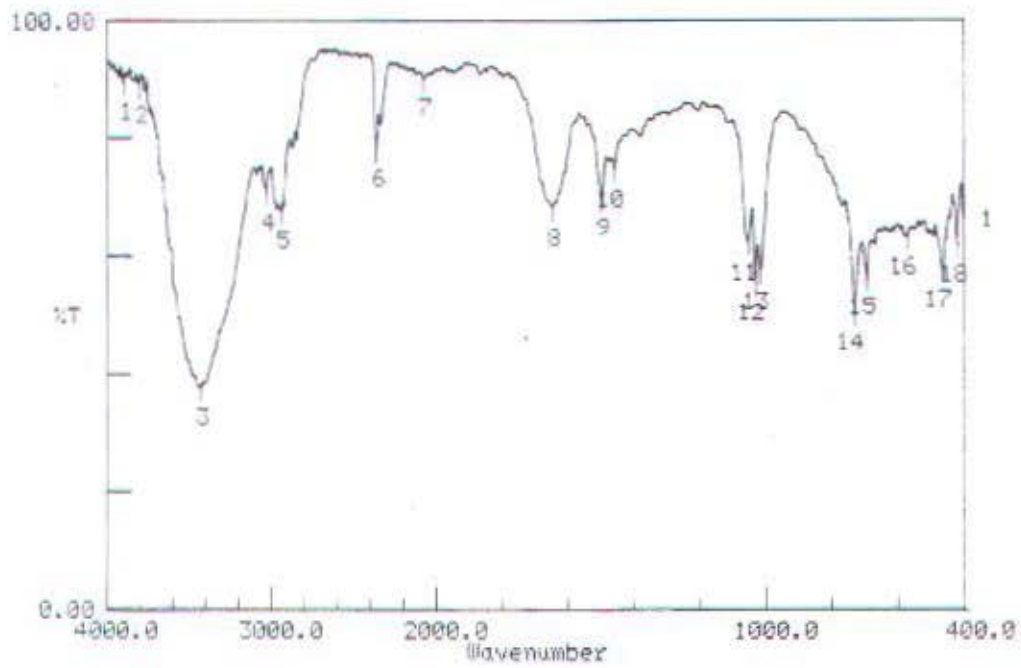
Pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M (gambar 4.11) menghasilkan spektrum inframerah lidokaina dengan metode oksidasi menggunakan cahaya terdapat gugus OH *stretching*. Gugus tersebut muncul pada bilangan gelombang 3427.81 cm^{-1} (no. 3). Gugus CH *stretching* (gugus alkil) muncul serapan pada bilangan gelombang 2941.71 cm^{-1} (no. 5). Gugus yang lain terlihat pada serapan bilangan gelombang 1647.36 cm^{-1}

(no. 10) yaitu gugus C=N untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida.

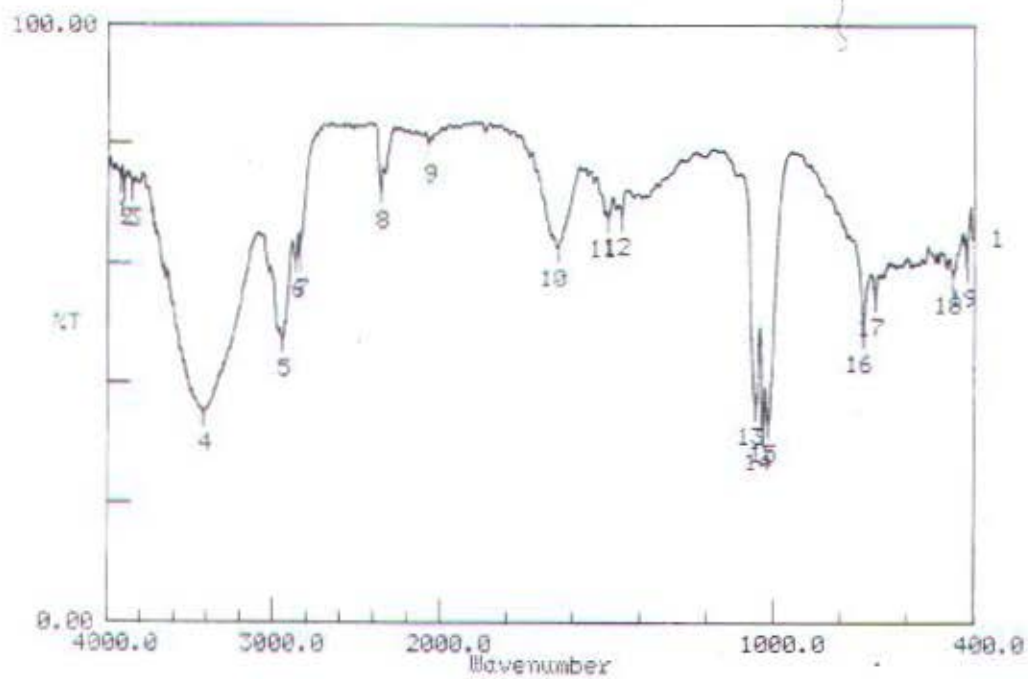
Pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-6} M dengan metode oksidasi menggunakan cahaya (gambar 4.13), menghasilkan spektrum inframerah lidokaina yang hampir sama dengan spektrum yang dihasilkan pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M. Namun, spektrumnya lebih pendek sehingga absorbansi dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-6} M menjadi lebih kecil daripada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M.



Gambar 4.11. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M dengan cahaya



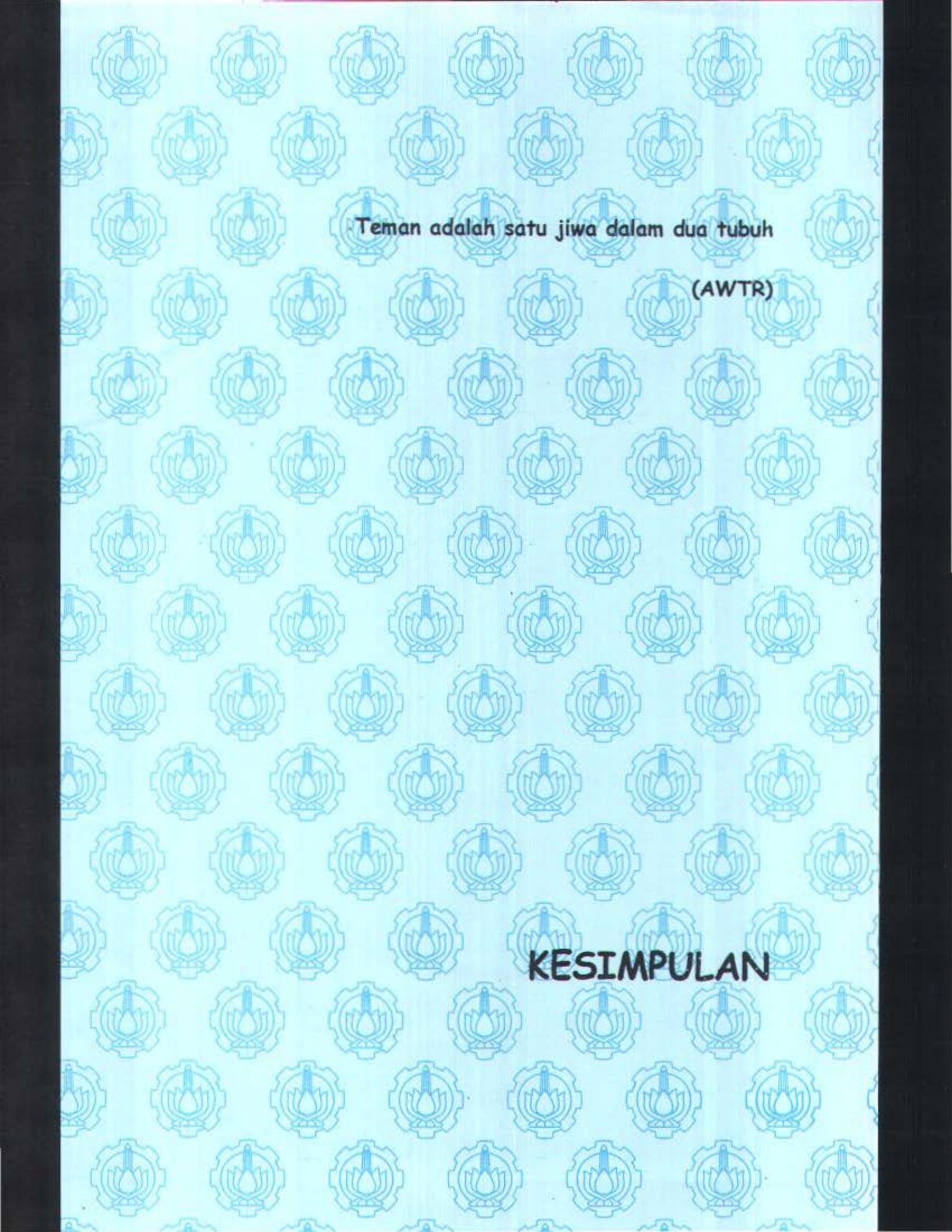
Gambar 4.12. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M tanpa cahaya



Gambar 4.13. Spektrum FT-IR dari lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-6} M dengan cahaya

Gugus C=N untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida terdapat pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M, 1×10^{-5} M, 7.5×10^{-6} M, 5×10^{-6} M, dan 2.5×10^{-6} M. Pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M memiliki puncak serapan gugus C=N yang lebih besar daripada konsentrasi fullerit 1×10^{-5} M. Sedangkan pada konsentrasi fullerit 7.5×10^{-6} M memiliki puncak serapan gugus C=N yang lebih besar daripada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M. Namun, pada konsentrasi 7.5×10^{-6} M ini, terdapat serapan gugus C=N yang lebih besar jika dibandingkan dengan konsentrasi sebelumnya yang mana juga dimiliki oleh spektrum lidokaina standar. Jadi dimungkinkan masih banyak lidokaina yang belum teroksidasi. Hal ini menyebabkan absorbansi lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 7.5×10^{-6} M menjadi lebih kecil daripada absorbansi lidokaina pada konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M dan 1×10^{-5} M. Meskipun pada konsentrasi 1×10^{-5} M terdapat puncak serapan gugus C=C, namun puncak serapannya sangat kecil dan dimungkinkan jumlah senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-(etil-vinil-amino)-asetamida yang terbentuk sangat sedikit sehingga absorbansi lidokaina hasil oksidasi lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi fullerit 2.5×10^{-5} M. Sedangkan pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M dan 2.5×10^{-6} M memiliki puncak serapan yang hampir sama. Adanya gugus C=N untuk

senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida. Serapan gugus C=N pada konsentrasi 5×10^{-6} M memiliki puncak yang lebih besar daripada konsentrasi 2.5×10^{-6} M sehingga absorbansi lidokaina hasil oksidasi pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M lebih besar daripada konsentrasi 2.5×10^{-6} M. Selain itu, serapan gugus C=N pada konsentrasi 5×10^{-6} M lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi 2.5×10^{-6} M. Begitu pula pada konsentrasi fullerit 5×10^{-6} M yang memiliki puncak serapan gugus C=N yang lebih kecil dibandingkan pada konsentrasi 7.5×10^{-6} M.



Teman adalah satu jiwa dalam dua tubuh

(AWTR)

KESIMPULAN

BAB V

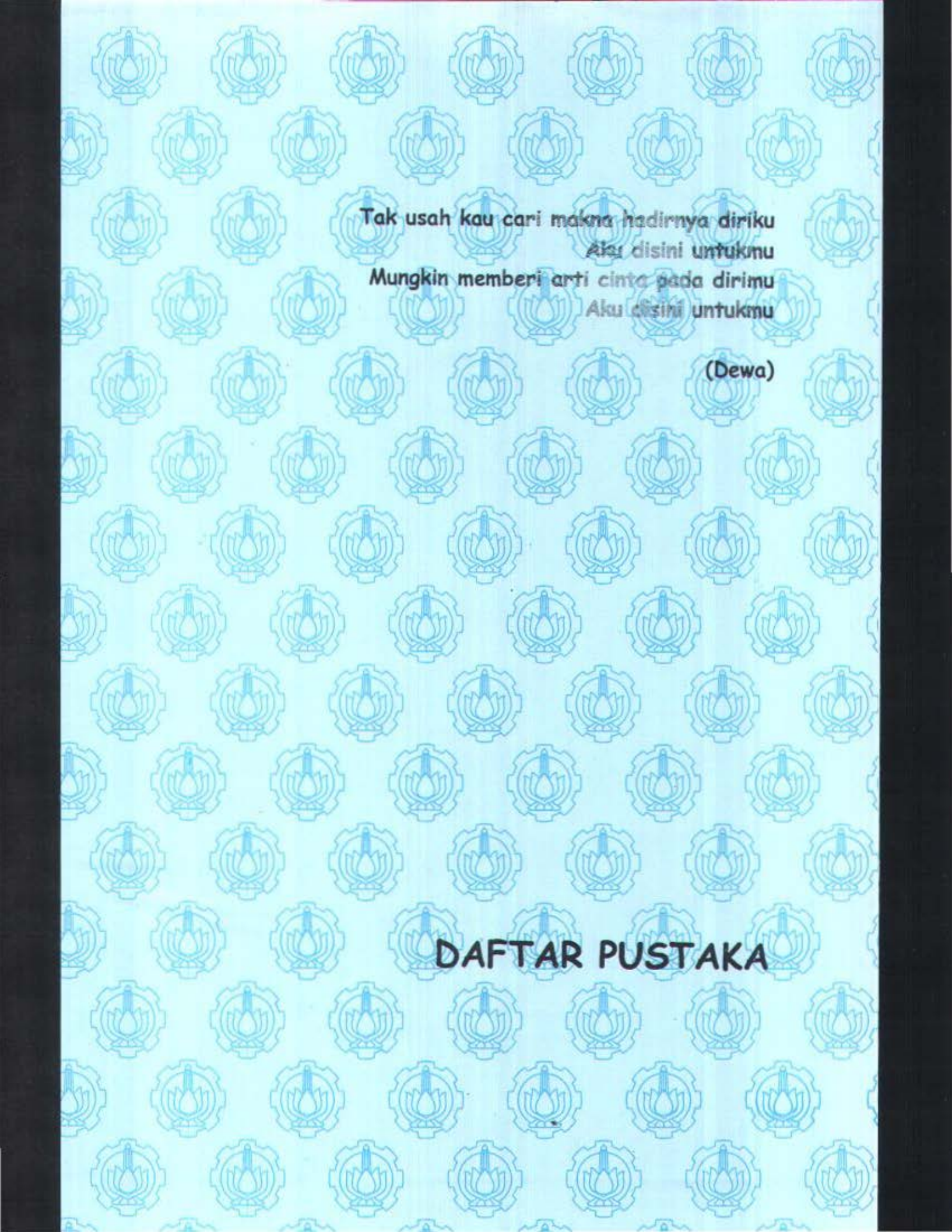
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Variasi konsentrasi yang digunakan adalah $2,5 \times 10^{-5}$ M; 1×10^{-5} M; $7,5 \times 10^{-6}$ M; 5×10^{-6} M; dan $2,5 \times 10^{-6}$ M. Kinerja fullerit optimum diperoleh pada konsentrasi fullerit $2,5 \times 10^{-5}$ M yang menghasilkan absorbansi lidokaina hasil oksidasi sebesar 0.0813 dan terdapat gugus C=N tak terkonjugasi pada serapan bilangan gelombang 1682.08 cm^{-1} untuk senyawa N-(2,6-Dimetil-fenil)-2-etilimino-asetamida.

5.2. Saran

Proses oksidasi lidokaina dengan oksigen singlet yang dihasilkan oleh fotosensitizer fullerit terbukti menaikkan absorbansi dengan meningkatnya konsentrasi fullerit. Pada proses ini dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan senyawa lain sebagai respon. Beberapa variasi juga dapat dilakukan antara lain: variasi laju alir sensitizer, laju alir oksigen dan perubahan suhu.



Tak usah kau cari makna hadirnya diriku
Aku disini untukmu
Mungkin memberi arti cinta pada dirimu
Aku disini untukmu

(Dewa)

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Aklus, S., (2000a), *Proses Pengelantangan Pulp Bebas Klor dengan Sistem Fotosensitizer Katil Bergerak*, Paten Republik Indonesia, No. P 20000700.
- Arbogast, J.W., Darmanyan, A.O., Foote, C.S., Rubin, Y., Diederich, F.N., Alvarez, M.M., Anz, S.J., Whetten, R.L., (1991), *Singlet Oksigen*, *J. Phys. Chem.*, pp. 95, 11-12.
- Arianto, R., (1999), *Pengaruh Laju Alir Oksigen Terhadap Pengelantangan Pulp Secara Fotonis*, Skripsi Kimia FMIPA, Surabaya.
- Atkins, P.W., (1994), *Kimia Fisika jilid 2*, edisi keempat, Erlangga, Jakarta, pp. 49-50.
- Bonini, C., D'Auria, M., D'Alessio, L., Mauriello, G., Tofani, D., Viggiano, D., and Zimbardi, F., (1998), *Singlet Oxygen Degradation of Lignin*, *Journal of Photochemistry and Photobiology*, Vol. 113, pp. 119-124.
- Christian, D.G., O'Reilly, E.J., (1986), *Instrument Analysis*, Allyn and Bacon Inc., USA, pp. 227.
- Cotton, F.A., Wilkinson, G., (1992), *Basic Inorganic Chemistry*, third edition, John Wiley and Sons, New York, pp. 411.
- Coyle, J.D., (1995), *Introduction to Organik Photochemistry*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Creegan, K.M., Robbins, J.L., Robbins, W.K., Millar, J.M., Sherwood, R.D., Tindall, P.J., Cox, D.M., McCauley, J.P., Jr., Jones, D.R., Gallagher, T.T., Smith, III. A.M., (1992), *Photochemical Reaction of C₆₀ and Amines*, *J. Am. Chem. Soc.*, pp. 114, 1103-1105.
- Day, R.A., Jr., Underwood, A.L., (1989), *Analisa Kimia Kuantitatif*, Penerbit Erlangga, Jakarta, pp. 388-390.
- Encinas, M.V., Lemp, E., Lissi, E.A., (1987), *J. Chem. Soc., Perkin Trans. II*, pp. 1125-1302.

- Fengel, D., Wegner, B., (1995), *Kayu*, edisi pertama, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta, pp. 542-545.
- Fessenden & Fessenden, (1992), *Kimia Organik II*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Guldi, Dick M., (1993), *Electron Accepting Building Blocks in Photoactive Donor-Bridge-Acceptor Dyads*, University of Notre Dame, Notre Dame.
- Huffman, D.R., Kratschmer W., Lamb, L.D., (1990), *Nature*, pp. 347, 354.
- Inoue, M., Machi, L., Brown, F., Inoue, M.B., Fernando, Q. J., (1995), *Molecular Structure*, J. Am. Chem. Soc., pp. 345, 113-117.
- Lissi, E.A., Encinas, M.V., Lemp, A., Rubio, M.A., (1993), *Singlet Oxygen Bimolecular Processes. Solvent and Compartmentalization Effects*, Chem. Rev. 93, pp. 699-723.
- Mair, R.D., Graupner, A.J., (1964), *Determination of Organic Peroxides by Iodine Liberation Procedures*, Anal. Chem. 36, pp. 194-204.
- Moore, J.W., Pearson, R.P., (1980), *Kinetics and Mechanism*, third edition, John Wiley and Sons, New York, pp. 413.
- Murtolo, A., Said, M., Ardi, M., (1984), *Kimia Kuantum*, PT Bina Ilmu, Surabaya.
- Pasquini, Brian, (1990), *Graphite Arc Generation of Fullerene*.
- Quaranta, Annamaria, McGarvey, David, J., Marcorin, Gian L., Tome, Augusto, Rae, Margaret, Berberan-Santos, Mario N., (1995), *Photophysical Properties of Porphyrin-Fullerene Dyads*, Keele University, Staffordshire.
- Rabek, J.K., (1996), *Photodegradation of Polymers*, Springer Berlin, pp. 94-96.
- Sastrohamidjojo, Hardjono, (1985), *Spektroskopi I*, Liberty, Yogyakarta.

Schaefer, F.C., Zimmermann, (1970), *J. Org. Chem.* 55, pp. 2167-2171.

The Merck Index, Tenth edition, (1983), Published by Merck and Co Inc, Rahway NJ, USA, pp. 786.

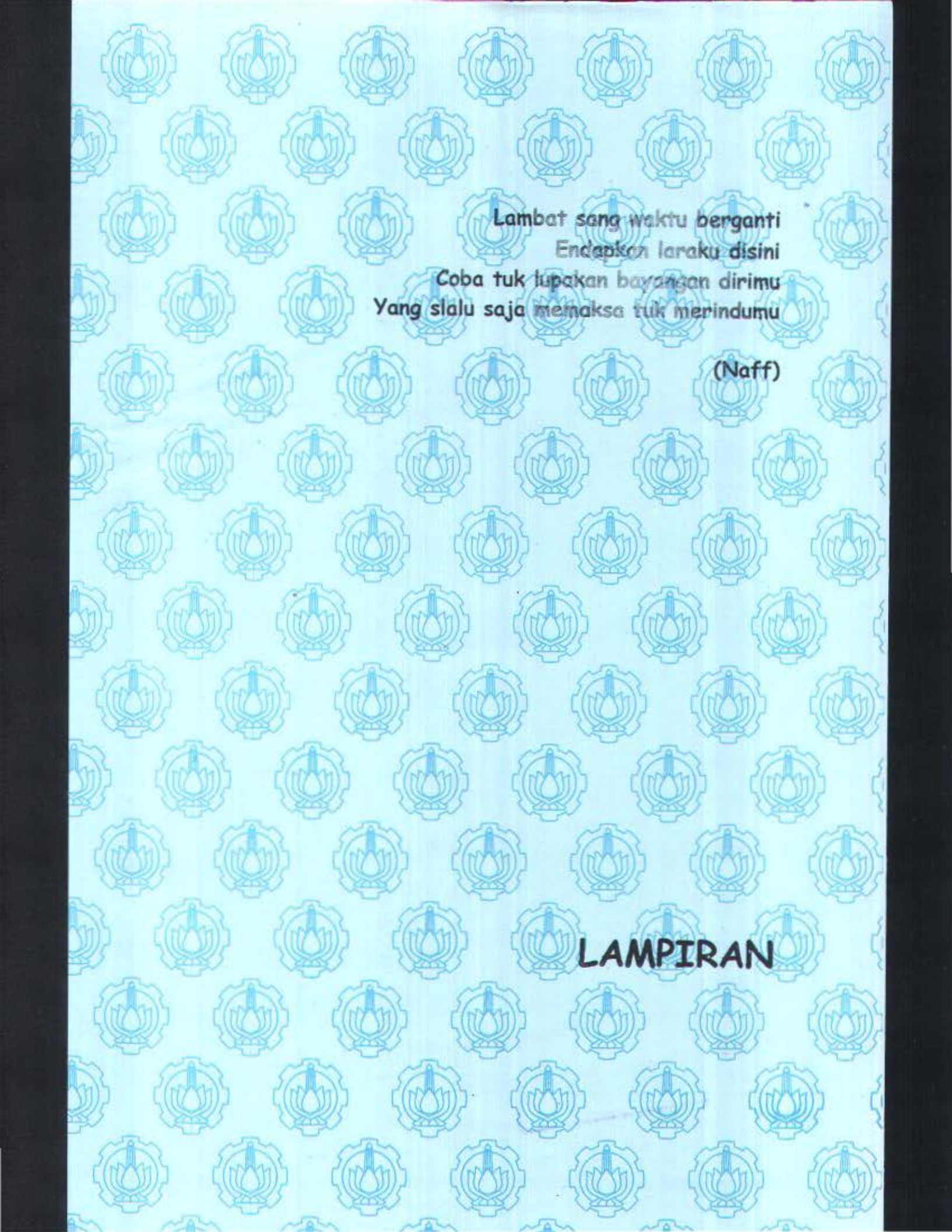
Thomas, George, (1999), *Functionalized Fullerenes as Photosynthetic Mimics*, The Electrochemical Society, Interface.

Wijoyo, (1999), *Efek Konsentrasi Pada Photobleaching Pulp*, Skripsi Kimia FMIPA, Surabaya.

Yoshika, M., Nishioka, T., Hasegawa, T., (1993), *Dye Sensitized Photooxidation of 6-Acyl and 6-carboalkoxybenzocycloalken-5-ones: Reactions of Singlet Oxygen with Enolic 1, 3-Dicarbonyl Compounds*, *J. Org Chem.*, Vol. 58, pp. 278.

Zanocco, A.L., Lemp, E., Pizarro, N., de la Fuente, J.R., Gunther, G., (2001), *Solvent effect on the sensitized photooxygenation of lidocaine*, *J. Photochem and Photobiol A: Chemistry* 140, pp. 109-115.

Zhou, D., Gan, L., Tan, H., Luo, C., Huang, C., Yao, G., Zhang, B., (1996), *Photoluminescence and fluorescence quenching of C₆₀-pyrrolidine derivatives at room temperature*, *J. Photochem and Photobiol A: Chemistry* 99, pp. 37-43.

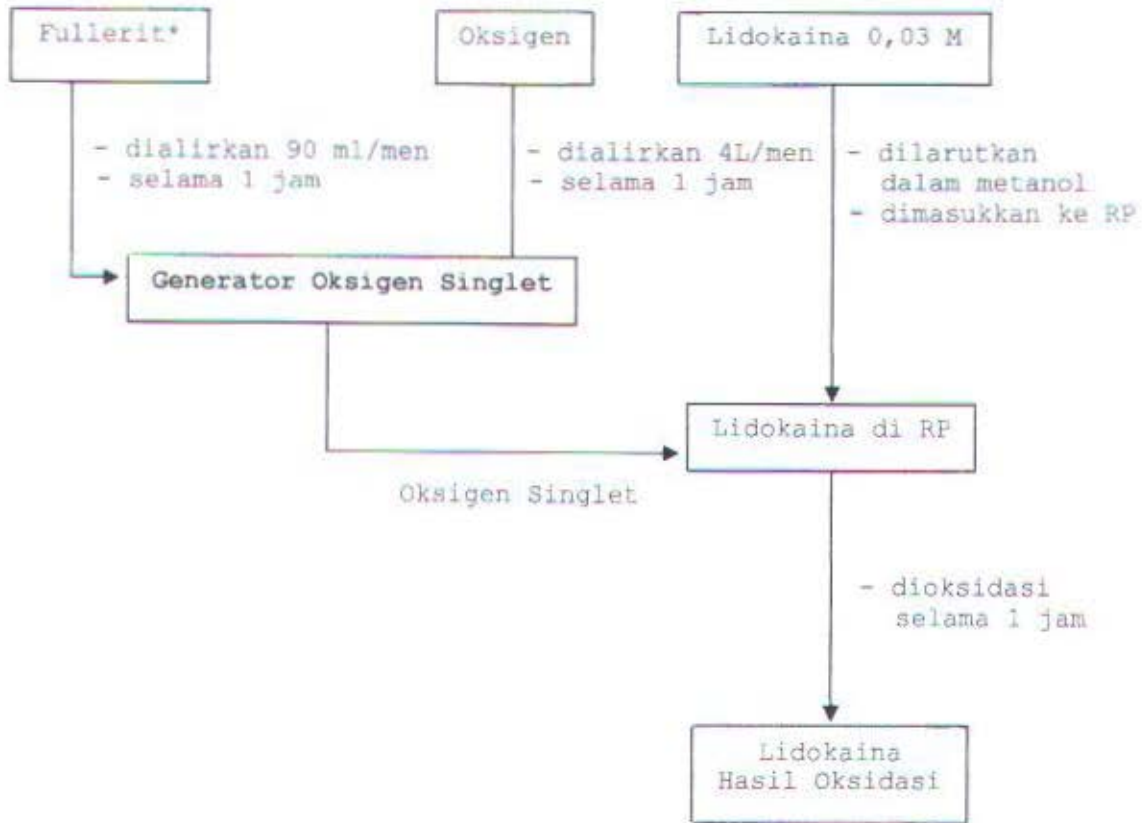


Lambat sang waktu berganti
Endakan laraku disini
Coba tuk lupakan bayangan dirimu
Yang slalu saja memaksa tuk merindumu

(Naff)

LAMPIRAN

LAMPIRAN A: Skema Kerja



* Konsentrasi divariasasi $2,5 \times 10^{-5}$ M; 1×10^{-5} M; $7,5 \times 10^{-6}$ M; 5×10^{-6} M; dan $2,5 \times 10^{-6}$ M dilarutkan ke dalam toluen.



LAMPIRAN B: Perhitungan

B.1. Perhitungan konsentrasi larutan yang digunakan

- Lidokaina yang digunakan dengan konsentrasi 0.03 M yaitu dibuat dengan cara:

$$Mr \text{ Lidokaina} = 234 \text{ gr mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$\begin{aligned} m = n.Mr &= 0.03 \text{ mol} \times 234 \text{ gr mol}^{-1} \\ &= 7.02 \text{ gr} \end{aligned}$$

Jadi 7.02 gr Lidokaina akan dilarutkan dalam 1 L metanol teknis.

- Fullerit yang digunakan dengan variasi 2.5×10^{-5} M; 1×10^{-5} M; 7.5×10^{-6} M; 5×10^{-6} M; dan 2.5×10^{-6} M dilarutkan ke dalam toluen teknis dibuat dengan cara:

$$Mr \text{ fullerit} = 720 \text{ gr mol}^{-1}$$

$$n = \frac{m}{Mr}$$

Untuk konsentrasi 2.5×10^{-5} M:

$$\begin{aligned} m = n.Mr &= 2.5 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 720 \text{ gr mol}^{-1} \\ &= 0.018 \text{ gr} \end{aligned}$$

kemudian dilarutkan dalam 1 L larutan toluen teknis dan dibutuhkan 4 L sehingga $4 \times 0.018 \text{ gr} = 0.072 \text{ gr}$.

Untuk konsentrasi 2.5×10^{-4} M dilakukan dengan pengenceran:

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

$$V_1 \times 2.5 \times 10^{-5} \text{ M} = 1 \text{ L} \times 1 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$V_1 = 0.4 \text{ L}$$

Jadi larutan fullerenit $5 \times 10^{-4} \text{ M}$ diambil sebanyak 0.5 L lalu diencerkan sampai 1 L.

Untuk konsentrasi $1 \times 10^{-4} \text{ M}$; $5 \times 10^{-5} \text{ M}$; dan $1 \times 10^{-5} \text{ M}$ juga dilakukan pengenceran dengan cara yang sama.

B.2. Perhitungan koefisien korelasi (r)

Koefisien korelasi (r) digunakan untuk menaksir seberapa baik kumpulan titik pada data percobaan dengan garis lurus. Nilai r dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \times \sum(y-\bar{y})^2}}$$

dimana: X = konsentrasi

y = absorbansi

Berdasarkan tabel 4.1 diperoleh nilai $r^2 = 0,9747$ dengan n = 6.

LEMBAR PENGESAHAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembahas/Penguji Skripsi dari mahasiswa:




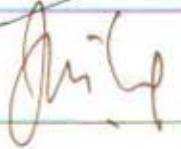
Nama : Niko Herbert.S

NRP : 1499 100 032

Judul : **KINERJA FULLERIT SEBAGAI FOTSENSITIZER
PADA GENERATOR OKSIGEN SINGLET (GOS)**

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi mahasiswa tersebut telah dilampiri dengan perbaikan sesuai dengan keputusan sidang Skripsi pada hari Kamis tanggal 5 Pebruari 2004.

Dosen Pembahas/Penguji:

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Prof. DR. Taslim Ersam	Ketua	
2	DR. Syafsir Akhlus, MSc	Pembimbing	
3	Ir. Endang Purwanti, MT	Anggota I	
4	Drs. Djoko Hartanto, MSi	Anggota II	
5	Drs. Suud Gani	Anggota	