



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.

**STUDI FOTODEGRADASI BIRU METILEN DI BAWAH SINAR  
MATAHARI OLEH ZnO-sNO<sub>2</sub> YANG DIBUATDENGAN METODA  
SOLID STATE REACTION**

**TESIS**



**NOVRIAN DONY  
0821207018**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ANDALAS 2010**

# STUDI FOTODEGRADASI BIRU METILEN DI BAWAH SINAR MATAHARI OLEH ZnO-SnO<sub>2</sub> YANG DIBUAT DENGAN METODA SOLID STATE REACTION

Oleh  
Novrian dony (0821207018)

(Di bawah bimbingan Prof. DR. Hermansyah Aziz dan DR. Syukri)

## RINGKASAN

Penggunaan semikonduktor sebagai fotokatalis merupakan tema yang sangat menarik saat ini karena kemampuannya untuk mendegradasi senyawa-senyawa disekitarnya dengan menggunakan sinar. Proses ini adalah proses yang mudah dan dapat dipakai ulang, serta ramah lingkungan. Fotokatalis ini dapat diaplikasikan sebagai antikabur, penghilang bau, material *self-cleaning* pemurnian dan penjernihan air, anti bakteri, dan telah dapat digunakan sebagai anti tumor/kanker. Selain untuk mendegradasi senyawa, fotokatalis juga digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga cahaya.

ZnO merupakan fotokatalis yang paling aktif dalam degradasi larutan *azo dye* dengan menggunakan cahaya matahari dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>, SnO<sub>2</sub>,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub> dan CdS. Untuk meningkatkan sifat fotokatalitiknya, ZnO dinanokompositkan dengan SnO<sub>2</sub> (ZnO-SnO<sub>2</sub>) melalui metoda *solid state reaction*. Sifat fotokatalitiknya diuji pada fotodegradasi senyawa biru metilen (MB) dibawah sinar matahari sebagai sumber energi pengaktifan yang murah dan mudah didapatkan.

Penelitian dilakukan di laboratorium Fotokimia jurusan kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas Padang, dari bulan September 2009 sampai dengan Januari 2010. Peralatan yang digunakan adalah spektrometer Visible (Genesys), Mikroskop optik, Fourier transformation Infra Red (Shimadzu), kertas saring, Sinar matahari tanpa awan jam 10:00-11:30 WIB didekat laboratorium fotokimia, reaktor bacht datar dilengkapi dengan cermin reflaktan dan peralatan-peralatan gelas. Bahan yang digunakan adalah Bubuk SnO<sub>2</sub> (merck) dan ZnO<sub>2</sub>(merck), etanol (absolut), dan biru metilen (BM, merck).

ZnO dan SnO<sub>2</sub> masing-masing dicampurkan dengan perbandingan mol 3:8 dan digerus dengan etanol di dalam lumpang sampai membentuk koloid. Campuran

dikeringkan pada suhu 105 °C selama 1 jam, dilanjutkan dengan pemanasan pada suhu 160 °C (ZnO-SnO<sub>2</sub> 160) dan 200 (ZnO-SnO<sub>2</sub> 160) °C selama 12 jam. Untuk perbandingan aktivitas fotokatalitik lakukan juga sama terhadap ZnO dan SnO<sub>2</sub> saja. Analisis homogenitas dengan mikroskop optik menunjukkan bahwa morfologi partikel ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 relatif memiliki ukuran yang seragam (homogen). ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 °C karakter spektrum FTIR-nya menunjukkan ZnO lebih dominan, sedangkan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 °C karakter spektrum FTIR-nya menunjukkan SnO<sub>2</sub> lebih dominan.

Penelitian selanjutnya dilakukan dengan penentuan kondisi optimum pengukuran, penentuan jumlah optimum ZnO-SnO<sub>2</sub>, perbandingan aktivitas katalis untuk pendegradasi BM, Penentuan pengaruh lama penyinaran terhadap degradasi MB, penentuan tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> yang direused, penentuan intensitas sinar matahari, dan penentuan rendemen kuantum fotodegradasi BM oleh katalis. Yang menjadi kondisi optimum pengukuran BM adalah pada panjang gelombang 664 nm dengan konsentrasi BM 0.0125 mM. Jumlah optimum ZnO-SnO<sub>2</sub> untuk mendegradasi 20 mL BM 0.0125 mM selama 40 menit adalah 0.005 g. Dimana degradasi (%) relatif sama dengan 0.010 dan 0.015 g ZnO-SnO<sub>2</sub>. ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang relatif sama. Perbandingan aktivitas katalis dalam mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dengan irradiasi selama 20 menit berbeda dengan perbedaan katalis. Blanko mengalami degradasi karena sinar matahari sebagai sumber sinar tampak terbesar juga memancarkan sinar UV yang bisa mendegradasi. SnO<sub>2</sub> yang tidak memiliki sifat fotokatalitik dibawah sinar tampak ternyata dibawah sinar matahari dapat memiliki sifat fotokatalitik. Ini dibuktikan dengan degradasi oleh SnO<sub>2</sub> (67,59 %) lebih besar dibandingkan degradasi blanko ( 59,17 %). Pemanasan pada suhu 160 dan 200 °C menunjukkan fotodegradasi yang signifikan lebih besar dibandingkan fotodegradasi oleh ZnO (80,97) dan campuran ZnO dan SnO<sub>2</sub> yang dipanaskan pada suhu 105 °C (82,07) untuk mengeluarkan air. Aktifitasnya ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 relatif sama (Degradasi ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 = 88,00 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 = 97,85). Pengaruh lama penyinaran terhadap degradasi 20 mL BM 0.0125 mM yang dilakukan dengan irradiasi selama 40 menit dengan range 10 menit menunjukkan bahwa degradasi menjelang 10 menit signifikan berbeda, sedangkan setelah 20 menit degradasi tidak

mengalami kenaikan secara signifikan atau cenderung stabil terutama untuk ZnO dan ZnO-SnO<sub>2</sub>. ZnO-SnO<sub>2</sub> yang digunakan kembali hingga ke empat kalinya menunjukkan penurunan degradasi yang tidak signifikan. Hasil perhitungan intensitas cahaya matahari adalah  $0,8 \times 10^{15}$  foton  $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Rendemen kuantum fotodegradasi BM menggunakan ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 masing-masing adalah  $2,59 \times 10^{-2}$  dan  $2,58 \times 10^{-2}$  molekul foton<sup>-1</sup>.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa ZnO yang dikompositkan dengan SnO<sub>2</sub> membentuk ZnO-SnO<sub>2</sub> dengan menggunakan *metode solid state* memiliki aktifitas fotokatalitik mendegradasi BM di bawah sinar matahari. Aktifitas fotokatalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> tersebut lebih besar dibandingkan aktifitas fotokatalitik ZnO di bawah sinar matahari yang berarti pengkompositan pada percobaan ini mampu menurunkan energi celah (energi gap) ZnO. Untuk Penelitian berikutnya disarankan agar meneliti kemampuan fotodegradasi ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dibuat dengan metoda *solid state reaction* untuk mendegradasi senyawa-senyawa toksik lainnya.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Hipotesa	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Mamfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Fotokatalis	5
2.1.1. Pengertian	5
2.1.2. Material Fotakatalis	5
2.1.3. Proses Fotokatalis	7
2.1.4. Aplikasi Fotokatalis	8
2.2. Seng	9
2.2.1. Sifat Seng	9
2.2.2. Kelimpahan Seng	10
2.2.3. Kegunaan Seng	11
2.3. Seng Oksida (ZnO)	12
2.3.1. Sifat-Sifat Seng Oksida	12
2.3.2. Struktur Seng Oksida	12
2.3.3. Pembuatan Seng Oksida	13
2.4. Metoda Analisa	14

2.4.1. Mikroskop Optik	14
2.4.2. Fourier transform Infra Red (FT-IR)	15
2.5. Biru Metilen	16
<b>BAB III. METODOLOG PENELITIAN</b>	<b>18</b>
3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian	18
3.2. Alat Dan Bahan	18
3.3. Cara Kerja	18
3.3.1. Pembuatan ZnO-SnO <sub>2</sub>	18
3.3.2. Karakterisasi ZnO-SnO <sub>2</sub>	18
3.3.3. Penentuan Kondisi Optimum Pengukuran	19
3.3.4. Penentuan jumlah optimum ZnO-SnO <sub>2</sub> (massa)	19
3.3.5. Perbandingan Aktivitas Katalis Untuk Mendegradasi Biru Metilen	19
3.3.6. Penentuan Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Degradasi Biru Metilen	20
3.3.7. Penentuan tingkat aktifitas katalitik SnO-ZnO <sub>2</sub> yang direused	20
3.3.8. Penentuan intensitas matahari	20
3.3.9. Penentuan rendemen kuantum fotodegradasi Biru Metilen oleh katalis	21
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>22</b>
4.1. Karakterisasi ZnO-SnO <sub>2</sub>	22
4.2. Penentuan kondisi optimum pengukuran	23
4.3. Penentuan jumlah optimum ZnO-SnO <sub>2</sub>	25
4.4. Perbandingan aktivitas katalis untuk mendegradasi BM	26
4.5. Penentuan pengaruh lama penyinaran terhadap degradasi MB	27
4.6. Penentuan tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO <sub>2</sub> yang direused	29
4.7. Penentuan intensitas sinar matahari	29
4.8. Penentuan rendemen kuantum fotodegradasi BM oleh katalis	30
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>31</b>
5.1. Kesimpulan	31

5.2. Saran

31

DAFTAR PUSTAKA

32

LAMPIRAN

34



## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.** Proses pembentukan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Dimana  $h\nu_1$  adalah  $\text{TiO}_2$  murni,  $h\nu_2$  adalah doping logam,  $h\nu_3$  adalah Dye-sensitization, dan  $h\nu_4$  adalah Non-metal doping 7
- Gambar 2.** Struktur *wurtzite* kristal ZnO 13
- Gambar 3.** Struktur Molekul Biru Metilen 17
- Gambar 4.** Mikroskop optik ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 °C (a) dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 °C (b) pada pembesaran 400 kali 22
- Gambar 5.** Spektra FTIR dari ZnO (A), ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 (B) SnO<sub>2</sub> (C), dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 (D) 23
- Gambar 6.** Spektrum serapan BM 0,0125 mM dalam pelarut air. 24
- Gambar 4.** Kurva kalibrasi dan persamaan regresi BM dalam pelarut air yang serapannya diukur pada panjang gelombang 664 nm 25
- Gambar 7.** Kurva kalibrasi dan persamaan regresi BM dalam pelarut air yang serapannya diukur pada panjang gelombang 664 nm 26
- Gambar 8.** Kurva pengaruh jumlah katalis ZnO dan ZnO-SnO<sub>2</sub> terhadap degradasi 20 mL BM 0,025 mM dalam pelarut air selama 40 menit. 27
- Gambar 9.** Perbandingan aktivitas 5 g katalis dalam mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dalam pelarut air iradiasi selama 20 menit  
Keterangan: Blanko(1), ZnO(2), SnO<sub>2</sub> (3), campuran ZnO dan SnO<sub>2</sub> (4), ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 (5), dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200(6)
- Gambar 10.** Kurva pengaruh lama penyinaran 0,005 g katalis terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM di dalam air. 28
- Gambar 11.** Tingkat Aktivitas tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> yang direused iradiasi selama 20 menit 29
- Gambar 12.** Batch reactor datar yang di lengkapi cermin reflectan 34

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data serapan BM 0,0125 mM pada variasi panjang gelombang.	29
Tabel 2. Data serapan BM dan perhitungan koefisien korelasi dan determinasi	30
Tabel 3. Pengaruh jumlah katalis ZnO dan ZnO-SnO <sub>2</sub> terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM	32
Tabel 4. Perbandingan aktivitas 5 g katalis dalam mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dalam pelarut air irradiasi selama 20 menit	33
Tabel 5. pengaruh lama penyinaran 0,005 g katalis terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM di dalam air.	34
Tabel 6. Tingkat Aktivitas tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO <sub>2</sub> yang <i>direused</i> irradiasi selama 20 menit	35

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Batch <i>reactor</i> datar yang di lengkapi cermin reflectan	34
<b>Lampiran 2.</b> Serapan BM 0,0125 pada variasi panjang gelombang	35
<b>Lampiran 3.</b> Data Serapan BM dan perhitungan koefisien korelasi dan Determinasi	36
<b>Lampiran 4.</b> Data pengaruh jumlah katalis ZnO dan ZnO-SnO <sub>2</sub> terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM	38
<b>Lampiran 5.</b> Perbandingan aktivitas 5 g katalis dalam mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dalam pelarut air irradiasi selama 20 menit	39
<b>Lampiran 6.</b> Pengaruh lama penyinaran 0,005 g katalis terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM di dalam air	40
<b>Lampiran 7.</b> Tingkat Aktivitas tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO <sub>2</sub> yang <i>direused</i> irradiasi selama 20 menit	41
<b>Lampiran 8.</b> Perhitungan intensitas cahaya matahari	42
<b>Lampiran 9.</b> Perhitungan rendemen kuantum	44

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penggunaan semikonduktor sebagai fotokatalis merupakan tema yang sangat menarik saat ini karena kemampuannya untuk mendegradasi senyawa-senyawa disekitarnya dengan menggunakan sinar. Proses ini adalah proses yang mudah dan dapat dipakai ulang, serta ramah lingkungan. Fotokatalis ini dapat diaplikasikan sebagai antikabur, penghilang bau, material *self-cleaning* pemurnian dan penjernihan air, anti bakteri, dan telah dapat digunakan sebagai anti tumor/kanker. Selain untuk mendegradasi senyawa, fotokatalis juga digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga cahaya.

Fotokatalis yang paling banyak dipelajari adalah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  yang memiliki energi celah atau band gap  $E_g$  yang sama (3,2 eV) dan memiliki fotosensitifitas dan kestabilan yang sangat tinggi (Carraway, 1994; Jang, 2006; Kuo, 2007). Efisiensi  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{WO}_3$  dan  $\text{CdS}$  telah diuji pada fotodegradasi larutan *azo dye* dengan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energinya dan didapatkan bahwa  $\text{ZnO}$  merupakan fotokatalis yang paling aktif (Shaktivel dkk, 2003). Dalam studi tersebut, fotokatalis yang baik adalah fotokatalis yang memiliki energi celah (band gap) yang rendah.

Untuk meningkatkan kemampuan fotokatalis suatu semikonduktor, dilakukan modifikasi rekombinasi muatan pembawa (Linsebigler dkk, 1995).

Disamping dilakukan juga pengembangan doping dan pembentukan larutan padat semikonduktor (Maeda dkk, 2006), pengembangan komposit meliputi semikonduktor-semikonduktor, semikonduktor-logam dan semikonduktor-non logam. Hasil penelitian fotokimia menunjukkan bahwa logam mulia memiliki efisiensi fotokatalis yang tinggi (Wood dkk, 2001). Selain itu, sifat fotokatalitik dapat ditingkatkan dengan meningkatkan luas permukaan fotokatalis dan pengembangan morfologi fotokatalis. Ini telah dibuktikan dengan pembentukan ZnO *nanoplatelet* (Ye dkk, 2006), ZnO *nanotetrapod* (Wan dkk, 2005), ZnO *multisheet* (Cao dkk, 2008) dan ZnO pori *nanocage* (Zheng, 2008). Untuk ZnO-SnO<sub>2</sub>, Wang, 2006 telah membuat *fiber hollow sphere* berukuran mikro yang menunjukkan aktifitas fotokatalis yang besar.

Suatu katalis biasanya dibuat dengan menggunakan metoda *microwave*, sol-gel, pengendapan, *hydrothermal* dan *sonothermal*. Masing-masing metoda tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Saat ini metoda *solid state* sebagai metoda lama kembali dikembangkan karena biaya yang sangat murah, sederhana, cepat, dan fleksible. *Solid state* ini terus dikembangkan untuk mendapatkan suatu katalis yang memiliki aktifitas fotokatalis di bawah sinar tampak. Telah dibuat fotokatalis Bi<sub>12</sub>TiO<sub>20</sub> dari Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan TiO<sub>2</sub> dengan metoda *solid state* yang memiliki sifat fotokatalitik yang mampu mendegradasi metanol di bawah penyinaran dengan sinar tampak (Zhou. Dkk, 2007).

Sumber sinar tampak alami utama adalah sinar matahari. Di daerah khatulistiwa, sinar matahari dapat dinikmati selama 12 jam setiap harinya. Diharapkan penggunaan fotokatalis dapat memaksimalkan penggunaan sinar

matahari supaya dapat menghemat biaya karena tidak memerlukan lagi listrik untuk mengaktifkan lampu artifisial (seperti sinar UV).

Biru metilen ( $C_{16}H_{18}ClN_2S$ ) adalah suatu senyawa yang sering digunakan dalam uji kemampuan fotokatalis karena mudah mengalami fotodegradasi, tersedia teknik analisis kualitatif dan kuantitatif yang sederhana (spektrofotometri). Dari sisi kimia lingkungan, biru metilen merupakan salah satu senyawa yang sering terdapat pada limbah laboratorium kimia dan biologi karena dapat digunakan sebagai indikator dan zat warna. Senyawa ini memiliki nilai LD50 1180 mg/Kg. (Material Savety Data Sheet, 2008)

Efektifitas penggunaan biaya bahan, waktu proses, dan produk samping tidak akan pernah mengurangi minat para peneliti untuk terus mengkaji dan mengembangkan fotokatalis. Diharapkan melalui nanokomposit ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dipreparasi dengan metoda *solid state* dapat mendegradasi senyawa organik dan anorganik toksik di bawah penyinaran dengan sinar tampak.

## 1.2. Perumusan Masalah

Untuk meningkatkan sifat fotokatalitiknya, ZnO dinanokompositkan dengan SnO<sub>2</sub> (ZnO-SnO<sub>2</sub>) melalui metoda *solid state reaction*. Sifat fotokatalitiknya diuji pada fotodegradasi senyawa biru metilen (MB) di bawah sinar matahari.

Dalam riset ini akan dilihat apakah komposit ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dibuat dengan metoda *solid state* dapat menurunkan energi celah ZnO dengan menguji peningkatan sifat katalitiknya di bawah penyinaran dengan sinar matahari.

### 1.3. Hipotesa

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu tentang sifat fotokatalitik ZnO yang dapat bekerja di bawah sinar matahari maka dapat diperkirakan ZnO yang telah dijadikan komposit dengan SnO<sub>2</sub> memiliki sifat fotokatalitik yang lebih baik saat sinar matahari digunakan sebagai sumber energi pengaktifasi.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat fotokatalitik komposit ZnO-SnO<sub>2</sub> dan mengukur tingkat aktifitas katalitiknya dalam mendegradasi senyawa BM penyinaran dengan sinar matahari.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu katalis dengan aktivitas fotokatalitik yang tinggi sehingga secara lebih baik dapat digunakan sebagai antikabur, penghilang bau, material *self-cleaning*, pemurnian dan penjernihan air, anti bakteri, dan pembangkit listrik tenaga cahaya yang berguna bagi kehidupan manusia serta sebagai pedoman bagi penelitian sejenis selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. FOTOKATALIS

##### 2.1.1. Pengertian

Fotokatalis adalah foto reaksi yang terjadi karena adanya suatu katalis. Pada katalis fotolisis cahaya diserep oleh substrat penyerap. Aktifitas fotokatalitiknya tergantung kepada kemampuan katalis menghasilkan pasangan elektron dan *hole*, yang akan menghasilkan radikal bebas ( $\bullet\text{OH}$ ) yang mampu mengalami reaksi sekunder.

##### 2.1.2. Material Fotokatalis

Terdapat banyak senyawa yang sensitif terhadap cahaya. Senyawa-senyawa itu adalah senyawa semikonduktor seperti: Titanium Oksida, Seng Oksida, Timah Oksida,  $\alpha$ -Besi Oksida, Cadmium Sulfida, dan banyak oksida-oksida logam transisi lainnya.

Fotokatalis yang paling banyak dipelajari adalah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  yang memiliki energi celah atau band gap  $E_g$  yang sama (3,2 eV) dan memiliki fotosensitifitas dan kestabilan yang sangat tinggi (Carraway, 1994; Jang, 2006; Kuo, 2007). Telah membandingkan efisiensi  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{WO}_3$  dan  $\text{CdS}$  untuk foto degradasi larutan *azo dye* dengan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energinya dan didapatkan bahwa  $\text{ZnO}$  merupakan fotokatalis

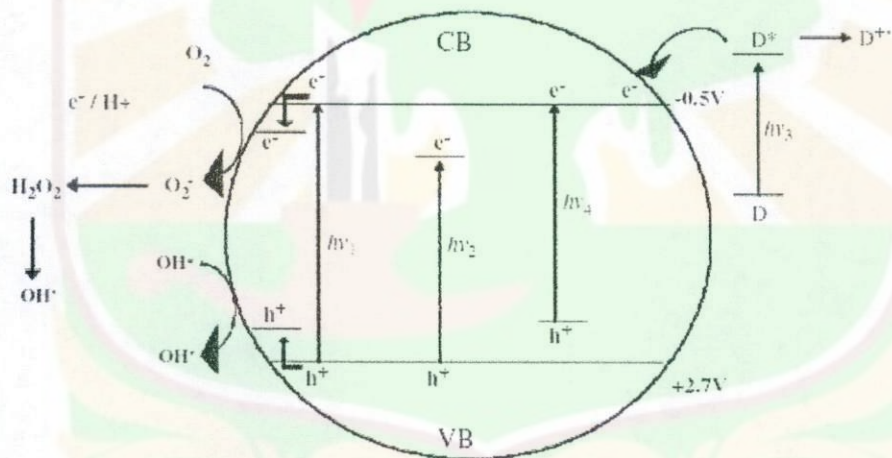
yang yang paling aktif (Shaktivel dkk, 2003). Fotokatalis yang baik adalah fotokatalis yang memiliki energi celah (band gap) yang rendah.

Untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis suatu semikonduktor, dilakukan rekombinasi muatan pembawa (Linsebigler dkk, 1995). Disamping mengembangkan doping dan pembentukan larutan padat semikonduktor (Maeda dkk, 2006), pengembangan komposit meliputi semikonduktor-semikonduktor, semikonduktor-logam dan semikonduktor-non logam. Hasil penelitian fotokimia menunjukkan bahwa logam mulia memiliki efisiensi fotokatalis yang tinggi (Wood dkk, 2001). Selain itu, sifat fotokatalitik dapat ditingkatkan dengan meningkatkan luas permukaan fotokatalis dan pengembangan morfologi fotokatalis. Ini telah dibuktikan dengan pembentukan ZnO *nanoplatelet* (Ye dkk, 2006), ZnO *nanotetrapod* (Wan dkk, 2005), ZnO *multisheet* (Cao dkk, 2008) dan ZnO *pori nanocage* (Zheng, 2008).

ZnO-SnO<sub>2</sub> telah dibuat oleh Wang, 2006 dengan metoda *hydrothermal* dalam bentuk *hollow sphere* dan *nanosheet* yang berukuran mikro yang menunjukkan aktifitas fotokatalis yang lebih besar dibandingkan ZnO *rod* dan SnO<sub>2</sub>. Suhu pemanasan dapat mempengaruhi morfologi ZnO-SnO<sub>2</sub>. *Hollow sphere* terbentuk pada suhu 160 °C sedangkan *nanosheet* terbentuk pada suhu 200 °C. Untuk membuat kristal ZnO-SnO<sub>2</sub> dilakukan pada suhu dibawah 300 °C. Pada pemanasan lebih besar dari 700 °C akan terbentuk Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> yang memiliki aktivitas fotokatalitik lebih kecil dibandingkan ZnO. Lin, 2009 mengukur energi celah Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> dan didapatkan nilai ~ 3,7 eV dan setelah didopingnya dengan sulfur pada suhu 300 °C yakni ~ 2,6 eV.

### 2.1.3. Proses Fotokatalis

Proses fotokonduksi berlangsung hanya dalam hitungan  $10^{-12}$  detik diikuti rekombinasi atau kembalinya  $e^-_{PK}$  ke pita valensinya seperti sediakala dengan melepaskan energy. Namun apabila pada permukaan nanopartikel ZnO terserap molekul-molekul elektrolit seperti molekul oksigen, maka spesies  $e^-_{PK}$  yang berumur sangat pendek itu akan bereaksi dengan  $O_2$ . Disisi lain ketidak seimbangan muatan pada  $h^+_{PV}$  segera dinetralsir oleh spesier nukleofil permukaan untuk memebentuk radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ). Yang sangat reaktif sebagai oksidator terhadap hampir semua senyawa organik dan beberapa jenis senyawa anorganik (Hofman dkk. 1995)



**Gambar 1,** Proses pembentukan radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ). Dimana  $h\nu_1$  adalah  $TiO_2$  murni,  $h\nu_2$  adalah doping logam,  $h\nu_3$  adalah Dye-sensitization, dan  $h\nu_4$  adalah Non-metal doping (Ho dkk, 2006)

Reaksi fotodegradasi senyawa organik yang dikatalisasi oleh semikonduktor secara umum merupakan suatu proses mineralisasi yang

menghasilkan molekul-molekul sederhana yang bisa dibentuk oleh komponen organik tersebut seperti CO<sub>2</sub> dan air.

#### 2.1.4. Aplikasi Fotokatalis

Fotokatalis dapat diaplikasikan untuk:

1. Deodorasi

Fotokatalis tidak melindungi dari bau, tetapi fotokatalis dapat menghancurkan molekul-molekul yang menjadikan bau tidak sedap dan beracun. Seperti ammonia, aldehid, dan lain-lainnya.

2. Pemurnian air

Mikroorganisme di dalam air dapat dibunuh dan bahkan dimineralisasi oleh katalis. Begitu juga dengan senyawa-senyawa yang organik yang berbahaya seperti tetrakloroetilen, trihalomeana, fenol, klorofenol dapat dihancurkan atau dimineralisasi. Aktifitas fotokatalis dapat mereduksi logam-logam berat yang ada di dalam air seperti tembaga, merkuri, cadmium, dan timbal.

3. Antibakteri

Aktifitas bakteri seperti E-coli, yellow staphylococcus, dan jamur dapat dihancurkan oleh fotokatalis.

#### 4. Antifogging dan material pembersih sendiri

Material yang menyebabkan kabur dan kotor dapat diuraikan sendiri dengan adanya cahaya tanpa pencucian dengan air.

#### 5. Pembangkit tenaga listrik tenaga cahaya.

Grätzel, M.dkk. telah membuat pembangkit listrik tenaga cahaya dengan menggunakan *solid state dye sensitive mesopori*  $\text{TiO}_2$ .

## 2.2. SENG

Seng adalah unsur logam dengan simbol Zn dengan nomor atom 30. Seng terletak pada baris pertama logam transisi golongan 12 tabel periodik. Seng telah digunakan pada alloy kuningan, tembaga –seng sejak Romawi kuno. Logam ini telah diproduksi dengan skala besar di India sekitar tahun 1200.

Dalam bentuk logam murni, seng belum dikenal di Eropa menjelang abad 16. Produksi seng skala industry di eropa dimulai sebelum abad 18. Anti-korosi plating seng dari still merupakan aplikasi terbanyak seng. Aplikasi lainnya adalah pada baterai dan alloy, seperti kuningan. sphalerit, seng sulfida, merupakan bijih seng terpenting. Produksi seng meliputi roasting, leaching, dan diakhiri dengan winning pyrometallurgi atau elektrowinning.

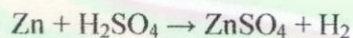
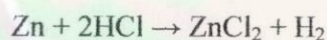
### 2.2.1. Sifat Seng

Seng berwarna putih kebiru-biruan, berkilau, diamagnetik, biasanya secara komersial tumpul. Seng kurang tebal dibandingkan besi dan struktur kristalnya

heksagonal. Seng meleleh pada suhu 450 °C dan mendidih pada suhu 900 °C. Titik lelehnya paling rendah dari semua logam transisi kecuali merkuri dan kadmium.

Konfigurasi electron seng adalah  $[\text{Ar}]^3d^{10}4s^2$  dan memiliki bilangan oksidasi +2, sama halnya dengan logam alkali tanah. Sifat kimia seng sama terutama dengan magnesium kecuali bentuk ikatannya. Perbedaan ini disebabkan logam transisi yang mengisi kulit d. Sama halnya dengan logam transisi lain, seng dapat membentuk kompleks. Seng banyak ditemukan memiliki bilangan koordinasi 4 atau 6, walaupun bilangan koordinasi 5 telah ditemukan.

Seng merupakan logam yang kereaktifannya sedang, terletak di bawah besi pada deret volta. Seng bereaksi dengan asam, alkali, dan logam lain seng murni bereaksi lambat dengan asam pada temperatur kamar, ketika lapisannya dikeluarkan oleh alkali kuat, proses reaksi melibatkan hidrogen. Seng bereaksi dengan asam klorida dan asam klorida membentuk seng klorida dan seng sulfat.



### 2.2.2. Kelimpahan Seng

Kelimpahan seng di lapisan keras bumi kira-kira 75 % ppm (0,007 %), menjadikan seng unsur ke 24 terbesar kelimpahannya di lapisan keras bumi. Pada tanah kelimpahan rata-ratanya 64 ppm, walaupun pada tanah yang sesungguhnya 5-770 ppm. Di air laut dan lapisan udara berisi 0,1-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 2.2.3. Kegunaan Seng

Seng telah digunakan sebagai

1. Anti korosi

Penggunaan seng yang paling besar adalah sebagai logam agen anti korosi.

Proses galvani digunakan untuk melapisi besi atau stiel untuk menghindari korosi.

2. Pembuatan batrai

Seng digunakan sebagai material yang bagus untuk pembuatan pada anoda batterai alkalin karena memiliki potensial elektrokimia  $-0.7628$  volt.

3. Alloy

Alloy yang terpenting yang dibuat dari seng adalah kuningan. Dimana seng digunakan sebanyak 45 %. Kuningan lebih dapat dibentuk dan kuat dibandingkan tembaga dan dapat bersifat anti karat. Sifat inilah membuatnya banyak digunakan dalam peralatan komunikasi, hardware, dan klep air.

4. Digunakan sebagai obat-obatan

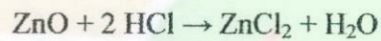
Seng banyak digunakan dalam banyak table (obat) seperti vitamin dan mineral. Seng dipercaya memiliki sifat antioksidan yang melindungi kulit dari penuaan dan otot. Seng juga berperan untuk mempercepat proses penyembuhan luka. seng glutamate glisin dan seng asetat digunakan dalam

pastiles kerongkongan atau tablet untuk mengurangi lamanya dan sakit pada gejala kedinginan.

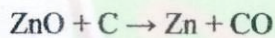
### 2.3. SENGG OKSIDA (ZnO)

#### 2.3.1. Sifat-sifat Sengg Oksida

Sengg oksida adalah senyawa anorganik dengan rumus ZnO<sub>2</sub> yang berwarna putih, berupa bubuk, tidak larut dalam air dan alkohol dan larut dalam kebanyakan asam seperti asam klorida. Sengg oksida adalah oksida yang bersifat amfoter.



ZnO bereaksi lambat dengan asam lemak, dalam cairan untuk menghasilkan karboksilat seperti oleat atau stearat. ZnO terdekomposisi menjadi uap dan oksigen hanya pada suhu 1975 °C, yang mencerminkan kestabilannya. Pemanasan dengan karbon mengubah oksida menjadi uap dan seng

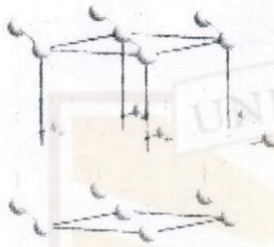


ZnO bereaksi sangat cepat dengan bubuk aluminium dan magnesium dengan klorinasi karet dan minyak linseed pada suhu tinggi yang dapat menghasilkan api dan eksplosif. Ketika ZnO dan air dipanaskan dan diberikan sinar ultraviolet, maka akan dihasilkan hidrogen peroksida.

#### 2.3.2. Struktur kristal Sengg Oksida

Sengg oksida memiliki kisi kristal dalam 3 bentuk, yaitu wurtzite, kubik sengblende dan roksalt. Wurtzite adalah struktur yang paling stabil dalam kondisi

biasa. Bentuk sengblende dapat distabilkan dengan mengembangkan substrat ZnO dengan kisi struktur kubik. Kondisi keduanya seng dan oksida adalah tetrahedral. Struktur roksalt, tipe NaCl hanya teramati pada tekanan tinggi ~ 10 Gpa.



Gambar 2. Struktur *wurtzite* kristal ZnO

### 2.3.3. Pembuatan Seng Oksida

Untuk membuat ZnO dilakukan dengan metoda:

#### 1. French proses

Metoda ini dikemukakan oleh Le Claire di Perancis pada 1844. Logam seng dilelehkan dalam grafit pelebur logam dan diuapkan diatas suhu  $907^{\circ}\text{C}$ . Uap seng segera bereaksi dengan oksigen diudara menghasilkan ZnO, diikuti dengan sebuah tetesan pada suhunya dan luminisensi cemerlang. Partikel seng oksida dibawa ke dalam saluran pipa pendingin dan dikumpulkan di dalam tempat pengantongan.

Pada metoda ini, seng oksida didapatkan berupa kumpulan seng oksida dengan ukuran rata-rata 0,1 mikrometer. Aplikasi ini biasanya dilakukan industri yang berhubungan dengan karet, varistor, sunscreen, cat, kesehatan, dan nutrisi

ternak.perkembangannya saat ini melibatkan acicular struktur nano (rod, wire, tripod, tetrapod, plate) yang disintesa dengan memodifikasi proses French yang telah dikenal sebagai proses “catalyst-free combust-oxidized mesh” (CFCOM). Acicular struktur nano biasanya memiliki panjang mikrometer nanorod dengan diameter nanometrik (dibawah 100 nm)

## 2. Proses langsung

Disebut metoda langsung karena dihubungkan dengan proses french. Pada proses ini, bijih seng atau konsentrat sulfida dibakar dicampur dengan batubara. Pada reduks furnace, bijih direduksi menjadi logam seng dan diuapkan dan bereaksi dengan oksigen membentuk seng oksida.

## 3. Proses amerikan

Pada proses ini, bijih seng (seng ash) dilarutkan (sebagai  $ZnCl$ ) dan diendapkan dengan alkali. Seng oksida yang terbentuk melalui proses ini dikenal sebagai seng oksida aktif

## 4. Sintesa Laboratorium

Pembuatan  $ZnO$  dengan skala besar untuk studi sains dan aplikasi elektronik. Metoda ini diklasifikasikan berdasarkan  $ZnO$  yang dihasilkan (bulk, film tipis, nanowire), suhu (“temperatur rendah”, temperatur kamar atau “suhu tinggi”, mendekati  $1000\text{ }^{\circ}C$ ), tipe proses (deposisi uap atau perkembangan dari larutan ) dan parameter lain.

## **2.4. Metoda analisa**

### **2.4.1. Mikroskop optik**

Mikroskop optik merupakan alat untuk mengkaraterisasi material melalui pembesaran gambaran sampel dengan menggunakan cahaya tampak. Sampel dapat berupa cairan atau padatan.

Pada mikroskop optis informasi didapatkan dari cahaya yang diterima atau yang dipantulkan oleh sampel. Alat ini mampu menghasilkan gambar dengan perbesaran 10 kali sampai 1500 kali dengan batas resolusi 0,2 mikron, dan sering diaplikasikan pada pengujian lapisan-lapisan polimer, fiber, cairan, bubuk, dan emulsi. Mikroskop optis juga dapat digunakan pada sampel yang diberi perlakuan termal. Melalui penggunaan program yang dihubungkan dengan pemanasan atau pendinginan terhadap sample pada temperature antara 20 – 400 °C.

Namun alat ini hanya terbatas pada ukuran sample dibawah 5 mikron, jika melebihi, maka sinar yang ditranmisikan akan diserap oleh sample sehingga menurunkan kualitas gambar yang dihasilkan. Selain itu sampe yang dianalisis harus stabil, karena perubahan bentuk sample akan menjadi masalah yang serius pada karakterisasi sample.

### **2.4.2. Fourier Transform Infra Red (FT-IR)**

Spektrometer Infra Red ini pada umumnya digunakan untuk:

1. Menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik

2. Mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jari

Inti-inti yang terikat oleh ikatan kovalen mengalami getaran (vibrasi) atau osilasi (oscillation), dengan cara serupa dengan dua bola yang terikat oleh suatu pegas. Bila molekul meresap radiasi infra red, energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat. Jadi molekul berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi (excitation vibration state; energi yang terserap ini akan dibuang dalam bentuk panas bila molekul itu kembali keadaan dasar).

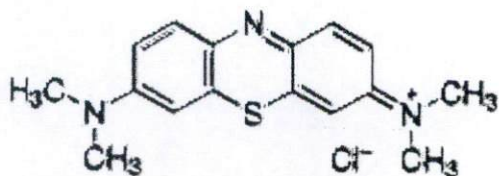
Keadaan vibrasi dari ikatan terjadi pada keadaan tetap, atau terkuantitas, tingkat-tingkat energi ini. Panjang gelombang eksak (dari absorpsi) oleh suatu tipe ikatan tertentu, bergantung dari macam getaran dari ikatan tersebut. Oleh karena itu, tipe ikatan yang berlainan (CH, C-C, O-H, dan sebagainya) menyerap radiasi infra red pada panjang gelombang karakteristik yang berlainan.

Suatu ikatan dalam molekul dapat mengalami pelbagai macam osilasi : oleh karena itu suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi pada lebih daripada suatu panjang gelombang banyaknya energi yang diabsorpsi oleh suatu ikatan tergantung pada perubahan dalam momen ikatan seperti vibrasi atom-atom yang saling berikatan lebih besar perubahan dalam momen ikatan mengakibatkan absorpsi sejumlah energi yang juga lebih besar.

## 2.5. Biru Metilen

Biru metilen adalah senyawa aromatik heterosiklik dengan rumus molekul  $C_{16}H_{18}N_3S$ . metilen blue banyak digunakan di bidang biologi dan kimia. Pada

suhu kamar biru metilen berupa padat, tidak berbau, bubuk berwarna hijau tua, menghasilkan larutan yang berwarna biru didalam air.



**Gambar 3.** Struktur Molekul Biru Metilen

Biru metilen digunakan dalam sebagai indikator reaksi redoks untuk menguji RNA atau DNA. Ia digunakan juga sebagai bahan obat-obatan seperti obat malaria, meteglobinia, keracunan sianida dan karbon monoksida. Kemampuannya memberikan warna biru, biru metilen digunakan sebagai zat pewarna dan keberaannya diperairan dapat menimbulkan bahaya.

Untuk uji sifat fotokatalitik, biru metilen sudah banyak digunakan. Selain biru metilen, orange metilen, merah metil, metanol, dan rhodamin B juga banyak digunakan. Biru metilen yang terkatalisis oleh semikonduktor TiO<sub>2</sub> saat diekspos ke sumber sinar terdegradasi sesuai menurut persamaan (Raquel. 1993).



## BAB II

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Fotokimia jurusan kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas Padang, dari bulan September 2009 sampai dengan Januari 2010.

#### 3.2. Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan adalah spektrometer Visible (Genesys ), Mikroskop optik, Fourier Transformation Infra Red (Shimadzu), kertas saring, Sinar matahari tanpa awan jam 10:00-11:30 WIB didekat laboratorium fotokimia, reaktor *bacht* datar dilengkapi dengan cermin reflaktan (lampiran 1) dan peralatan-peralatan gelas.

Bahan yang digunakan adalah Bubuk SnO<sub>2</sub> (merck) dan ZnO<sub>2</sub>(merck), etanol (absolut), dan biru metilen (BM, merck)

#### 3.3. Cara kerja

##### 3.3.1. Pembuatan ZnO-SnO<sub>2</sub>

ZnO-SnO<sub>2</sub> dibuat dengan menggunakan metoda *solid-state reaction*. ZnO dan SnO<sub>2</sub> masing-masing dicampurkan dengan perbandingan mol 3:8 digerus dengan etanol di dalam lumpang sampai membentuk koloid. Campuran dikeringkan pada suhu 105 °C selama 1 jam, dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 160 °C (ZnO-SnO<sub>2</sub> 160) dan 200 (ZnO-SnO<sub>2</sub> 160) °C selama 12 jam. Untuk perbandingan aktivitas fotokatalitik lakukan sama terhadap ZnO dan SnO<sub>2</sub> saja.

##### 3.3.2. Karakterisasi ZnO-SnO<sub>2</sub>

Hasil yang didapatkan merupakan komposit ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dianalisis homogenitasnya dengan mikroskop optik dan dikarakterisasi dengan FT-IR.

### 3.3.3. Penentuan kondisi optimum pengukuran

Larutan BM 0,0125 mM diukur serapannya dengan spektrometer Vis yang divariasikan panjang gelombangnya mulai dari 420 sampai dengan 760 nm. Sebagai blanko digunakan aquades.

Nilai yang diperoleh diplot sebagai suatu fungsi grafik yang menghubungkan panjang gelombang vs serapan menggunakan Microsoft Excell sehingga dapat dipelajari pola perubahan lingkungan elektroniknya akibat menyerap sinar pada daerah UV/Vis sekaligus untuk menentukan panjang gelombang optimumnya.

Untuk membuat kurva kalibrasinya, buat larutan BM 0,1 mM dan diencerkan menjadi 0; 0,005; 0,0075; ...; 0,020 mM dan diukur serapannya. BM yang akan difotodegradasi adalah BM yang serapannya mendekati 0,8 (x mM). Dengan menggunakan Microsoft excell akan didapatkan persamaan regresi.

### 3.3.4. Penentuan jumlah optimum ZnO-SnO<sub>2</sub> (masa)

Masukkan 0,005, 0,010, dan 0,015 g ZnO, ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 ke dalam cawan pentridis. Tambahkan 20 mL BM x mM. BM disinari dengan sinar matahari selama 40 menit di atas *batch* datar yang dilengkapi dengan cermin reflektor. Pengurangan masa larutan akibat evaporasi oleh panas matahari dikoreksi dengan penambahan aquades sesuai dengan berat air yang hilang selama penyinaran. Setelah itu suspensi disaring untuk dipisahkan ZnO-SnO<sub>2</sub> dengan larutan dan diukur serapannya. Buat kurva berat ZnO-SnO<sub>2</sub> versus degradasi (%) pada penyinaran 40 menit. Dari kurva akan didapatkan berat optimum ZnO-SnO<sub>2</sub> (y g) untuk degradasi BM.

### 3.3.5. Perbandingan aktivitas katalis untuk mendegradasi biru metilen

Masukkan 0,005 g ZnO, SnO<sub>2</sub>, campuran ZnO dan SnO<sub>2</sub>, ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 ke dalam cawan pentridis. Tambahkan 20 mL BM x mM. Blanko dibuat dengan tanpa penambahan katalis. BM disinari dengan sinar matahari selama 20 menit di atas *batch* datar yang dilengkapi dengan cermin reflektor.

Penyurangan masa larutan akibat evaporasi oleh panas matahari dikoreksi dengan penambahan aquades sesuai dengan masa air yang hilang selama penyinaran. Setelah itu suspensi disaring untuk dipisahkan ZnO atau ZnO-SnO<sub>2</sub> dengan larutan dan diukur serapannya. Buat diagram katalis versus degradasi (%) pada penyinaran 20 menit. Dari diagram akan diketahui katalis yang paling aktif.

### **3.3.6. Penentuan pengaruh lama penyinaran terhadap degradasi biru metilen**

Masukkan 0,005 gr ZnO, ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dipanaskan pada suhu 160 °C dan ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dipanaskan pada suhu 200 °C ke dalam cawan pentridis. Tambahkan 20 mL BM x mM. BM disinari dengan sinar matahari selama 10, 20, 30, dan 40 secara bersamaan di atas *batch* datar yang dilengkapi dengan cermin reflektor. Penyurangan masa larutan akibat evaporasi oleh panas matahari dikoreksi dengan penambahan aquades sesuai dengan masa air yang hilang selama penyinaran. Setelah itu suspensi disaring untuk dipisahkan ZnO-SnO<sub>2</sub> dengan larutan dan diukur serapannya. Buat kurva waktu penyinaran ZnO-SnO<sub>2</sub> versus degradasi (%)

### **3.3.7. Penentuan tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> yang direused**

Bubuk ZnO-SnO<sub>2</sub> yang telah disaring tadi dipakai lagi untuk penentuan aktivitas katalitiknya sebanyak 4 kali pengulangan.

### **3.3.8. Penentuan intensitas sinar matahari**

Intensitas sinar matahari sebagai sumber energi bagi fotokatalis ZnO-SnO<sub>2</sub> ditentukan dengan metoda aktinometri urasil oksalat. 25 mL larutan asam oksalat 0,06 M dicampurkan dengan 25 mL larutan uranil oksalat 0,02 M. 5 mL larutan tersebut dituang kedalam cawan petri untuk selanjutnya disinari dengan sinar matahari selama 5 menit. Untuk menentukan jumlah asam oksalat yang mengalami fotodegradasi selama penyinaran, maka baik larutan hasil penyinaran maupun yang tidak disinari diambil masing-masing sebanyak 5 mL dititrasi dengan KMnO<sub>4</sub> 0,02 M sehingga diketahui selisih jumlah asam oksalatnya. Perbedaan jumlah itu sebanding dengan intensitas sinar sesuai dengan persamaan berikut :

$$I = \frac{(C - C_0) \times 10^{-3} \text{ L mL}^{-1} \times \text{Vol}_{\text{larutan}}}{\phi \times t \times A}$$

I = Intensitas sinar

Vol = Volume larutan (mL)

A = Luas permukaan pentridis (cm<sup>2</sup>)

C<sub>0</sub> = konsentrasi asam oksalat sebelum penyinaran

C<sub>t</sub> = konsentrasi asam oksalat sesudah penyinaran

N = bilangan Avogadro

T = waktu (detik)

Φ = rendemen kuantum asam oksalat (0,56 molekul foton<sup>-1</sup>)

A = luas permukaan media (cm<sup>2</sup>)

### 3.3.9. Penentuan rendemen kuantum fotodegradasi BM oleh katalis

Nilai intensitas matahari yang telah ditentukan dengan metoda aktinometri uranil oksalat sangat berguna untuk menentukan rendemen kuantum (Φ). Untuk menentukan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\phi = \frac{\frac{A_0 - A_t}{A_0} \times C \times N \times \text{vol}_{\text{BM}}}{I \times t \times (1 - 10^{-D}) \times A}$$

Dimana:

Φ = rendemen kuantum BM terkatalis SnO<sub>2</sub>/ZnO

I = intensitas sinar matahari (foton mL<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>)

A<sub>0</sub> = serapan awal BM sebelum penyinaran

A<sub>t</sub> = serapan BM setelah t penyinaran

C = konsentrasi awal BM (M)

N = Bilangan Avogadro

T = lama penyinaran

D = nilai serapan BM oleh sinar matahari

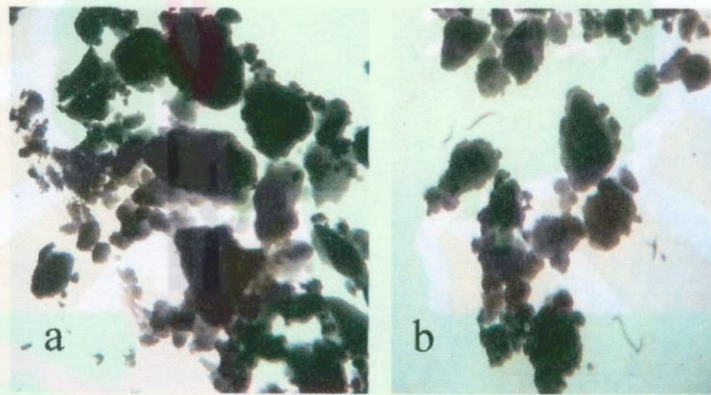
A = luas permukaan media (cm<sup>2</sup>)

## BAB III

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Karakterisasi ZnO-SnO<sub>2</sub>

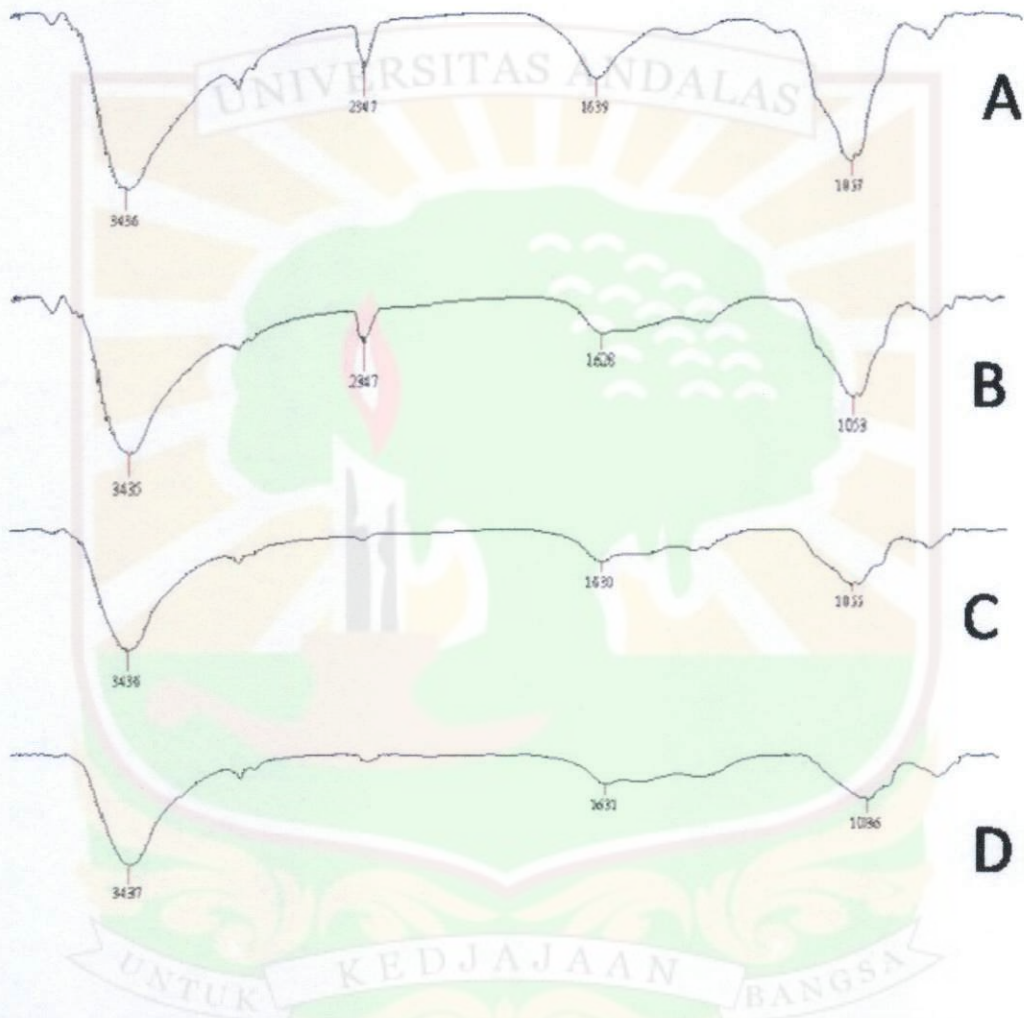
Pada gambar 4 terlihat bahwa morfologi partikel ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 relatif memiliki ukuran yang seragam (homogen). Kehomogenan ukuran partikel sangat penting dalam aplikasi katalis karena dapat meningkatkan selektifitas adsorpsi substrat sehingga probabiliti pembentukan produk reaksi yang diinginkan dapat ditingkatkan.



**Gambar 4.** Mikroskop optik ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 °C (a) dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 °C (b) pada pembesaran 400 kali

Spektra infra merah (Gambar 5) dari sampel ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 (B) dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 (D) memperlihatkan temuan yang sangat menarik. Secara umum baik spektrum IR ZnO (A) maupun SnO<sub>2</sub> (C) menunjukkan daerah serapan yang sangat signifikan antara 800 sampai 1200 cm<sup>-1</sup> yang berkaitan dengan vibrasi O-Zn-O dan O-Sn-O dimana vibrasi yang pertama lebih disukai dibandingkan yang kedua karena ikatan Zn-O lebih ionik dibandingkan Sn-O. Pada komposit ZnO-SnO<sub>2</sub>

160 °C karakter spektrum ZnO lebih dominan dan sebaliknya pada suhu 200 °C. Ini menunjukkan bahwa faktor pemanasan dapat merubah bentuk struktur material dan dapat mengubah ketajaman puncak dan pergeseran bilangan gelombang. (Wang 2006).

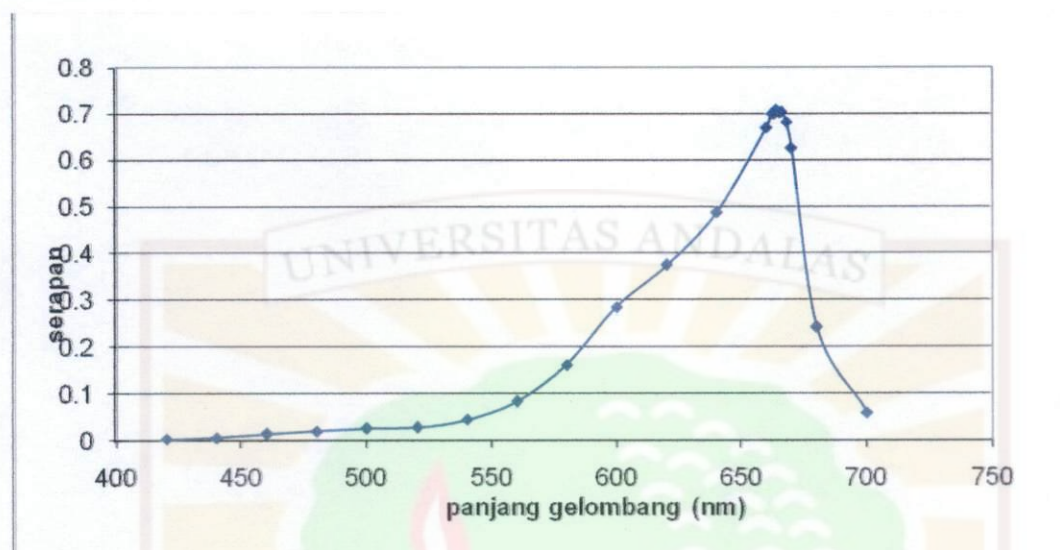


**Gambar 5.** Spektra FT-IR dari ZnO (A), ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 (B) SnO<sub>2</sub> (C), dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 (D)

### 3.2. Penentuan kondisi optimum pengukuran

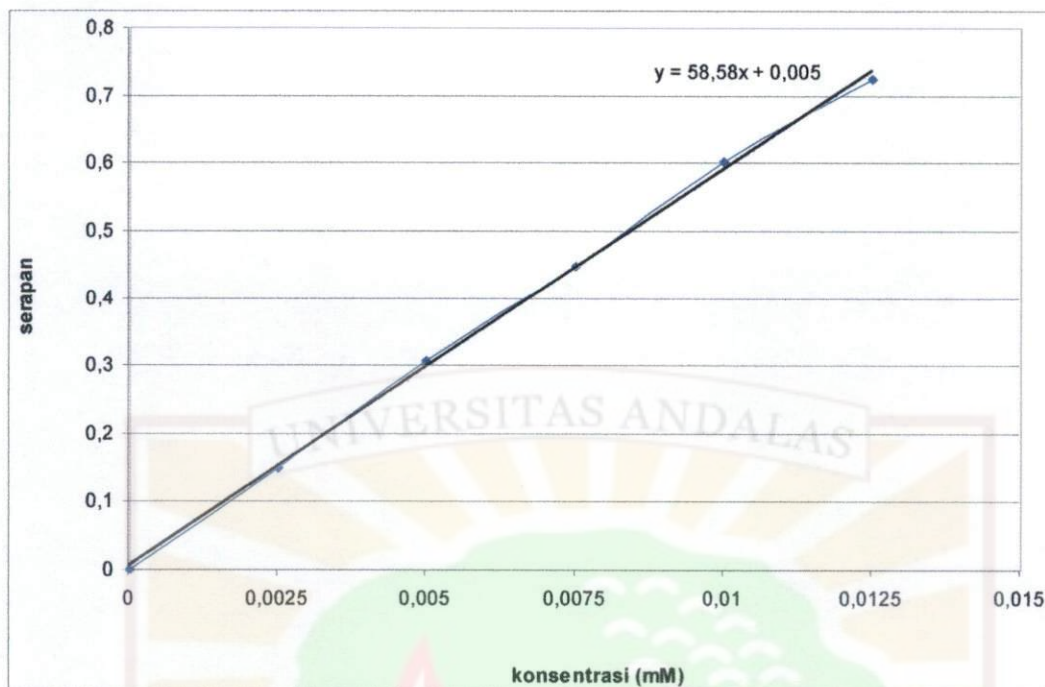
Pola serapan BM dapat dilihat pada Gambar 6. Serapan maksimum BM terjadi pada panjang gelombang 664 nm ( $n-\pi^*$ ). Dimana panjang gelombang ini akan

digunakan untuk kondisi pengukuran BM pada percobaan berikutnya (lihat juga Lampiran 1).



**Gambar 6.** Spektrum serapan BM 0,0125 mM dalam pelarut air.

Kurva kalibrasi dan persamaan regresi yang diambil pada panjang gelombang 664 nm dapat dilihat pada gambar 7. Didapatkan serapan yang mendekati 0,8 dimiliki oleh BM 0,0125 mM sehingga konsentrasi BM 0,0125 dapat digunakan untuk mempelajari fotodegradasi. Persamaan regresinya adalah  $y = 58,58 x - 0,005$  dengan nilai  $r$  (koefisien korelasi) dan  $r^2$  (koefisien determinasi) masing-masing 0,801 dan 0,657721. Sedangkan  $rt_{0,10.4} = 0,761$ . Ini menunjukkan menolak *null hypothesis* ( $\rho \neq 0$ ) yang berarti antara dua variable (konsentrasi dan serapan) memiliki hubungan yang signifikan pada  $\alpha = 0,10$ .(Lampiran 2).



**Gambar 7.** Kurva kalibrasi dan persamaan regresi BM dalam pelarut air yang serapannya diukur pada panjang gelombang 664 nm

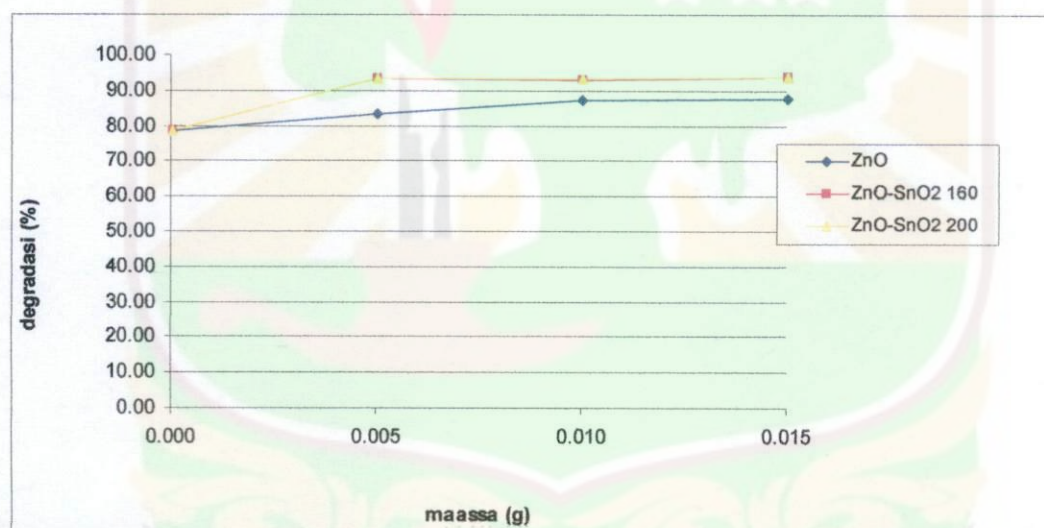
### 3.3. Penentuan jumlah optimum ZnO-SnO<sub>2</sub>

Sifat-sifat heterogenitas terhadap pelarut air yang dimiliki oleh katalis ZnO dan ZnO-SnO<sub>2</sub> sangat tergantung sepenuhnya pada daya adsorpsi partikel-partikel katalis terhadap substratnya, kemampuan mendesorpsi produk yang terbentuk serta ketersediaan pusat-pusat aktif permukaan fotokatalis. Pengaruh jumlah fotokatalis ZnO, ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 terhadap degradasi 20 mL BM 0,0125 dapat diamati pada Gambar 8.

Terlihat bahwa pada berat 0,005, 0,010, dan 0,015 g ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 aktifitas fotokatalis ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 signifikan sama. Dapat dikatakan bahwa pada masa 0,005 g menjadi kondisi optimum ZnO-

SnO<sub>2</sub> 160 dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 untuk mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM. Dimana aktifitas fotokatalis tidak mampu lagi meningkatkan jumlah substratnya yang terkonveksi ke produk. Pada ZnO terlihat pada berat 0,010 g menjadi kondisi optimumnya.

Degradasi (%) dapat ditingkatkan dengan cara penambahan waktu penyinaran agar proses adsorpsi dan deadsorpsi berjalan kontinu. Di atas kondisi optimum degradasi fotokatalis cenderung stabil dan mendekati 100 %, tetapi tidak pernah 100 %. Dimana pada kondisi ini proses adsorpsi dan deadsorpsi tidak berlangsung lagi. (Lampiran 3)



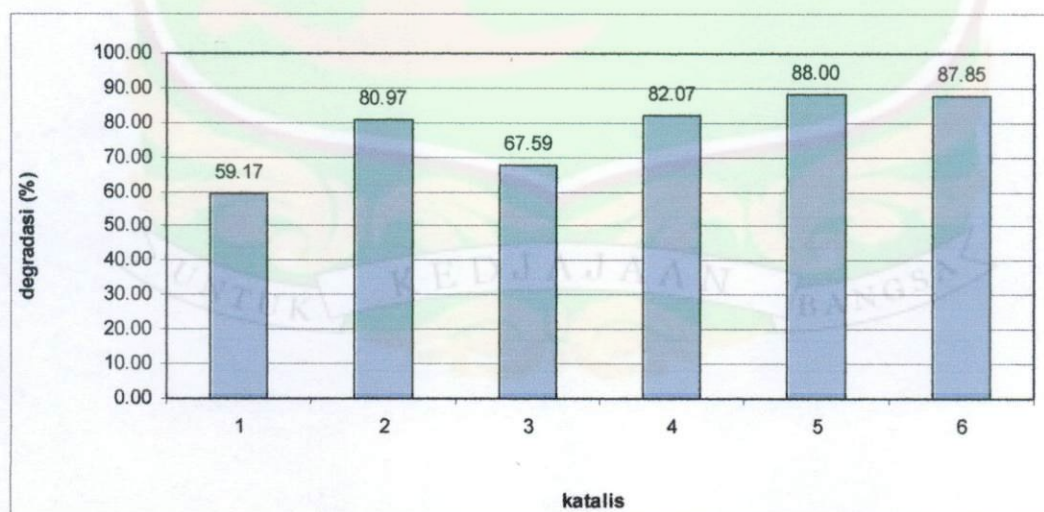
**Gambar 8.** Kurva pengaruh jumlah katalis ZnO dan ZnO-SnO<sub>2</sub> terhadap degradasi 20 mL BM 0,025 mM.dalam pelarut air selama 40 menit.

### 3.4. Perbandingan aktivitas katalis untuk mendegradasi BM

Perbandingan aktivitas katalis dalam mendegradasi BM dapat dilihat pada gambar 9. Terlihat bahwa degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM irradiasi selama 20 menit berbeda dengan perbedaan katalis. Blanko mengalami degradasi karena sinar

matahari sebagai sumber sinar tampak terbesar juga memancarkan sinar UV yang bisa mendegradasi.  $\text{SnO}_2$  yang tidak memiliki sifat fotokatalitik di bawah sinar tampak ternyata di bawah sinar matahari dapat memiliki sifat fotokatalitik. Ini dibuktikan dengan degradasi oleh  $\text{SnO}_2$  (67,59 %) lebih besar dibandingkan degradasi blanko (59,17 %). Dimana  $\text{SnO}_2$  memiliki energi celah 3,6 eV. (Lin 2009)

Pemanasan pada suhu 160 dan 200 °C menunjukkan fotodegradasi yang signifikan lebih besar dibandingkan fotodegradasi oleh ZnO (80,97 %) dan campuran ZnO dan  $\text{SnO}_2$  yang dipanaskan pada suhu 105 °C (82,07 %) untuk mengeluarkan air. Aktifitasnya ZnO- $\text{SnO}_2$  160 dan ZnO- $\text{SnO}_2$  200 relatif sama (Degradasi ZnO- $\text{SnO}_2$  160 = 88,00 % dan ZnO- $\text{SnO}_2$  200 = 97,85 %). Hal ini disebabkan karena energi celah ZnO = 3,2; ZnO- $\text{SnO}_2$  160 = 3,13; dan ZnO- $\text{SnO}_2$  200 = 3,14 (Wang, 2007). (lampiran 4)

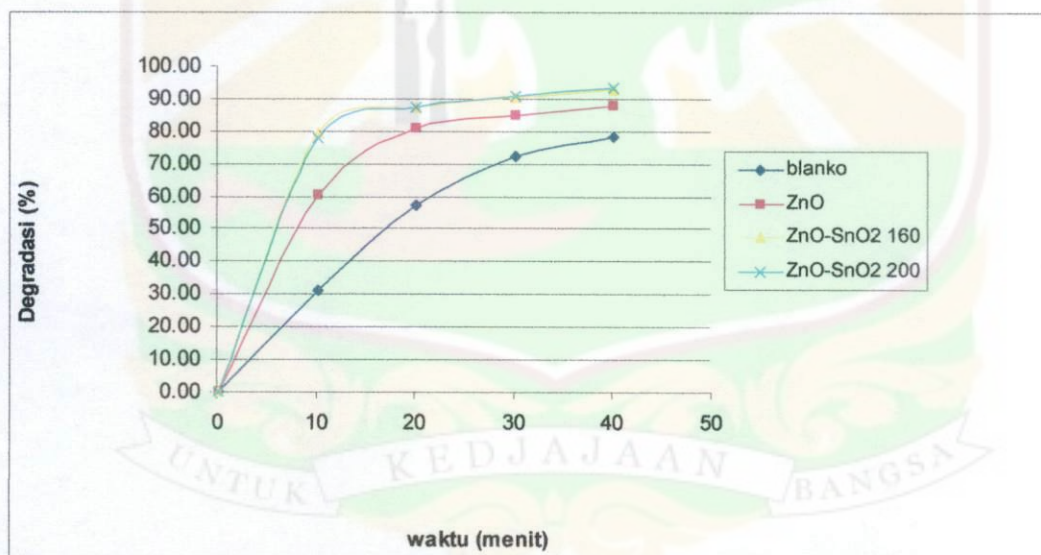


**Gambar 9.** Perbandingan aktivitas 0,005 g katalis dalam mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dalam pelarut air irradiasi selama 20 menit. Keterangan: Blanko(1), ZnO(2),  $\text{SnO}_2$  (3), campuran ZnO dan  $\text{SnO}_2$  (4), ZnO- $\text{SnO}_2$  160 (5), dan ZnO- $\text{SnO}_2$  200(6)

### 3.5. Penentuan pengaruh lama penyinaran terhadap degradasi MB

Untuk mempelajari pengaruh lama penyinaran terhadap degradasi BM dapat dilakukan dengan penyinaran dimulai dari 10 menit sampai dengan 40 menit dengan range waktu 10 menit. Pengaruh lama penyinaran dapat dilihat pada gambar 10.(lampiran 5)

Dari kurva terlihat bahwa degradasi (%) menjelang 10 menit dengan katalis memberikan degradasi yang berbeda pula, dimana degradasi blanko, ZnO, ZnO-SnO<sub>2</sub> 160, dan ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 berturut-turut adalah 31,03; 79,31; 77,93 dan 60,14 %. Setelah 20 menit degradasi tidak mengalami kenaikan secara signifikan atau cenderung stabil terutama untuk ZnO dan , ZnO-SnO<sub>2</sub>.

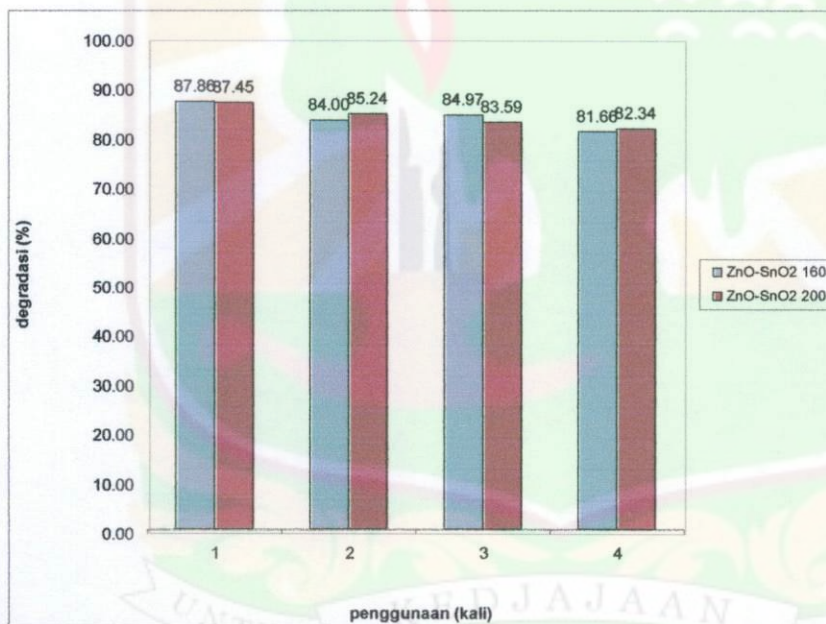


**Gambar 10.** Kurva pengaruh lama penyinaran 0,005 g katalis terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM di dalam air.

### 3.6. Penentuan tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> yang direused

ZnO-SnO<sub>2</sub> merupakan suatu katalis heterogen sehingga dapat digunakan kembali (*reused*) untuk beberapa kali dalam proses fotokimia. Untuk melihat pengaruh dari penggunaan kembali ZnO-SnO<sub>2</sub>, dapat diamati pada gambar 11. (Lampiran 6)

Berdasarkan gambar 11 dapat dilihat ZnO-SnO<sub>2</sub> yang digunakan kembali hingga ke-empat kalinya menunjukkan penurunan degradasi yang tidak signifikan. Ini membuktikan bahwa ZnO-SnO<sub>2</sub> dapat digunakan kembali (*reused*) untuk beberapa kali pemakaian dalam proses fotokimia (Auron, 1995)



**Gambar 11.** Tingkat Aktivitas tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> yang *direused* irradiasi selama 20 menit

### 3.7. Penentuan intensitas sinar matahari

Nilai Intensitas sinar matahari (I) yang ditentukan melalui metode aktinometri uranil oksalat yang sangat berguna untuk menentukan rendemen kuantum ( $\Phi$ ) reaksi

fotodegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dalam pelarut air. Nilai intensitas sinar yang didapatkan adalah  $0,8 \times 10^{15}$  foton  $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Lampiran 7)

### 3.8. Penentuan rendemen kuantum fotodegradasi BM oleh katalis

Berdasarkan hasil intensitas sinar matahari yang didapatkan maka penentuan rendemen kuantum ( $\Phi$ ) fotodegradasi BM yang dikatalisir oleh ZnO-SnO<sub>2</sub> dapat ditentukan. Nilai rendemen kuantum fotodegradasi yang dikatalisir oleh ZnO-SnO<sub>2</sub> 160 adalah  $2,59 \times 10^{-2}$  molekul foton<sup>-1</sup>. Nilai rendemen kuantum fotodegradasi yang dikatalisir oleh ZnO-SnO<sub>2</sub> 200 adalah  $2,58 \times 10^{-2}$  molekul foton<sup>-1</sup>. Data ini tidak jauh berbeda. Ini menunjukkan bahwa pemanasan sampel fotokatalis pada suhu 160 dan 200 °C memiliki aktivitas fotokatalitik yang hampir sama, (lampiran 8)

## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 4.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- ZnO yang dikompositkan dengan SnO<sub>2</sub> membentuk ZnO-SnO<sub>2</sub> dengan menggunakan *metode solid state* memiliki aktifitas fotokatalitik mendegradasi BM di bawah sinar matahari.
- Aktifitas fotokatalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> tersebut lebih besar dibandingkan aktifitas fotokatalitik ZnO di bawah sinar matahari yang berarti pengkompositan pada percobaan ini mampu menurunkan energi celah (energi gap) ZnO.

#### 4.1. Saran

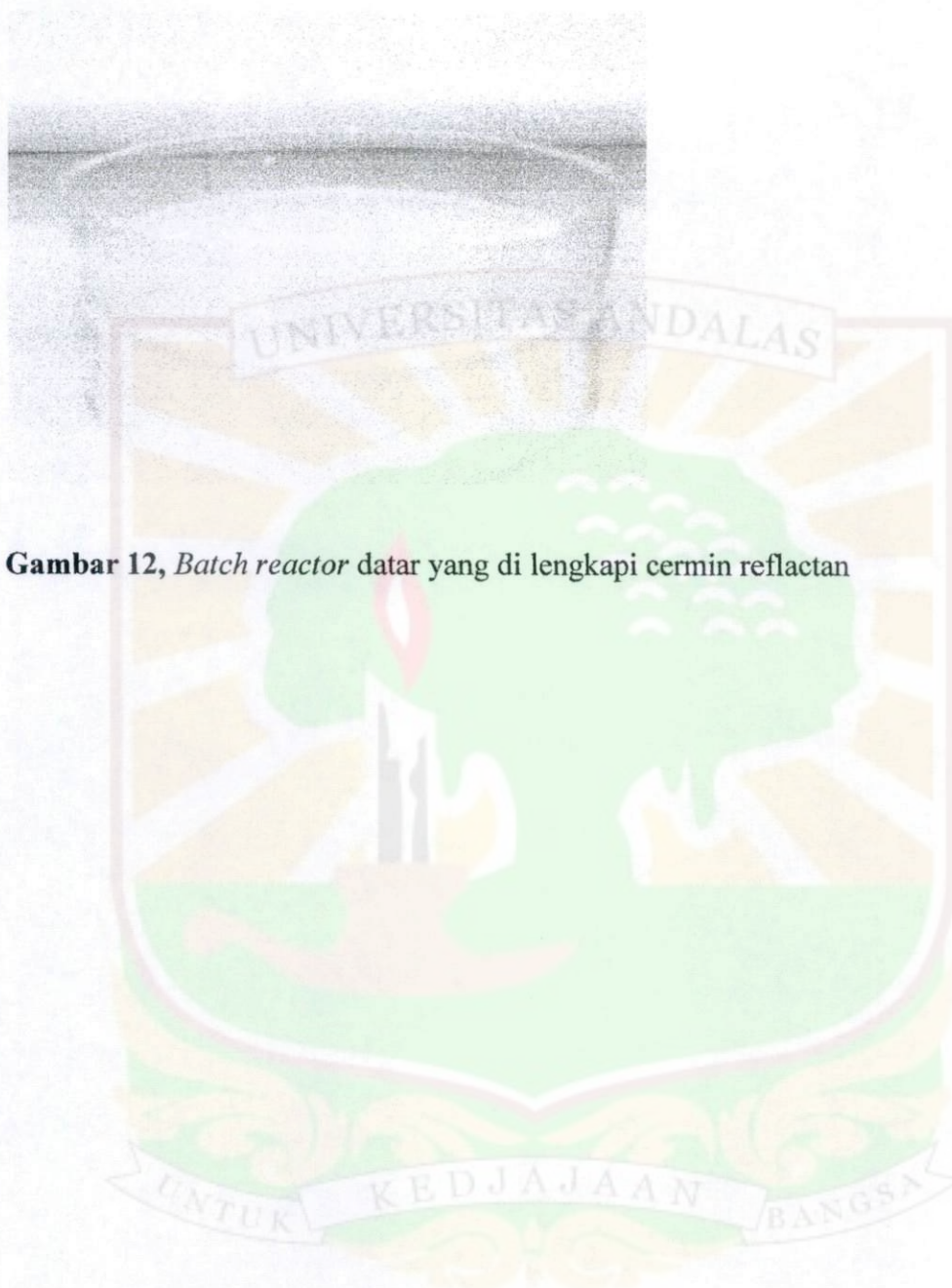
Untuk Penelitian berikutnya disarankan agar meneliti kemampuan fotodegradasi ZnO-SnO<sub>2</sub> yang dibuat dengan metoda *solid state reaction* untuk mendegradasi senyawa-senyawa toksik lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Auron, Wold. Photocatalytic properties of TiO<sub>2</sub>. *Chem. Mat J.* 1995.280-283
- Cao, X.L.; Zeng, H. B.; Wang, M.; Xu, X. J.; Fang, M.; Ji, S. L.; Zhang, L. D. 2008. ZnO-Based Hollow Nanoparticles by Selective Etching: Elimination and reconstruction of metal-semiconductor interface, improvement of blue emission and photocatalysis. *Phys. Chem.C. J.*, 112: 5267.
- Carraway, E. R.; Hofman, A. J.; M. R. 1994. Environment science technology. *Chem. Rev.* 28: 778
- Hoffmann, M. R.; Martin, S. T.; Choi, W.; Bahnemant, D. W. 1995, 1995. Environmental application of semiconductor photocatalysis, *Chem. Rev.* 95: 69
- Jang, E. S.; Won, J. H.; Hwang, S. J.; Choy, 2006. Fine Tuning of the Face Orientation of ZnO Crystals to Optimize Their Photocatalytic Activity. *Advance Matter J.* 18: 3309-3312
- Ho, W; Yu, J; Lee, S. 2006. Low-temperature hydrothermal synthesis of S-doped TiO<sub>2</sub> with visible light photocatalytic activity. *Solid Stat Chemistry. J.* 179: 1171-1176
- Kuo, T. J.; Lin, C. N.; Kuo, C. L.; Huan, M. H. 2007. Growth of Ultralong ZnO Nanowires on Silicon Substrates by Vapor Transport and Their Use as Recyclable Photocatalysts. *Chem. Mat. J.* 19: 5143-5147
- Lin, Y; Lin, Shen; Luo, M; Liu, J; Enhanced visible light photocatalytic activity of Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> via sulfur anion-doping. *Matt let.* 63:1169-1171
- Linsebigler, A. L.; Lu, G.; Yates, J.T. 1995. Photocatalysis of TiO<sub>2</sub> surfaces : principles, mechanism, and selected results. *Chem. Rev.* 95: 735
- Maeda, K.; Takata, T.; Hara, M.; Saito, N.; Inoue, Y.; Kobayashi, H.; Domen, K. J. GaN: 2005. ZnO Solid Solution as a Photocatalyst for Visible-Light-Driven Overall Water Splitting. *Am. Chem. Soc. J.* 127:8286-8287

- Sakthivel, S.; neppolion, B.; Shankar, M. V.; Arabindoo, B.; palanichamy, M.; Murugesan, V. 2003. Solar photocatalytic degradation of azo dye: comparison of photocatalytic efficiency of ZnO and TiO<sub>2</sub>. *Sol. Energy mater. Sol. Cells, J.* 77: 65
- U. Ozgur et al. 2005. A comprehensive review of ZnO materials and devices. *Appl. Phys. J.* 98:41301
- Wan, Q.; Wang, T. H. 2005. Preparation and photocatalytic activity of ZnO/TiO<sub>2</sub>/SnO<sub>2</sub> mixture. *Appl. Phys. Lett.* 87: 83105
- Wang, W. W.; Zhu, Y. J.; Yang, L. X, 2007. ZnO–SnO<sub>2</sub> hollow spheres and hierarchical nanosheets: hydrothermal preparation, formation mechanism, and photocatalytic properties. *Adv. Func. Mat. J.* 17: 59-64
- Wood, A.; Giersig, M.; Mulvaney, P. 2001. Fermi Level Equilibration in Quantum Dot–Metal Nanojunctions. *Phy. Chem. B. J.* 105:8810-8815
- Ye, C. H.; Bando, Y.; Shen, G. Z.; Golberg, D. 2006. Thickness-dependent photocatalytic performance of ZnO nanoplatelets. *Phy. Chem. B. J.* 110: 15146
- Zeng Hb.; Liu, P.; Cai, W.; Yang, S.; Xu, X. 2008. Controllable Pt/ZnO Porous Nanocages with Improved Photocatalytic Activity. *Phy. Chem. C. J.* 112: 9620-19624
- Zhao, Y.; Qiu, X.; Burda, C.; 2008. The Effects of Sintering on the Photocatalytic Activity of N-Doped TiO<sub>2</sub> Nanoparticles. *Chem. Mat. J.* 20: 2629-2636
- Zhou, J.; Zhou, Z; Ray, A. R.; Zhao, X. S. 2007. Preparation and characterization of polycrystalline bismuth titanate Bi<sub>12</sub>TiO<sub>20</sub> and its photocatalytic properties under visible light irradiation. *Ind. Eng. Chem. Res. J.* 46: 745-749

**Lampiran 1, Batch reactor datar yang di lengkapi cermin reflectan**



**Gambar 12, Batch reactor datar yang di lengkapi cermin reflectan**

**Lampiran 3, Serapan BM 0,0125 pada variasi panjang gelombang**

**Tabel 1, Data Serapan BM 0,0125 pada variasi panjang gelombang,**

panjang Gelombang (nm)	Serapan
420	0,003
440	0,006
460	0,014
480	0,02
500	0,026
520	0,028
540	0,045
560	0,084
580	0,162
600	0,286
620	0,375
640	0,488
660	0,67
662	0,7
663	0,7
<b>664</b>	<b>0,709</b>
665	0,702
666	0,703
668	0,681
670	0,625
680	0,242
700	0,06

Serapan optimum pada panjang gelombang 664 nm

Lampiran 4, Data Serapan BM dan perhitungan koefisien korelasi dan determinasi

Tabel 2, Data Serapan BM dan perhitungan koefisien korelasi dan determinasi

no	Konsentrasi (mM) (X)	serapan		Rata-rata (Y)	X <sup>2</sup>	XY	Y <sup>2</sup>
		A1	A2				
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0,0025	0,149	0,148	0,1485	0,00037125	0,00037125	0,02205225
3	0,0050	0,306	0,307	0,3065	0,00153250	0,00153250	0,09394225
4	0,0075	0,447	0,447	0,4470	0,00335250	0,00335250	0,19980900
5	0,0100	0,601	0,603	0,6020	0,00602000	0,00602000	0,36240400
6	0,0125	0,726	0,724	0,7250	0,00906250	0,00906250	0,52562500
jumlah	0,0375			2,2290	0,02033875	0,08358750	1,20383250

Koefisien korelasi didapatkan dengan rumus:

$$r = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n})}}$$

$$= \frac{0,08358750 - \frac{0,0375 \times 2,2290}{6}}{\sqrt{(0,02033875 - \frac{0,0375^2}{6})(1,20383250 - \frac{2,2290^2}{6})}}$$

$$= 0,801$$

$$df = n - 2$$

$$= 6 - 2 = 4$$

$$r_{0,10,4} = 0,761$$

$$r^2 = 0,801^2 = 0,641601$$



Lampiran 5, Data pengaruh jumlah katalis ZnO dan ZnO-SnO<sub>2</sub> terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM

Tabel 3. Data pengaruh jumlah katalis ZnO dan ZnO-SnO<sub>2</sub> terhadap degradasi (%) 20 mL BM 0,0125 mM

masa/katalis (g)	ZnO	ZnO-SnO <sub>2</sub> 160	ZnO-SnO <sub>2</sub> 200			
	At	Degradasi (%)	At	Degradasi (%)	At	Degradasi (%)
0	0,155	78,62	0,155	78,62	0,155	78,62
0,005	0,122	83,17	0,049	93,24	0,049	93,24
0,010	0,092	87,31	0,050	93,10	0,049	93,24
0,015	0,089	87,72	0,046	93,66	0,045	93,79

Diketahui A<sub>0</sub> = 0,725

Rumus:

$$\text{degradasi}(\%) = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\%$$

Contoh:

Degradasi 20 mL BM 0,0125 oleh 0,005 g ZnO-SnO<sub>2</sub> 160

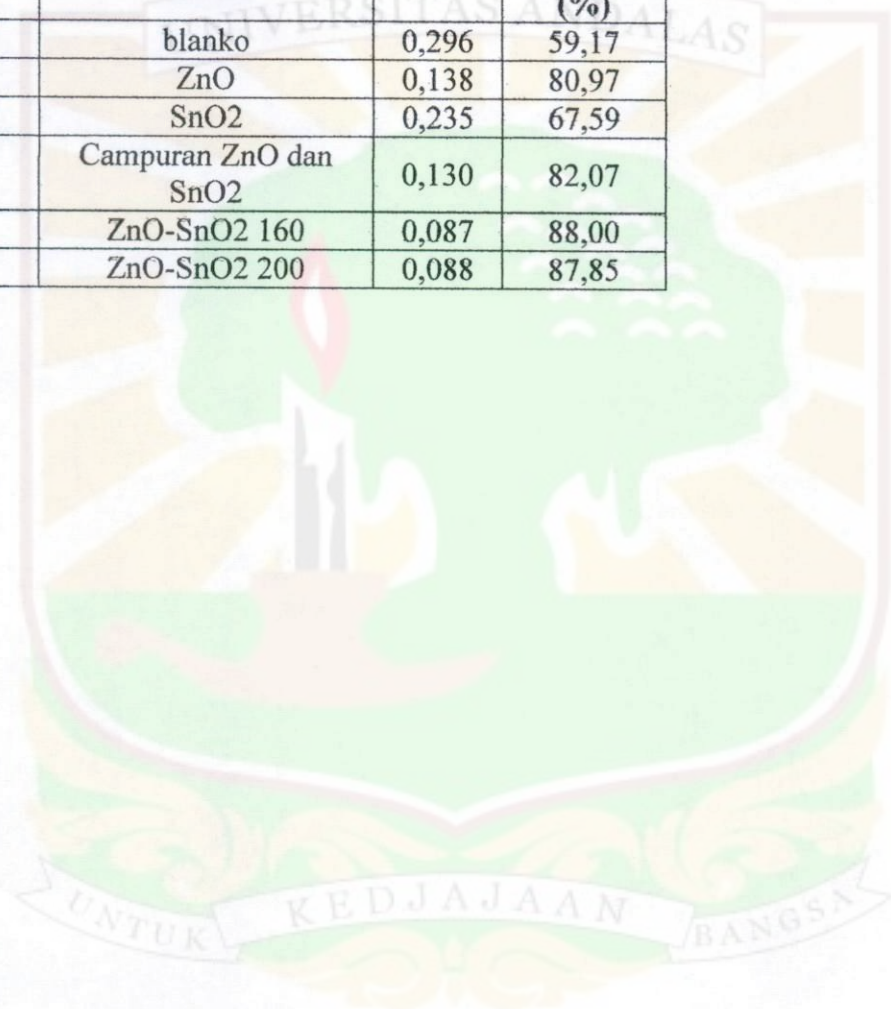
$$\text{degradasi}(\%) = \frac{0,725 - 0,122}{0,725} \times 100\%$$

$$= 83,17$$

**Lampiran 6,** Perbandingan aktivitas 5 g katalis dalam mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dalam pelarut air irradiasi selama 20 menit

**Tabel 4, Data Perbandingan** aktivitas 5 g katalis dalam mendegradasi 20 mL BM 0,0125 mM dalam pelarut air irradiasi selama 20 menit

no,	katalis	At	degradasi (%)
1	blanko	0,296	59,17
2	ZnO	0,138	80,97
3	SnO <sub>2</sub>	0,235	67,59
4	Campuran ZnO dan SnO <sub>2</sub>	0,130	82,07
5	ZnO-SnO <sub>2</sub> 160	0,087	88,00
6	ZnO-SnO <sub>2</sub> 200	0,088	87,85



**Lampiran 7, Pengaruh lama penyinaran 0,005 g katalis terhadap degradasi (%)**

20 mL BM 0,0125 mM di dalam air

**Tabel 5, pengaruh lama penyinaran 0,005 g katalis terhadap degradasi (%)**

20 mL BM 0,0125 mM di dalam air,

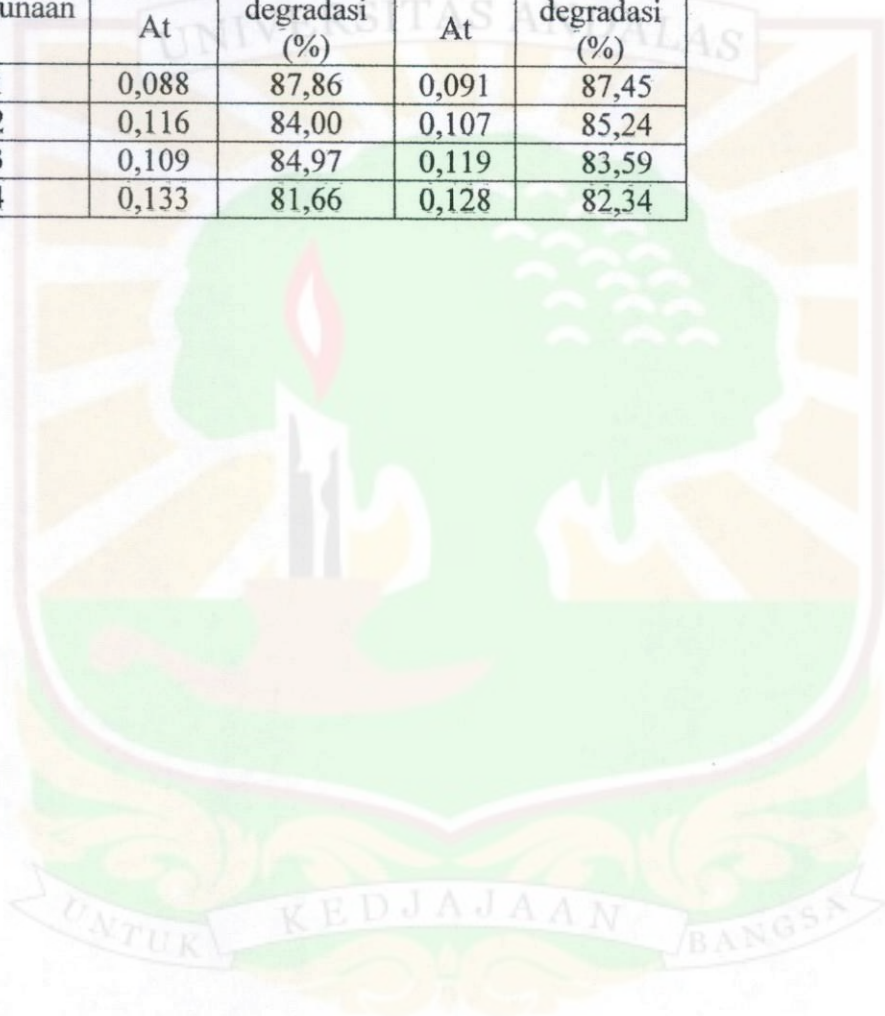
waktu	blanko		ZnO		ZnO-SnO <sub>2</sub> 160		ZnO-SnO <sub>2</sub> 200	
	At	Degradasi (%)	At	Degradasi (%)	At	Degradasi (%)	At	Degradasi (%)
0	0,725	0,00	0,725	0,00	0,725	0,00	0,725	0,00
10	0,5	31,03	0,289	60,14	0,15	79,31	0,16	77,93
20	0,311	57,10	0,139	80,83	0,091	87,45	0,09	87,59
30	0,201	72,28	0,111	84,69	0,069	90,48	0,065	91,03
40	0,155	78,62	0,087	88,00	0,05	93,10	0,049	93,24



**Lampiran 8, Tingkat Aktivitas tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> yang direused**  
irradiasi selama 20 menit

**Tabel 6, Tingkat Aktivitas tingkat aktifitas katalitik ZnO-SnO<sub>2</sub> yang direused**  
irradiasi selama 20 menit

penggunaan	ZnO-SnO <sub>2</sub> 160		ZnO-SnO <sub>2</sub> 200	
	At	degradasi (%)	At	degradasi (%)
1	0,088	87,86	0,091	87,45
2	0,116	84,00	0,107	85,24
3	0,109	84,97	0,119	83,59
4	0,133	81,66	0,128	82,34



## Lampiran 9, Perhitungan intensitas cahaya matahari

Diketahui :

$$T = 300 \text{ s}$$

$$N = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul mol}^{-1}$$

$$\Phi = 0,56 \text{ molekul foton}^{-1}$$

$$A = 94,985 \text{ cm}^2$$

Volume  $\text{KMnO}_4$  0,02 M yang digunakan untuk mentitrasi:

no	tanpa disinari (mL)	Penyinaran (mL)	Ket
1	3,7	2,5	Jam 10:00
2	3,7	2,6	Jam 10: 30
3	3,5	2,6	Jam 11:00
rata-rata	3,63	2,57	

Konsentrasi asam oksalat

$$N_{(\text{As, oksalat})} \times V_{(\text{larutan})} = N_{(\text{KMnO}_4)} \times V_{(\text{KMnO}_4)}$$

**Konsentrasi sebelum penyinaran ( $C_o$ )**

$$N_{(\text{As, oksalat})} \times V_{(\text{larutan})} = N_{(\text{KMnO}_4)} \times V_{(\text{KMnO}_4)}$$

$$N_{(\text{As, oksalat})} \times 5 = 0,02 \times 3,63$$

$$N_{(\text{As, oksalat})} = \mathbf{0,01452}$$

**Konsentrasi setelah penyinaran ( $C_t$ )**

$$N_{(As, oksalat)} \times V_{(larutan)} = N_{(KMnO4)} \times V_{(KMnO4)}$$

$$N_{(As, oksalat)} \times 5 = 0,02 \times 2,57$$

$$N_{(As, oksalat)} = \mathbf{0,01028}$$

Rumus:

$$I = \frac{(C - C_0) \times 10^{-3} \text{ L mL}^{-1} \times Vol_{larutan}}{\phi \times t \times A}$$

$$= \frac{(0,01452 - 0,01028) \text{ mol L}^{-1} \times 10^{-3} \text{ L mL}^{-1} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul mol}^{-1} \times 5 \text{ mL}}{0,56 \text{ molekul foton}^{-1} \times 300 \text{ s} \times 94,985 \text{ cm}^2}$$

$$= 0,8 \times 10^{15} \text{ foton cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

## Lampiran 10, Perhitungan rendemen kuantum

Rumus:

$$\phi = \frac{\frac{A_0 - A_t}{A_0} \times C \times N \times vol_{BM}}{I \times t \times (1 - 10^{-D}) \times A}$$

Diketahui:

$$C = 0,0125 \times 10^{-3} \text{ Mol/L} = 0,0125 \times 10^{-6} \text{ Mol/mL}$$

$$I = 0,8 \times 10^{15} \text{ foton cm}^{-2}\text{s}^{-1}$$

$$T = 1200 \text{ s}$$

$$i \cdot 10^{-D} = 0,056$$

1. ZnO-SnO<sub>2</sub> 160

$$\frac{A_0 - A}{A_0} = 0,8786$$

2. ZnO-SnO<sub>2</sub> 200

$$\frac{A_0 - A}{A_0} = 0,8745$$

**Rendemen kuantum yang dikatalisir oleh ZnO-SnO<sub>2</sub> 200**

$$\Phi = \frac{0,8786 \times 0,0125 \times 10^{-6} \text{ mol mL}^{-1} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul mol}^{-1} \times 20 \text{ mL}}{0,8 \times 10^{15} \text{ foton cm}^{-2}\text{s}^{-1} \times 1200 \text{ s} \times 0,056 \times 94,985 \text{ cm}^2}$$

$$= 2,59 \times 10^{-2} \text{ molekul foton}^{-1}$$

**Rendemen kuantum yang dikatalisir oleh ZnO-SnO<sub>2</sub> 200**

$$\Phi = \frac{0,8745 \times 0,0125 \times 10^{-6} \text{ mol mL}^{-1} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul mol}^{-1} \times 20 \text{ mL}}{0,8 \times 10^{15} \text{ foton cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \times 1200 \text{ s} \times 0,056 \times 94,985 \text{ cm}^2}$$

$$= 2,58 \times 10^{-2} \text{ molekul foton}^{-1}$$

