

**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM JUMLAH PELAPISAN DAN LAMA  
PENYINARAN PROSES DEGRADASI ZAT WARNA METHYLENE  
BLUE PADA REAKTOR FOTOKATALITIK TiO<sub>2</sub>  
DENGAN PENAMBAHAN SiO<sub>2</sub>**

**SKRIPSI**

*Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh*

*Gelar Sarjana Sains*



**OLEH:**

**NOPRI ANDRIKO**

**00342-2008**

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2012**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

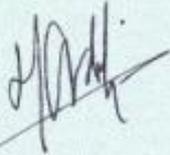
**PENENTUAN KONDISI OPTIMUM JUMLAH PELAPISAN DAN LAMA  
PENYINARAN PROSES DEGRADASI ZAT WARNA METHYLENE  
BLUE PADA REAKTOR FOTOKATALITIK TiO<sub>2</sub>  
DENGAN PENAMBAHAN SiO<sub>2</sub>**

**Nama** : Nopri Andriko  
**NIM** : 00342  
**Program Studi** : Kimia  
**Jurusan** : Kimia  
**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**Padang, Juli 2012**

**Disetujui oleh :**

**Pembimbing I**



**Dr. Hardeli, M.Si**  
**NIP. 19640113 199103 1 001**

**Pembimbing II**



**Harv Sanjava, S.Si, M.Si**  
**NIP. 19830428 200912 1 007**

## PENGESAHAN

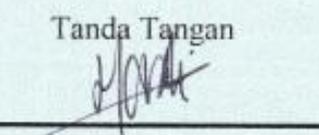
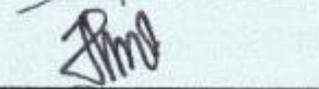
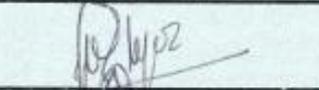
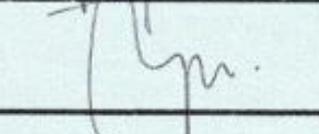
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Kimia Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

**Judul** : **Penentuan Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan  
Dan Lama Penyinaran Proses Degradasi Zat  
Warna Methylene Blue Pada Reaktor  
Fotokatalitik TiO<sub>2</sub> Dengan Penambahan SiO<sub>2</sub>**

Nama : Nopri Andriko  
NIM/BP : 00342/2008  
Program Studi : Kimia  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 02 Agustus 2012

### Tim Penguji

|               | Nama                       | Tanda Tangan  |
|---------------|----------------------------|---|
| 1. Ketua      | : Dr. Hardeli, M.Si        |  |
| 2. Sekretaris | : Hary Sanjaya, S.Si, M.Si |  |
| 3. Anggota    | : Dra. Hj. Irma Mon, M.Si  |  |
| 4. Anggota    | : Budhi Oktavia, Ph.D      |  |



*Sesungguhnya sesudah kesusahan ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan lain, dan kepada Tuhanmu lah kamu berharap*

*( Q.S ; Alam Nashrah ayat 6-8 )*

*Puji dan syukur tak henti-hentinya ku panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat yang telah Engkau berikan*

*Orang tuaku tercinta*

*Terima kasih untuk doa, kasih sayang, dukungan yang tiada henti-hentinya*

*My Big Family  
Smoga kita semua sukses*

*Teman-teman seperjuangan CH3NK08*

*Yang telah memberi banyak pengalaman yang menarik dan berarti*

*Special to "D\_X\_Putri"*

*Yang telah memberikan semangat tersendiri bwt sy  
Teman-teman yang bergantung pada cuaca, jumlah pelapisan,  
lama penyinaran, jumlah kolom, dan laju alir: fifin, riki, anhe,  
Yani, ika, Alhamdulillah semua kita slesaiqn dg baik*

*The End*



## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 02 Agustus 2012

Yang menyatakan,

Nopri Andriko

## ABSTRAK

### **Nopri Andriko (2012) : Penentuan Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran Proses Degradasi Zat Warna Methylene Blue pada Reaktor Fotokatalitik TiO<sub>2</sub> dengan Penambahan SiO<sub>2</sub>**

Telah dilakukan penelitian tentang penentuan kondisi optimum reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> untuk mendegradasi zat warna *Methylene Blue*. Penelitian ini bertujuan menentukan lama penyinaran dan pelapisan optimum reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub>/ SiO<sub>2</sub> untuk mendegradasi zat warna *Methylene Blue*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah jumlah pelapisan dan faktor kedua adalah lama penyinaran. Pada penelitian ini, digunakan TiO<sub>2</sub> Degussa P-25 dengan penambahan SiO<sub>2</sub> yang berguna untuk mencegah terjadinya rekombinan antara e<sup>-</sup> dan h<sup>+</sup>. *Methylene Blue* yang terdegradasi diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan produk degradasi yang terbentuk pada kondisi optimum diidentifikasi menggunakan GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk mendegradasi *Methylene Blue* 5 ppm dicapai pada pelapisan 5 kali dan lama penyinaran 5 jam. Pada kondisi ini diperoleh persentase degradasi sebesar 87.61%. Identifikasi dengan GC-MS menunjukkan banyak puncak yang saling tumpang tindih yang menandakan *Methylene Blue* telah mengalami degradasi. Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa Kristal TiO<sub>2</sub>/ SiO<sub>2</sub> merupakan campuran *anatase* dan *rutile*, dan dari perhitungan didapatkan ukuran kristalnya sebesar 19,099444 nm.

Kata Kunci : TiO<sub>2</sub>, fotokatalitik, SiO<sub>2</sub>, degradasi, *Methylene Blue*, jumlah pelapisan, lama penyinaran.

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Penentuan Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran Proses Degradasi Zat Warna Methylene Blue Pada Reaktor Fotokatalitik  $TiO_2$  dengan Penambahan  $SiO_2$* ”. Seluruh kegiatan ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak yang telah memberikan dorongan, bantuan moril serta bimbingan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hardeli, M.Si, selaku pembimbing I sekaligus Penasehat Akademik (PA).
2. Bapak Hari Sanjaya, S.Si, M.Si selaku pembimbing II.
3. Ibu Dra. Hj. Irma Mon, M.Si, Bapak Drs. H. Rusydi Rusyid, M.A, dan Bapak Dr. Budhi Oktavia, M.Si, selaku Dosen Penguji.
4. Ibu Dra. Andromeda, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia.
5. Bapak/Ibu Staf Pengajar dan Laboran Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
6. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA UNP serta semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dengan bantuan semua pihak skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan, semoga segala bantuan, dorongan dan pengorbanan yang telah diberikan menjadi amal ibadah dan dibalas oleh Allah SWT, Amin. Akhirnya penulis mengharapkan

kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun demi tercapainya kesempurnaan skripsi ini.

Padang, Juli 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| <b>ABSTRAK</b> .....                            | i       |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                     | ii      |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                         | iv      |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                      | vi      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                       | vii     |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                    | viii    |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....                  | 1       |
| A. Latar Belakang .....                         | 1       |
| B. Identifikasi Masalah .....                   | 5       |
| C. Batasan Masalah .....                        | 5       |
| D. Rumusan Masalah .....                        | 5       |
| E. Asumsi .....                                 | 6       |
| F. Pertanyaan Penelitian .....                  | 6       |
| G. Tujuan Penelitian .....                      | 6       |
| H. Manfaat Penelitian .....                     | 6       |
| <b>BAB II KERANGKA TEORITIS</b> .....           | 7       |
| A. Tinjauan Pustaka .....                       | 7       |
| 1. Fotokatalis .....                            | 7       |
| a. Pengertian Fotokatalis .....                 | 7       |
| b. Fotokatalis TiO <sub>2</sub> .....           | 8       |
| c. Mekanisme Fotokatalis .....                  | 9       |
| 2. Reaktor Fotokatalitik TiO <sub>2</sub> ..... | 11      |
| 3. Silika (SiO <sub>2</sub> ) .....             | 12      |

|  |           |
|--|-----------|
| 4. Methylene Blue .....  | 13        |
| 5. Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran ....         | 13        |
| a. Jumlah Pelapisan .....  | 13        |
| b. Lama Penyinaran .....   | 14        |
| 6. Identifikasi dengan Spektrofotometer UV-VIS .....                 | 14        |
| 7. Identifikasi dengan GC-MS .....                                   | 16        |
| 8. Karakterisasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> .....                  | 19        |
| B. Penelitian yang Relevan .....                                     | 20        |
| C. Kerangka Konseptual .....   | 21        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                               | <b>23</b> |
| A. Jenis Penelitian,Waktu dan Tempat .....                           | 23        |
| B. Variabel Penelitian .....   | 23        |
| C. Rancangan Penelitian .....  | 23        |
| D. Alat dan Bahan .....  | 24        |
| E. Prosedur Penelitian .....   | 25        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                             | <b>31</b> |
| A. Kondisi Operasi Reaksi Fotokatalisis .....                        | 31        |
| B. Pengukuran dengan Spektrofotometer UV-Vis .....                   | 31        |
| C. Karakterisasi TiO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> dengan XRD ..... | 39        |
| D. Identifikasi dengan GC-MS .....                                   | 41        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>   | <b>44</b> |
| A. Kesimpulan .....  | 44        |
| B. Saran .....   | 44        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>45</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>  | <b>47</b> |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar  | Halaman |
|---|---------|
| 1. Posisi energi celah pita beberapa semikonduktor ... ..                                     | 9       |
| 2. Proses fotokatalis .....   | 10      |
| 3. Reaktor Fotokatalitik $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ .....                                    | 11      |
| 4. Struktur <i>Methylene Blue</i> .....   | 13      |
| 5. GC-MS .....  | 16      |
| 6. Difraksi sinar X .....   | 19      |
| 7. Skema Kerangka Konseptual .....  | 22      |
| 8. Kurva standar <i>Methylene Blue</i> .....  | 32      |
| 9. Hubungan Absorbansi dengan Lama penyinaran dan jumlah pelapisan kolom gelas .....          | 33      |
| 10. kurva hubungan persen degradasi dengan lama penyinaran .....                              | 37      |
| 11. Grafik Hubungan Jumlah Pelapisan terhadap Persentase Degradasi pada Lama Penyinaran ..... | 38      |
| 12. Pola XRD Sampel $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ .....   | 39      |
| 13. Kromatogram <i>Methylene Blue</i> Sebelum Proses Degradasi .....                          | 41      |
| 14. Spektrum Massa Senyawa dengan RT = 11,720 menit .....                                     | 42      |
| 15. Kromatogram <i>methylene blue</i> .....   | 42      |
| 16. Spektrum Massa Produk Degradasi dengan RT = 9,30 menit .....                              | 43      |

## DAFTAR TABEL

| Tabel  | Halaman |
|--|---------|
| 1. Rancangan Penelitian .....                                    | 24      |
| 2. Hasil pengukuran absorbansi <i>Methylene Blue</i> .....       | 32      |
| 3. Konsentrasi Sisa .....  | 35      |
| 4. Data konsentrasi <i>Methylene Blue</i> yang terdegradasi..... | 36      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran  | Halaman |
|---|---------|
| 1. Pembersihan Kolom Gelas .....  | 47      |
| 2. Pembuatan Larutan TiO <sub>2</sub> Degusa P-25 .....   | 48      |
| 3. Preparasi Sol SiO <sub>2</sub> .....   | 49      |
| 4. Preparasi Sol TiO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> .....   | 50      |
| 5. Immobilisasi katalis TiO <sub>2</sub> .....  | 51      |
| 6. Pembuatan Reaktor Fotokatalitik .....  | 52      |
| 7. Proses degradasi Methylene Blue pada Reaktor Fotokatalitik .....                                   | 53      |
| 8. Pembuatan Larutan Methylene Blue .....   | 54      |
| 9. Preparasi Film Fotokatalis untuk Karakterisasi XRD .....   | 55      |
| 10. Penentuan Berat molekul dan Komposisi suatu senyawa dengan GC-MS .....                            | 56      |
| 11. Absorbansi Larutan Standar <i>Methylene Blue</i> .....  | 57      |
| 12. Contoh Perhitungan Untuk Mencari Konsentrasi Sisa dari <i>Methylene Blue</i> .....                | 58      |
| 13. Contoh Perhitungan Untuk Mencari Persen Degradasi Dari <i>Methylene Blue</i> .....                | 59      |
| 14. Perhitungan penentuan ukuran Kristal TiO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> .....                     | 60      |
| 15. Data Hasil Pengukuran XRD dan Perhitungan Ukuran Kristal TiO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> ..... | 61      |
| 16. Data Pengukuran Absorbansi Larutan Standar <i>Methylene Blue</i> .....                            | 62      |
| 17. Data Pengukuran Absorbansi <i>Methylene Blue</i> pada Variasi Jumlah Pelapisan Kolom Gelas .....  | 63      |
| 18. Data Analisis GC <i>Methylene Blue</i> .....  | 68      |
| 19. Spektrum Massa <i>Methylene Blue</i> .....  | 69      |
| 20. Data Analisis GC <i>Methylene Blue</i> Hasil Degradasi .....                                      | 70      |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Penggunaan zat warna dewasa ini meningkat, seperti yang terdapat pada bahan tekstil, makanan maupun obat-obatan. Salah satu proses penting dalam tahap penyempurnaan bahan tekstil adalah proses pewarnaan. Pemakaian zat warna yang bertujuan untuk memperindah bahan tekstil ternyata membawa dampak bagi kelestarian lingkungan (Irvan, 2004). Salah satu dampak yang disebabkan adalah pencemaran lingkungan yang juga berakibat negatif untuk kesehatan, sehingga diperlukan penanganan yang serius untuk mengatasi masalah tersebut, salah satunya dengan fotokatalis (Sumarsih, 2010). Dari berbagai jenis semikonduktor yang dapat dipakai untuk proses fotokatalisis, semikonduktor  $\text{TiO}_2$  merupakan yang lebih baik.

Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  telah banyak digunakan sebagai material fotokatalis karena kelebihanannya seperti tingkat aktifitas yang tinggi, sifat kimia yang stabil, tidak beracun, tahan terhadap foto-korosi dan relative murah (Slamet dkk, 2008). Untuk melihat fenomena fotokatalisis pada permukaan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  serta kemungkinan aplikasi teknologinya adalah suatu riset terapan dalam usaha mewujudkan teknologi sistem mineralisasi zat organik yang diterapkan dalam pembersih air dan gas (Gunlazuardi, 2001). Suatu contoh terapan fotokatalis pada permukaan  $\text{TiO}_2$  adalah melihat aktifitas dan efesiensinya dalam mendegradasi *methylene blue*.

*Methylene blue* Merupakan bahan pewarna dasar yang sangat penting dan relatif murah dibandingkan dengan pewarna lainnya. Pada umumnya digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik (Palupi, 2006). Dosis tinggi dari *Methylene blue* dapat menyebabkan mual, muntah, nyeri pada perut dan dada, sakit kepala, keringat berlebihan, dan hipertensi (Amirullah, 2006). Maka pada penelitian ini *Methylene blue* akan didegradasi dengan proses fotokatalitik.

Pada proses fotokatalitik, ketika semikonduktor  $\text{TiO}_2$  mengadsorpsi sinar UV ( $\leq \lambda 380\text{nm}$ ) yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari energi celah pita (3 – 3,2 eV) maka akan terjadi pemisahan muatan atau fotoeksitasi dalam molekul  $\text{TiO}_2$ . Elektron ( $e^-$ ) akan tereksitasi ke pita konduksi meninggalkan lubang positif ( $h^+$ ) pada pita valensi. Lubang positif yang terbentuk berinteraksi dengan air atau ion  $\text{OH}^-$  menghasilkan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Radikal hidroksil ini merupakan spesies yang sangat reaktif menyerang molekul-molekul organik dan dapat mendegradasinya menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  dan ion-ion halida jika molekul organik mengandung halogen. Sifat ini menyebabkan terdegradasinya bakteri patogen di dalam air, misalnya air minum (Linsebigler, 1995: 748). Akhir-akhir ini telah banyak dilakukan penelitian untuk meningkatkan aktifitas fotokatalis, karena  $\text{TiO}_2$  murni kurang efisien disebabkan oleh adanya rekombinan elektron dan hole.

Aktifitas fotokatalis dapat ditingkatkan melalui proses doping ion dopan. Doping dengan penambahan ion dopan transisi dapat merangsang dalam pembentukan radikal hidroksil ( $\text{OH}\bullet$ ) (Shaleh, 2010). Pada penelitian ini  $\text{TiO}_2$

akan ditambah dengan  $\text{SiO}_2$  sebagai dopan untuk menambah aktifitas fotokatalis.

Dari sisi konfigurasi katalis, ada dua metoda yang digunakan untuk fotoreaktor, yaitu katalis  $\text{TiO}_2$  dalam sistem suspensi dan katalis  $\text{TiO}_2$  dalam sistem immobilisasi. Sistem suspensi mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibanding sistem immobilisasi. Hal ini disebabkan oleh tidak terbatasnya transfer massa dalam sistem suspensi. Akan tetapi aplikasi  $\text{TiO}_2$  sistem suspensi secara komersial kurang menguntungkan, karena sistem ini mempunyai kelemahan, yaitu pemisahan partikel  $\text{TiO}_2$  terjadi sangat lambat, prosesnya memerlukan biaya dan daya tembus sinar UV sangat terbatas karena absorpsi yang sangat kuat oleh  $\text{TiO}_2$  dan spesies organik yang terlarut. Masalah tersebut dapat diatasi dengan menggunakan katalis yang diimmobilisasikan. Dengan sistem immobilisasi, sebuah fotoreaktor dapat dirancang dimana semua permukaan katalis dapat dikenai oleh radiasi UV. Kelemahan sistem immobilisasi adalah terbatasnya proses transfer massa (Hardeli, 2009).

Sistem Reaktor Fotokatalitik mengalir diharapkan dapat mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut. Reaktor Fotokatalitik terdiri dari kolom gelas yang telah dilapisi oleh  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ . Keuntungan dari reaktor fotokatalitik adalah proses pengolahan zat warna tidak membutuhkan tempat yang luas, relatif cepat, tidak memerlukan pemakaian bahan kimia lain, dan memiliki efektifitas dan efisiensi yang tinggi dalam penguraian zat warna (*Methylene Blue*).

Dalam proses degradasi *Methylene Blue* pada reaktor fotokatalitik dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah jumlah pelapisan  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ , jumlah kolom, laju alir, konsentrasi awal, volume awal dan lama penyinaran. Pada penelitian ini akan dilihat kondisi optimum lama penyinaran dan jumlah pelapisan. Dari hasil penelitian Bismo dkk (1998) yang mendegradasi fenol dengan reaktor anular dinyatakan bahwa pengaruh dari banyaknya jumlah pelapisan  $\text{TiO}_2$  terhadap degradasi fenol adalah semakin banyak jumlah pelapisan maka proses degradasi akan semakin cepat dan apabila terlalu tipis kontak antara  $\text{TiO}_2$  dengan fenol akan semakin sedikit dan proses degradasi akan sulit. Pada intensitas lama penyinaran, umumnya semakin lama penyinaran maka fenol akan terdegradasi semakin banyak dan pada akhirnya akan habis terdegradasi.

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul "Penentuan Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran Proses Degradasi Zat Warna *Methylene Blue* Pada Reaktor Fotokatalitik  $\text{TiO}_2$  dengan Penambahan  $\text{SiO}_2$ ".

## B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut ;

1. *Methylene Blue* merupakan zat warna yang bersifat toksik sering dipakai dalam industri tekstil.
2. Kondisi optimum reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  berdasarkan jumlah pelapisan, jumlah kolom, laju alir, konsentrasi awal, volume awal dan lama penyinaran berpengaruh terhadap degradasi *Methylene Blue*.

## C. Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Kondisi optimum lama penyinaran dan jumlah pelapisan kolom gelas pada reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  untuk mendegradasi *Methylene Blue*.
2. Doping  $\text{SiO}_2$  diperoleh dari TEOS (Tetra Etil Ortho Silika).
3. Jenis  $\text{TiO}_2$  yang digunakan yaitu  $\text{TiO}_2$  Degussa P-25.
4. Sumber cahaya UV yang digunakan berasal dari cahaya matahari.

## D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka yang menjadi rumusan dalam penelitian ini adalah “Berapakah lama penyinaran optimum dan jumlah

pelapisan optimum proses degradasi *Methylene Blue* pada reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>?

#### **E. Asumsi**

Lama penyinaran dan jumlah pelapisan fotokatalis TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> berpengaruh terhadap proses degradasi *Methylene Blue*.

#### **F. Pertanyaan Penelitian**

Berapakah lama penyinaran dan jumlah pelapisan optimum reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> dalam proses degradasi zat warna *Methylene Blue*?

#### **G. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi optimum lama penyinaran dan jumlah pelapisan pada reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> untuk mendegradasi *Methylene Blue*.

#### **H. Manfaat penelitian**

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan bagi ilmu pengetahuan terutama bidang fotokatalis untuk menemukan cara alternatif menanggulangi polutan organik dari limbah industri.

## **BAB II**

### **KERANGKA TEORITIS**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Fotokatalis**

###### **a. Pengertian fotokatalis**

Metode fotokatalisis adalah proses yang memerlukan bantuan cahaya dan katalis (semikonduktor) untuk melangsungkan atau mempercepat transformasi kimia, sumber cahaya yang digunakan bisa berasal dari matahari atau lampu UV. Semikonduktor tersebut jika terkena sinar UV atau sinar matahari yang mempunyai foton lebih dari energi bahan semikonduktornya ( $h\nu \geq E_G$ ) akan menghasilkan elektron ( $e^-$ ) dipita konduksi yang dapat mereduksi senyawa logam dan hole ( $h^+$ ) dipita valensi yang dapat mengoksidasi senyawa organik yang berada dipermukaan (slamet dkk, 2007).

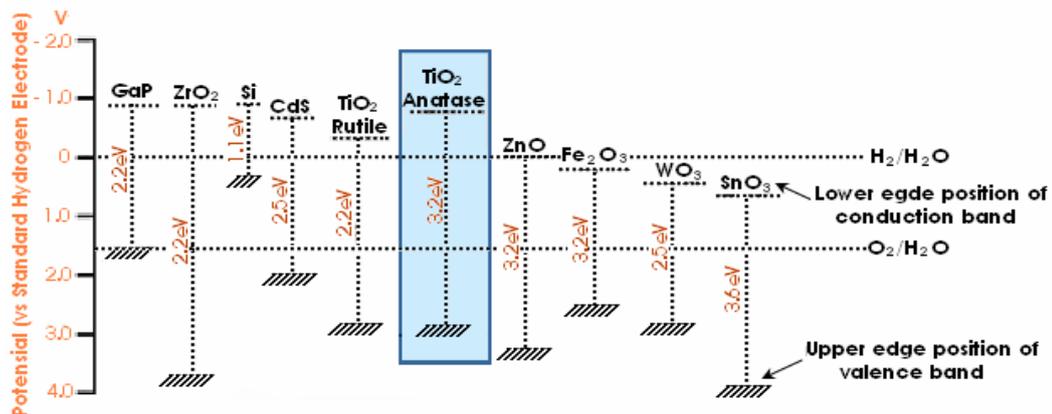
Proses fotokatalitik dibagi menjadi dua, yakni fotokatalitik homogen dan fotokatalitik heterogen. Fotokatalitik homogen adalah proses fotokatalitik dengan bantuan zat pengoksidasi seperti ozon dan hidrogen peroksida, sedangkan fotokatalitik heterogen adalah teknologi yang didasarkan pada iradiasi fotokatalis semikonduktor. Fotokatalitik heterogen dapat berlangsung pada berbagai macam media yaitu fasa gas, organik fasa cair, atau larutan encer. Terdapat banyak jenis material yang dapat digunakan sebagai fotokatalis, diantaranya  $ZnO$ ,  $WO_3$ ,  $CdS$ ,  $CdSe$ ,  $SiC$  dan  $TiO_2$ .  $TiO_2$  merupakan semikonduktor yang paling sering digunakan sebagai fotokatalis dalam aplikasi reaksi fotokatalitik karena keunggulannya, yaitu: Indeks

refraktif tinggi (sifat optis), transmitansi baik pada daerah infra merah dan cahaya tampak (sifat optis), konstanta dielektrik tinggi (sifat elektrik), stabilitas kimia baik, stabilitas cahaya baik, tidak beracun, aktivitas fotokatalisis tinggi, dan harganya relatif terjangkau (Dharmawan, 2010).

#### **b. Fotokatalis TiO<sub>2</sub>**

Penelitian fotokatalisis oleh TiO<sub>2</sub> berkembang pesat sejak publikasi Fujisima & Honda mengenai fotoelektrokatalisis pemecahan air pada elektroda lapisan tipis TiO<sub>2</sub>. Dari sisi aplikasi telah dirancang berbagai bentuk reaktor fotokatalisis untuk degradasi zat organik dalam fase cair maupun gas. Aktivitas TiO<sub>2</sub> murni dalam mendegradasi zat warna (metilen biru) dengan sinar matahari sebagai sumber foton.

TiO<sub>2</sub> merupakan nanomaterial yang bersifat semikonduktor yang dapat menghantarkan listrik, sifat logam yang kuat, ringan dan memiliki kerapatan yang rendah. Peranan TiO<sub>2</sub> dalam bidang industri sebagai pigmen, adsorben, pendukung katalik, dan semikonduktor (Mahaningsih, 2011). Material ini diketahui terdiri dari tiga bentuk struktur kristal, yaitu anatase, rutil, dan brokite. TiO<sub>2</sub> anatase secara komersial telah digunakan untuk proses fotokatalis karena mempunyai aktifitas fotokatalis yang tinggi. TiO<sub>2</sub> anatase menyerap UV-dekat (Eg : 3,2 eV) dimana energi tersebut sangat tepat digunakan untuk proses fotogenerasi (Shaleh, 2010).



Gambar 1. Energi gap, posisi pita valensi, konduksi, dan potensial redoks dari berbagai semikonduktor.

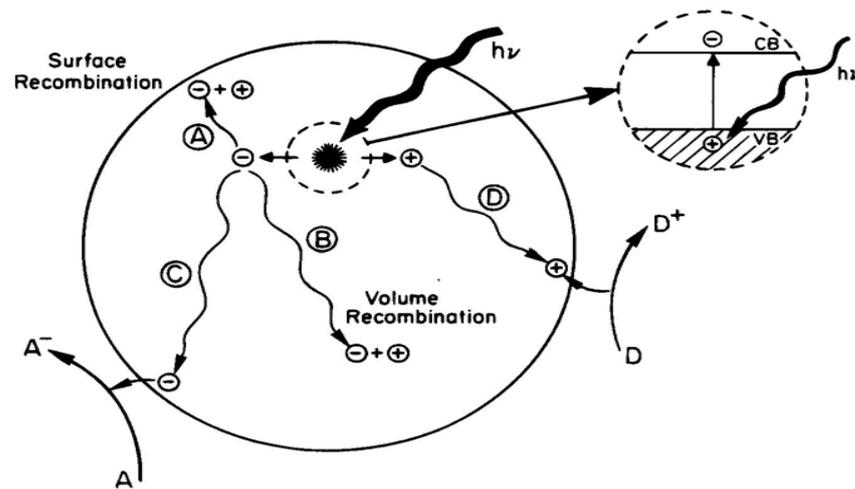
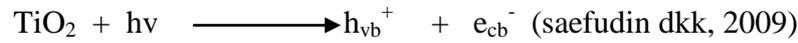
Fotokatalis TiO<sub>2</sub> merupakan zat pengoksidasi yang sangat kuat bila disinari dengan cahaya UV dengan panjang gelombang  $\lambda$  (365-385) nm. Fotokatalis TiO<sub>2</sub> yang disinari dengan UV akan mengalami generasi elektron pada pita konduksi dan membentuk hole ( $h^+$ ) pada pita valensi. Interaksi hole dengan molekul air akan menghasilkan radikal hidroksil (OH•). Radikal (OH•) merupakan zat pengoksidasi dari senyawa organik (Shaleh, 2010).

### c. Mekanisme Fotokatalis

Mekanisme fotokatalis semikonduktor TiO<sub>2</sub> dengan adanya bantuan sinar UV dapat dijelaskan sebagai berikut. Apabila TiO<sub>2</sub> dikenai cahaya dengan energi foton ( $h\nu$ ) yang sama atau lebih besar dari pada energi celah pita maka sebuah elektron akan dipromosikan dari pita valensi ke pita konduksi yang mengakibatkan lubang (hole) pada pita valensi. Karena kehilangan elektron maka pita ini memiliki muatan positif ( $h\nu b^+$ ) dan pita

konduksi bermuatan negatif karena mendapatkan tambahan elektron ( $ecb^-$ ).

Reaksinya sebagai berikut



Gambar 2. Proses fotokatalisis: (a), reaksi di permukaan, (b), reaksi di fasa curah, (c), fotoelektron sebagai reduktor, (d), hole sebagai oksidator (Hudaya, 2011)

Lubang bermuatan positif pada pita valensi  $h\nu b^+$  dan elektron pada pita konduksi  $ecb^-$  akan dapat berkombinasi. Jika  $h\nu b^+$  bereaksi dengan suatu donor elektron maka akan terjadi reaksi oksidasi sedangkan apabila  $ecb^-$  bereaksi dengan suatu akseptor elektron maka akan terjadi reaksi reduksi. Selanjutnya hole ( $h\nu b^+$ ) akan bereaksi dengan hidroksida logam yaitu titanium dioksida membentuk radikal hidroksida logam yang merupakan oksidator kuat yang akan mengoksidasi zat warna. Untuk elektron yang berada pada permukaan semikonduktor akan terjebak dalam hidroksida logam dan dapat bereaksi dengan penangkapan elektron yang ada dalam larutan misalnya  $\text{H}_2\text{O}$  atau  $\text{O}_2$ , membentuk radikal hidroksida ( $\text{OH}\cdot$ ) maupun superoksida ( $\text{O}_2\cdot$ ) yang akan mengoksidasi zat warna dalam larutan (saefudin dkk, 2009).

## 2. Reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub>

Reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub> merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mendegradasi zat warna. Satu unit rangkaian reaktor fotokatalitik TiO<sub>2</sub> terdiri dari kolom gelas (diameter ± 2 cm dan panjang ± 60 cm) yang disusun seri. Pada bagian dalam dinding setiap kolom gelas tersebut diimobilisasikan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>. Lalu disusun melingkar dihubungkan dengan selang plastik dan diletakkan di atas sebuah kerangka kayu yang telah dilapisi dengan aluminium foil. Larutan sampel disirkulasikan dari reservoir melalui kolom gelas dengan menggunakan pompa sirkulasi.



Gambar 3. Reaktor Fotokatalitik TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>

Dalam degradasi pada reaktor fotokatalitik dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah ;

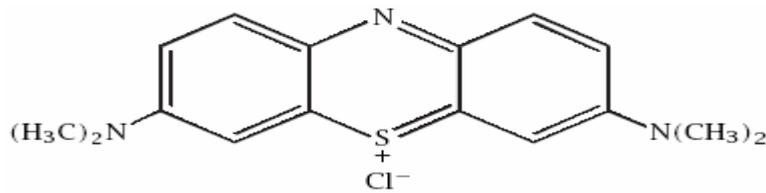
- a) Konsentrasi awal. Semakin tinggi konsentrasi awal maka proses degradasi akan semakin lama.

- b) Volume awal. Semakin banyak volume maka semakin lama proses degradasi dibandingkan dengan volume yang lebih sedikit.
- c) Jumlah kolom gelas. Semakin banyak kolom gelas maka luas penampang permukaan TiO<sub>2</sub> yang kontak dengan sampel akan semakin besar sehingga semakin banyak sampel yang terdegradasi.
- d) Laju alir. Semakin besar laju alir sampel maka waktu kontak dengan katalis TiO<sub>2</sub> semakin sedikit sehingga proses degradasi semakin lama.
- e) Jumlah pelapisan TiO<sub>2</sub>. Semakin banyak jumlah pelapisan maka proses degradasi akan semakin cepat dan apabila terlalu tipis kontak antara TiO<sub>2</sub> dengan sampel akan semakin sedikit dan proses degradasi akan lama.
- f) Lama penyinaran. Semakin lama penyinaran maka sampel akan terdegradasi semakin banyak dan pada akhirnya akan habis terdegradasi (Slamet dkk, 2007).

### 3. Silika (SiO<sub>2</sub>)

Silikon dioksida (silika, SiO<sub>2</sub>) merupakan senyawa yang umum ditemui dalam kehidupan sehari-hari dan banyak digunakan sebagai bahan baku industri elektronik. Pasir di pantai juga banyak mengandung silika. Silikon dioksida terbentuk melalui ikatan kovalen yang kuat, serta memiliki struktur lokal yang jelas, empat atom oksigen terikat pada posisi sudut tetrahedral di sekitar atom pusat yaitu atom silikon (Risa, 2009). Sifat-sifat dari silika adalah keras tapi rapuh, titik lelehnya 1273<sup>o</sup>C, konduktivitas rendah dan tahan terhadap panas (Wilkinson G, 1966).

#### 4. Methylene Blue



Gambar 4. Struktur *Methylene Blue*

*Methylene Blue* yang memiliki rumus kimia C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>ClN<sub>3</sub>S, adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan *dye* kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Pada umumnya digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Senyawa ini berupa kristal berwarna hijau gelap. Ketika dilarutkan dalam air atau alkohol akan menghasilkan larutan berwarna biru. Memiliki berat molekul 319.86 gr/mol, dengan titik lebur di 105 °C dan daya larut sebesar 4,36 x 10<sup>4</sup> mg/L (palupi, 2006).

#### 5. Kondisi Optimum Jumlah Pelapisan dan Lama Penyinaran

Kondisi optimum adalah suatu keadaan yang tepat dalam sebuah kerja sehingga akan diperoleh hasil yang maksimal (Bismo dkk, 2008). Untuk memperoleh kondisi optimum degradasi *Methylene Blue* dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jumlah pelapisan, lama penyinaran.

##### a. Jumlah Pelapisan

Jumlah pelapisan berpengaruh dalam proses degradasi *Methylene Blue*. Ketika lapisan film TiO<sub>2</sub> terlalu tipis maka energi foton yang

mengenai lapisan tidak semuanya bisa diadsorpsi (efisiensi rendah) sehingga radikal  $\bullet\text{OH}$  yang terbentuk menjadi lebih sedikit. Bila ketebalan lapisan  $\text{TiO}_2$  ditingkatkan, maka energi foton yang teradsorpsi semakin banyak (efisiensi meningkat) sehingga dapat lebih mengaktifkan katalis untuk menghasilkan radikal  $\bullet\text{OH}$  yang lebih banyak. Tetapi ketika lapisan film terlalu tebal maka bagian sisi katalis yang kontak langsung dengan larutan sampel tidak mendapat penetrasi optimal (kurang teraktifkan) dan kemungkinan juga akan terjadi rekombinasi *elektron-hole* sebelum sampai pada permukaan (Chen dan Ray, 1999). Keadaan ini akan menyebabkan menurunnya laju degradasi *Methylene Blue*.

#### **b. Lama Penyinaran**

Dalam metode fotokatalisis diperlukan bantuan cahaya untuk melangsungkan atau mempercepat transformasi kimia. Penentuan kondisi optimum lama penyinaran berguna untuk mencari waktu dimana terjadi persentase degradasi paling banyak. Jika lama penyinaran sebentar maka radikal hidroksil yang terbentuk sedikit dan hasil degradasi tidak optimal dan apabila penyinaran lama maka semua akan habis terdegradasi (Chen dan Ray, 1999).

### **6. Identifikasi dengan Spektrofotometer UV-Vis**

Spektrofotometri UV-Vis adalah sebuah teknik analisis spektroskopi yang memakai radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan

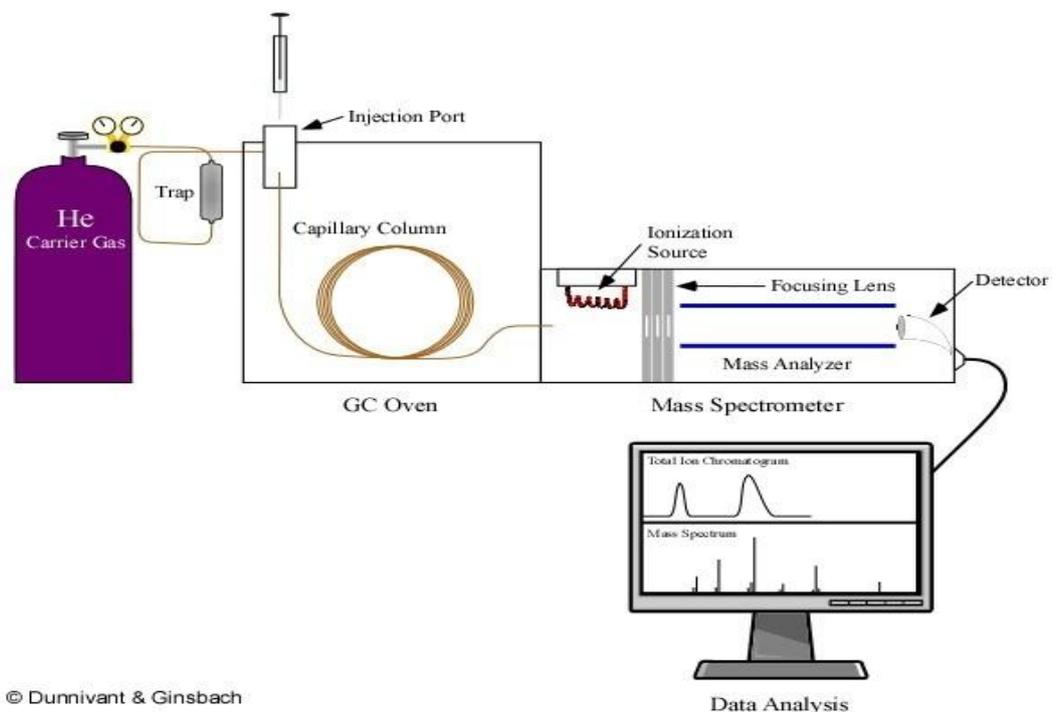
sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga Spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif (Sibilia, 1988 ; 24-26). Spektrofotometer digunakan untuk mengukur energi secara relatif, jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang.

Identifikasi dengan spektroskopi ultra violet bertujuan untuk mengetahui adanya ikatan rangkap terkonjugasi yang terdapat dalam suatu molekul. Daerah panjang gelombang dari spektrum ultraviolet berkisar antara 200-400 nm. Spektrum ultra violet dari senyawa organik berhubungan dengan eksitasi elektron dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Eksitasi dapat berasal dari ikatan sigma ( $\sigma$ ), ikatan phi ( $\pi$ ), dan pasangan elektron bebas pada orbital bukan ikatan (Sastrohamidjojo, 1991).

Daerah yang paling berguna dalam Spektrum UV adalah daerah dengan panjang gelombang di atas 200 nm. Transisi elektron dari  $\pi$  ke  $\pi^*$  untuk senyawa dengan ikatan rangkap berkonjugasi serta beberapa transisi  $n$  ke  $\sigma^*$  (Fessenden & Fessenden, 1990). Tujuan penggunaan spektroskopi UV-Vis dalam degradasi *Methylene Blue* adalah untuk melihat jalannya proses degradasi yang ditandai dengan adanya penurunan absorbansi. Semakin rendah adsorbansi berarti *Methylene Blue* yang didegradasi semakin banyak.

## 7. Identifikasi dengan GC-MS (*Gas Chromatographi – Mass Spectrometry*)

Kromatografi gas adalah suatu cara untuk memisahkan senyawa dengan mengelusikan arus gas melalui fase diam. Dasar pemisahan kromatografi gas ialah penyebaran cuplikan diantara dua fase. Salah satu fase ialah fase diam dan yang lain ialah gas yang mengelusi fase diam. Tujuan kromatografi gas adalah memisahkan dan mengumpulkan komponen masing-masing dalam jumlah yang cukup untuk digunakan lebih lanjut. Kromatografi gas ada dua macam yakni kromatografi gas-cair (KGC) yang mengandung fasa diam cair dan kromatografi gas-padat (KGP) yang mengandung fasa diam padat (Nair,1998).



© Dumnivant & Ginsbach

Gambar 5. GC-MS (*Gas Chromatographi – Mass Spectrometry*)

([www.people.whitman.edu](http://www.people.whitman.edu))

Komponen dari kromatografi gas adalah (Nair,1998) :

1. Gas pembawa

Gas yang biasa digunakan yaitu helium, nitrogen atau hidrogen. Pemilihan gas tergantung pada faktor seperti ketersediaan, kemurnian, konsumsi dan tipe detektor yang digunakan.

2. Sistem injeksi sampel

Cairan sampel dimasukkan dengan jarum hipodermik. Jarum ditusukkan pada sekat karet silikon dan injeksi dilakukan secara merata kedalam blok logam yang dipanasi pada ujung kolom. Temperatur diatur sedemikian rupa sehingga cairan cepat teruapkan, namun tidak menguraikan sampel. Untuk efisiensi terbesar digunakan ukuran sampel yang sekecil mungkin, yang sesuai dengan tingkat kepekaan detektor.

3. Kolom

Kolom dapat dibuat dari tembaga, aluminium, dan kaca yang berbentuk lurus, lengkung atau melingkar.

4. Detektor

Detektor berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur kuantitas komponen yang telah terpisahkan oleh aliran gas pembawa meninggalkan kolom.

Untuk pemisahan komponen sampel yang belum diketahui komposisinya, biasanya kromatografi gas *dicoupling* dengan peralatan lain seperti spektrometer massa. Karena kromatografi gas bekerja pada tekanan

atmosfer, sedangkan spektrometer massa bekerja pada tekanan yang sangat rendah. Selain itu spektrometer massa memerlukan aliran kecil senyawa murni yang dianalisis, sedangkan aliran kromatografi gas jauh lebih besar dan diencerkan dengan gas pembawa. Untuk menggabungkan kedua alat ini dipakai bidang temu.

Pada GC-MS, komponen yang keluar dari kolom GC dibagi dua, sebagian menuju detector dan sebagian lagi menuju ke bidang-temu GC-MS. Fungsi dari bidang temu GC-MS adalah memperkaya cuplikan yang menuju ke sumber ion spektroskopi massa. Keuntungan bidang-temu ini adalah:

- Keluaran GC berada pada tekanan atmosfer.
- Bahan hanya mengalir ke spektrometer massa bila diperlukan spektrum massa.
- Kinerja tidak bergantung pada gas pembawa tertentu dan laju alir.
- Pengayaan begitu besar sehingga kondisi untuk bahan dapat dioptimumkan.
- Detektor yang terdapat pada kromatograf tetap masih dapat digunakan untuk analisis kuantitatif.
- Bidang-temu dapat dipasang pada semua jenis kromatograf gas.
- Jumlah keluaran kolom yang dialirkan ke spektrometer massa diminimumkan dengan penggunaan gerbang cuplikan (Nair, 1998).

Dalam spektroskopi massa, molekul-molekul organik ditembak dengan berkas elektron dan diubah menjadi ion-ion bermuatan positif yang bertenaga

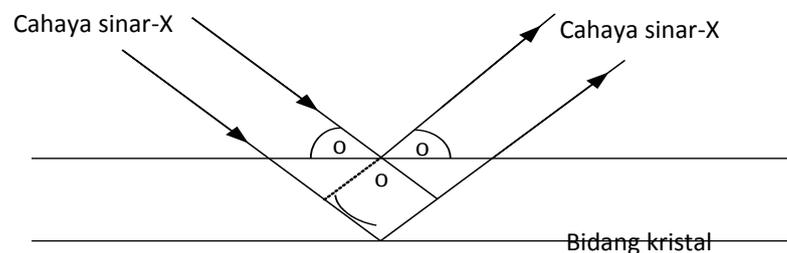
tinggi (ion-ion molekuler atau ion-ion induk), yang dapat pecah menjadi ion-ion yang lebih kecil (ion-ion pecahan atau ion-ion anak). Lepasnya elektron dari molekul menghasilkan radikal kation dan proses ini dapat dinyatakan sebagai  $M \rightarrow M^+$  (Sastrohamidjojo, 1991).

## 8. Karakterisasi Fotokatalis $\text{TiO}_2$

### Difraksi sinar-X

Sibilia (1998 : 115) menyatakan bahwa difraktometer sinar-X adalah suatu alat yang dapat digunakan untuk melihat difraktogram (pola difraksi sinar-X) suatu padatan kristal. Suatu kristal memiliki bidang yang dibentuk oleh atom-atom yang tertata secara teratur. Sinar-X yang mengenai bidang kristal akan didifraksikan dengan sudut tertentu sehingga memiliki jarak antar bidang ( $d$ ) dan sudut difraksi tertentu ( $2\theta$ ). Hubungan antara panjang gelombang sinar-X ( $\lambda$ ) pada bidang kristal dengan jarak antara bidang ( $d$ ) dan sudut difraksi ( $\theta$ ), tingkat difraksi ( $n$ ), bisa dijelaskan oleh gambar berikut.

$$n \lambda = 2d \sin \theta$$



Gambar 6. Difraksi sinar X (West, : 1989)

*The Joint Committee on Powder Diffraction Standards* telah mempublikasikan pola difraksi bubuk lebih kurang 50.000 senyawa. Senyawa

yang tidak dikenal diidentifikasi dengan membandingkan jarak interplanar dengan intensitas pola bubuk untuk pola dalam *file* difraksi bubuk. Jika data *fluorescence* sinar-X mendeskripsikan komposisi unsur yang ditambahkan, jumlah pola bisa direduksi. Pencarian sistematis dengan komputer biasanya berperan untuk identifikasi selama satu jam.

Karakterisasi dengan difraksi sinar X dilakukan untuk mendapatkan informasi struktur Kristal TiO<sub>2</sub> Degussa P25 yang digunakan. Selain itu juga untuk mengetahui derajat kristalinitas dengan mengetahui intensitas pola difraksi sampel. Apabila pola difraksi sampel cukup tinggi menandakan TiO<sub>2</sub> mempunyai derajat kristalinitas yang baik, maka proses difusi elektron pada TiO<sub>2</sub> akan lebih cepat.

Hasil analisis difraksi sinar X memberikan informasi berupa puncak-puncak pengukuran. Dari puncak-puncak yang didapat memberikan informasi berupa sudut  $2\theta$ . Sudut  $2\theta$  ini kemudian dibandingkan dengan kartu interpretasi data (ASTM).

## **B. Penelitian yang Relevan**

Penelitian dilakukan oleh Nogueira dan Jardim (1993) yang mengamati fotodegradasi *metilen biru* oleh sinar matahari dengan menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>. Aktivitas TiO<sub>2</sub> untuk mendegradasi metilen biru dalam penelitian tersebut cukup baik, dimana sampel metilen biru dapat terdegradasi sampai 99% dalam waktu satu jam. Persentase tersebut termasuk kontribusi dari proses adsorpsi yang terjadi

bersamaan dengan proses fotodegradasi oleh  $\text{TiO}_2$ . Dalam penelitian ini degradasi dilakukan dengan menggunakan reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ .

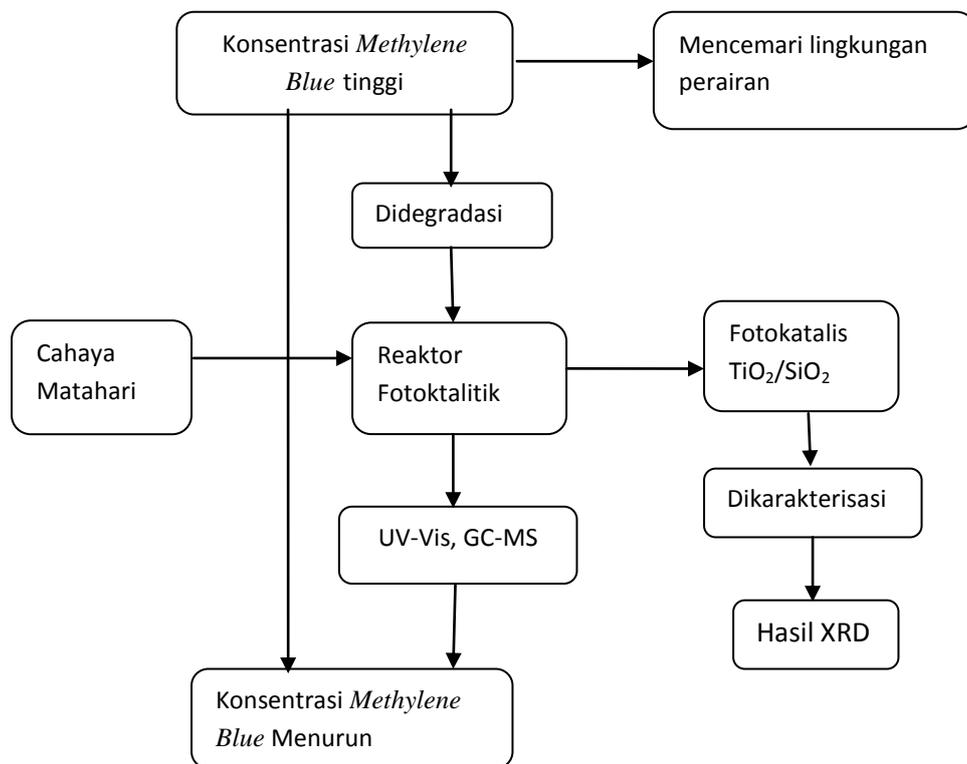
Farid (2011), mendegradasi zat warna Congo Red dengan reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2$ . Pada penelitian tersebut dilakukan degradasi dengan variasi lama penyinaran dan laju alir. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan laju alir optimum *Congo Red* adalah 110mL/s dan lama penyinaran optimum yaitu pada lama penyinaran 60 menit. Sedangkan dalam penelitian ini mendegradasi zat warna *Methylene Blue* dan menggunakan reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  dengan variasi jumlah pelapisan dan lama penyinaran.

Hayati (2011). mendegradasi senyawa fenol dengan reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2$ . Pada penelitian tersebut dilakukan degradasi dengan variasi lama penyinaran dan jumlah pelapisan  $\text{TiO}_2$ . Sehingga diperoleh hasil bahwa kondisi optimum degradasi fenol pada reaktor fotokatalitik, terdapat pada pelapisan 8 kali dengan lama penyinaran 5 menit. Dalam penelitian ini mendegradasi zat warna *Methylene Blue* dan menggunakan reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ .

### **C. Kerangka konseptual**

*Methylene Blue* dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit. Maka *Methylene Blue* perlu didegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  yang diimobilisasi membentuk film (lapisan tipis) pada kolom gelas sebanyak 11 buah.

Pada penelitian ini kondisi optimum ditentukan dengan variasi lama penyinaran dan jumlah pelapisan. Untuk mengetahui *Methylene Blue* yang sudah terdegradasi oleh  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  diukur menggunakan alat UV-VIS dan GC-MS. Sedangkan karakterisasi dengan XRD untuk melihat pengaruh penambahan  $\text{SiO}_2$  pada fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .



Gambar. 7 skema kerangka konseptual

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian ini dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum jumlah pelapisan degradasi *Methylene Blue* 5 ppm pada reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  adalah pada pelapisan 5 kali. Jumlah pelapisan yang terlalu sedikit atau terlalu banyak menyebabkan proses degradasi tidak berlangsung efektif.
2. Kondisi optimum lama penyinaran degradasi *Methylene Blue* 5 ppm pada reaktor fotokatalitik  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  pada 5 jam. Semakin lama penyinaran maka hasil degradasi semakin baik. Akan tetapi, hasil degradasi cenderung konstan pada waktu tertentu.

#### **B. Saran**

Adapun saran dalam penelitian ini adalah:

1. Pada proses pelapisan sol  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  yang diimmobilisasikan pada kolom kaca agar dapat dilakukan secara merata dengan teknik yang tepat.
2. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai desain reaktor fotokatalitik agar mendapatkan reaktor yang lebih efektif, sehingga dapat digunakan pada skala industri.
3. Pelajari lebih lanjut hasil degradasi *Methylene Blue* menggunakan  $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah. 2006. *Biosorpsi Biru Metilena oleh Ganggang Cokelat (sargassum binderi)*. FMIPA ITB; Bogor
- Bismo, Setijo, dkk., 1998. *Studi Awal Degradasi Fenol Dengan Teknik Ozonisasi Di Dalam Reaktor Annular*. Kampus UNTIRTA: Cilegon.
- Chen, Dingwan and Ray, A.K., *Photocatalytic Kinetics Of Phenol and its Derivatives over UV Irradiated TiO<sub>2</sub>*. Applied catalysis B: Environmental. 23. (1999).143-157
- Cotton, A, Wilkinson, G. 1996. *Advanced Inorganic A Compherensive Test*. London. Intenscience Publisher Hal : 604-893
- Dharmawan, Aditya. 2010. *Pemanfaatan Kombinasi Bahan Alam dalam Fotoreaktor Energi Surya Berbasis Fotokatalis sebagai Solusi Penanganan Masalah Penyediaan Air Bersih di Indonesia*. TEKNIKA FTUI; Depok
- Farid. 2011. *Optimasi Daya Degradasi Reaktor Fotokatalitik Tio<sub>2</sub> Terhadap Zat Warna Congo Red*. Kimia FMIPA UNP ; Padang
- Gunlazuardi, J. 2001. *Fotokatalis pada Permukaan TIO<sub>2</sub> : Aspek Fundamental dan Aplikasinya*. Seminar Nasional Kimia Fisika II (hlm 14-15). Universitas Indonesia
- Hardeli dan Andromeda. 2009. *Aplikasi Fotokatalitik TiO<sub>2</sub> untuk Degradasi Asam lemak*. "Laporan Penelitian".UNP
- Hudaya, Tedi dkk. 2011. *The Treatment of Chromium Hexavalent from Electroplating Wastewater by UV/TiO<sub>2</sub> Photocatalysis*. Chemical Engineering Department, Parahyangan Catholic University; Yogyakarta
- Irvan, Renita Manurung, dan Rosdanelli Hasibuan . 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob*. USU; Sumatra Utara
- Linsebigler, A. L., Lu Guangguan and Yates Jr, T. 1995. *Photocatalysis on TiO<sub>2</sub> Surface: Principles, Mechanisms, ang Selection Result*, Chem,Rev., 95, 735-758.
- Mahaningsih, Tri. 2011. *Kajian Sifat Listrik Membran Polisulfon yang diDadah Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)*. FMIPA IPB; Bogor
- Nair, H.M. Mc dan Bonelli, E.J. 1998. *Dasar Kromatografi Gas*. Bandung : ITB
- Palupi, Endang. 2006. *Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO<sub>2</sub>*. FMIPA ITB; Bogor