

**FOTODEGRADASI SURFAKTAN (*sodium lauryl sulfate*)  
MENGUNAKAN TiO<sub>2</sub>-ZEOLIT ALAM**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
AIDINA QUROTUL AINI  
NIM. 19630093**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBARAHIM  
MALANG  
2023**

**FOTODEGRADASI SURFAKTAN (*Sodium lauryl sulfate*)  
MENGUNAKAN TiO<sub>2</sub>-ZEOLIT ALAM**

**SKRIPSI**

**Oleh :  
AIDINA QUROTUL AINI  
NIM. 19630093**

**Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBARAHIM  
MALANG  
2023**

**FOTODEGRADASI SURFAKTAN (*Sodium Lauryl Sulfate*)  
MENGUNAKAN  $\text{TiO}_2$ -ZEOLIT ALAM**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**AIDINA QUROTUL AINI**  
NIM. 19630093

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji**  
Tanggal : 15 Desember 2023

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc**  
NIP. 19900906 202321 2 033



**Dr. M. Imamudin Lc, MA**  
NIP. 19740602 200901 1 010

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Kimia



**Rachawati Ningsih, M.Si**  
NIP. 19870311 200801 2 010

**FOTODEGRADASI SURFAKTAN (*Sodium lauryl sulfate*)  
MENGUNAKAN  $\text{TiO}_2$ -ZEOLIT ALAM**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**AIDINA QUROTUL AINI**  
NIM. 19630093

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 15 Desember 2023**

**Penguji Utama : Suci Amalia, M.Sc.**  
NIP. 19821104 200901 2 007

(.....)  
(.....)

**Ketua Penguji : Nur Aini, M.Si**  
NIP. 19840608201903 2 009

(.....)

**Sekretaris penguji : Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc.**  
NIP. 19900906 202321 2 033

(.....)

**Anggota Penguji : Dr. M. Imamudin Lc, MA**  
NIP. 19740602 200901 1 010

**Mengesahkan,**  
**Ketua Program Studi**  
  
**Rachmawati Angsih, M.Si.**  
NIP. 19810811 200801 2 010

## PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini

Nama : Aidna Qurotul Aini  
Nim : 19630093  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : "Fotodegradasi Surfaktan (*sodium lauryl sulfate*) Pada Limbah Laundry menggunakan  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam".

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, Oktober 2023  
Yang membuat pernyataan



Aidina Qurotul Aini  
NIM. 19630093

## MOTTO

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan,  
Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”*

(Q.S Al-Insyirah, 94:5-6)

*“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja Lelah-lelah itu. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan.”*

(Boy Chandra)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tiada lembar yang paling indah dalam skripsi ini kecuali lembar persembahan. *Alhamdulillahirabbil'amin*, dengan mengucapkan syukur atas rahmat Allah SWT dan sebagai ucapan terimakasih skripsi ini saya persembahkan. Pertama, untuk Kedua Orang Tua tercinta Akhmad Yazid dan Luluk Zubaidah. Skripsi ini sebagai tanda bakti dan hormat rasa terima kasih yang tiada terhingga ku persembahkan kepada ibu dan ayah yang telah memberikan kasih sayang dan segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang hanya dapat ku balas dengan bertuliskan kata persembahan.

Tak lupa kepada Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya selaku dosen pembimbing kimia dan bapak Imamudin selaku Dosen Pembimbing Agama yang telah sabar membimbing dan memberikan arahan, kritik serta saran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Kepada diri saya sendiri. Aidina Qurotul Aini. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Aidina. Apapun kurang dan lebihmu mari merayakan sendiri.

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* *rabbi'l'alamin*, puji dan syukur ke hadirat Allah Swt., yang telah mencurahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Fotodegradasi Surfaktan (*Sodium lauryl sulfate*) Menggunakan  $\text{TiO}_2$ -Zeolit Alam”**. Tidak lupa, shalawat serta salam senantiasa terhaturkan kepada junjungan kita baginda Nabi Muhammad saw. yang telah membawa petunjuk kebenaran bagi seluruh umat manusia yaitu cahaya iman dan Islam yang mencerakan dunia ini. Penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak luput dari dukungan semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung dan materiil dan non materiil. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si, selaku ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, serta nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan naskah proposal penelitian sampai dengan skripsi.
5. Bapak Dr. M. Imamudin Lc, MA, selaku dosen pembimbing agama yang selalu memberikan nasehat dan arahan dalam proses penelitian, serta dalam



penyusunan proposal penelitian sampai dengan skripsi terutama bagian integrasi sains dan islam sehingga dapat terselesaikan.

6. Bapak dan Ibu penguji utama dan ketua penguji dalam sidang proposal penelitian penulis yang selalu memberikan saran terhadap isi naskah proposal penelitian, sehingga penyusunan naskah proposal penelitian sampai dengan skripsi dapat terselesaikan dengan baik.
7. Seluruh Dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya, sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
8. Laboran program studi kimia, mbak Is, mbak Susi, mbak Rika, mbak Mei, mas Abi, pak Royyan, dan pak Taufik yang telah membantu penulis selama proses penelitian.
9. Orang tua penulis, serta segenap anggota keluarga penulis yang telah banyak memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan.
10. Seluruh sahabat organisasi, kost, dan masih banyak lagi yang tidak bisa saya sebutkan yan sudah memberikan saran dan bantuan selama menempuh pendidikan
11. Rekan-rekan seperjuangan tim unit bidan anorganik yang selalu memberikan semangat, doa, dan motivasi selama penyusunan naskah proposal penelitian sampai dengan skripsi.
12. Teman-teman kimia angkatan 2019 yang telah saling memotivasi dan membantu terselesaikannya naskah skripsi ini.

13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas segala bantuan dan motivasinya kepada penulis.

Saya berdoa semoga semua pihak yang membantu dalam proses penyelesaian naskah skripsi ini di ridhoi oleh Allah Swt. dan dicatat sebagai amal *sholeh*. Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan dalam naskah skripsi ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Amin ya Rabbal Alamin.

Malang, 15 Desember 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| HALAMAN JUDUL .....   | i         |
| HALAMAN PERSETUJUAN .....   | ii        |
| HALAMAN PENGESAHAN .....  | iii       |
| PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN.....   | iv        |
| MOTTO .....   | v         |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....   | vi        |
| KATA PENGANTAR.....   | vii       |
| DAFTAR ISI.....   | x         |
| DAFTAR TABEL .....  | xiii      |
| DAFTAR GAMBAR.....  | xiv       |
| DAFTAR LAMPIRAN .....   | xv        |
| ABSTRAK .....   | xvi       |
| ABSTRACT .....  | xvii      |
| المخلص .....  | xviii     |
| <br>  |           |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1         |
| 1.2 Rumusan Masalah .....   | 5         |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....  | 6         |
| 1.4 Batasan Masalah .....   | 6         |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....   | 7         |
| <br>  |           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>   | <b>8</b>  |
| 2.1 Sodium lauryl sulfate .....   | 8         |
| 2.2 Fotodegradasi .....   | 9         |
| 2.3 Material Semikonduktor TiO <sub>2</sub> Sebagai Fotokatalis .....                   | 11        |
| 2.4 Mekanisme Fotokatalis dengan Material Semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....          | 14        |
| 2.6 Sintesis TiO <sub>2</sub> -zeolit Alam dengan Metode Sonikasi.....                  | 18        |
| 2.7 Karakterisasi Material Hasil Sintesis .....   | 19        |
| 2.7.1 Karakterisasi menggunakan XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....                  | 19        |
| 2.7.2 Karakterisasi dengan UV-Vis/DRS ( <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> ) ..... | 20        |
| 2.8 Pandangan Islam terhadap pencemaran lingkungan dan Usaha Mengatasinya .....         | 22        |
| <br>  |           |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>  | <b>26</b> |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....  | 26        |
| 3.2 Alat dan Bahan.....   | 26        |
| 3.2.1 Alat.....   | 26        |
| 3.2.2 Bahan .....   | 26        |
| 3.3 Rancangan Penelitian.....   | 26        |

|   |    |
|---|----|
| 3.4 Tahapan Penelitian .....  | 27 |
| 3.5 Prosedur Penelitian.....  | 27 |
| 3.5.1 Preparasi Zeolit .....  | 27 |
| 3.5.2 Aktivasi Zeolit .....   | 28 |
| 3.5.3 Sintesis TiO <sub>2</sub> -Zeolit Alam dengan Metode Sonikasi .....   | 28 |
| 3.5.4 Karakterisasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Zeolit Alam.....  | 28 |
| 3.5.4.1 Identifikasi Struktur Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Zeolit Alam dengan XRD (X-Ray Diffraction).....       | 28 |
| 3.5.4.2 Identifikasi Daerah Serapan dan Energi Band gap dengan UV-Vis/DRS (Diffuse Reflectance Spectroscopy)..... | 29 |
| 3.5.5 Pengukuran Konsentrasi Fotodegradasi <i>Sodium lauryl sulfat</i> Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.....   | 29 |
| 3.5.5.2 Pengaruh Variasi Lama Penyinaran Terhadap Efektivitas Fotodegradasi.....                                  | 30 |
| 3.5.6.2 Pengaruh Variasi Massa Katalis TiO <sub>2</sub> -Zeolit Terhadap Efektivitas Fotodegradasi .....          | 31 |
| 3.5.6.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi SLS Terhadap Efektivitas Fotodegradasi.....                                  | 31 |
| 3.5.7 Analisis Data .....   | 32 |

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....** 34

|  |    |
|--|----|
| 4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam .....   | 34 |
| 4.2 Sintesis TiO <sub>2</sub> -Zeolit dengan Metode Sonikasi.....  | 35 |
| 4.3 Karakterisasi Hasil Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Zeolit.....  | 36 |
| 4.3.1 Analisis Karakterisasi Fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Zeolit dengan Teknik Difraksi Sinar X (XRD).....  | 36 |
| 4.3.2 Analisis Karakterisasi fotokatalis TiO <sub>2</sub> -Zeolit dengan UV-Vis DRS .....  | 38 |
| 4.4. Penentuan Konsentrasi SLS ( <i>Sodium lauryl sulfat</i> ).....  | 42 |
| 4.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum SLS ( <i>Sodium lauryl sulfat</i> ) .....   | 42 |
| 4.4.2 Penentuan Kurva Standar SLS ( <i>Sodium lauryl sulfat</i> ).....   | 43 |
| 4.4.3 Uji Aktivitas TiO <sub>2</sub> -Zeolit Alam terhadap fotodegradasi Surfaktan <i>Sodium lauryl sulfat</i> .....                               | 45 |
| 4.4.3.1 Pengaruh Variasi Lama Penyinaran Fotodegradasi Sodium lauryl sulfat .....  | 45 |
| 4.4.3.2 Pengaruh Variasi Massa Fotokatalis Fotodegradasi Sodium lauryl sulfat .....  | 47 |
| 4.4.3.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Sodium lauryl sulfat.....   | 49 |
| 4.4.3.4 Uji Efektivitas Fotodegradasi SodiumLauryl Sulfate dengan TiO <sub>2</sub> -Zeolit, Zeolit, dan TiO <sub>2</sub> pada kondisi Optimum..... | 50 |
| 4.5 Hasil penelitian dalam Perspektif Islam .....  | 53 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>  | <b>56</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....         | 56        |
| 5.2 Saran.....              | 56        |
| <br>                        |           |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>57</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>        | <b>63</b> |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 4. 1 Energi celah pita dan daerah serapan Panjang gelombang ..... | 41 |
|---|----|

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Struktur kimia sodium lauryl sulfate.....  | 9  |
| Gambar 2.2 Eksitasi elektron material semikonduktor .....   | 11 |
| Gambar 2.3 Band gap dari beberapa fotokatalis .....   | 12 |
| Gambar 2.4 Structure TiO <sub>2</sub> (Rutil, anatas ,brookit) .....  | 13 |
| Gambar 2.5 Mekanisme reaksi fotokatalis semikonduktor TiO <sub>2</sub> .....  | 14 |
| Gambar 2.6 Struktur zeolit alam modernit .....  | 16 |
| Gambar 2.7 Diagram kadar LAS sisa setelah proses selama 120 menit untuk beberapa katalis .....  | 17 |
| Gambar 2.8 Diafraktogram XRD dari zeolit dan TiO <sub>2</sub> /zeolit .....   | 19 |
| Gambar 2.9 Reduksi celah pita .....   | 21 |
| Gambar 2.10 Spektra UV-Vis/DRS absorbansi dan energi celah pita dari HTOP (TiO <sub>2</sub> ) dan MZTC (TiO <sub>2</sub> -zeolit) .....   | 21 |
| Gambar 4.1 Sampel zeolit sebelum aktivasi dan zeolit setelah aktivasi .....   | 35 |
| Gambar 4.2 TiO <sub>2</sub> anatas TiO <sub>2</sub> - zeolit .....  | 36 |
| Gambar 4.3 Difraktogram XRD TiO <sub>2</sub> -zeolit, TiO <sub>2</sub> anatas, ICDD TiO <sub>2</sub> anatas (no. 01-070-0232), zeolit aktivasi, ICDD zeolit mordenit (no. 01-070-0232)..... | 37 |
| Gambar 4.4 Hasil perbesaran puncak difraktogram TiO <sub>2</sub> anatas dan TiO <sub>2</sub> -zeolit .....  | 38 |
| Gambar 4.5 Hubungan faktor kubelka-munk (F(R) dengan panjang gelombang 200-800 (nm).....  | 39 |
| Gambar 4.6 Energi celah pita TiO <sub>2</sub> , zeolit, dan TiO <sub>2</sub> -zeolit .....  | 40 |
| Gambar 4.7 Grafik panjang gelombang maksimum sodium lauryl sulfate .....  | 42 |
| Gambar 4.8 Grafik kurva standart sodium lauryl sulfate .....  | 44 |
| Gambar 4.9 Hasil degradasi sodium lauryl sulfate variasi lama waktu .....   | 45 |
| Gambar 4.10 Hasil fotodegradasi sodium lauryl sulfate dengan variasi massa fotokatalis .....  | 47 |
| Gambar 4.11 Hasil degradasi sodium lauryl sulfate variasi konsentrasi sodium lauryl sulfate .....   | 49 |
| Gambar 4.12 Hasil uji efektivitas fotokatalis pada kondisi optimum .....  | 51 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1 Rancangan penelitian.....                            | 63 |
| Lampiran 2 Diagram alir penelitian .....                        | 64 |
| Lampiran 3 Prosedur Methylene Blue Active Substance (MBAS)..... | 70 |
| Lampiran 4 Perhitungan .....                                    | 72 |
| Lampiran 5 Hasil karakterisasi XRD .....                        | 75 |
| Lampiran 6 Hasil karakterisasi UV-Vis DRS .....                 | 80 |
| Lampiran 7 Aktivitas fotodegradasi SLS .....                    | 83 |
| Lampiran 8 Dokumentasi .....                                    | 95 |



## ABSTRAK

Aini, Aidina Qurotul. 2023. **Fotodegradasi Surfaktan (*sodium lauryl sulfate*) Menggunakan TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc; Pembimbing II: Dr. M.Imamudin Lc,MA.

---

**Kata kunci:** Surfaktan, SLS, TiO<sub>2</sub>-zeolit,sonikasi.

Perkembangan usaha laundry di berbagai tempat semakin meningkat sehingga mengakibatkan semakin banyak detergen yang digunakan, dan semakin besar volume limbah laundry yang dihasilkan. Kandungan surfaktan dengan konsentrasi tinggi pada limbah laundry akan menyebabkan pencemaran lingkungan. *sodium lauryl sulfate* (SLS) jenis yang mendominasi bahan deterjen di pasaran dan bersifat toksik terhadap lingkungan mengganggu proses oksigenasi di air sehingga diperlukan metode yang dapat digunakan untuk menanggulangi limbah, salah satunya dengan fotodegradasi. TiO<sub>2</sub> adalah fotokatalis yang umum digunakan dan dipelajari karena memiliki kestabilan secara kimiawi, tidak beracun, dan harga relatif terjangkau. Untuk meningkatkan kemampuan fotokatalitik dari TiO<sub>2</sub>, maka diperlukan pengembangan ke material pendukung seperti zeolit alam.

Material yang digunakan adalah TiO<sub>2</sub>-zeolit alam yang disintesis menggunakan metode sonikasi. Hasil material sintesis dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur kristal dan ukuran kristal dan UV-Vis/DRS (*Diffuse Reflectance Spectroscopy*) untuk mengetahui energi celah pita dan daerah serapan sinar panjang gelombang. Sampel fotokatalis diuji aktivitas fotodegradasi dengan pengaruh variasi lama waktu penyinaran, massa katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit, dan konsentrasi *sodium lauryl sulfate* dengan diukur absorbansi menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

Hasil karakterisasi XRD yang dilakukan terhadap sampel menunjukkan bahwa puncak khas TiO<sub>2</sub>-zeolit mengandung fasa anatas dan zeolit alam mordenit. Data UV-Vis DRS menunjukkan bahwa zeolit dapat menurunkan *band gap* TiO<sub>2</sub> dari 3,21 eV menjadi 3,13 eV. Waktu optimum yang diperoleh pada proses degradasi adalah 60 menit, massa optimum fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit sebesar 50 mg, dan konsentrasi optimum *sodium lauryl sulfate* 25 ppm.

## ABSTRACT

Aini, Aidina Qurotul, 2023. **Photodegradation of Surfactant Compounds (Sodium lauryl sulfate) Using TiO<sub>2</sub>-Natural Zeolit.** Thesis. Department of Chemistry Science and Technology Faculty Maulana Malik Ibrahim Islamic State University. Supervisor I: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc; Supervisor II: Dr. M. Imamudin Lc, MA

---

**Keywords:** Surfactants, SLS, TiO<sub>2</sub>-zeolit, sonication.

The development of the laundry business in various places is increasing, resulting in more and more detergents being used, and a greater volume of laundry waste being produced. The content of surfactants with high concentrations in laundry waste will cause environmental pollution. Sodium lauryl sulfate (SLS), the type that dominates detergents on the market and is toxic to the environment, interferes with the oxygenation process in water, so a method is needed to deal with waste, one of which is photodegradation. TiO<sub>2</sub> is a photocatalyst that is commonly used and studied because it is chemically stable, non-toxic, and relatively affordable. To increase the photocatalytic ability of TiO<sub>2</sub>, it is necessary to expand it to a supporting material such as natural zeolit.

The material used is TiO<sub>2</sub>-Natural zeolit synthesized using the sonication method. The results of the synthesized material were characterized by XRD (X-Ray Diffraction) to determine the crystal structure and crystal size and UV-Vis/DRS (Diffuse Reflectance Spectroscopy) to determine the bandgap energy and absorption area of long-wavelength light. Photocatalyst samples were tested for photodegradation activity with the effect of variations in length of irradiation time and mass of catalyst TiO<sub>2</sub>-natural zeolit by measuring absorbance using UV-Vis spectrophotometry.

The results of XRD characterization carried out on the sample show that the typical peak of TiO<sub>2</sub>-zeolite contains anatas phase and natural zeolite mordenite. UV-Vis DRS data shows that zeolite can reduce the bad gap of TiO<sub>2</sub> from 3.21 eV to 3.13 eV. The optimum time obtained in the degradation process is 60 minutes, the optimum mass of TiO<sub>2</sub>-zeolite photocatalyst is 50 mg, and the optimum concentration of sodium lauryl sulfate is 25 ppm.

## الملخص

عيني ، عيدينا قرة . ٢٠٢٣ . التحلل الضوئي للخافض للتوتر السطحي (كبريتات لوريل الصوديوم) في نفايات الغسيل باستخدام  $\text{TiO}_2$ -zeolite الطبيعي. بحث جامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى: لؤلؤة محيدة ألوليا، الماجستير؛ المشرف الثاني: الدكتور محمد إمام الدين ، الماجستير.

---

---

الكلمات الرئيسية: الفاعل بالسطح، SLS،  $\text{TiO}_2$ -zeolite، صوتنة.

زادت تطوير أعمال الغسيل في أماكن مختلفة، مما يؤدي إلى استخدام المزيد من المنظفات، وكلما زاد حجم نفايات الغسيل المنتجة. محتوى المواد الخافضة للتوتر السطحي مع تركيزات عالية في نفايات الغسيل سوف يسبب تلوث البيئة. نوع كبريتات لوريل الصوديوم (SLS) الذي يهيمن على مكونات المنظفات في السوق وهو سام للبيئة يعطل عملية الأوكسجين في الماء بحيث تكون هناك حاجة إلى طرق يمكن استخدامها للتغلب على النفايات، أحدها التحلل الضوئي  $\text{TiO}_2$  هو محفز ضوئي شائع الاستخدام ومدروس لأنه يتمتع باستقرار كيميائي وغير سمية وسعر مناسب نسبياً. لتحسين قدرة التحفيز الضوئي  $\text{TiO}_2$  ، من الضروري أن تتطور إلى مواد داعمة مثل الزيوليت الطبيعي.

المواد المستخدمة هي  $\text{TiO}_2$ -zeolite الطبيعية التي يتم تصنيعها باستخدام طريقة صوتنة. تتميز نتائج المواد التركيبية ب XRD (حيود الأشعة السينية) لتحديد البنية البلورية وحجم البلورة و UV-Vis / DRS (مطيافية الانعكاس المنتشر) لتحديد طاقة فجوة النطاق ومنطقة امتصاص أشعة الطول الموجي. تم اختبار عينات المحفزات الضوئية لنشاط التحلل الضوئي مع تأثير الاختلافات في طول وقت التشعيع، وكتلة محفز  $\text{TiO}_2$ -zeolite ، وتركيز كبريتات لوريل الصوديوم عن طريق قياس الامتصاص باستخدام القياس الطيفي للأشعة المرئية وفوق البنفسجية.

أظهرت نتائج توصيف XRD التي أجريت على العينات أن الذروة النموذجية ل  $\text{TiO}_2$ -zeolite تحتوي على مرحلة anatas و mordenit الزيوليت الطبيعي. تظهر بيانات الأشعة المرئية وفوق البنفسجية DRS أن الزيوليت يمكن أن يقلل من الفجوة السيئة  $\text{TiO}_2$  من 3.21 eV إلى 3.13 eV. الوقت الأمثل الذي تم الحصول عليه في عملية التحلل هو 60 دقيقة، والكتلة المثلى للمحفز الضوئي  $\text{TiO}_2$ -zeolite هي 50 ملغ، والتركيز الأمثل لكبريتات لوريل الصوديوم هو 25 جزء في المليون.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri laundry sekarang banyak bermunculan di kota Malang seiring dengan bertambahnya jumlah masyarakat yang menginginkan proses pencucian secara instan. Jumlah usaha laundry yang semakin banyak mengakibatkan semakin banyak detergen yang digunakan, dan semakin meningkat volume limbah laundry yang dihasilkan (Astuti, 2018). Limbah yang dihasilkan oleh industri laundry langsung dibuang dalam bentuk air deterjen ke lingkungan perairan terdekat, limbah deterjen Industri laundry ini akan mengarah pada kualitas air dan bahan baku menurun (Putro, 2019). Keberadaan surfaktan pada detergen di perairan sangat berbahaya, adanya buih di permukaan perairan sehingga dapat mengganggu pelarutan oksigen dalam air, menghalangi cahaya matahari yang masuk untuk ke air dan dapat mengganggu proses reproduksi organisme perairan (Maretta, 2015).

Salah satu jenis deterjen yang bisa menimbulkan pencemaran pada area air merupakan surfaktan jenis Alkyl Benzene Sulphonate (ABS) serta Lynier Alkyl Sulphonate (LAS). Senyawa ABS dan LAS ialah surfaktan jenis anionic (Tahid, 1995). ABS ialah surfaktan dengan struktur alkil bercabang yang memiliki tingkatan degradasi sangat rendah, sehingga tidak mudah untuk terurai dalam air. Sedangkan, LAS memiliki gugus alkil lurus serta tidak bercabang, sehingga bisa terurai meski berlangsung lambat. Sodium lauryl sulfate (SLS) ialah jenis yang mendominasi bahan deterjen di pasaran (Tahid, 1995), karena kemampuannya sebagai surfaktan yang baik. Mekanisme sodium lauril sulfat dalam mengikat kotoran adalah dengan menurunkan tegangan antarmuka kemudian membentuk

kompleks surfaktan kotoran (lapisan misel), yang selanjutnya akan ditransportasikan keluar dari permukaan (Showell, 2006). Menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) kebutuhan surfaktan di Indonesia sekitar 95.000 ton per tahun dan sekitar 45.000 ton lainnya masih impor. Pencemaran yang terjadi merupakan salah satu kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh tangan manusia. Allah SWT telah menyebutkan dalam Al-Qur'an surah Ar-Rumm ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

*Artinya: "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)" (QS. Ar-Rum: 41).*

Ayat di atas menyebutkan bahwa telah terjadi kerusakan di darat maupun di laut yang disebabkan oleh tangan-tangan manusia. Para ulama kontemporer menyebutkan bahwa kerusakan yang dimaksud adalah kerusakan yang berkaitan dengan lingkungan (Shihab, 2002). Salah satu bentuk dampak positif gaya hidup adalah tercapainya gaya hidup sehat dan keseimbangan ekologis. Ketika manusia melakukan yang terbaik untuk alam, alam juga melakukan yang terbaik untuk manusia, termasuk melindungi alam. Larangan merusak, membunuh, mencemari lingkungan dan tindakan merugikan lainnya untuk mengatasi vandalisme. Menyadari bahwa kita memiliki tanggung jawab untuk menjaga lingkungan adalah bentuk pengabdian kepada Allah SWT. Salah satu kerusakan lingkungan yang terjadi adalah masalah lingkungan yang disebabkan oleh pencemaran air yang disebabkan oleh limbah. Salah satu limbah yang dapat merusak lingkungan adalah

limbah cair *sodium lauryl sulfate*. Salah satu wujud kepeduliannya adalah dengan merawat lingkungan dengan cara mendegradasi senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* dari limbah laundry.

Beberapa penelitian melakukan metode untuk pengolahan pencemaran lingkungan akibat limbah deterjen antara lain melalui adsorpsi menggunakan karbon aktif (Sailah dkk., 2020), pengendapan menggunakan  $\text{CaSO}_4$  (Cahyadi, 1999), pemisahan menggunakan membran (Prasetyo, 2015), fotokatalis atau fotodegradasi terkatalis  $\text{TiO}_2$  (Astuti, 2018). Fotokatalis dianggap sebagai pemecahan terbaik saat ini untuk mengurangi kasus limbah yang bisa mengganggu lingkungan, hal ini disebabkan fotokatalis mempunyai beberapa kelebihan, yakni memiliki reaksi reduksi serta oksidasi yang sangat baik, ikatan kimianya konstan serta tidak larut dalam air (Aliah dkk., 2015). Proses ini melibatkan akumulasi polutan pada permukaan fotokatalis yang kemudian difotodegradasi oleh spesies reaktif pada penyinaran dengan cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai (Nyamukamba dkk., 2016).

Fotokatalisis adalah sebuah proses membutuhkan cahaya dan katalis percepatan semikonduktor transformasi kimia, dimana sumber cahaya dapat dari sinar matahari atau sinar ultraviolet. Semikonduktor terkena sumber cahaya akan menghasilkan elektron/lubang ( $e^-/h^+$ ) dan memulai proses oksidasi polutan organik. Metode fotokatalis dianggap efektif karena prosesnya tidak sulit, waktu pengerjaannya tidak lama, bahan yang digunakan murah mudah didapat dan yang tidak menghasilkan limbah sekunder (Putro, 2019). Proses fotokatalitik dapat menggunakan fotokatalis semikonduktor seperti  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CdS}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{SnO}_2$ . Fotokatalis yang banyak digunakan adalah  $\text{TiO}_2$  karena memiliki keunggulan

yaitu biaya terjangkau dibandingkan dengan beberapa semikonduktor yang lain (Nyamukamba dkk., 2017), serta dianggap sebagai semikonduktor sangat efisien karena dapat membentuk pasangan elektron-lubang di bawah penyinaran sinar UV membuatnya berguna sebagai bahan fotokatalis. Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  mempunyai energi gap relatif besar (3,28 eV) yang sesuai untuk digunakan fotokatalis (Andari, 2014). Penelitian Hendra, dkk (2016) menyatakan persen degradasi dari senyawa LAS berbanding lurus dengan penambahan jumlah  $\text{TiO}_2$  yang digunakan sebagai katalis dengan persen degradasi sebesar 88,51 %.

Pengembangan fotokatalis dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis mineral alam seperti zeolit. Pengembangan pada zeolit disebabkan karena pori makro dengan luas permukaan yang relatif tinggi dan dapat menyerap zat organik dan anorganik. Zeolit terdiri dari alumina dan silika dalam bentuk tetrahedron yang saling berhubungan oleh atom oksigen. Zeolit sering digunakan sebagai matriks untuk sintesis oksida logam karena memiliki pori-pori yang besar sehingga dapat teradsorpsi senyawa yang lebih kecil. Selain itu, zeolit juga melimpah di alam dan harga terjangkau (Utubira dkk., 2006).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Fatmawati., dkk (2017) kondisi optimal lama penyinaran pada proses fotodegradasi siprofloksasin dan fotoreduksi ion  $\text{Cu(II)}$  adalah 100 menit dan dengan variasi  $\text{TiO}_2$  kombinasi Arang Aktif pada kondisi tersebut siprofloksasin yang terdegradasi 82,18 % dan ion  $\text{Cu(II)}$  yang tereduksi 89,83 %, Astuti (2018) menyatakan bahwa fotodegradasi terkatalis  $\text{TiO}_2$  menurunkan kandungan surfaktan dalam limbah laundry dari 168,64 mg/L menjadi 6,38 mg/L (96,28%) pada 50 mL volume limbah. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mensintesis  $\text{TiO}_2$ -zeolit bahan fotokatalis meliputi metode

padatan, metode sol-gel, metode sonikasi, dan metode pencelupan. Salah satu metode yang jauh sederhana dan menghasilkan ukuran partikel yang sangat kecil adalah metode sonikasi menggunakan ultrasonik pada frekuensi  $\geq 20$  KHz (Williams dkk., 1995). Metode sonikasi dapat mempercepat proses pelarutan suatu materi dengan prinsip pemecahan reaksi intermolekuler sehingga terbentuk suatu partikel yang berukuran nano (Akgedik *et al.*, 2016). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hartoyo, dkk (2013), waktu optimal penyinaran yang tercapai dalam menurunkan kadar surfaktan LAS dengan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam dengan sinar UV efektivitas sebesar 78,06% pada waktu optimum 60 menit.

Pada penelitian ini, akan dilakukan sistesis TiO<sub>2</sub> yang diimbangkan pada zeolit alam untuk mendegradasi limbah surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS) yang kemudian dikarakterisasi menggunakan instrument *X-ray Diffraction* (XRD). Zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi dianalisis menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan UV- Vis/*Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS), dan diuji aktivitas fotodegradasi *Sodium Lauril Sulfat* (SLS) dengan variasi lama waktu penyinaran, massa fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam dan konsentrasi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa waktu penyinaran optimum yang dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS)?
2. Berapa massa optimum TiO<sub>2</sub>-zeolit alam yang dapat digunakan mendegradasi senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS)?
3. Berapa konsentrasi optimum senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS)?



4. Bagaimana pengaruh penambahan zeolit alam terhadap aktivitas degradasi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui waktu penyinaran optimum yang dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS)
2. Untuk mengetahui massa optimum TiO<sub>2</sub>/Zeolit alam yang dapat digunakan mendegradasi senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS)
3. Untuk mengetahui konsentrasi optimum senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS) dilakukan menggunakan spektrofotometer UV- Vis
4. Untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit alam terhadap aktivitas degradasi?

### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Material TiO<sub>2</sub>-zeolit alam disintesis dengan menggunakan metode sonikasi
2. Variasi waktu optimum penyinaran yang digunakan adalah 20, 40, 60, 80, dan 100 menit.
3. Variasi massa fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam adalah 25, 50, 75, 100 dan 125 mg
4. Variasi konsentrasi senyawa surfaktan *sodium lauryl sulfate* (SLS) yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/L
5. Karakterisasi energi celah pita dipelajari dengan spektrofotometer UV-Vis DRS
6. Karakterisasi struktur kristal dipelajari dengan instrument *X-Ray Diffraction* (XRD)

7. Karakterisasi komposisi dipelajari dengan instrument XRF
8. Pengukuran konsentrasi senyawa surfaktan *Sodium lauryl sulfate* (SLS) dilakukan menggunakan spektrofotometer UV- Vis

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang material fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam untuk mendegradasi limbah laundry salah satunya surfaktan *sodium lauryl sulfate* yang disintesis menggunakan metode sonikasi. Penelitian ini dilakukan untuk membentuk mengembangkan ilmu dan teknologi pada degradasi polutan senyawa surfaktan *Sodium Luryl Sulfate* (SLS) untuk mengurangi limbah laundry.

## BAB II

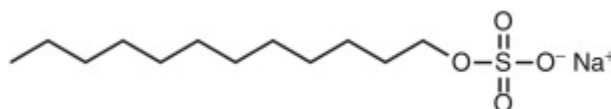
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sodium lauryl sulfate

Surfaktan adalah senyawa kimia pada konsentrasi rendah yang memiliki sifat menyerap pada permukaan atau antarmuka system dan mengurangi energi bebas permukaan maupun energi bebas antarmuka. Istilah antarmuka menggambarkan batas antara dua fasa yang tidak bercampur, sedangkan istilah permukaan menggambarkan sistem dua fasa, salah satu fasenya adalah gas atau udara. Molekul surfaktan memiliki gugus polar (hidrofilik) dan non-polar (lipofilik) struktur ini memungkinkan surfaktan untuk kontak dengan zat polar seperti air sekaligus dengan zat non-polar yang tidak campur dengan air (Liebermann, H.A. dkk., 1996). Surfaktan dapat dibagi menjadi empat kategori gugus yang sesuai dengan gugus hidrofilik, yaitu anion, nonionik, kationik, dan zwitterionik (Yangxin, Y.U dkk., 2008). *Sodium lauryl sulfate* adalah surfaktan anionik yang paling banyak digunakan (Attwood, 2008).

Sodium lauryl sulfate memiliki nama lain Natrium Lauryl Sulfate, SLS, Dodecyl sodium sulfat, Sodium monolauril sulfat. Salah satu jenis surfaktan anionik yang terdapat pada sabun, sampo, deterjen, dan produk pembersih lainnya adalah *sodium lauryl sulfate* (Maretta & Helmy, 2015). Kontaminasi tersebut berasal dari senyawa 1,4-dioxane, yang dapat ditemukan pada SLS. Senyawa tersebut adalah senyawa yang sulit terurai di lingkungan (Setyaningsih, 2010). *sodium lauryl sulfate* adalah pembusa yang baik, terutama dalam air sadah. Panjang rantai antara C12 dan C14 menghasilkan sifat pembusaan yang baik. Salah

satu surfaktan yang sering digunakan adalah sodium lauril sulfat yang memiliki panjang rantai 12 atom karbon ini masih menghasilkan busa yang baik bila dikombinasikan dengan surfaktan lain (Barrel, 2009).



Gambar 2.1 Struktur kimia *sodium lauryl sulfate* (Calvero, 2006).

Berat molekul *sodium lauryl sulfate* 288,38 g/mol. SLS memiliki range pH 6-9. Berbentuk serbuk atau hablur putih atau kuning pucat dengan bau lemah atau bau khas. SLS memiliki kelarutan dalam air dan praktis larut dalam kloroform dan eter (Rowe, 2009). Penelitian Maretta, A., & Helmy, Q. (2015) pemanfaatan fotokatalis partikel nano ZnO saja memiliki efisiensi penurunan surfaktan SLS sebesar 39,12 %, pada proses yang menggunakan sinar UV saja memiliki efisiensi penyisihan surfaktan SLS sebesar 33,83%, pada proses menggunakan fotokatalisis nano partikel ZnO dan sinar UV sebesar 57,03%, dan yang tidak menggunakan sinar UV maupun fotokatalis nanopartikel memiliki efisiensi sebesar 0%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan surfaktan paling tinggi adalah pada saat kondisi proses menggunakan fotokatalis nano partikel dan UV disebabkan karena proses fotokatalis menghasilkan OH• yang dapat mengoksidasi senyawa organik khususnya surfaktan SLS.

## 2.2 Fotodegradasi

Fotodegradasi merupakan proses dengan menggunakan foton, senyawa organik dipecah menjadi senyawa yang lebih baik bagi lingkungan melalui

photodegradation. The principle of photodegradation is based on the principle of photocatalysis, which is a chemical process assisted by a catalyst integrated so that a chemical transformation reaction occurs (Aliah and Karnila, 2015). The principle of photodegradation is the presence of electron jumps from the valence band to the conduction band in a metal exposed to light or photons. As a result of the presence of electron jumps, a *hole* or gap is formed that can interact with a solvent such as water to form hydroxyl radicals ( $\bullet\text{OH}$ ). Hydroxyl radicals ( $\bullet\text{OH}$ ) are active and can break down organic compounds. The photodegradation process starts with a semiconductor that absorbs light to form a *hole*, which is then followed by the oxidation of  $\text{OH}^-$  ions from  $\text{H}_2\text{O}$  to form hydroxyl radicals (Kansal *et al.*, 2006).

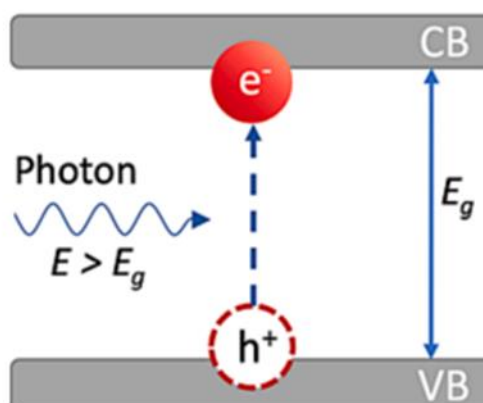
Semiconductor catalysts are exposed to light with higher energy, causing electrons ( $e^-$ ) in the valence band to be excited towards the conduction band, leaving a *hole* ( $h^+$ ) in the valence band. *Hole* ( $h^+$ ) interacts with  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{OH}^-$  on the catalyst surface to form hydroxyl radicals ( $\bullet\text{OH}$ ) which act as strong oxidizers. Electrons ( $e^-$ ) will react with  $\text{O}_2$  on the catalyst to form superoxide radicals ( $\bullet\text{O}_2^-$ ) which function as reducers. These oxidizers and reducers attack surfactant compounds, resulting in the production of  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  as well as various acids at low concentrations (Batista *et al.*, 2010).

Research by Sudarminto *et al.* (2021) on the degradation of *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* using photocatalysis showed a decrease in LAS concentration, namely 72.9% with a catalyst dose of 2.5% and an irradiation time of 4 hours. The decrease in LAS concentration is caused by the photodegradation reaction that occurs during photocatalysis.

### 2.3 Material Semikonduktor TiO<sub>2</sub> Sebagai Fotokatalis

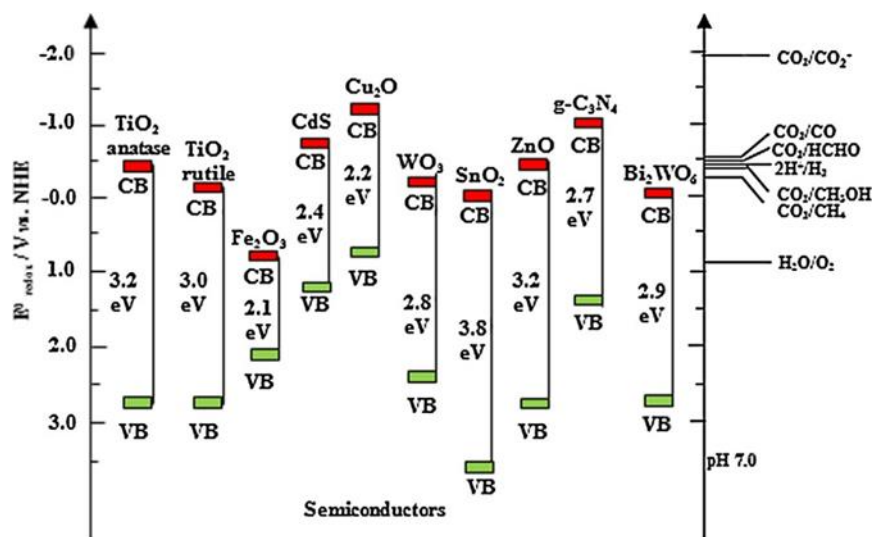
Semikonduktor mempunyai konduktivitas listrik di antara isolator dan konduktor dan biasanya dicirikan oleh struktur pita elektron. Semikonduktor memiliki energi celah pita antara 0,5-5,0 eV. Pada semikonduktor terdapat pita konduksi yaitu pita dengan energi tertinggi dan pita valensi atau pita dengan energi terendah yang terisi oleh elektron. Letak pita konduksi dan pita valensi yang tidak saling tumpang tindih disebabkan karena adanya suatu celah yang disebut dengan energi celah pita (*band gap*). Lebar celah pita sebanding dengan energi celah pita yang digunakan oleh semikonduktor untuk melakukan eksitasi (Schmidt, 2007).

Energi celah pita adalah energi yang diperlukan suatu elektron untuk melakukan eksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi, semakin lebar celah pita maka semakin besar energi yang diperlukan. Semikonduktor adalah kandidat yang paling umum untuk fotokatalis heterogen karena memiliki struktur elektronik, dengan memiliki pita valensi (VB) penuh dan pita konduksi (CB) kosong. Hal tersebut memungkinkan eksitasi elektron ke pita konduksi (CB), meninggalkan lubang ( $h^+$ ) pada pita valensi (VB), setelah menyerap foton dengan energi yang lebih besar atau sama dengan celah pita ( $E_g$ ) (Kahkeci dan El-Din, 2023), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Eksitasi elektron material semikonduktor (Kahkeci dan El-Din, 2023)

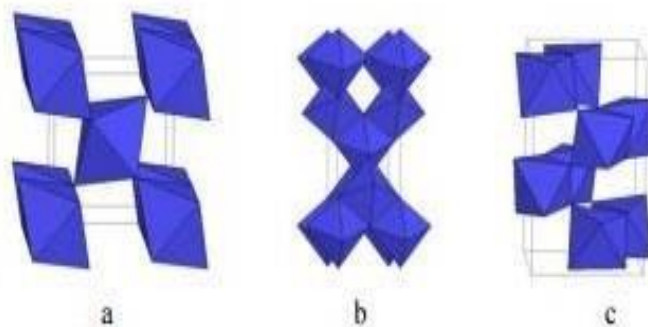
Terdapat beberapa jenis semikonduktor yang dapat dipakai untuk proses fotokatalisis yaitu dari kelompok oksida logam dan sulfida logam. Beberapa kelompok oksida logam yang dapat digunakan sebagai fotokatalis misalnya:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{WO}_3$ , atau  $\text{SnO}_2$ , sedangkan dari kelompok sulfida logam misalnya:  $\text{CdS}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{FeS}$ . Menurut Joshi dan Shrivastava (2010),  $\text{TiO}_2$  merupakan katalis paling unggul di antara yang lain karena  $\text{TiO}_2$  mempunyai energi celah pita yang relatif besar, yaitu 3,20 eV.



Gambar 2.3 Band gap dari beberapa fotokatalis (Ola dan Maroto- Valer, 2015)

Titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) merupakan salah satu semikonduktor oksida yang banyak diaplikasikan sebagai fotokatalis. Material semikonduktor ini banyak diaplikasikan karena mempunyai beberapa keunggulan, di antaranya memiliki kestabilan termal dan kimia yang tinggi, kemampuan menyerap cahaya, bersifat inert baik secara biologi maupun kimia, non toksik, stabil terhadap korosi oleh bahan kimia dan harganya relatif murah. Titanium dioksida ini terbagi dalam 3 bentuk kristal polimorfik yaitu rutil, anatas, dan brookit (Burda, *et al.*, 2003; Karim, *et al.*, 2016).

Struktur kristal  $\text{TiO}_2$  yang umum digunakan secara komersial ialah anatase yang memiliki energi celah pita (*band gap*) sebesar 3,3-3,2 eV (Linsebigler, *et al.*, 1995; Juha dan Nikkanen, 2016). Anatase dan rutil memiliki struktur kristal tetragonal, sedangkan brookit memiliki struktur kristal ortorhombik. Fasa anatase dan brookit merupakan fasa metastabil yang mudah berubah menjadi fasa rutil ketika dipanaskan (Myint, dkk., 2017).



Gambar 2.4 Structure  $\text{TiO}_2$ : (a) Rutil (b) anatase (c) brookit (Gates, 1991)

Brookit merupakan fasa metastabil yang mudah berubah menjadi fasa rutil ketika dipanaskan (Myint, dkk., 2017). Fasa anatase stabil pada suhu dibawah  $800^\circ\text{C}$ , diatas suhu tersebut maka akan terbentuk fasa rutil (Saini, dkk., 2007). Umumnya, fasa anatase lebih stabil dari pada fasa rutil dengan ukuran partikel di bawah 14 nm (Zhang and Banfield, 2000). Nilai energi *band gap*  $\text{TiO}_2$  pada fasa anatase sebesar 3,2 eV, sedangkan pada fasa rutil sebesar 3,0 eV (Yao, dkk., 2009).

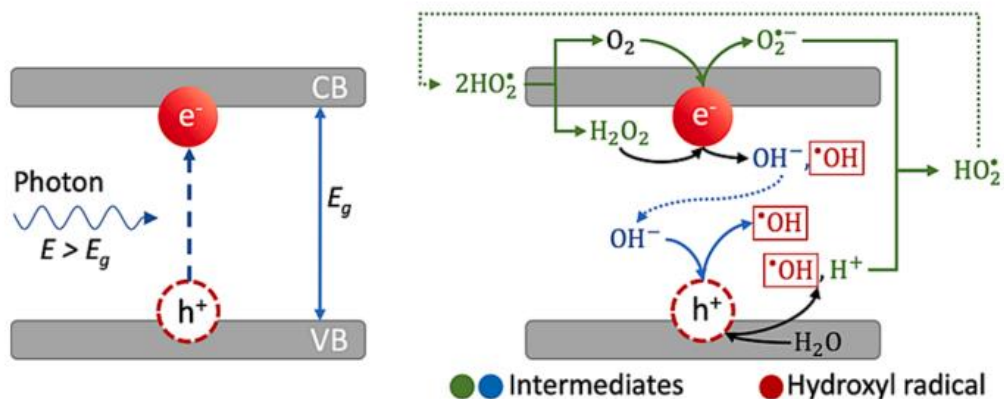
Struktur  $\text{TiO}_2$  yang biasa digunakan untuk katalis fotodegradasi adalah rutil dan anatase (Tjahjanto dan Gunluardi, 2011), karena anatase memiliki daerah aktivasi yang lebih luas dibandingkan rutil, sehingga kristal tersebut menjadi lebih reaktif terhadap cahaya dibandingkan rutil (Ramadhani *et al.*, 2012).



## 2.4 Mekanisme Fotokatalis dengan Material Semikonduktor TiO<sub>2</sub>

Fotokatalisis merupakan suatu proses reaksi kimia yang menggunakan energi cahaya dan dipercepat dengan adanya material katalis (Bere, 2013). Fotokatalis secara umum didefinisikan sebagai suatu reaksi kimia yang dibantu oleh adanya material katalis padat yang diaktivasi oleh adanya energi foton dari cahaya matahari. Adanya pencahayaan sinar UV dengan panjang gelombang kurang dari 405 nm, material semikonduktor oksida seperti TiO<sub>2</sub> akan teraktivasi dan memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik.

Fotokatalis dimulai dengan terbentuknya pasangan *electron-hole* (e<sup>-</sup> dan h<sup>+</sup>) akibat adanya eksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Eksitasi akan terjadi ketika energi dari cahaya yang diberikan adalah sama atau melebihi dari energi celah pita yang dimiliki material semikonduktor (Hutomo, 2012). Adapun ilustrasi proses fotokatalis secara umum dapat ditampilkan pada Gambar 2.5.

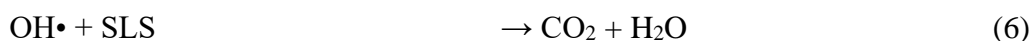
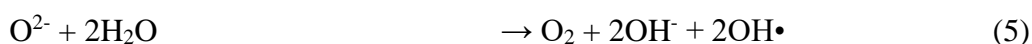
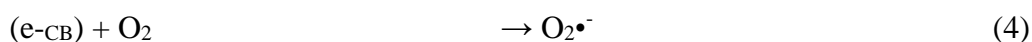
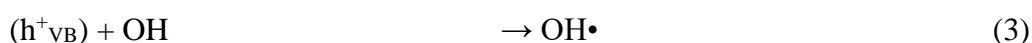
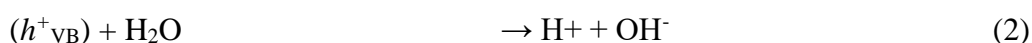
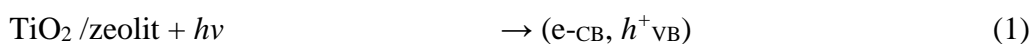


Gambar 2.5 Mekanisme reaksi fotokatalis semikonduktor TiO<sub>2</sub> (Kahkeci dan El-Din, 2023)

Elektron akan tereksitasi ke pita konduksi menyebabkan pembentukan pasangan elektron-hole apabila energi cahaya yang diberikan sama atau lebih besar dari *band gap* ( $h\nu \geq EG$ ). maka elektron pada pita valensi akan tereksitasi ke pita

konduksi yang akan menyebabkan pembentukan *electron-hole*. Sebagian besar pasangan *electron-hole* akan mengalami rekombinasi kembali, baik dipermukaan ataupun di dalam *bulk* partikel yang bereaksi dengan senyawa teradsorpsi dengan melepas foton. Namun, sebagian dari pasangan *electron-hole* dapat bertahan sampai permukaan semikonduktor dan dapat menginisiasi reaksi reduksi-oksidasi. *Hole* dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan elektron akan menginisiasi reaksi reduksi senyawa organik yang ada pada permukaan semikonduktor. Elektron selanjutnya bereaksi dengan molekul O<sub>2</sub> pada permukaan TiO<sub>2</sub> untuk membentuk anion radikal superoksida ( $\bullet\text{O}_2^-$ ). Anion tersebut akan bereaksi dengan molekul air (H<sub>2</sub>O) yang teradsorpsi untuk menghasilkan (OH<sup>-</sup>) dan bereaksi dengan *hole* membentuk ( $\bullet\text{OH}$ ) yang merupakan agen pengoksidasi yang sangat reaktif dalam mendegradasi senyawa organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

Mekanisme reaksi fotodegradasi yang terjadi adalah sebagai berikut (Zilfa, dkk., 2017) :

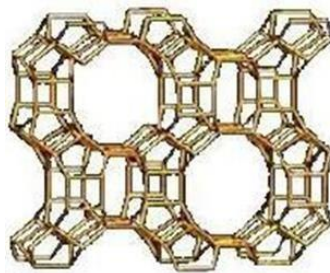


## 2.5 Zeolit sebagai Material Pendukung (Supporting material)

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal aluminosilikat terhidrasi dengan rumus kimia  $\text{M}_8(\text{Si}_{40}\text{Al}_{18}\text{O}_{96})_{24}\text{H}_2\text{O}$  di mana M adalah kation penyeimbang

(kation alkali atau alkali tanah) dalam rangka zeolit memiliki kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  yang saling terhubung oleh atom oksigen. Zeolit ada dua macam, yaitu zeolit alam (*natural zolite*) dan zeolit sintesis (*synthetic zeolit*) (Ilmi, 2020).

Zeolit mempunyai struktur berongga yang biasanya diisi oleh air dan kation. Pada umumnya zeolit memiliki ukuran pori tertentu sehingga dapat dimanfaatkan sebagai penyaring molekul, penukar ion, adsorben, dan katalisator (Erawati dkk, 2003). Jenis kation serta jumlahnya mempengaruhi sifat katalit zeolit alam di Indonesia diketahui 60-70% merupakan jenis mordenit dan sisanya klinoptilolit (Trisunaryanti dkk., 2005).

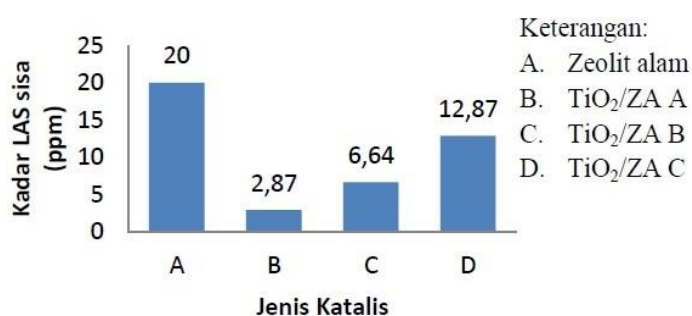


Gambar 2. 6 Struktur zeolit alam modernit (Utibira, dkk., 2006)

Zeolit alam jenis mordenit termasuk material mikropori yang memiliki kemampuan penyerapan dan difusi reaktan serta dapat digunakan sebagai bahan sebagai adsorben, penukar ion dan katalisator (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Zeolit jenis mordenit merupakan zeolit yang memiliki kandungan kadar Si cukup tinggi dengan perbandingan  $\text{Si}/\text{Al} = 5$  dan ukuran pori  $6,7\text{-}7^\circ\text{A}$  (Lestari, 2010; Hasibuan, 2012). Pemanfaatan zeolit sebagai material penyangga untuk sintesis oksida- oksida logam disebabkan karena zeolit mempunyai pori-pori yang berdimensi nanometer sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pembatas

pertumbuhan partikel (Utubira, 2006), adsorpsi, dan pertukaran ion zeolit (Otmer-Kirk, 1994). Penelitian Amalia, dkk. (2019) menyatakan Zeolit alam Bandung diketahui mengandung unsur Al, Si, K, Ca, Mn, Fe, dan unsur-unsur lainnya dengan kandungan utama adalah unsur Si sebesar 56,9%. Aktivasi zeolit menggunakan asam (HCl) menyebabkan dealuminasi dan dekationisasi, dimana Al dan kation logam lainnya dilepas. Aktivasi asam juga menyebabkan penurunan konsentrasi pengotor Ca dan Mn yang akan meningkatkan kemampuan katalitik zeolit. zeolit alam murni dan zeolit yang teraktivasi HCl menunjukkan bahwa semakin bertambahnya konsentrasi HCl pada zeolit maka kristalinitas zeolit akan meningkat. Namun apabila konsentrasi HCl semakin bertambah hingga berlebih maka kristalinitasnya akan menurun. Hal ini dapat dilihat dari pergeseran puncak yang semakin besar akibat konsentrasi HCl yang terlalu tinggi, hasil tersebut dilaporkan pada penelitian Mahi (2021).

TiO<sub>2</sub> yang diimbangkan pada zeolit dapat menurunkan kadar LAS menggunakan sinar UV selama 120 menit seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.7 Diagram kadar LAS sisa setelah proses selama 120 menit untuk beberapa katalis (Hartoyo, dkk., 2013).

Berdasarkan Gambar 2.7 menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA tidak berbeda secara signifikan. Meskipun begitu, aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA A

paling baik dalam menurunkan konsentrasi surfaktan dengan kadar dari 93,4 ppm menjadi 2,87 ppm (efektivitas 96,93%). Sedangkan TiO<sub>2</sub>/ZA B dan TiO<sub>2</sub>/ZA C masing-masing akan mampu menurunkan konsentrasi surfaktan dengan efektivitas sebesar 92,89% dan 86,22%. Peningkatan efektivitas penurunan LAS menandakan bahwa dalam larutan terjadi kombinasi peristiwa adsorpsi oleh zeolit alam dan fotodegradasi oleh fotokatalis TiO<sub>2</sub>/ZA.

## **2.6 Sintesis TiO<sub>2</sub>-zeolit Alam dengan Metode Sonikasi**

TiO<sub>2</sub>-zeolit dapat disintesis dengan metode sonikasi dengan menggunakan gelombang ultrasonik yang dapat mempercepat proses pelarutan suatu materi dengan prinsip pemecahan reaksi intermolekuler, sehingga terbentuk suatu partikel yang berukuran nano. Gelombang tersebut ditembakkan ke dalam medium cair sehingga menghasilkan gelembung kavitas yang dapat menyebabkan partikel memiliki diameter dalam skala nano (Suslick dan Price, 1998).

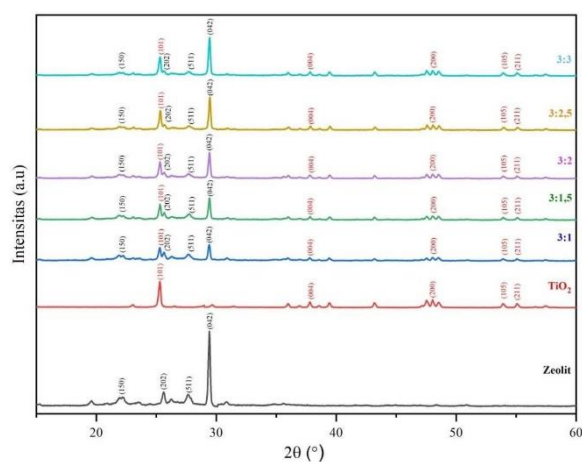
Gelembung kavitas umumnya diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu stabil dan sementara. Gelembung kavitas yang sementara hanya sekali atau beberapa siklus akustik dan berkembang sangat cepat hingga setidaknya dua kali lipat ukuran awalnya sebelum runtuh dengan keras menjadi gelembung yang lebih kecil (Chemat, dkk., 2016). Selama proses kavitas berlangsung, terjadi bubble collapse yaitu pecahnya gelembung yang kecil akibat suara. Hal ini mengakibatkan terjadinya hot spot yaitu pemanasan lokal yang intens, tekanan tinggi, dan berlangsung dalam waktu yang singkat pada suhu di atas 5000°C, tekanan sekitar 1000 atm, dan laju pemanasan dan pendinginan di atas 10<sup>10</sup>°K/s. Dengan demikian, kavitas berfungsi sebagai sarana memusatkan energi suara yang menyebar ke

dalam serangkaian kondisi tertentu untuk menghasilkan material yang berbeda dari prekursor terlarut yang secara umum mudah menguap (Suslick dan Price,1998). Colmenares, dkk (2013) menyatakan bahwa  $\text{TiO}_2\text{-Cr}$  yang diimbangkan pada zeolit dapat menghasilkan energi celah pita sebesar 3,04 eV.

## 2.7 Karakterisasi Material Hasil Sintesis

### 2.7.1 Karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*)

Prinsip dasar dari XRD didasarkan pada cahaya monokromatik berupa sinar-X yang difokuskan atau diteruskan pada sampel untuk mengetahui informasi struktural material kristal (Tiwari dan Talreja, 2020). Sinar-X dihasilkan dalam tabung sinar katoda dengan memanaskan filamen untuk menghasilkan elektron, mempercepat elektron menuju target dengan menerapkan tegangan, dan membombardir bahan target dengan elektron. Ketika elektron memiliki energi yang cukup untuk melepaskan elektron kulit bagian dalam dari bahan target, karakteristik spektrum sinar-X dihasilkan. Sinar-X yang telah mengenai sampel dan memenuhi hukum Bragg akan menghasilkan interferensi konstruktif dan terbentuk puncak intensitas.



Gambar 2.8 Diafraktogram XRD dari zeolit dan  $\text{TiO}_2$ /zeolit (Putri dan Side, 2021)

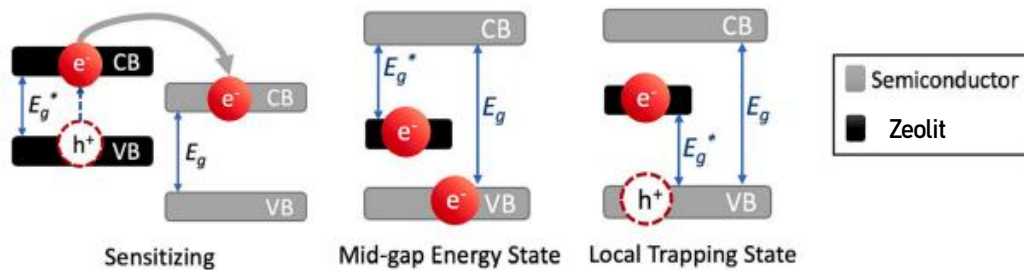
Difraktogram hasil XRD dari penelitian Puti dan Side (2021) ditunjukkan pada gambar 2.8 Berdasarkan hasil difraktometri sinar-X, puncak fasa anatase  $\text{TiO}_2$  tipikal dengan intensitas puncak tertinggi berada pada posisi  $2\theta$  dengan variasi komposisi 25.292, 25.307, 25.286 dan 25.346°, sesuai dengan difraktogram  $\text{TiO}_2$  pada ( $2\theta$ ) 25.291° dan menurut data dari Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS No. 21-1272), dimana diagram difraksi  $\text{TiO}_2$  berada pada ( $2\theta$ ) 25,281. Penelitian yang dilakukan Yesica (2016) menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ /zeolit, menyatakan bahwa ukuran kristal berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan Debye Scherrer mengalami penurunan dari yang semula zeolit sebesar 106,3920 nm menjadi  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam sebesar 66,4093 nm.

### **2.7.2 Karakterisasi dengan UV-Vis/DRS (*Diffuse Reflectance Spectroscopy*)**

Analisis karakterisasi dengan Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) digunakan untuk mengetahui lebar celah pita material hasil sintesis. Sampel yang dikarakterisasi dalam bentuk serbuk halus ditempatkan pada sampel holder kemudian diukur reflektansinya pada Panjang gelombang 195-800 nm.

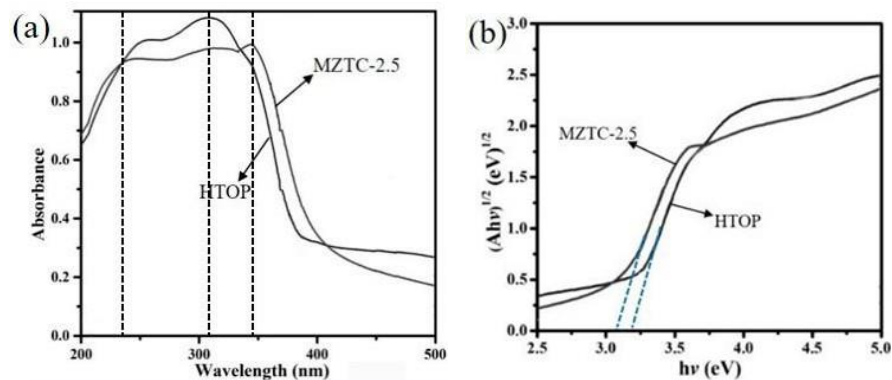
Prinsip dasar dari spektroskopi reflektansi adalah unsur atau senyawa dapat disinari baik oleh sumber cahaya langsung maupun difus. Kedua sumber cahaya akan memberikan refleksi spekular dan difus. Refleksi spekular didefinisikan sebagai pemantulan dari permukaan material, di mana sudut datang sama dengan sudut pantul sedangkan refleksi difus muncul dari interaksi cahaya dengan berbagai faktor kimia dan fisik dalam volume reaksi unsur yang merupakan komponen utama pengukuran. Interaksi ini tergolong dalam absorpsi, transmisi, dan sifat hamburan dari unsur yang disinari. Sebuah lapisan di mana kromofor sedang terdegradasi disinari pada panjang gelombang yang sesuai untuk melakukan pengukuran.

Gambar 2.9 menunjukkan ketika energi celah pita fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit lebih rendah dibandingkan dengan fotokatalis semikonduktor  $\text{TiO}_2$  (murni). Penurunan tersebut biasanya diperoleh melalui tiga mekanisme yaitu, photosensitizing, mid-gap energy state, dan local trapping states. Posisi pita konduksi dan pita valensi dari zeolit memungkinkan berfungsi sebagai *photosensitizer*, menyerap energi foton dan mentransferkan ke pita konduksi  $\text{TiO}_2$ . Hal tersebut terjadi jika pita konduksi dari zeolit berada pada energi yang lebih dari  $\text{TiO}_2$  (Kahkeci dan El-Din, 2023).



Gambar 2.9 Reduksi celah pita (Kahkeci dan El-Din, 2023)

Liao, dkk (2019),  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam mengalami penjarangan ke panjang gelombang yang lebih jauh dari 310 nm ke 345 nm selain itu juga mengalami penurunan energy band gap dari 3,23 eV menjadi 3,10 eV.



Gambar 2.10 Spektra UV-Vis/DRS(a) absorbansi dan (b) energi celah pita dari HTOP ( $\text{TiO}_2$ ) dan MZTC ( $\text{TiO}_2$ -zeolit) (Liao, dkk., 2019)



## 2.8 Pandangan Islam terhadap pencemaran lingkungan dan Usaha Mengatasinya

Umat manusia sebagai makhluk hidup yang paling suci harus mampu memahami ajaran Allah SWT, khususnya yang berkaitan dengan lingkungan perairan. Ekosistem perairan semakin rusak akibat limbah cair organik atau surfaktan. Usaha pencegahan terhadap pencemaran lingkungan perairan ini harus dilakukan karena air berada diposisi yang sangat penting dan Islam telah membuat proteksi yang sangat tegas terhadap air. Firman Allah SWT sudah menjelaskan hal ini dalam al-Qur'an surat Al-Anbiya' (21) ayat 30, yang menyatakan bahwa air adalah sumber kehidupan.

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

Artinya :

*"...dan Kami jadikan dari air segala sesuatu yang hidup, apakah mereka beriman?" (QS. Al-Anbiya' (21): 30).*

Menurut tafsir Ibnu Katsir oleh Dr. Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq Alu Syaikh, ayat di atas menerangkan bahwa air merupakan salah satu unsur yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup. Manusia dituntut untuk selalu menjaga, melindungi, mengelola dan memanfaatkan air secara lestari agar kemaslahatan makhluk hidup baik manusia, hewan maupun tumbuhan dapat terjamin dan berjalan secara berkesinambungan (Abdullah, 2010). Allah menciptakan bumi dan segala isinya serta segala macam yang berhubungan dengannya, berupa lingkungan yang alami dalam keadaan bersih dari segala macam kotoran dan terhindar dari pencemaran, seimbang dan layak bagi kehidupan manusia untuk menjalankan tugasnya.

Manusia dituntut untuk lebih peka dengan lingkungan dan harus dapat menganalisis masalah yang terjadi berdasarkan kejadian yang ada di sekeliling kita. Islam mempunyai ketentuan-ketentuan perihal pelestarian lingkungan dengan menjelaskan sisi positif ataupun negatifnya, yaitu mengenai kewajiban yang harus dilakukan ataupun yang dilarang terhadap lingkungannya, baik yang dianjurkan ataupun yang dibenci dimana perbuatan yang merusak lingkungan secara mutlak dilarang oleh islam, bahkan dilakukan setelah adanya perbaikan maka akan menjadi sangat dilarang (Imamudin, 2011). Sebagai hamba Allah SWT yang dianugrahi akal dan pikiran kita harus meyakini bahwa setiap yang diciptakan Allah tidak sia-sia dan memiliki manfaat seperti yang dijelaskan melalui firman Allah dalam Qur'an Surat Yunus ayat 5:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا وَقَدَرَهُ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ ۗ مَا خَلَقَ اللَّهُ ذَلِكَ إِلَّا بِالْحَقِّ ۗ يُفَصِّلُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ

*Artinya: Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak. Dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang mengetahui.*

Ayat diatas menjelaskan bahwa matahari dengan sinarnya merupakan sumber panas, sumber tenaga, dan sumber kehidupan. Dari keterangan tersebut kita dapat memanfaatkan energi yang dipancarkan matahari sebagai foton yang berperan dalam proses fotodegradasi. Maka hubungan dengan Allah dalam konteks (*Muamalah ma Allah*) kita sebagai manusia dapat melaksanakan perintah untuk melihat kebesaran Allah dengan menjaga dan tidak merusak bumi yang diciptakan Allah, khususnya lingkungan perairan yang indah. Salah satu hikmah yang besar

dari keberadaan jumlah air yang begitu banyak, yakni air hujan yang akhirnya Kembali lagi ke laut melalui Sungai-sungai membawa sejumlah garam dan tanah kering, sehingga menambah kadar garam dalam air laut seiring berjalanya waktu (Imamudin, 2012). Hal ini secara langsung akan membangkitkan kekaguman manusia terhadap Allah SWT dan menyadarkan akal manusia untuk memikirkan ciptaan Allah yang perlu dilestarikan. Hikmah yang berada dibalik proses mengingat dan berfikir, yakni mengetahui, memahami, serta menghayati bahwa dibalik fenomena alam dan segala sesuatu yang ada di dalamnya menunjukkan sang pencipta, Allah SWT (Shihab,2002).

Aktivitas manusia hampir semua, seperti kegiatan industry dan aktivitas rumah tangga dapat menghasilkan limbah cair yang memberikan dampak kerusakan pada ekosistem air. Menurut Al-Qur'an, segala sesuatu diciptakan oleh Allah dalam bentuk yang sempurna tidak terkecuali dengan air, Akan tetapi, sedikit sekali manusia yang mau bersyukur. Padahal mensyukuri nikmat yang telah diberikan dapat menambah iman dan memurnikan ketaatan kepada Allah. Sebagaimana firman Allah dalam surat Al-Baqarah ayat 152:

فَاذْكُرُونِي أَذْكُرْكُمْ وَاشْكُرُوا لِي وَلَا تَكْفُرُونِ

*Artinya: “Maka ingatlah kepada-Ku, Aku pun akan ingat kepadamu. Bersyukurlah kepada-Ku, dan janganlah kamu ingkar kepada-Ku” (Q.S. Al-Baqarah (2): 152)*

Pemahaman dari makna ayat di atas dapat menghantarkan manusia untuk bermuhasabah diri dengan menjaga alam agar kerusakan tidak semakin parah. Bersyukur dan mencari cara untuk mencari sumber daya alam yang dapat diperbarui

dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan. Hal ini sehubungan dengan konteks (*Muamalah ma'a 'Al-alam*) dimana manfaat dari penelitian ini secara langsung akan bermanfaat dan melestarikan alam, termasuk melindungi sumber air alam dari pencemaran air yaitu surfaktan. Metode pengolahan limbah surfaktan yang sedang dikembangkan saat ini adalah metode fotodegradasi. Material TiO<sub>2</sub>-zeolit alam telah banyak dilaporkan sebagai fotokatalis yang efektif pada reaksi fotodegradasi limbah cair organik. Berdasarkan hal tersebut, secara tidak langsung penelitian tentang material TiO<sub>2</sub>-zeolit alam merupakan suatu bentuk usaha penjagaan lingkungan.

Penelitian ini mendorong manusia lain untuk terlibat dan berpartisipasi dalam perbuatan baik, seperti perlindungan lingkungan pencemaran saluran air oleh limbah cair surfaktan, sehingga secara tidak langsung meningkatkan kesadaran masyarakat akan perlunya menjaga dan melestarikan lingkungan perairan. Dalam tafsir Ibnu Katsir (2006) juga dijelaskan bahwa Allah SWT memberikan keistimewaan kepada manusia, maka sudah mewakili kewajiban bagi setiap manusia untuk mengoptimalkan semua kemampuan yang dimilikinya untuk memanfaatkan ciptaan Allah SWT demi kemaslahatan bersama dan menjaga keberlangsungan hidup manusia. Hal tersebut termasuk dalam konteks (*Muamalah ma'a An-nas*) yang menganjurkan kita untuk senantiasa berbuat baik kepada sesama manusia.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari sampai Juli 2023 di Laboratorium Kimia Anorganik dan Laboratorium Instrumentasi, Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas, *magnetic stirrer*, spatula, hot plate, cawan krusibel, ayakan 200 mesh, pH meter, neraca analitik, botol semprot, oven, *ultrasonik vibracell* Qsonica, Spektrofotometer UV-Vis Varian tipe Cary 50, Reaktor fotokatalitik, Benchtop Powder XRD Rigaku, UV-Vis/DRS Evaluation 220, Lampu UV.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah akuades, zeolit, HCL 1 M (Merck), etanol p.a (99,9%), serbuk titanium (IV) dioksida (TiO<sub>2</sub>) tipe anatas (Sigma Aldrich, 97%), surfaktan *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS) (teknis), kloroform (Merck), isopropyl alcohol (Merck), reagen *Methylen Blue*, Natrium dihidrogen fosfat Monohidrat (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O) (Merck).

#### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama waktu penyinaran, massa fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam, konsentrasi surfaktan SLS terhadap

aktivitas fotodegradasi *sodium lauryl sulfate*. Penelitian ini diawali dengan preparasi dan aktivitas zeolit sebelum disintesis TiO<sub>2</sub>-Zeolit alam dengan metode sonikasi. TiO<sub>2</sub>-zeolit alam yang dihasilkan karakterisasi dengan instrumen *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *UV-Vis/Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS). Setelah itu, diuji aktivitas fotodegradasi dengan variasi lama waktu penyinaran, massa, dan konsentrasi katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam.

### **3.4 Tahapan Penelitian**

Beberapa tahapan pada percobaan ini yakni:

1. Preparasi zeolit
2. Aktivasi zeolit
3. Sintesis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam dengan metode sonikasi
4. Karakterisasi hasil sintesis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam dilakukan dengan
5. Uji aktivitas fotodegradasi *sodium lauryl sulfate*
  - a. Pengaruh variasi lama waktu penyinaran terhadap fotodegradasi *sodium lauryl sulfate*
  - b. Pengaruh variasi massa katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam terhadap fotodegradasi *sodium lauryl sulfate*
  - c. Pengaruh konsentrasi *sodium lauryl sulfate* terhadap fotodegradasi
6. Analisis data

### **3.5 Prosedur Penelitian**

#### **3.5.1 Preparasi Zeolit**

Zeolit alam sebanyak 100 gram dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200 mesh. Selanjutnya, zeolit alam ditimbang 100 g dan ditambahkan 200 mL akuades

dalam erlenmeyer 250 mL. Kemudian larutan diaduk dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 120 rpm selama 30 menit. Larutan disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan residu dalam oven pada suhu 100°C selama 2 jam. Padatan zeolit tersebut kemudian didesikator selama 30 menit dan ditimbang hingga berat konstan (Wardhani, dkk., 2016).

### **3.5.2 Aktivasi Zeolit**

30 gr zeolit direndam dalam 150 mL HCl 1 M sambil diaduk dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 100 rpm selama 3 jam. Kemudian endapannya disaring dan dicuci dengan akuades sampai pH netral. Zeolit (pH=7) dikeringkan selama 2 jam pada suhu 100°C dan dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam (Wardhani, dkk., 2016).

### **3.5.3 Sintesis TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam dengan Metode Sonikasi**

TiO<sub>2</sub> anatas SA (Sigma Aldrich) ditimbang sebanyak 1,8 gram dan zeolit alam ditimbang sebanyak 3 gram dan ditambahkan 18 mL etanol p.a (99,9%). Selanjutnya, campuran diaduk dengan mortar agate selama 1 jam kemudian disonikasi dengan frekuensi 20 kHz selama 30 menit hingga terbentuk suspensi. Suspensi tersebut, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam dan dikalsinasi menggunakan tanur pada suhu 500 °C selama 6 jam. Setelah dikalsinasi, padatan kemudian dihaluskan hingga berbentuk serbuk (Wardhani, dkk., 2016).

### **4.5.4 Karakterisasi Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam**

#### **3.5.4.1 Identifikasi Struktur Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam dengan XRD (X-Ray Diffraction)**

Difraksi sinar-X digunakan untuk menentukan kristalinitas sampel dan ukuran kristal senyawa yang dihasilkan. Pengukuran dilakukan dengan Cu sebagai

logam target, terisi generator 40 kV dan arus 30 mA, sehingga dihasilkan radiasi Cu-K $\alpha$ . Pola difraksi sinar-X merepresentasikan intensitas puncak difraksi sebagai fungsi dari sudut  $2\theta$  pada rentang 5-90°. Pertama sampel TiO<sub>2</sub> anatas, zeolit alam teraktivasi, dan TiO<sub>2</sub>- zeolit alam dihaluskan dengan mortar agate untuk membentuk pelet. Kemudian sampel ditempatkan pada preparat dan dipress. Selanjutnya ditempatkan pada sampel holder dan disinari dengan sinar-X.

#### **3.5.4.2 Identifikasi Daerah Serapan dan Energi Band gap dengan UV-Vis/DRS (*Diffuse Reflectance Spectroscopy*)**

Karakterisasi dengan UV-Vis/DRS dilakukan untuk mengetahui karakter serapan sinar dari material TiO<sub>2</sub> anatas dan hasil sintesis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam di daerah ultraviolet dan sinar tampak. Dari data DRS juga dapat ditentukan energi celah pita material hasil sintesis. Sampel yang akan dikarakterisasi dalam bentuk serbuk halus ditempatkan pada sampel holder kemudian diukur persentase reflektansinya pada rentang panjang gelombang 400-800 nm. Hasil dari karakterisasi ini akan menghasilkan grafik energi band gap di mana akan menunjukkan grafik hubungan antara foton dengan kuadrat koefisien absorpsi.

#### **4.5.5 Pengukuran Konsentrasi Fotodegradasi *sodium lauryl sulfat* Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis**

##### **3.5.5.1 Pembuatan Kurva Standar Menggunakan Metode *Methylene Blue Active Substance* (MBAS)**

Ambil masing-masing 25 ml larutan blanko dan larutan kerja yang mengandung surfaktan anionik 0, 5, 10, 15, 20, 25 ppm dan tempatkan dalam corong pisah 50 mL. Selanjutnya ditambahkan 6,25 mL larutan metilen biru dan tambahkan 2,5 mL kloroform, kocok kuat-kuat selama 30 detik dengan sesekali buka penutup corong untuk mengeluarkan gas untuk memisahkan fase, goyangkan corong pisah secara perlahan (jika terbentuk emulsi tambahkan sedikit isopropanol



hingga emulsi menghilang). Setelah itu pisahkan lapisan bawah (fase kloroform) dan kumpulkan dalam corong pisah lain. Diekstrak kembali fase air dalam corong pisah lagi dan gabungkan semua fase kloroform.

Ditambahkan 12,5mL larutan pencuci ke fase kloroform gabungan dan dikocok selama 30 detik. Dibiarkan fase terpisah dan dikocok perlahan, dikeluarkan lapisan bawah (kloroform) ke dalam labu takar. Pada fasa air diulangi langkah penambahan kloroform sehingga terjadi pemisahan fasa. Setelah itu fasa air diekstraksi kembali dengan penambahan kloroform, dan disatukan semua fasa kloroform dalam labu ukur. Diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah ditentukan. Setiap absorbansi dari konsentrasi dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar. Sehingga pada grafik diperoleh persamaan linier  $y=ax+b$ .

#### **3.5.5.2 Pengaruh Variasi Lama Penyinaran Terhadap Efektivitas Fotodegradasi**

Larutan *sodium lauryl sulfate* sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam lima beaker glass 100 mL dan ditambahkan beberapa tetes HCl 0,1 M hingga pH 2 (Rahmawati, 2020). Kemudian, ditambahkan massa fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam sebanyak 50 mg. Uji efektivitas fotodegradasi *sodium lauryl sulfate* dilakukan di bawah sinar lampu UV dengan variasi lama penyinaran selama 0, 20, 40, 60, 80, dan 100 menit sambil diaduk dengan magnetic stirrer. Kemudian, disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 15 menit untuk diambil filtrat dan dilakukan prosedur MBAS. Kemudian diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Percobaan dilakukan secara 3 kali pengulangan.

### **3.5.6.2 Pengaruh Variasi Massa Katalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit Terhadap Efektivitas Fotodegradasi**

Larutan *sodium lauryl sulfate* sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam lima beaker glass 100 mL dan ditambahkan beberapa tetes HCl 0,1 M hingga pH 2 (Rahmawati, 2020). Kemudian, ditambahkan variasi massa fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam masing-masing sebesar 0, 25, 50, 75, 100, dan 125 mg. Selanjutnya disinari di bawah sinar lampu UV selama waktu penyinaran optimum sambil diaduk dengan magnetic stirrer. Setelah itu, disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 15 menit untuk diambil filtrat dan dilakukan prosedur MBAS. Kemudian diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Percobaan dilakukan secara 3 kali pengulangan.

### **3.5.6.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi SLS Terhadap Efektivitas Fotodegradasi**

Larutan *Sodium Lauryl Sulfat (SLS)* 10 mg/L sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam lima beaker glass 100 mL dengan konsentrasi larutan *Natrium Lauryl Sulfat (NaLS)* 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/L. masing – masing beaker gelas ditambahkan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam dengan massa optimum. Seluruh beaker gelas selanjutnya dimasukan ke dalam fotoreaktor dan disinari sinar UV dengan waktu penyinaran optimum. Larutan hasil degradasi kemudian, disentrifugasi selama 10 menit dan dilakukan prosedur MBAS. Kemudian dilakukan pengukuran absorbansi SLS dilakukan ke seluruh beaker glass menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang maksimum.

### 3.5.7 Analisis Data

1. Difraktogram yang diperoleh dari karakterisasi XRD dibandingkan dengan standar JCPDS-TiO<sub>2</sub> anatas No. 21-1272 untuk mengetahui ukuran fasa kristal dari TiO<sub>2</sub> setelah diimbangkan pada zeolit. Berdasarkan difraktogram yang diperoleh dari hasil difraksi sinar-X, maka ukuran partikel rata-rata TiO<sub>2</sub> hasil sintesis dapat ditentukan menggunakan persamaan Debye-Scherrer :

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cdot \cos\theta} \dots\dots\dots(3.1)$$

Notasi  $D$  merupakan ukuran rata-rata kristal (nm),  $k$  merupakan konstanta (0,9),  $\lambda$  merupakan panjang gelombang sinar-X (nm),  $\beta$  adalah luas setengah puncak *Full Width at Half Maximum* (FWHM, radian), dan  $\theta$  adalah sudut Bragg.

2. Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi dengan UV-Vis/DRS adalah berupa nilai reflektansi ( $R$ ) dari panjang gelombang 200-800 nm. Pada hasil karakterisasi daerah serapan sinar dan energi celah pita yang diperoleh dari Spektrofotometer UV-Vis DRS dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan persamaan *Kubelka-Munk*.

$$F(R) = \frac{K}{S} = \frac{1-R^2}{2R} \dots\dots\dots(3.2)$$

Notasi  $F(R)$  = faktor *Kubelka-Munk*,  $K$  = koefisien absorpsi molar,  $S$  = koefisien scattering dan  $R$  = nilai reflektan yang diukur. Selanjutnya, energi celah pita ditentukan dengan membuat plot antara energi foton ( $h\nu$ ) (sebagai sumbu  $x$ ) dan  $(F(R).h\nu)^{1/2}$  (sebagai sumbu  $y$ ). Energi foton dihitung dari data panjang gelombang yang terukur, dimana  $h\nu = hc/\lambda$  dengan  $c =$

tetapan cahaya dan  $h$  = tetapan planck. Energi celah ita dihitung secara regresi linier pada nilai  $x$  ( $h\nu$  = energi celah pita) Ketika  $y=0$ .

3. Absorbansi maksimal spektra UV-Vis dari hasil degradasi larutan dimasukkan ke persamaan regresi ( $y = ax + b$ ) dari kurva standar untuk mengetahui konsentrasi akhir larutan setelah proses degradasi. Variable “y” adalah nilai absorbansi, sedangkan variable “x” merupakan nilai konsentrasi dari *sodium lauryl sulfate*. Nilai persen degradasi dapat dihitung dengan persamaan

$$\%Degradas\ i = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

Konsentrasi awal surfaktan didefinisikan  $C_0$  sedangkan konsentrasi akhir surfaktan setelah dilakukan proses fotokatalis dilambangkan dengan  $C_t$ . persen degradasi surfaktan diketahui dengan memasukkan nilai absorbansi ke dalam regresi linier surfaktan yang kemudian dihitung menggunakan persamaan 3.3.

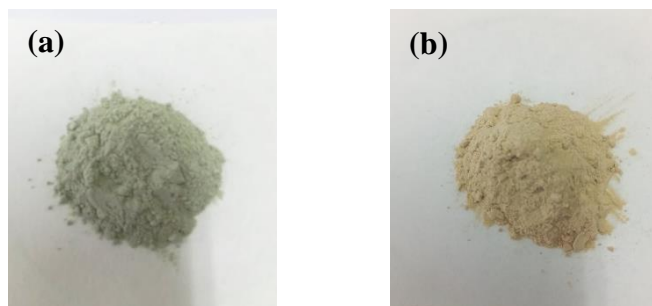
## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam**

Proses preparasi dilakukan dengan menghaluskan zeolit. Penghalus zeolit alam bertujuan untuk memperoleh ukuran partikel yang halus dan homogen. Zeolit alam yang sudah dihaluskan kemudian dicuci menggunakan aquades. Pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan debu dan komponen-komponen pengotor yang larut dengan aquades yang menempel pada permukaan zeolit. Selanjutnya zeolit alam disaring dan dikeringkan dengan oven pada suhu  $100^{\circ}$  selama 2 jam untuk menghilangkan kandungan air yang terkandung pada zeolit alam.

Proses aktivasi zeolit alam dilakukan untuk mengurangi pengotor yang terdapat pada zeolit alam agar dapat memperluas permukaan dan memperbesar pori, sehingga dapat meningkatkan kinerja zeolit alam. Proses dilakukan secara kimia dan fisika. Pada proses kimia dilakukan dengan perendaman zeolit alam dalam HCl 1 M, proses ini bertujuan untuk membersihkan pori, melarutkan oksida-oksida pengotor termasuk aluminium dan silika bebas sehingga memiliki daya serap lebih besar dibandingkan sebelum aktivasi (Fitriana & Rusmini, 2019). Zeolit yang telah diaktivasi kemudian dikalsinasi dengan suhu  $500^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam. Proses kalsinasi bertujuan untuk mendekomposisi senyawa organik dan membentuk fasa kristal. Adapun zeolit alam dikalsinasi mengalami perubahan warna dari hijau keabu-abuan menjadi coklat muda seperti Gambar 4.1. Hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa organik yang terdapat pada zeolit alam telah teruapkan.

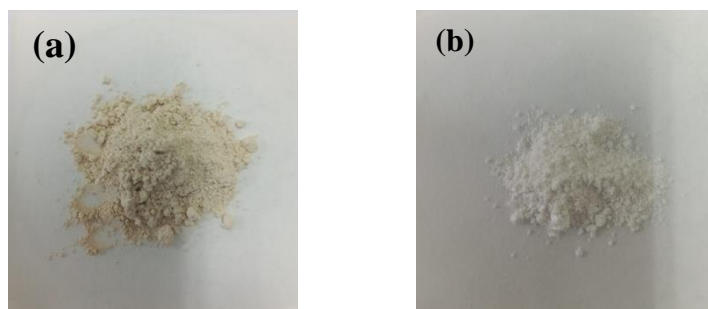


Gambar 4. 1 Sampel zeolit sebelum aktivasi (a) dan zeolit setelah aktivasi (b)

#### 4.2 Sintesis TiO<sub>2</sub>-Zeolit dengan Metode Sonikasi

Sintesis TiO<sub>2</sub>-zeolit dilakukan dengan metode sonikasi menggunakan sonikator probe dengan frekuensi 20 KHz selama 30 menit untuk memecah gumpalan yang mungkin terdapat dalam campuran dan mendispersikan masing-masing senyawa. Reaktan yang digunakan adalah TiO<sub>2</sub> anatas Sigma Aldrich (SA) sebanyak 1,8 gram dengan rasio (37,5 %) dan zeolit aktivasi sebanyak 3 gram rasio (62,5%). Pelarut yang digunakan yaitu etanol p.a 96% yang berfungsi untuk membantu pendispersian TiO<sub>2</sub> ke dalam zeolit, selain itu berperan sebagai pelarut organik yang membantu menciptakan medium reaksi yang bersih dan efektif (Ngadi & Jamaludin, 2007). Padatan TiO<sub>2</sub> anatas dan zeolit teraktivasi dicampur dengan etanol disertai dengan pengadukan untuk mempercepat kontak antara sampel dan pelarut sehingga TiO<sub>2</sub> dapat tersisipkan ke dalam pori-pori zeolit.

Campuran yang telah disonikasi kemudian dikalsinasi tujuannya untuk membersihkan pori-pori dan pengotor oksida logam sehingga mempercepat pembentukan kristal TiO<sub>2</sub>-zeolit alam. Hasil sintesis mengalami perubahan warna dari material murni memiliki warna putih dan material TiO<sub>2</sub>-zeolit alam yang teraktivasi coklat muda, sehingga warna material hasil sintesis menjadi putih kecoklatan seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2(a)  $\text{TiO}_2$  anatase (b)  $\text{TiO}_2$ -zeolit

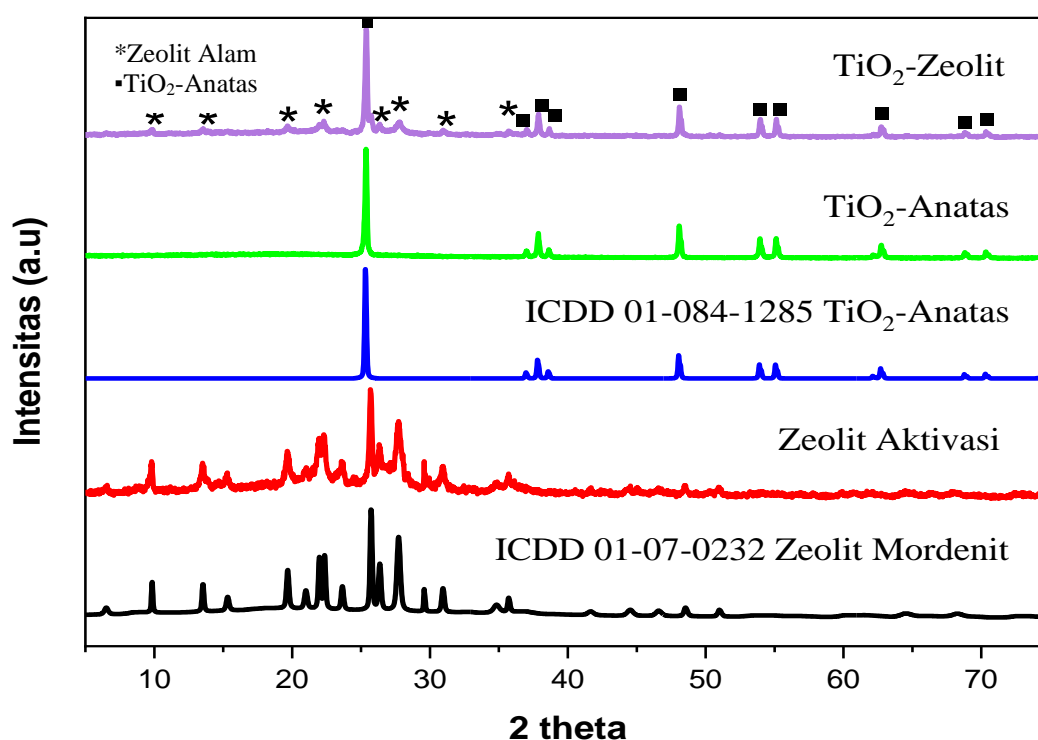
### 4.3 Karakterisasi Hasil Fotokatalis $\text{TiO}_2$ -Zeolit

#### 4.3.1 Analisis Karakterisasi Fotokatalis $\text{TiO}_2$ -Zeolit dengan Teknik Difraksi Sinar X (XRD)

Karakterisasi  $\text{TiO}_2$ -zeolit bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dari pola difraksi sinar-x untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu padatan pada material hasil sintesis dibandingkan dengan *Joint Commite On Powder Diffraction Standards* (JCPDS). Pengukuran XRD dilakukan dengan sumber radiasi monokromator  $\text{Cu-K}\alpha$  ( $\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$ ). Hasil karakterisasi material menggunakan XRD dapat ditampilkan pada Gambar 4.3.

Berdasarkan hasil difraktogram yang diperoleh, material hasil sintesis  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam muncul beberapa puncak khas yang menandakan adanya zeolit alam yaitu pada sudut  $2\theta$  ( $^\circ$ ) 9,879; 13,51; 19,64; 22,00; 26,39; 27,75; 30,93; 34,86. Puncak-puncak tersebut sesuai dengan standar ICDD (no. 01-070-0232) untuk zeolit mordenit. Munculnya puncak-puncak khas pada sampel fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam memiliki jenis mordenit. Pada fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam hasil sintesis juga memberikan puncak khas dengan intensitas tertinggi pada sudut  $2\theta = 25,383$ . Hal ini sesuai dengan puncak khas ICDD  $\text{TiO}_2$  anatase (no. 01-084-1285) yaitu terdapat puncak dengan intensitas tertinggi pada sudut  $2\theta$  ( $^\circ$ ) 25,374. Puncak tersebut memiliki kesesuaian dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Phromma,

dkk. (2020), yang menyatakan bahwa  $\text{TiO}_2$  anatase menghasilkan puncak khas dengan nilai tertinggi pada posisi  $2\theta = 25,30^\circ$ . Sehingga dapat diketahui pola difraksi sampel fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam memiliki fasa anatase. Hasil sintesis  $\text{TiO}_2$  dengan zeolit alam memiliki puncak yang sama dengan standar ICDD zeolit alam (no. 01-070-0232) sehingga dapat disimpulkan bahwa proses sintesis  $\text{TiO}_2$  dengan zeolit alam berhasil.

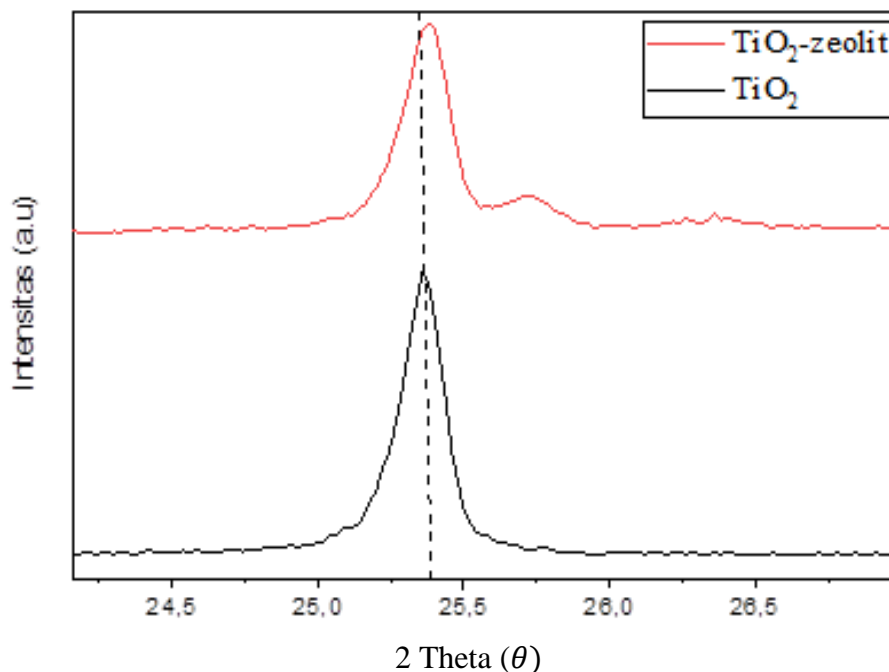


Gambar 4.3 Difraktogram XRD  $\text{TiO}_2$ -zeolit,  $\text{TiO}_2$  anatase, ICDD  $\text{TiO}_2$  anatase (no. 01-070-0232), zeolit aktivasi, ICDD zeolit mordenit (no. 01-070-0232)

Berdasarkan Gambar 4.4 difraktogram  $\text{TiO}_2$ -zeolit mengalami sedikit pergeseran puncak ke arah  $2\theta$  yang lebih besar dibandingkan  $\text{TiO}_2$ . Pergeseran ini berkaitan adanya perubahan struktur kristal, yaitu meningkatnya parameter kisi kristal (Taufiq, dkk, 2010). Perhitungan *crystallite size* dengan menggunakan persamaan *Debye Scherrer* didapatkan kristal sampel  $\text{TiO}_2$  anatase sebesar 68,70 nm



dan TiO<sub>2</sub>-zeolit sebesar 47,72 nm. Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa ukuran kristal tersebut tergolong nanokristal karena berada pada rentang (1-100 nm).

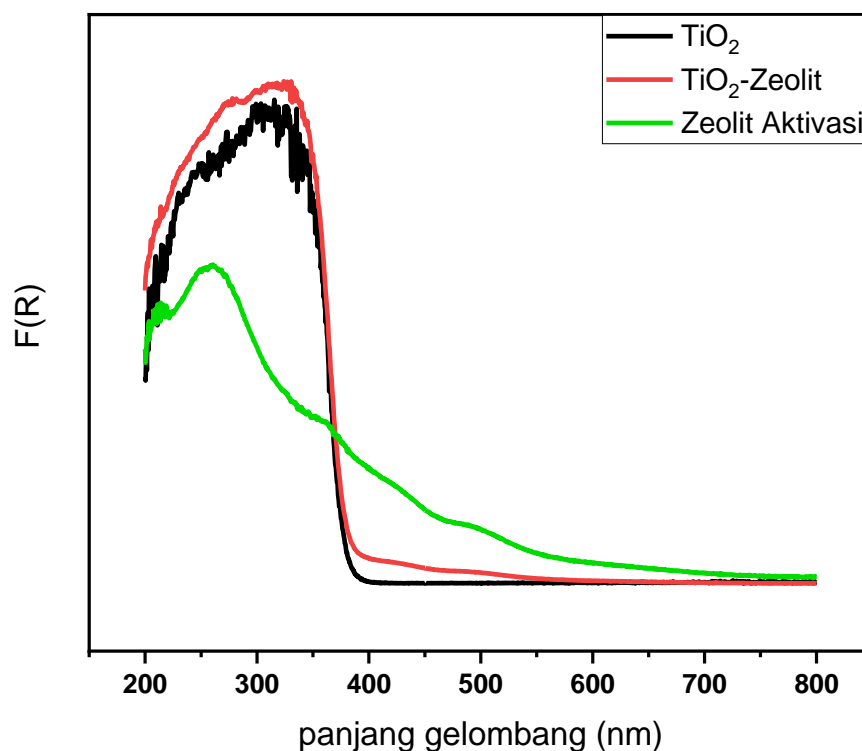


Gambar 4. 4 Hasil perbesaran puncak difraktogram TiO<sub>2</sub> anatase dan TiO<sub>2</sub>-zeolit

#### 4.3.2 Analisis Karakterisasi fotokatalis TiO<sub>2</sub>-Zeolit dengan UV-Vis DRS

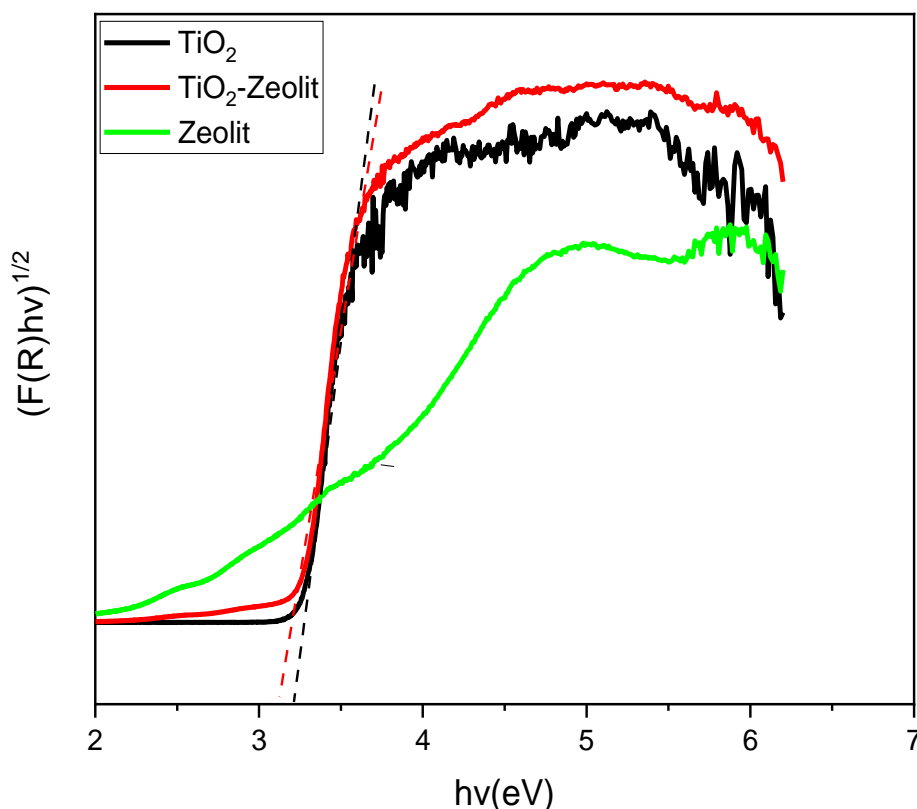
Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS bertujuan untuk mengetahui daerah serapan sinar dan nilai *band gap* pada material hasil sintesis. Karakterisasi juga dilakukan pada TiO<sub>2</sub> anatase dan zeolit tujuannya sebagai pembandingan daerah serapan dan nilai energi celah pita dari material TiO<sub>2</sub>-zeolit yang telah disintesis. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 200-800 nm kemudian data pengukuran reflektansi diplotkan. Hasil pengukuran dari material TiO<sub>2</sub>-zeolit grafik pertama ditunjukkan oleh Gambar 4.5 yaitu hubungan antara faktor Kubelka-Munk (F(R)) dengan panjang gelombang. Analisis dilakukan untuk mempelajari serapan sampel padatan dengan menggunakan teori Kubelka-Mulk yaitu persamaan

yang menyatakan nilai  $F(R)$  pada sumbu y sebanding dengan nilai koefisien absorpsi per faktor *scattering* ( $k/s$ ), di mana nilai  $F(R)$  diperoleh dari persamaan matematis  $F(R)=(1-R)^2/2R$ . Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa  $TiO_2$ -zeolit alam mempunyai nilai yang lebih tinggi dari pada  $TiO_2$  dengan panjang gelombang 200-400 nm. Pada sinar tampak 400-800 nm  $TiO_2$ -zeolit masih memunculkan nilai koefisien absorpsi per *scattering* pada panjang gelombang 400-550 nm yang lebih panjang daripada  $TiO_2$ , sehingga mengindikasikan bahwa  $TiO_2$ -zeolit memiliki kemampuan absorpsi pada rentang panjang gelombang cahaya tampak. Hal ini menunjukkan bahwa hasil  $TiO_2$ -zeolit alam yang disintesis dengan metode sonikasi, memiliki aktivitas fotokatalitik yang optimum untuk meningkatkan absorpsi sinar pada rentang sinar UV 200-400 nm dan sinar tampak 400-550 nm.



Gambar 4.5 Hubungan faktor kubelka-munk ( $F(R)$ ) dengan panjang gelombang 200-800 (nm)

Analisis selanjutnya nilai energi celah pita didapatkan melalui plot hubungan antara  $(F(R)hv)^{1/2}$  terhadap energi celah pita ( $hv$ ). Grafik tersebut digunakan untuk menentukan energi celah hasil sintesis, dimana nilai energi celah pita diperoleh dari perpotongan garis lurus yang ditarik memotong sumbu x pada kurva. Hasil penentuan energi celah pita ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Energi celah pita TiO<sub>2</sub>, zeolit, dan TiO<sub>2</sub>-zeolit

Gambar 4.6 merupakan spektra yang menunjukkan hubungan antara  $(F(R)hv)^{1/2}$  dengan energi celah pita (eV). Spektra tersebut diperoleh nilai energi celah pita dengan memplotkan garis lurus yang memotong sumbu x pada grafik hubungan antara energi celah pita (eV) dengan  $(F(R)hv)^{1/2}$ . Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa zeolit tanpa TiO<sub>2</sub> memiliki nilai intensitas  $(f(R)hv)^{1/2}$  rendah

dibandingkan dengan fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit dan TiO<sub>2</sub> anatas. Hal tersebut disebabkan karena zeolit merupakan bahan material alam atau campuran (Alvarez *et al.*, 2020). Adapun energi celah pita yang dimiliki oleh TiO<sub>2</sub> anatas adalah 3,21 eV, sedangkan energi celah pita pada material hasil sintesis yaitu 3,13 eV. Hasil penurunan tersebut dikarenakan terdapat *photosensitizer*, dimana celah pita zeolit dapat bergabung ke dalam celah pita TiO<sub>2</sub> (Kahkeci dan El-Din, 2023). Sesuai dengan ilustrasi penurunan *band gap* dapat dilihat dari Gambar 2.9.

Hasil penurunan energi celah pita yang disebabkan karena pergeseran panjang gelombang ke daerah yang lebih besar namun kurang signifikan. Hal tersebut mengindikasikan pengembangan zeolit alam pada TiO<sub>2</sub> mampu meningkatkan efisiensi fotokatalis (Li *et al.*, 2005), ketika zeolit menyerap cahaya, energi tersebut dapat digunakan oleh TiO<sub>2</sub> untuk mendegradasi surfaktan *sodium lauryl sulfate*. Adanya zeolit sebagai bahan pendukung semikonduktor dari penelitian ini berpengaruh pada persen degradasi, dimana efektivitas dari zeolit cukup tinggi. Berdasarkan Gambar 4.6 zeolit tidak ditentukan celah pita (*band gap*) karena spectra UV-Vis DRS tidak memiliki karakteristik *straight line* sebagaimana pada bahan semikonduktor (Abdullahi *et al.*, 2016) menyatakan bahwa metode penentuan band gap suatu sampel dengan menggunakan teori kubelka munk zeolit tidak didapat *straight line*.

Tabel 4.1 Energi celah pita dan daerah serapan panjang gelombang

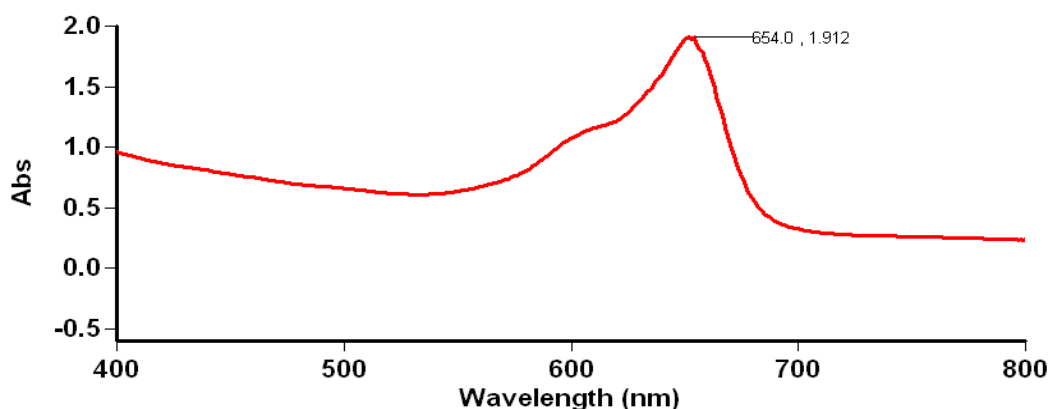
| <b>Fotokatalis</b>       | <b>Energi celah pita (eV)</b> | <b>Panjang gelombang (nm)</b> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| TiO <sub>2</sub> anatas  | 3,21                          | 386,5                         |
| TiO <sub>2</sub> -zeolit | 3,13                          | 396,4                         |
| Zeolit                   | -                             | -                             |

Pada penelitian TiO<sub>2</sub> anatas diimbangkan pada zeolit dan energi *band gap* mengalami penurunan dari 3,21eV menjadi 3,13 eV dengan nilai panjang gelombang TiO<sub>2</sub> anatas sebesar 386,5 nm dan TiO<sub>2</sub>-zeolit sebesar 396,4. Zeolit alam dalam penelitian ini berfungsi sebagai absorben serta material dalam fotokatalis TiO<sub>2</sub>. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Faiza (2022) pada sistesis TiO<sub>2</sub>-zeolit didapatkan penurunan energi celah pita yang semula 3,20 eV menjadi 3,12 eV. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Al'adawiyah (2020) juga menunjukkan penurunan energi celah pita TiO<sub>2</sub>-zeolit yang semula 3,18 eV menjadi 3,12 eV.

#### 4.4. Penentuan Konsentrasi SLS (*sodium lauryl sulfate*)

##### 4.4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum SLS (*sodium lauryl sulfate*)

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan untuk mengetahui nilai absorbansi maksimum *sodium lauryl sulfate*. Hasil dari metode analisis MBAS memiliki warna biru, dengan konsentrasi *sodium lauryl sulfate* yang digunakan adalah 25 ppm dengan pelarut kloroform. Penentuan panjang gelombang maksimum SLS dilakukan pada rentang panjang gelombang 200-800 nm.



Gambar 4. 7 Grafik panjang gelombang maksimum *sodium lauryl sulfate*

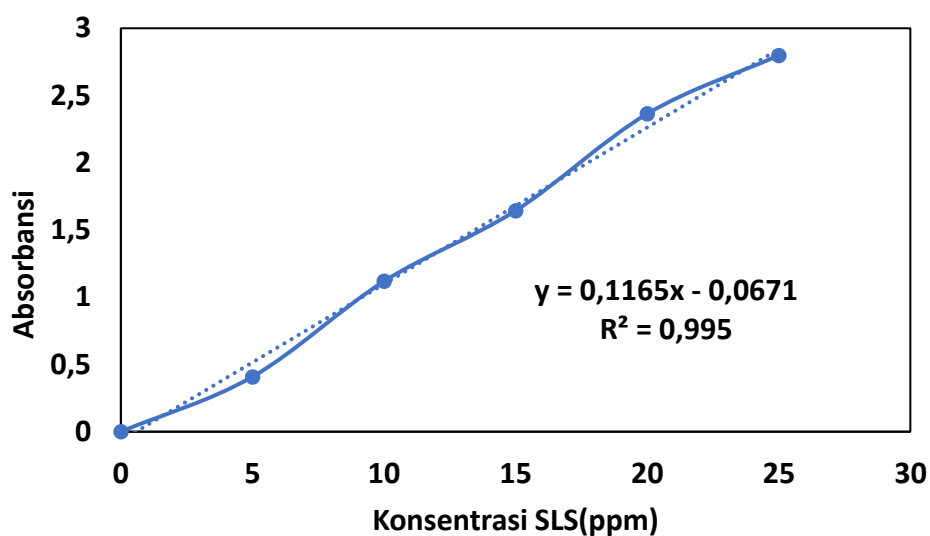
Gambar 4. 8 Grafik panjang gelombang maksimum *sodium lauryl sulfate*

Pada Gambar 4.7 didapatkan panjang gelombang maksimum sebesar 654 nm yang digunakan sebagai standar untuk mengetahui absorbansi tiap sampel fotokatalis yang di uji. Panjang gelombang maksimum yang didapatkan cukup sesuai dengan penelitian Sudarminto, *et al.*, (2021) dimana panjang gelombang maksimum *sodium lauryl sulfate* yang direaksikan dengan *methylen blue* dihasilkan sebesar 653 nm.

#### **4.4.2 Penentuan Kurva Standar SLS (*sodium lauryl sulfate*)**

Penentuan kurva standar *sodium lauryl sulfate* dilakukan dengan mengukur absorbansi dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25 ppm. Penentuan konsentrasi *sodium lauryl sulfate* untuk mengetahui larutan standar diukur dengan analisa MBAS. Pada penelitian ini dilakukan penentuan kadar surfaktan *sodium lauryl sulfate* dalam larutan dilakukan dengan metode *Methylene Blue Active Substance* (MBAS) metode untuk pemindahan *methylene blue* dari fasa larutan menuju fasa organik yang tidak saling bercampur. Surfaktan anionik bereaksi dengan metilen biru membentuk pasangan ion berwarna biru yang larut dalam pelarut organik (Hartoyo, ddk. 2013). Intensitas warna biru yang terbentuk dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 654 nm, hal ini sesuai dengan (SNI 06-6989.51-2005). Pada penelitian ini diketahui bahwa metilen biru yang terdistribusi pada fasa air (atas) yang ditunjukkan fasa air lebih berwarna biru muda. Sehingga diasumsikan metilen biru belum terdistribusi keseluruhan di fasa kloroform (bawah). Hal tersebut mempengaruhi variabilitas dalam hasil analisis, sehingga ini mengurangi reproduktibilitas dan keandalan metode analisis.

Larutan standar diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum 654 nm. Penentuan dilakukan menggunakan persamaan regresi ( $y=ax+b$ ) di mana  $y$  adalah absorbansi sedangkan  $x$  adalah konsentrasi *sodium lauryl sulfate* bertujuan untuk mengetahui konsentrasi terukur dari larutan *sodium lauryl sulfate*. Adapun grafik penentuan kurva standar ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.9 Grafik kurva standart *sodium lauryl sulfate*

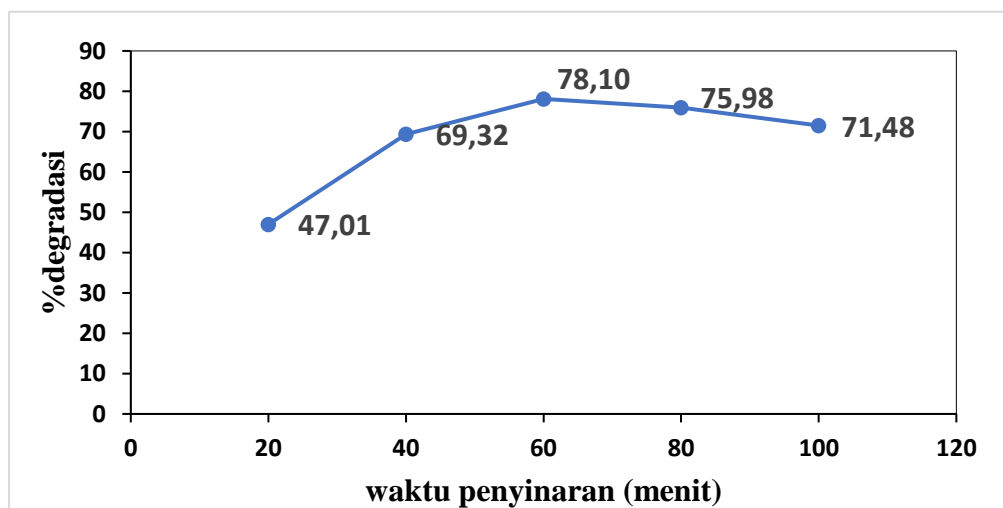
Gambar 4.10 Grafik kurva standart *sodium lauryl sulfate*

Grafik kurva standar didapatkan persamaan regresi  $y = 0,1165x - 0,0671$  dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,995. Nilai koefisien regresi  $R^2$  yang mendekati 1 menunjukkan hubungan antara konsentrasi dan absorbansi sangat linier sehingga dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi *sodium lauryl sulfate* saat uji fotodegradasi. Persamaan regresi linier ini digunakan untuk menentukan konsentrasi sisa larutan *sodium lauryl sulfate* setelah proses fotodegradasi dengan cara memasukkan nilai absorbansi pada fungsi  $y$ .

#### 4.4.3 Uji Aktivitas TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam terhadap fotodegradasi Surfaktan *sodium lauryl sulfate*

##### 4.4.3.1 Pengaruh Variasi Lama Penyinaran Fotodegradasi *sodium lauryl sulfate*

Pada penelitian ini digunakan variasi waktu penyinaran untuk mengetahui lamanya waktu penyinaran optimum yang mampu mendegradasi *sodium lauryl sulfate*. Pada proses ini digunakan fotoreaktor UV untuk mengaktifkan kinerja dari fotokatalis. Lama penyinaran menggambarkan lamanya interaksi antara fotokatalis dengan sampel. Semakin lama waktu penyinaran maka semakin lama pula kontak antara fotokatalis dengan foton.



Gambar 4.11 Hasil degradasi *sodium lauryl sulfate* variasi lama waktu

Gambar 4.12 Hasil degradasi *sodium lauryl sulfate* variasi lama waktu

Uji aktivitas fotokatalis variasi lama waktu penyinaran terhadap surfaktan *sodium lauryl sulfate* dilakukan dengan bantuan sinar UV sebagai sumber cahaya. Proses ini diawali dengan membuat larutan *sodium lauryl sulfate* konsentrasi 25 ppm sebanyak 25 mL dan ditambahkan 50 mg fotokatalis TiO<sub>2</sub>-zeolit alam. Selanjutnya larutan tersebut dimasukkan ke dalam reaktor dengan variasi



penyinaran 20, 40, 60, 80, dan 100 menit disertai dengan pengadukkan *magnetic stirrer*. Tujuan adanya pengadukan agar semua bagian fotokatalis dapat terkena sinar UV secara merata. Sehingga *hole* yang terbentuk diharapkan semakin maksimal serta interaksi antara fotokatalis dengan sampel juga lebih maksimal. Setelah dilakukan fotodegradasi, larutan hasil degradasi dipisahkan dengan menggunakan sentrifugasi. Tujuan dari proses sentrifugasi agar menghasilkan dua fase larutan yaitu supernatan yang berupa cairan dan pellet yang mengendap. Selanjutnya dilakukan dengan analisis MBAS dan didapatkan hasil % degradasi.

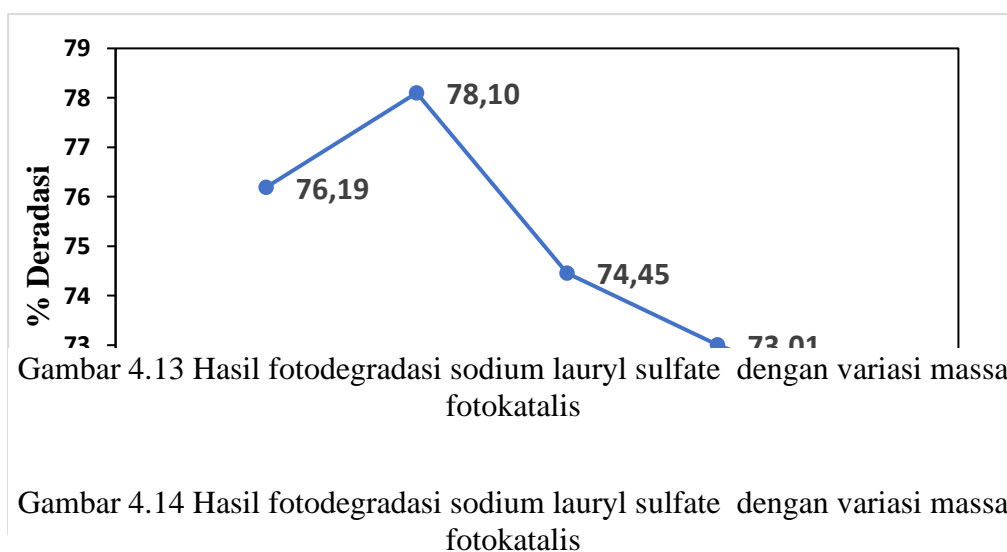
Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui hasil uji didapatkan lama waktu penyinaran optimum 60 menit dengan % degradasi sebesar 78,10 %. Hal ini menunjukkan bahwa proses degradasi terjadi karena energi foton yang berasal dari lampu UV, dimana lampu UV memiliki rentang (200-400) mengaktifkan kerja dari fotokatalis mengenai (*sodium lauryl sulfate*) dapat memecah molekul dan menghasilkan radikal hidroksil (OH) sehingga dapat mendegradasi *sodium lauryl sulfate* menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.

Pada menit ke 80 dan 100, persen degradasi larutan *sodium lauryl sulfate* cenderung mengalami penurunan. Persentase degradasi *sodium lauryl sulfate* cenderung menurun kemungkinan disebabkan terjadinya pelepasan kembali molekul-molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben sehingga konsentrasi larutan kembali meningkat menyebabkan persentase degradasi menurun. Pada penelitian Agusriyanti dkk. (2015) menyatakan bahwa semakin lama waktu penyinaran maka persentase degradasi akan menurun karena komposit zeolit-TiO<sub>2</sub> maupun zeolit yang digunakan sebagai adsorben mengalami kejenuhan dalam mengadsorpsi larutan ketika waktu adsorpsi melebihi waktu optimumnya,

maka dapat mengindikasikan terjadinya proses desorpsi atau pelepasan kembali ion/molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben. Adanya proses desorpsi mengindikasikan bahwa larutan tidak terdegradasi menjadi senyawa baru akan tetapi hanya teradsorpsi ke dalam adsorben. Setelah didapatkan waktu optimum akan digunakan sebagai acuan dalam proses fotodegradasi variasi massa fotokatalis dan konsentrasi *sodium lauryl sulfate*.

#### 4.4.3.2 Pengaruh Variasi Massa Fotokatalis Fotodegradasi *sodium lauryl sulfate*

Pada penelitian ini dilakukan variasi massa fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit untuk mengetahui banyaknya massa fotokatalis optimum yang mampu mendegradasi *sodium lauryl sulfate*. Pada penelitian ini dilakukan terhadap larutan *sodium lauryl sulfate* dengan konsentrasi 25 ppm dengan variasi massa fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit 25, 50, 75, 100, dan 125 mg. Proses fotodegradasi dilakukan dengan menyinari lampu UV selama 60 menit dan disertai pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Adapun pengukuran dilakukan dengan analisis MBAS dan didapatkan hasil % degradasi pada Gambar 4.10

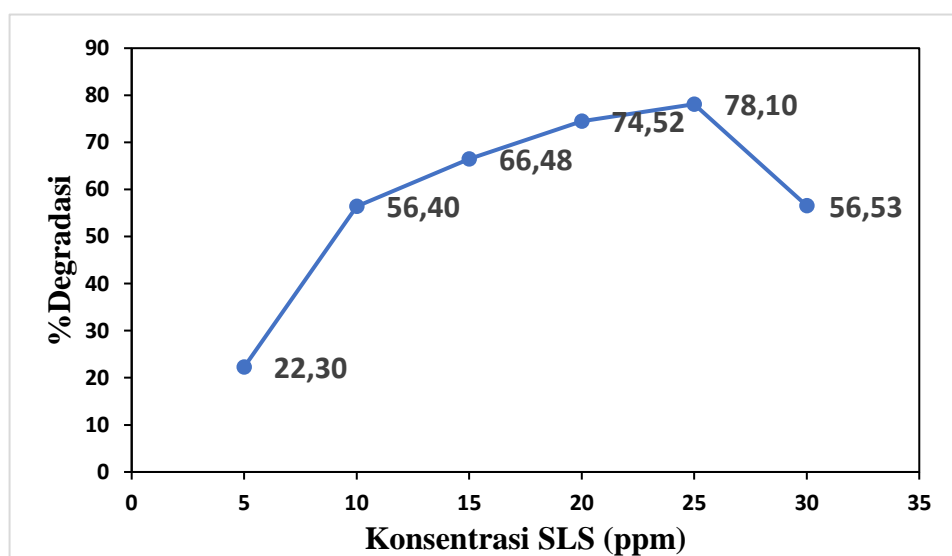


Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa persen degradasi tersebut diketahui massa optimum fotokatalis dari fotodegradasi *sodium lauryl sulfate* sebanyak 50 mg dengan persen degradasi sebesar 78,10%. Hal ini menunjukkan bahwa pengembanan TiO<sub>2</sub> pada zeolit, dapat meningkatkan kemampuan degradasi dari fotokatalis TiO<sub>2</sub>. Peningkatan tersebut terjadi karena proses fotokatalitik dan absorpsi pada permukaan fotokatalis TiO<sub>2</sub>- zeolit. Sedangkan pada variasi massa 75 mg persen degradasi *sodium lauryl sulfate* mengalami penurunan dengan persen degradasi sebesar 74,45%. Penurunan presentase degradasi disebabkan adanya kelebihan jumlah katalis, semakin bertambahnya fotokatalis maka larutan akan semakin keruh sehingga sinar UV atau energi foton yang akan masuk ke sisi aktif pada permukaan fotokatalis saat melakukan fotodegradasi akan terhalangi (Rodriguez *et al.*, 2020). Kondisi saat penambahan jumlah fotokatalis yang melebihi kondisi optimum akan kurang efektif, fotokatalis semakin banyak tersuspensi karena tidak mendapatkan penyinaran UV yang optimal.

Penurunan degradasi pada kondisi tersebut disebabkan karena daya adsorpsi zeolit alam menurun. Pada penelitian Rahmalia, (2019) menyatakan bahwa pemberian dosis fotokatalis yang terus bertambah dapat menyebabkan sisi aktif pada permukaan adsorben mengalami terganggunya proses penyerapan. Hasil dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.10 kapasitas adsorpsi terhadap larutan *sodium lauryl sulfate* pada variasi massa fotokatalis mengalami penurunan dengan semakin besar massa fotokatalis yang diberikan. Kondisi tersebut yang mengakibatkan penurunan % degradasi larutan *sodium lauryl sulfate* jika ditambahkan massa fotokatalis melebihi kondisi optimumnya.

#### 4.4.3.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi *sodium lauryl sulfat*

Pada penelitian ini digunakan variasi konsentrasi *sodium lauryl sulfat* dengan menggunakan massa optimum fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam yang bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum *sodium lauryl sulfat*. Penentuan konsentrasi *sodium lauryl sulfat* optimum dilakukan dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm dengan menambahkan fotokatalis sebanyak 50 mg. Proses fotodegradasi dengan disinari lampu UV selama 60 menit dan disertai pengadukan dengan *magnetic stirrer*. Pengukuran konsentrasi *sodium lauryl sulfat* dilakukan analisis MBAS dan didapatkan hasil % degradasi pada Gambar 4.11.



Gambar 4.15 Hasil degradasi sodium lauryl sulfat variasi konsentrasi sodium lauryl sulfat

Gambar 4.16 Hasil degradasi sodium lauryl sulfat variasi konsentrasi sodium lauryl sulfat

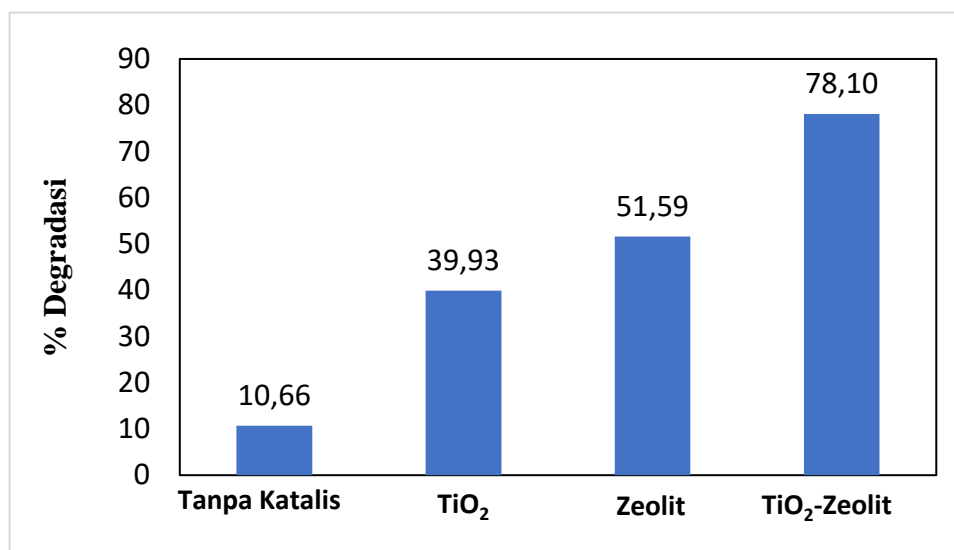
Berdasarkan Gambar 4.11 dapat diketahui bahwa variasi konsentrasi terjadi

kenaikan persentase degradasi *sodium lauryl sulfate*. Persentase degradasi *sodium lauryl sulfate* pada kondisi optimum 25 ppm dengan degradasi 78,10%. Hal ini menunjukkan pengembangan  $\text{TiO}_2$  pada zeolit dapat meningkatkan kemampuan degradasi maka senyawa *sodium lauryl sulfate* dapat teradsorpsi pada fotokatalis sehingga degradasi mencapai keadaan optimum. Penurunan persen degradasi pada konsentrasi 30 ppm disebabkan dengan jumlah katalis yang digunakan tetap, maka luas permukaan tetap dan menyebabkan pada proses degradasi dengan konsentrasi yang semakin tinggi menghasilkan laju degradasi menurun (Palupi, 2006). Kondisi tersebut juga sesuai dengan penelitian Sakhtivel, dkk, (2003) mengemukakan bahwa peningkatan konsentrasi *sodium lauryl sulfate* menyebabkan jalur foton yang menyinari larutan dan sampai pada katalis akan menurun, sehingga menurun laju degradasi. Hal ini menyebabkan proses adsorpsi semakin menurun sehingga persentase degradasi menjadi lebih kecil.

#### **4.4.3.4 Uji Efektivitas Fotodegradasi *sodium lauryl sulfate* dengan Tanpa Katalis, $\text{TiO}_2$ , Zeolit, dan $\text{TiO}_2$ -Zeolit pada kondisi Optimum**

Pada penelitian ini uji efektivitas fotodegradasi *sodium lauryl sulfate* dilakukan pada kondisi optimum dengan zeolit,  $\text{TiO}_2$ , dan  $\text{TiO}_2$ -zeolit. Pada perlakuan ini dilakukan dengan menggunakan waktu penyinaran, massa fotokatalis, dan konsentrasi *sodium lauryl sulfate* yang diperoleh. Hasil % degradasi *sodium lauryl sulfate* dengan katalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit dibandingkan dengan % degradasi *sodium lauryl sulfate* menggunakan  $\text{TiO}_2$  dan zeolit. Perbandingan ini tujuannya untuk mengetahui bahwa penambahan  $\text{TiO}_2$ -zeolit dapat lebih efektif dalam proses degradasi *sodium lauryl sulfate*. Pengukuran konsentrasi *sodium lauryl sulfate* dilakukan dengan analisis MBAS dan didapatkan hasil % degradasi pada Gambar

4.12 berikut.



Gambar 4.17 Hasil uji efektivitas fotokatalis pada kondisi optimum

Gambar 4.18 Hasil uji efektivitas fotokatalis pada kondisi optimum

Berdasarkan pada Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa degradasi *sodium lauryl sulfate* tanpa katalis menghasilkan persen degradasi sebesar 10,66%. Hal ini menunjukkan bahwa *sodium lauryl sulfate* dapat terdegradasi meskipun persentase rendah. Proses degradasi terjadi karena energi foton yang berasal dari lampu UV mengenai larutan *sodium lauryl sulfate* yang telah tercampur dengan air sehingga dapat memecah molekul dan menghasilkan OH sehingga dapat mendegradasi *sodium lauryl sulfate* menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Pada perlakuan dengan penambahan TiO<sub>2</sub>, menghasilkan persen degradasi lebih rendah yaitu 39,93% dibandingkan dengan nilai persen degradasi TiO<sub>2</sub>-zeolit yaitu 78,10%. Hal ini dikarenakan pengembangan TiO<sub>2</sub>-zeolit memiliki kemampuan absorbansi energi celah pita yang lebih kecil daripada TiO<sub>2</sub>. Sehingga efektivitas fotodegradasi surfaktan *sodium lauryl sulfate* dengan TiO<sub>2</sub>-zeolit dapat meningkatkan persentase degradasi.

Degradasi *sodium lauryl sulfate* dengan penambahan zeolit, menghasilkan persen degradasi yang lebih tinggi yaitu sebesar 51,59% dibandingkan dengan persen degradasi  $\text{TiO}_2$  saja sebesar 39,93%. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit saja yang digunakan untuk uji fotodegradasi *sodium lauryl sulfate* dengan sinar UV dan adanya proses adsorpsi oleh zeolit karena zeolit memiliki porositas yang baik yang memungkinkan terjadinya adsorpsi (Hartoyo,2013).

Degradasi *sodium lauryl sulfate* dengan  $\text{TiO}_2$ -zeolit menghasilkan % degradasi tertinggi yaitu sebesar 78,10%. Hasil tersebut dibuktikan dengan karakterisasi UV DRS yang menunjukkan energi celah pita dari  $\text{TiO}_2$ -zeolit mengalami penurunan dari 3,21 menjadi 3,13. Namun pada penelitian ini dihasilkan penurunan nilai energi celah pita kecil. Hal tersebut mengindikasikan bahwa dengan menurunnya energi *band gap* dari fotokatalis, aktivitas fotokatalitik dapat meningkatkan degradasi *sodium lauryl sulfate*. Hal tersebut juga dapat dilihat bahwa adanya kinerja dari adsorpsi zeolit dan fotokatalitik  $\text{TiO}_2$  sehingga meningkatkan kemampuan degradasi fotokatalitik *sodium lauryl sulfate* dibandingkan dengan penambahan  $\text{TiO}_2$  saja dan zeolit saja. Hasil penelitian Wibowo *et al.* (2023) menyatakan bahwa kombinasi  $\text{TiO}_2$  dan zeolit dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis karena memiliki karakteristik yang saling melengkapi, dengan mengkombinasi  $\text{TiO}_2$  dan zeolit dapat meningkatkan kemampuan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Hal tersebut dikarenakan ada dua karakteristik dari zeolit proses adsorpsi terjadi melalui gaya tarik menarik atom atau molekul pada permukaan zeolit yang memiliki kapasitas adsorpsi yang dimanfaatkan sebagai agen adsorpsi dan  $\text{TiO}_2$  yang memiliki karakteristik kemampuan aktivitas fotokatalitik dari  $\text{TiO}_2$  setelah diimbangkan dengan material zeolit yang dapat

mendegradasi senyawa *sodium lauryl sulfate* menjadi senyawa sederhana.

#### 4.5 Hasil penelitian dalam Perspektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil karakterisasi UV-Vis DRS menunjukkan bahwa pengembanan TiO<sub>2</sub> pada zeolit alam dapat menurunkan energi bad gap TiO<sub>2</sub> anatas 3,21 menjadi 3,13 eV. Hasil tersebut menunjukkan bahwa zeolit mineral alam yang berasal dari abu vulkanik letusan gunung berapi berpotensi sebagai bahan pendukung TiO<sub>2</sub> untuk material fotokatalis. Selain itu, metode fotodegradasi merupakan metode sangat ampuh dalam memperbaiki lingkungan dengan metode lainnya.

Manusia sebagai makhluk hidup yang paling sempurna dengan dibekali akal diperintahkan untuk mampu berfikir atas nikmat kekuasaan Allah SWT dimanapun untuk berfikir atas nikmat dan kekuasaan Allah SWT menciptakan alam semesta dengan keindahan yang tak tertandingi seperti langit, matahari, bulan, dan bumi. Bumi sejatinya mempunyai beragam keindahan yang luar biasa seperti daratan dan perairan. Sudah semestinya menjadi tanggung jawab manusia dalam menjaga dan melestarikan keindahan dari kerusakan, seperti yang telah dijelaskan dalam firman Allah SWT dalam surat Ali Imran ayat 190-191 dan al Baqarah ayat 11-12 sebagai berikut:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ۝ ١٩٠ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ ۗ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَاطِلًا ۗ  
سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ١٩

Artinya:



“*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang yang berakal (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia. Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.*” (QS. Ali Imran/190-191)

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ ۗ ۱۱ - أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ وَلَكِن لَّا يَشْعُرُونَ ۚ ۱۲

Artinya:

“*Dan bila dikatakan kepada mereka: “Janganlah kamu membuat kerusakan di bumi”. Mereka menjawab: “Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan”. “Ingatlah, sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan tapi mereka tidak sadar.”* (QS. Al-Baqarah/11-12)

TiO<sub>2</sub> merupakan fotokatalis yang diciptakan Allah SWT dengan berbagai manfaat, salah satunya yaitu bermanfaat bagi lingkungan perairan. modifikasi fotokatalis TiO<sub>2</sub> dengan material zeolit alam merupakan salah satu usaha manusia dalam berfikir untuk menjaga dan melestarikan lingkungan dari limbah surfaktan. Hal tersebut menunjukkan bahwa menjaga kelestarian lingkungan perairan yang ada di bumi merupakan suatu kewajiban bagi manusia.

Kenikmatan dunia merupakan bukti Allah SWT yang seharusnya kita jaga. Manusia dengan kemampuan akalinya dan mampu menguasai ilmu pengetahuan memiliki kewajiban menjaga, melestarikan alam semesta, dan memanfaatkan segala sesuatu yang telah diciptakan Allah SWT dengan baik sehingga terhindar dari kerusakan alam, terutama pada lingkungan perairan. Dengan demikian, melalui penelitian ini yang memanfaatkan ciptaan Allah SWT yang penggunaannya disesuaikan kadarnya yaitu TiO<sub>2</sub>-zeolit dengan bantuan sinar UV untuk mendegradasi limbah surfaktan bertujuan untuk menjaga dan memperbaiki ciptaan-Nya sehingga kehidupan yang lebih baik, aman dan nyaman.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi optimum waktu penyinaran sodium lauryl sulfate selama 60 menit dengan nilai degradasi sebesar 78,10%
2. Kondisi optimum massa TiO<sub>2</sub>-zeolit 50 mg mendegradasi sodium lauryl sulfate sebesar 78,10%
3. Kondisi optimum konsentrasi sodium lauryl sulfate 25 ppm dengan nilai degradasi sebesar 78,10%
4. Dengan penambahan zeolit alam sebagai material pendukung kinerja dari adsorpsi zeolit dan fotokatalitik TiO<sub>2</sub> sehingga meningkatkan kemampuan degradasi fotokatalitik *sodium lauryl sulfate*.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, perlu adanya karakterisasi lebih lanjut pada zeolit aktivasi untuk mengetahui perbandingan TiO<sub>2</sub> sebelum dan sesudah ditambahkan zeolit alam sebagai pengemban dengan menggunakan analisis XRF.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, S. S., Guner, S., Musa, Y. K. I. M., Adamu, B. I., & Abdulhamid, M. I. (2016). Simple Method For The Determination Of Band gap Of a Nanopowdered Sample Using Kubelka Munk theory. *NAMP J*, 35, 241-246.
- Agusriyanti, S., & Artsanti, P. 2015. Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembangan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B. *Jurnal Sains Dasar*, 4(1), 92-99.
- Akgedik, R., Aytakin I., Kurt A. B., Dagli, C. E. 2016. Recurrent Pneumonia Due to Olive Aspiration in a Healthy Adult: a Case Report. *The Clinical Respiratory Journal*. 10(6): 809-810.
- Al'adawiyah, H. (2022). *Pengaruh variasi pH dan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  terhadap proses fotodegradasi zat warna metil jingga menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit alam* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Aliah, H., & Karlina, Y. 2015. Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  sebagai material fotokatalis berulang. *Jurnal Istek*, 9(1).
- Aliah, H., Setiawan, A., Dan Abdullah, M. 2015. Pengaruh Jumlah Lapisan Bulir Polimer Polipropilena Berfotokatalis Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  Terhadap Fotodegradasi Metilen Blue. Prosiding. Fmipa Universitas Lampung:479-483.
- Alvarez-Aguinaga, E. A., Elizalde-González, M. P., & Sabinas-Hernández, S. A. (2020). Unpredicted photocatalytic activity of clinoptilolite–mordenite natural zeolite. *RSC advances*, 10(64), 39251-39260.
- Amalia, S., Khalifah, S.N., Barroroh, H., Muiz, A., Rahmatullah, A., Aini, N., Aqli, M.R., Umam, M.N., Isnaini, I.A., dan Suryana, R. 2019. Biodiesel Production from Castor Oil Using Heterogeneous Catalyst KOH/Zeolite of Natural Zeolite Bandung Indonesia. Article.
- Arutanti, O., & M. Abdullah. 2009. Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ). *J. Nano Saintek. Spec. Ed.*Agust : 43-45
- Arutanti, O., Dan Khairurrijal, A., M. 2009. Penjernihan Air Dari Pencemar Organik Dengan Proses Fotokatalis Pada Permukaan Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ).*Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, (2009): 2–4
- Astuti, F. (2018). Efek Fotodegradasi Pada Pengolahan Surfaktan Anionik dari Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(1), 1-5.

- Attwood, D. dan Florence A.T., (2008). *Physical Pharmacy*, Pharmaceutical Press
- Batista, A .P. L., Carvalho, H. W., Luz, G. H. P., Martins, P. F. Q., Goncalves, M., and Oliveira, L. C. A. O., 2010, Preparation of CuO/SiO<sub>2</sub> and Photocatalytic Activity by Degradation of Methylene Blue, *Journal of Environmental Chemistry*, (8), 63.
- Bere, F. 2013. *Pengaruh Ion Logam Cu (Ii) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Metien Biru Terkatalis TiO<sub>2</sub>*. Skripsi. Yogyakarta: Universtas Islam Negeri Sunan Kali Jaga.
- Burda, C., Lou, Y., Chen, X., Samia, A., Stout, J., Gole, J., 2003, Enhanced Nitrogen Doping in TiO<sub>2</sub> Nanoparticles, *Nano Letters*, 3, 8:1049-1051.
- Cahyadi, 1999. *Studi Penggunaan CaSO<sub>4</sub> Sebagai Penurun Kadar Surfaktan Jenis DBS ( Dodecyl Benzene Sulphonate) dalam air buangan*, Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas TSP ,ITS, Surabaya
- Calvero. (2006). *Chemical Structure of Sodium Lauryl Sulfate*.
- Chetam, D.A. 1992. *Solid State Compound*. London: Oxford University Press
- Danielson, S. J. 1996. *Thin-Film Immunoassays*. Academic Press, Inc
- Erawati, T., Rosita, N., Retnosari, 2003, Penentuan Daya Serap Zeolit Alam Malang Selatan Terhadap Biru Metilen dan Kuinin HCl, *Majalah Farmasi Airlangga*, Vol.2, No.3, Surabaya.
- Faiza, A. N. 2022. *Pengembangan TiO<sub>2</sub> pada zeolit alam menggunakan metode sonikasi untuk uji fotodegradasi zat warna congo red* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Fatmawati, S., & EM, U. R. (2022). Penggunaan Kombinasi Fotokatalis Tio<sub>2</sub> Dan Arang Aktif Untuk Pengolahan Limbah Farmasi. *REPOSITORY STIFAR*.
- Fitriana, N. I. N. I. N. G. 2019. Pembuatan Zeolit Alam Teraktivasi HCl dan Karakterisasinya Making Activated Natural Zeolite And Characterization. *UNESA Journal of Chemistry*, 8(1), 17-19.
- Hartoyo, A. W. W., Wahyuni, S., & Harjito, H. (2013) Penurunan Kadar Linear Alkyl Sulfonate oleh Fotokatalis TiO<sub>2</sub>/Zeolit Alam. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2).
- Hendra, H., Barlian, E., Razak, A., & Sanjaya, H. (2016). Photo-degradation of surfactant compounds using UV rays with addition of TiO<sub>2</sub> catalysts in laundry waste. *Sainstek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 7(1), 59-68.
- Hutomo, D.W. 2012. *Sintesis Dan Karakteristik Fotokatalis Mn<sup>2+</sup>-Zno Berbasis*

Zeolit Alam. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia

- Ilmi, D. R. 2020. *Fotodegradasi Zat Warna Metil Jingga Menggunakan Fotokatalis  $TiO_2-N$ /Zeolit Yang Disintesis Dengan Metode Sonikasi*. Skripsi. Jurusan Kimia, Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Imamudin, M. (2011). Lingkungan dan Pelestariannya dalam Prespektif Islam. *El-Hayah*, 2(1).
- Imamudin, M. (2011). Lingkungan dan Pelestariannya dalam Prespektif Islam. *El-Hayah*, 2(1).
- Joshi, K. M. dan Shrivastava, V. S. 2010. Removal of Hazardous Textile Dyes from Aqueous Solution by using Commercial Activated Carbon with  $TiO_2$  and  $ZnO$  as Photocatalyst. *International Journal of ChemTech Research*. 2(1): 427- 435.
- Kahkeci, J., & El-Din, M. G. (2023). Biochar-supported photocatalysts: Performance optimization and applications in emerging contaminant removal from wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 146530.
- Kaneko, M, Dan Okura, I. 2002. *Photocatalysis Science And Technology*. Japan: Springer
- Kansal, S.K., Singh, M., & Sud, D. 2006. *Studies on Phtodegradation of Two Commercial Dyes in Aqueous Phase Using Different Photocatalyst*. Elsevier
- Lestari, D. Y. 2010. *Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara*. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010 Jurdik Kimia UNY 54th 1956-2010.
- Lieberman, H. A., Rieger, M. M., dan Banker, G. S., 1996, *Pharmaceutical Dosage Forms: Dispers System*, Vol. 2, Second Edition, 397, 400-401, Mariel Dekker, Inc., New York.
- Linsebigler, A. L., Lu, G., Dan Yates, J. T. 1995. *Photocatalysis On  $TiO_2$  Surfaces: Principles, Mechanisms, And Selected Results*. *Chemical Reviews*. 95: 735-758
- Mahi, D.H.A. 2021. *Karakterisasi dan Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Zeolit Alam dengan Variasi Konsentrasi HCl*. Skripsi. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Maretta, & Helmy. 2015. *Degradasi Surfaktan Sodium Lauryl Sulfat Dengan Proses Fotokatalisis Menggunakan Nano Partikel ZNO*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 21(1), 1–8

- Maretta, A., & Helmy, Q. Degradasi Surfaktan Sodium lauryl sulfate Dengan Proses Fotokatalisis Menggunakan Nano Partikel ZnO Degradation Of Sodium lauryl sulfatee Surfactant With Photocatalytic Process Using ZnO Nano Particle.
- Myint, T. T. Moe, W. Y. Linn, A. Chang, and P. P. Win, 2017, "The Effect Of Heat Treatment On Phase Transformation And Morphology Of Nano-Crystalline Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>)," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 6, no. 6.
- Ngadi, N., & Jamaludin, S. K. (2007). Effects of pH on Ethanol Photocatalytic Oxidation Using TiO<sub>2</sub> and Zeolite 13x as Catalyst. *Jurnal Teknologi*, 43, 27-38.
- Ningsih, T.S., 2012, Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalisis Ni<sup>2+</sup> - ZnO Berbasis Zeolit Alam. Skripsi, Fakultas Teknik. Universitas Indonesia
- Nyamukamba, P., Okoh, O., Tichagwa, L., and Greyling, C. 2016. Preparation of Titanium Dioxide Nanoparticles Immobilized on Polyacrylonitrile Nanofibres for the Photodegradation of Methyl Orange. *International Journal of Photoenergy*. 1(1):1-8.
- Palupi, E. 2006. Degradasi Methylene Blue dengan Metoda Fotokatalis dan Fotoelektrokatalisis menggunakan Film TiO<sub>2</sub>. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Phromma, S., Wutikhum, T., Kasamechonchung, P., Eksangsri, T., dan Sapcharoenkum, C. 2020. Effect of Calcination Temperature on Photocatalytic Activity of Synthesized TiO<sub>2</sub> nanoparticles via Wet ball Milling Sol-Gel Method. *Applied Sciences*. Vol. 10. No. 3. Hal. 1-13.
- Prasetyo, H. A. (2015). Pengendalian fouling pada operasi membran Ultrafiltrasi (UF) untuk produksi air minum. *Chemical Engineering*, 1(2), 1-5.
- Putro, H., & Kokoh, R. (2019). Degradasi Surfaktan (Linear Alkyl Benzene) Pada Limbah Laundry Dengan Metode Fotokatalis ZnO. *Jurnal Envirotek*, 11(1).
- Rahmalia, S. (2019). Efisiensi Adsorpsi Beberapa Zat Warna Sintetis Golongan Azo Menggunakan Hidroksiapatit.
- Ramadhani, D. G., Sarjono, A. W., Setjoyoko, H., Fatimah, N., Nurhayati, N. D. 2012. Synthesis of Natural Ni/Zeolite Activated by Acid as catalyst for Synthesis Biodiesel From Ketapang Seeds Oil. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia* 2 (1).
- Rodríguez, L. M. G., Escobar, J. A. P., López, J. G. P., Rio, D. A. D. H. Del, Vázquez, S. I. S., Martinez, C. J. C., Solis, C. G., & Chulim, A. C. 2020. Synthesis, Characterization and Photocatalytic Activity Evaluation of

- WO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> dan WO<sub>3</sub>/ TiO<sub>2</sub> Supported on Zeolite Faujasite. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 18(10-11), 1-16.
- Rowe, R.C. et Al. (2009). *Handbook Of Pharmaceutical Excipients*, 6th Ed, The Pharmaceutical Press, London.
- Sailah, I., Mulyaningsih, F., Ismayana, A., Puspaningrum, T., Adnan, A. A., & Indrasti, N. S. (2020). Kinerja karbon aktif dari kulit singkong dalam menurunkan konsentrasi fosfat pada air limbah laundry. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 30(2).
- Saini, S. D. Sharma, Chanderkant, M. Kar, D. Singh, and C. P. Sharma, 2007, "Structural and Optical Properties of TiO<sub>2</sub> thin films derived by sol-gel dip coating process," *J. Non-Cryst. Solids*, vol. 353, no. 24–25, pp. 2469–2473.
- Sakthivel, S., Neppolian, B., Shankar, 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. C*, 77, 65-82.
- Schmidt, M. 2007. Thermochemical Treatment of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Photocatalytic Applications. Theses and Dissertations, Florida: College of Engineering Department of Electrical Engineering Master of Science in Electrical Engineering University of South Florida.
- Setyaningsih, 2010. Optimasi Pembuatan Bioplastik Polihidroksi alkanolat Menggunakan Bakteri Mesofilik Dan Media Cair pabrik Kelapa Sawit. Tesis Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Showell, Michael S.. 2006. Introduction To Detergents. In: Showell, M.S Editor. *Handbook Of Detergents Series Part D: Formulation*. United States Of America: Taylor & Francis Group, Llc.
- Sudarminto, H. P., Suryandari, A. S., Mufid, M., Sindhuwati, C., & Maula, I. (2021, September). Degradasi Linear Alkylbenzene Sulfonate Air Limbah Laundry Menggunakan Proses Fotokatalisis. In *Seminar Nasional Rekayasa Proses Industri Kimia* (Vol. 5, No. 1).
- Suslick, K.S., dan Price, G.J. 1999. Application of Ultrasound to Material Chemistry. *Annual Review of Materials Science*, 29: 295-326
- Sutarti, M., dan Rachmawati, M. 1994. Zeolit
- Tahid, 1995. Deterjen dalam Air Limbah dan Analisisnya, Makalah pada seminar HKI, Januari, Yogyakarta, P.1-5
- Tiwari, S., & Talreja, S. 2020. Powder X-Ray Crystallography a Powerful Tool of

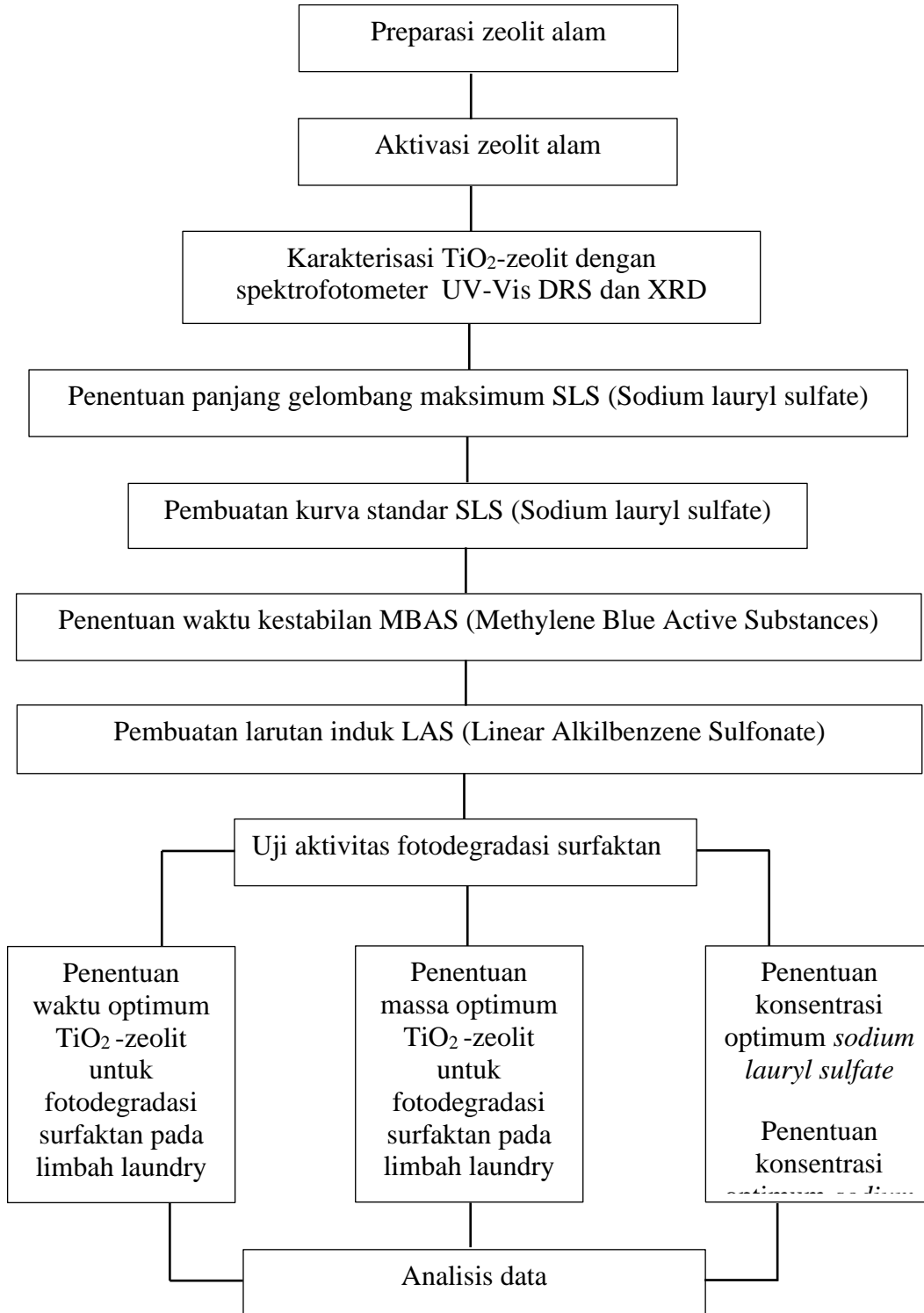


Analysis and Powder X-Ray Crystallography a Powerful Tool of Analysis. *The International Journal Of Analytical And Experimental Modal Analysis*. 12(12), 109-116.

- Tjahjanto, R.T. dan J. Gunlazuardi, (2001). Preparasi Lapisan Tipis Sebagai Fotokatalis: Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalisis. *Makara. Jurnal Penelitian Universitas Indonesia*, Vol 5, No 2: 81-91
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E., dan Sudiono, S. 2005. Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam. *Jurnal Teknoin*, 10: 269-282.
- Trivana. L., Sugiarti, S., & Rohaetib, E. (2015). Sintesis
- Utubira, Y. (2006). Preparation And Characterization Of TiO<sub>2</sub>-Zeolit And Its Application To Degrade Textile Wastewater By Photocatalytic Method. *Indo Journal Chemistry* 6(3).
- Wibowo, S., Azhar, K. N. A., & Sahanaya, D. A. (2023). Fotodegradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>/Zeolit. *WARTA AKAB*, 47(1).
- Williams, M. J., McClements, B. M., & Picard, M. H. (1995). Improvement of transthoracic pulmonary venous flow Doppler signal with intravenous injection of sonicated albumin. *Journal of the American College of Cardiology*, 26(7), 1741-1746.
- Yangxin, Y.U., Jin, ZHAO., Bayly, A.E. (2008). Development of Surfactan and Builder in Detergent Formulations. *Chinese: Journal of Chemical Engineering* 16(4)517-527
- Yao, Z. Peng, Z. H. Liao, and J. J. Chen, (2009), Preparation and Photocatalytic Property of TiO<sub>2</sub>- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Core-Shell Nanoparticles, vol. 9.
- Yesica, Septivani. (2016). Sintesis dan Karakterisasi Nanokomposit TiO<sub>2</sub>/Zeolit Alam Malang dengan Variasi Waktu Pemeraman. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim
- Zhang and J. F. Banfield, (2000). "Understanding Polymorphic Phase Transformation Behavior during Growth of Nanocrystalline Aggregates: Insights from TiO<sub>2</sub>," *J. Phys. Chem. B*, vol. 104, no. 15, pp. 3481–3487.
- Zilfa, Rahmayeni, Septiani, U {.,} & Fajri, M. L. 2017. Utilization Natural Zeolite from West Sumatera for TiO<sub>2</sub> Support in Degradation of Congo Red dan a Waste Simulation by Photolysis. *Der Pharmacia Lettre*, 9(5), 1-10.

## LAMPIRAN

### lampiran 1. Rancangan Penelitian



## lampiran 2. Diagram Alir Penelitian

### 1. Preparasi Zeolit

Zeolit Alam

- Ditimbang zeolit alam sebanyak 100 gram
- Dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200 mesh
- Ditimbang zeolit alam 100 g dan ditambahkan 200 mL akuades dalam erlenmeyer 250 mL
- Diaduk larutan dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 120 rpm selama 30 menit
- Disaring larutan menggunakan kertas saring
- Dikeringkan residu dalam oven pada suhu 100°C selama 2 jam
- Didesikator selama 30 menit
- Ditimbang hingga berat konstan

Hasil

### 2. Aktivitas Zeolit

Zeolit

- Direndam 30gram zeolit dalam 60 mL HCl 6 M sambil diaduk dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 100 rpm selama 3 jam.
- Disaring endapannya dan dicuci dengan akuades sampai pH netral
- Dikeringkan selama 2 jam pada suhu 100°C
- Dikalsinasi pada suhu 500°C selama 4 jam

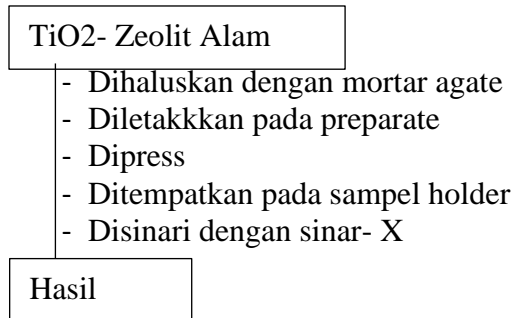
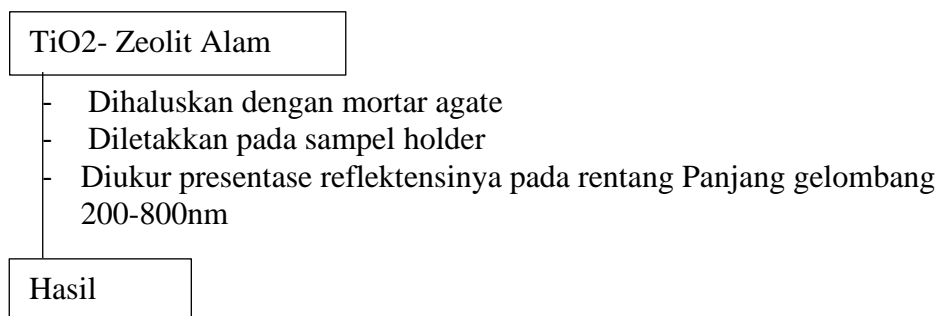
Hasil

### 3. Sintesis TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam dengan Metode Sonikasi

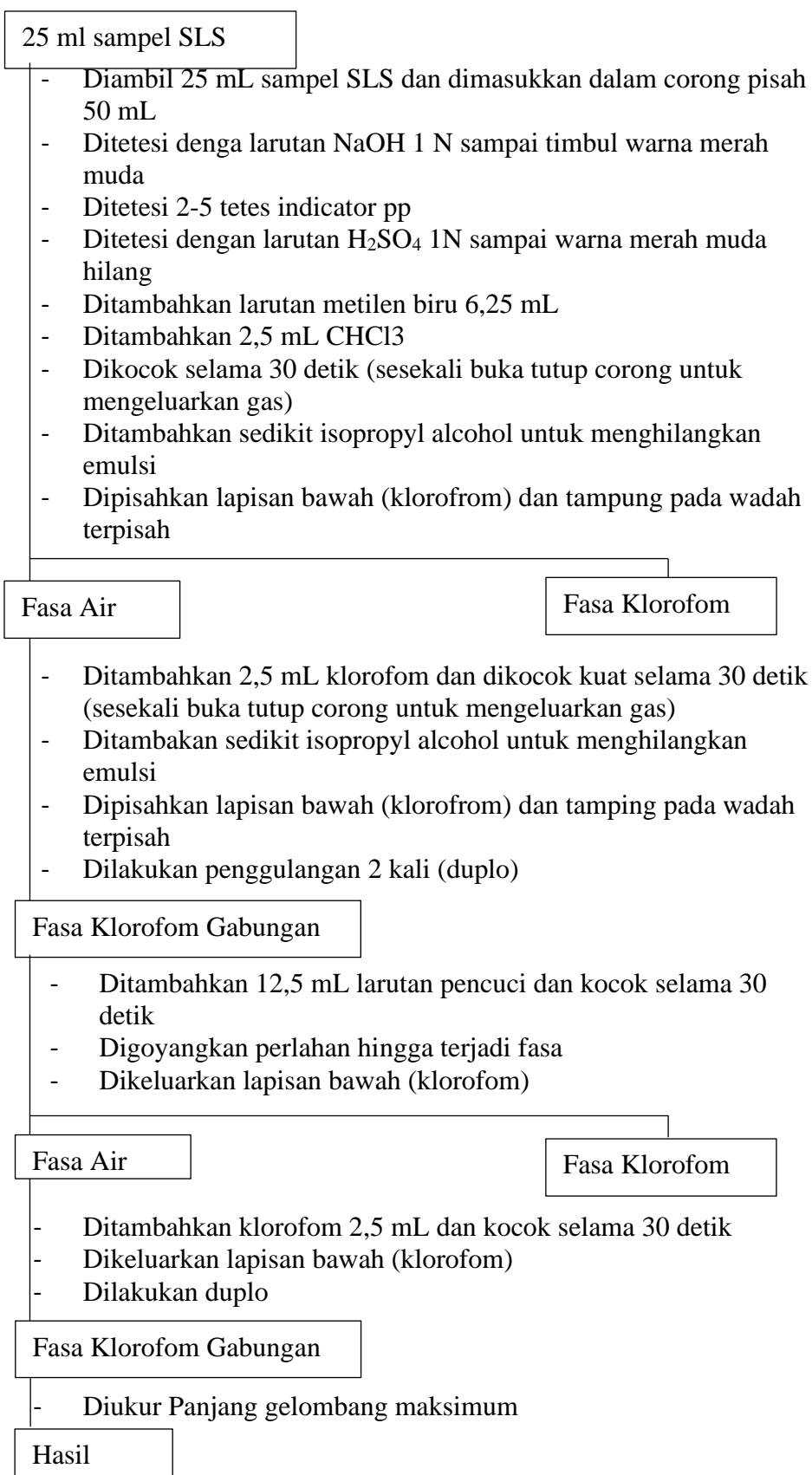
Titanium (IV)isopropoksida

- Ditimbang TiO<sub>2</sub> anatas SA (Sigma Aldrich) sebanyak 1,8 gram
- Ditimbang zeolit alam sebanyak 3 gram dan ditambahkan 48 mL etanol (96%)
- Diaduk campuran dengan mortar agate selama 1 jam
- Disonikasi dengan frekuensi 20 kHz selama 30 menit hingga terbentuk suspense
- Dikeringkan suspensi dalam oven pada suhu 110 °C selama 2 jam
- Dikalsinasi menggunakan tanur pada suhu 500 °C selama 6 jam
- Dihaluskan padatan hingga berbentuk serbuk

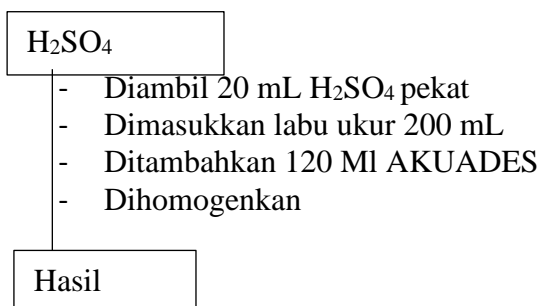
Hasil

**4. Karakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*)****5. Karakterisasi dengan UV-Vis DRS (*Diffus Reflectance Spektroskopi*)**

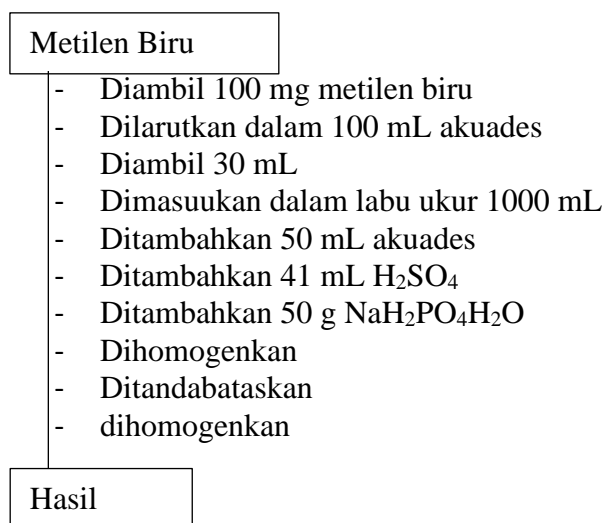
## 6. Analisis metode MBAS



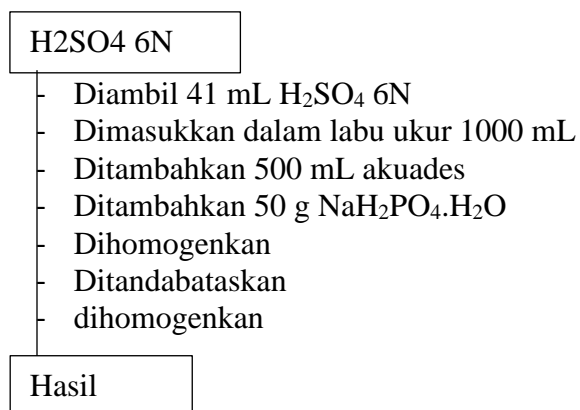
### 7. Pembuatan Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 N



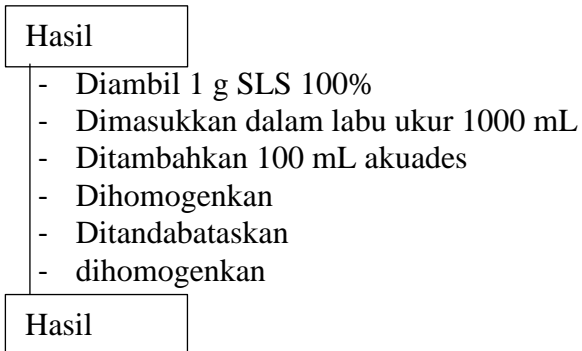
### 8. Pembuatan Larutan Metilen Biru



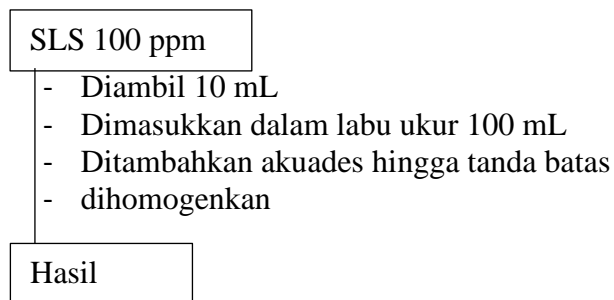
### 9. Pembuatan Larutan Pencuci



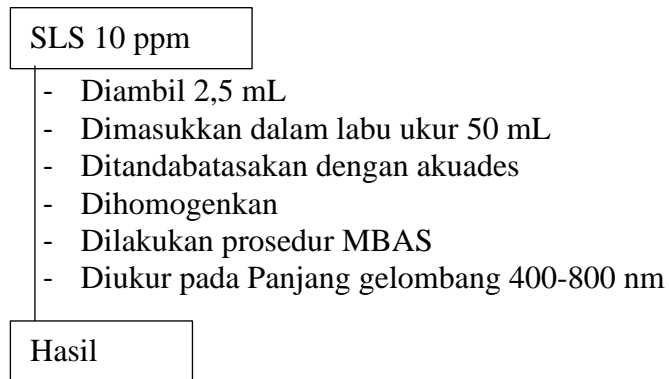
### 10. Pembuatan Larutan Induk SLS 1000 ppm



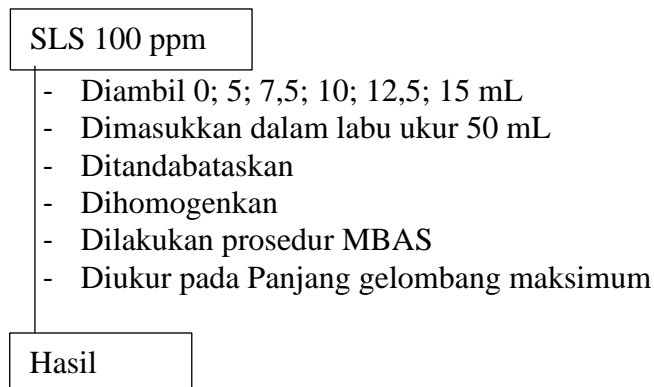
### 11. Pembuatan Larutan Baku SLS 100 ppm



### 12. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum SLS

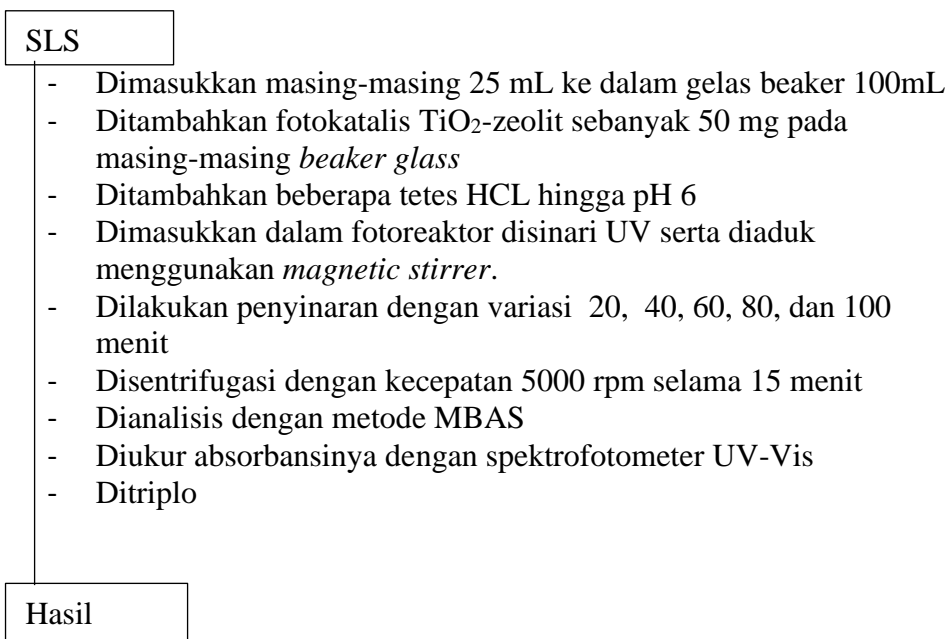


### 13. Pembuatan Larutan SLS 0; 10; 15; 20; 25; 30 ppm

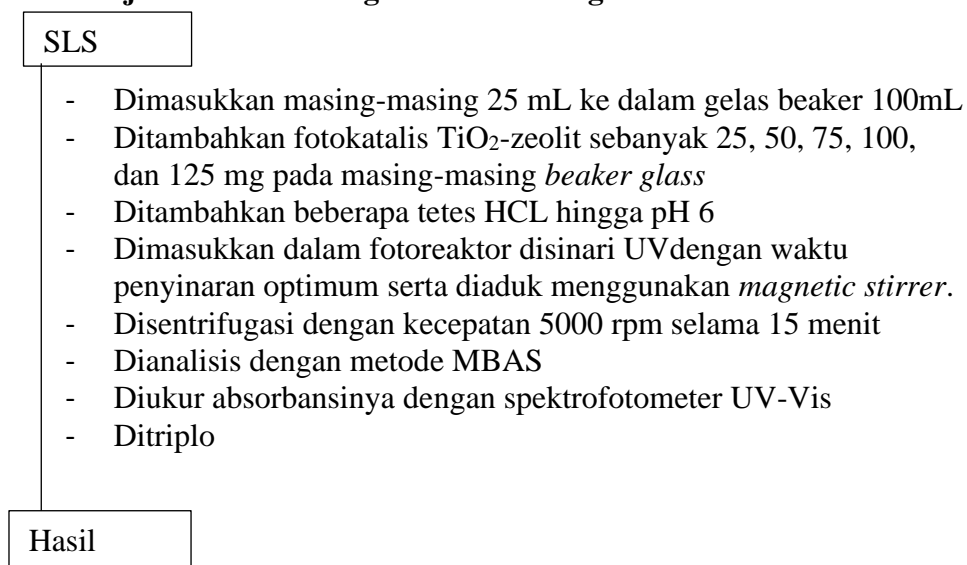


## 14. Uji Aktivitas

### 14.1 Uji aktivitas fotodegradasi SLS dengan variasi lama penyinaran

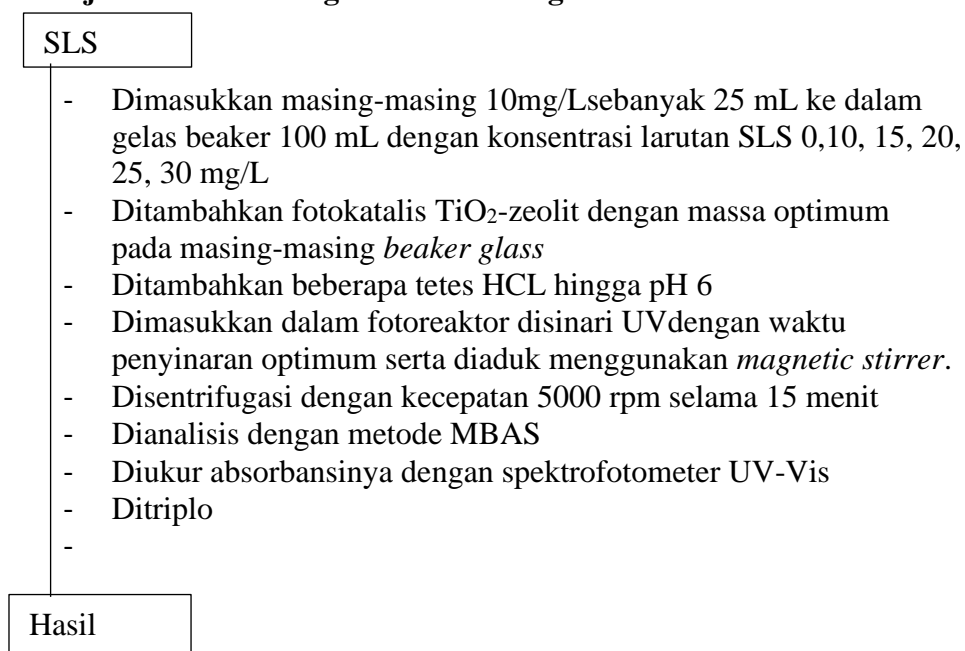


### 14.2 Uji aktivitas fotodegradasi SLS dengan variasi massa





### 14.3 Uji aktivitas fotodegradasi SLS dengan variasi konsentrasi



### **lampiran 3. Prosedur Methylene Blue Active Substance (MBAS)**

#### **L.3.1 Pembuatan Larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6N**

Sebanyak 20 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat ditempatkan dalam gelas kimia 200 mL yang dilarutkan dengan 120 mL air suling dan kemudian dihomogenkan.

#### **L.3.2 Pembuatan Larutan Metilen Biru**

Hingga 100 mg metilen biru dilarutkan dalam 100 ml air suling kemudian dihomogenkan. Sebanyak 30 ml larutan tersebut dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml, tambahkan 500 ml air suling, 41 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6N dan 50 g natrium fosfat monohidrat (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O), kocok hingga larut sempurna dan tambahkan air suling sampai batas kemudian dihomogenkan.

#### **L.3.3 Pembuatan Larutan Pencuci**

Sebanyak 41 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6N dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml yang dilarutkan dengan 500 ml air suling dan ditambahkan 50gram natrium

dihidrogen fosfat monohidrat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dikocok hingga larut sempurna, kemudian ditambahkan air sulingan hingga tanda batas tepat, kemudian dihomogenkan.

#### **L.3.4 Pembuatan Larutan induk *Sodium lauryl sulfat* 1000 ppm**

Sebanyak 1gram SLS zat aktif 100% dilarutkan dengan 100 ml air suling dalam labu ukur 1000 ml, kemudian ditambahkan air suling sampai tanda tepat, kemudian dihomogenkan.

#### **L.3.5 Pembuatan Larutan Induk *Sodium lauryl sulfat* 100 ppm**

Sebanyak 10 ml larutan induk surfaktan SLS 1000 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kemudian dihomogenkan.

#### **L.3.6 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum**

Larutan standar SLS 10 ppm sebanyak 2,5 mL dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL lalu diencerkan dengan akuades hingga tanda batas. Kemudian dilakukan prosedur MBAS. Terakhir absorbansi warna hasil ekstraksi larutan standar SLS diukur dengan kloroform sebagai blanko pada panjang gelombang 400 sampai 800 nm.

#### **L.3.7 Pembuatan Larutan SLS 0,10, 15, 20, 25, dan 30 mg/L**

Sebanyak jumlah 0; 5; 7.5; 10, 12,5; 15 mL masukkan larutan standar surfaktan anionik 100 ppm dalam setiap labu ukur 50ml, isi dengan air suling sampai tanda batas, untuk mendapatkan kadar surfaktan anionik 0,10, 15, 20, 25 dan 30 dalam ppm SLS.

#### **lampiran 4. Perhitungan**

##### **1. Pembuatan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N dan 6N**

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>            96%

Berat Jenis        :1,84 g/mL

Berat Molekul : 98,08 g/mL

$$\text{Normalitas } H_2SO_4 = \frac{((10 \times 96\% \times 1,84)2)}{98,08} = 36 N$$

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6N

Volume            : 120 mL

N1                 : 6 N

N2                 : 1N

$$V1 \times N1 = V2 \times N2$$

$$V1 = \frac{V2 \times N2}{N1} = \frac{120 \times 6}{36} = 20 \text{ mL}$$

##### **2. Pembuatan Larutan Baku SLS 100 ppm**

M1    : 1000 ppm

M2    : 100 ppm

V2    : 100 mL

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1} = \frac{100 \times 100}{1000} = 10 \text{ mL}$$

##### **3. Pembuatan Larutan SLS 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30 ppm**

a. 5 ppm

M1    : 100 ppm

M2    : 10 ppm

V2 : 50 mL

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1} = \frac{50 \times 5}{100} = 2,5 \text{ mL}$$

b. 10 ppm

M1 : 100 ppm

M2 : 10 ppm

V2 : 50 mL

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1} = \frac{50 \times 10}{100} = 5 \text{ mL}$$

c. 15 ppm

M1 : 100 ppm

M2 : 15 ppm

V2 : 50 mL

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1} = \frac{50 \times 15}{100} = 7,5 \text{ mL}$$

d. 20 ppm

M1 : 100 ppm

M2 : 20 ppm

V2 : 50 mL

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1} = \frac{50 \times 20}{100} = 10 \text{ mL}$$

e. 25 ppm

M1 : 100 ppm

M2 : 25 ppm

V2 : 50 mL

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1} = \frac{50 \times 25}{100} = 12,5 \text{ mL}$$

f. 30 ppm

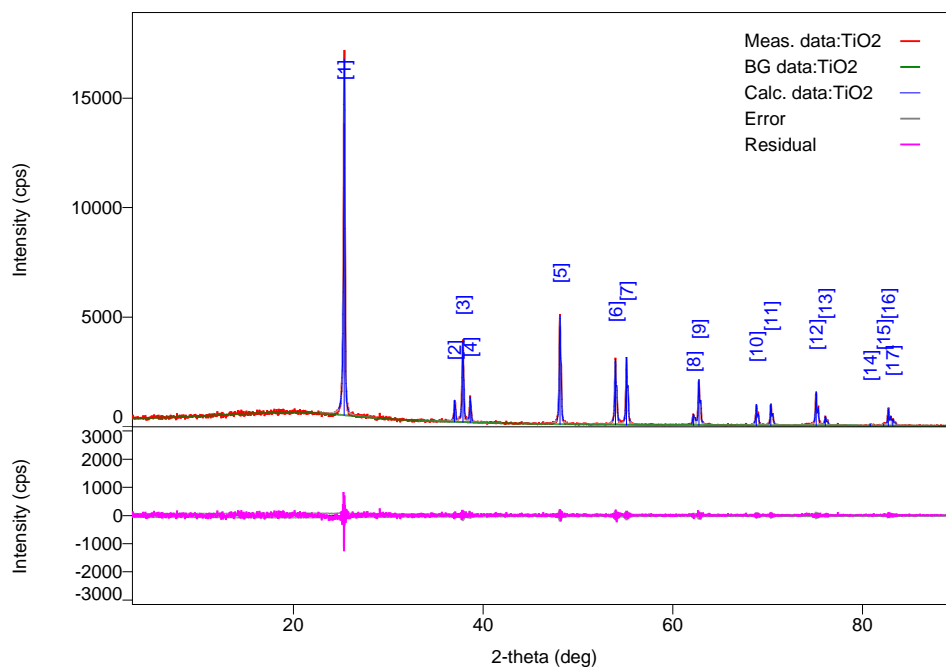
M1 : 100 ppm

M2 : 30 ppm

V2 : 50 mL

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1} = \frac{50 \times 30}{100} = 15 \text{ mL}$$

## lampiran 5. Hasil karakterisasi XRD



Gambar L.5.1 Difraktogram TiO<sub>2</sub> anatase

Gambar L.5.2 Difraktogram TiO<sub>2</sub> anatase

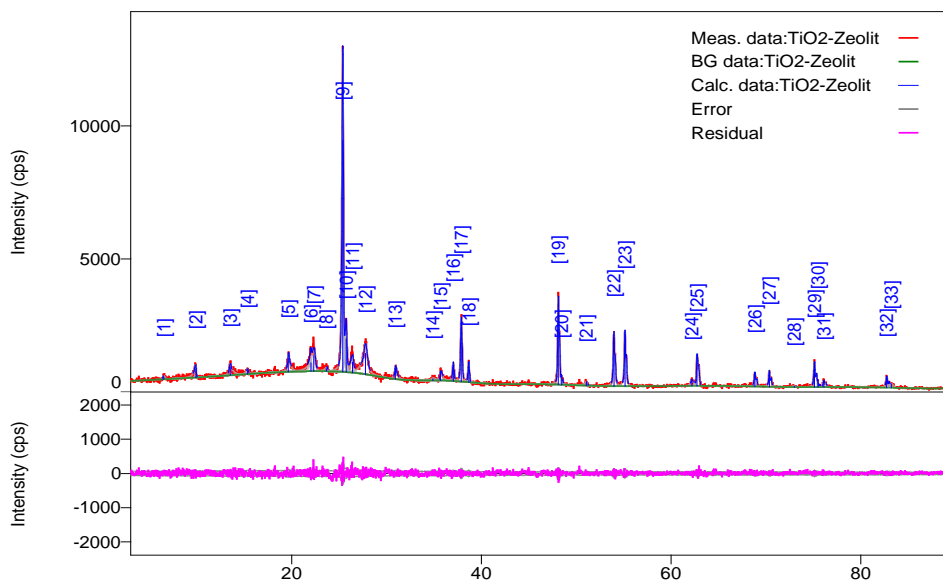
### L.5.1 TiO<sub>2</sub> Anatase

Tabel L.5.1 TiO<sub>2</sub> Anatase

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.)   | Height(cps) | FWHM(deg) |
|-----|--------------|-----------|-------------|-----------|
| 1   | 25.337(3)    | 3.5124(3) | 13328(333)  | 0.119(4)  |
| 2   | 36.980(4)    | 2.4289(2) | 845(84)     | 0.115(10) |
| 3   | 37.856(6)    | 2.3747(4) | 2897(155)   | 0.143(7)  |
| 4   | 38.616(5)    | 2.3297(3) | 975(90)     | 0.109(8)  |
| 5   | 48.091(4)    | 1.8904(6) | 4452(193)   | 0.130(4)  |
| 6   | 53.935(6)    | 1.6986(1) | 2717(150)   | 0.136(6)  |
| 7   | 55.114(5)    | 1.6650(5) | 2845(154)   | 0.129(5)  |
| 8   | 62.165(7)    | 1.4920(4) | 447(61)     | 0.159(17) |
| 9   | 62.742(6)    | 1.4796(9) | 1941(127)   | 0.142(5)  |
| 10  | 68.799(10)   | 1.3634(5) | 898(87)     | 0.138(11) |
| 11  | 70.332(9)    | 1.3374(4) | 947(89)     | 0.140(8)  |
| 12  | 75.106(7)    | 1.2638(3) | 1464(110)   | 0.135(11) |
| 13  | 76.062(5)    | 1.2503(0) | 385(57)     | 0.153(17) |
| 14  | 80.801(15)   | 1.1884(9) | 74(25)      | 0.13(4)   |
| 15  | 82.22(2)     | 1.1715(3) | 80(26)      | 0.22(5)   |

|    |            |          |         |           |
|----|------------|----------|---------|-----------|
| 16 | 82.712(9)  | 1.16581( | 748(79) | 0.158(8)  |
| 17 | 83.188(11) | 1.16035( | 294(49) | 0.183(16) |

### L.5.2 TiO<sub>2</sub>-zeolit



Gambar L.5.3 Difraktogram TiO<sub>2</sub>-zeolit

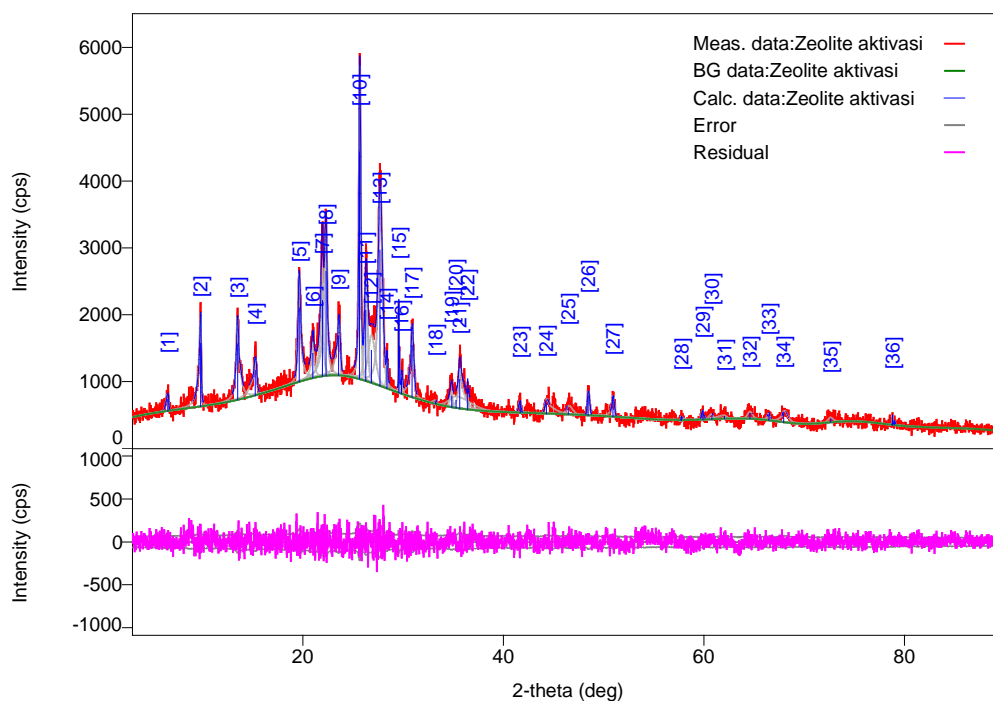
Gambar L.5.4 Difraktogram TiO<sub>2</sub>-zeolit

Tabel L.5.2 TiO<sub>2</sub>-zeolit

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.)   | Height(cps) | FWHM(deg) |
|-----|--------------|-----------|-------------|-----------|
| 1   | 6.49(2)      | 13.61(5)  | 93(28)      | 0.24(7)   |
| 2   | 9.879(7)     | 8.946(7)  | 326(52)     | 0.25(4)   |
| 3   | 13.51(3)     | 6.547(16) | 302(50)     | 0.29(5)   |
| 4   | 15.34(8)     | 5.77(3)   | 140(34)     | 0.22(9)   |
| 5   | 19.642(7)    | 4.5160(1) | 503(65)     | 0.21(4)   |
| 6   | 22.003(14)   | 4.036(3)  | 324(52)     | 0.19(5)   |
| 7   | 22.33(3)     | 3.978(5)  | 595(70)     | 0.45(5)   |
| 8   | 23.66(4)     | 3.758(6)  | 106(30)     | 0.28(18)  |
| 9   | 25.383(5)    | 3.5060(7) | 8708(269)   | 0.171(4)  |
| 10  | 25.740(8)    | 3.4583(1) | 1250(102)   | 0.21(3)   |
| 11  | 26.398(15)   | 3.3735(1) | 407(58)     | 0.34(4)   |
| 12  | 27.75(3)     | 3.212(3)  | 789(81)     | 0.50(3)   |

|    |            |           |           |           |
|----|------------|-----------|-----------|-----------|
| 13 | 30.937(17) | 2.8882(1) | 407(58)   | 0.17(4)   |
| 14 | 34.86(11)  | 2.571(8)  | 61(22)    | 0.6(2)    |
| 15 | 35.68(2)   | 2.5141(1) | 325(52)   | 0.14(4)   |
| 16 | 37.046(4)  | 2.4247(3) | 553(68)   | 0.128(18) |
| 17 | 37.865(6)  | 2.3741(3) | 2036(130) | 0.137(7)  |
| 18 | 38.656(9)  | 2.3273(5) | 619(72)   | 0.137(11) |
| 19 | 48.107(4)  | 1.88989(  | 3040(159) | 0.132(5)  |
| 20 | 48.446(7)  | 1.8774(2) | 255(46)   | 0.071(17) |
| 21 | 51.07(2)   | 1.7871(7) | 118(31)   | 0.21(11)  |
| 22 | 53.961(7)  | 1.6979(2) | 1844(124) | 0.141(7)  |
| 23 | 55.135(5)  | 1.66444(  | 1952(128) | 0.119(6)  |
| 24 | 62.18(3)   | 1.4916(6) | 219(43)   | 0.18(5)   |
| 25 | 62.724(4)  | 1.48008(  | 1164(98)  | 0.157(10) |
| 26 | 68.815(17) | 1.3632(3) | 509(65)   | 0.149(16) |
| 27 | 70.353(13) | 1.3371(2) | 592(70)   | 0.128(16) |
| 28 | 72.97(3)   | 1.2955(5) | 45(19)    | 0.22(10)  |
| 29 | 75.103(10) | 1.26387(  | 917(87)   | 0.155(9)  |
| 30 | 75.464(6)  | 1.25871(  | 187(39)   | 0.053(18) |
| 31 | 76.09(2)   | 1.2499(3) | 253(46)   | 0.16(2)   |
| 32 | 82.708(14) | 1.16586(  | 400(58)   | 0.152(17) |
| 33 | 83.20(2)   | 1.1603(3) | 158(36)   | 0.25(5)   |

### L.5.3 Zeolit Aktivasi





**Tabel L.5.3 Zeolit Aktivasi**

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.)     | Height(cps) | FWHM(deg) |
|-----|--------------|-------------|-------------|-----------|
| 1   | 6.56(4)      | 13.47(8)    | 175(38)     | 0.29(4)   |
| 2   | 9.826(18)    | 8.994(16)   | 948(89)     | 0.22(3)   |
| 3   | 13.506(14)   | 6.551(7)    | 838(84)     | 0.32(2)   |
| 4   | 15.27(3)     | 5.799(11)   | 376(56)     | 0.40(4)   |
| 5   | 19.649(18)   | 4.514(4)    | 1107(96)    | 0.31(2)   |
| 6   | 21.010(14)   | 4.225(3)    | 373(56)     | 0.30(5)   |
| 7   | 21.945(12)   | 4.047(2)    | 1135(97)    | 0.25(3)   |
| 8   | 22.318(15)   | 3.980(3)    | 1564(114)   | 0.32(3)   |
| 9   | 23.590(10)   | 3.7683(17)  | 592(70)     | 0.31(3)   |
| 10  | 25.668(5)    | 3.4678(7)   | 3399(168)   | 0.200(9)  |
| 11  | 26.292(8)    | 3.3869(11)  | 1057(94)    | 0.32(3)   |
| 12  | 26.84(4)     | 3.319(5)    | 485(64)     | 0.81(16)  |
| 13  | 27.695(8)    | 3.2185(9)   | 2034(130)   | 0.475(13) |
| 14  | 28.381(11)   | 3.1422(11)  | 343(54)     | 0.13(3)   |
| 15  | 29.5770(18)  | 3.01779(18) | 1320(105)   | 0.042(4)  |
| 16  | 29.853(15)   | 2.9905(14)  | 234(44)     | 0.16(4)   |
| 17  | 30.89(2)     | 2.892(2)    | 779(81)     | 0.31(3)   |
| 18  | 33.25(8)     | 2.692(6)    | 39(18)      | 0.4(2)    |
| 19  | 34.88(2)     | 2.5704(14)  | 169(37)     | 0.27(6)   |
| 20  | 35.30(7)     | 2.541(5)    | 115(31)     | 2.5(2)    |
| 21  | 35.64(4)     | 2.517(3)    | 436(60)     | 0.35(6)   |
| 22  | 36.457(11)   | 2.4625(7)   | 234(44)     | 0.03(3)   |
| 23  | 41.695(19)   | 2.1645(9)   | 129(33)     | 0.22(6)   |
| 24  | 44.31(8)     | 2.043(4)    | 155(36)     | 0.54(12)  |
| 25  | 46.47(4)     | 1.9525(17)  | 90(27)      | 0.70(13)  |
| 26  | 48.47(5)     | 1.8767(17)  | 293(49)     | 0.22(4)   |
| 27  | 50.95(6)     | 1.791(2)    | 242(45)     | 0.25(9)   |
| 28  | 57.77(3)     | 1.5946(8)   | 64(23)      | 0.11(8)   |
| 29  | 59.901(18)   | 1.5429(4)   | 119(31)     | 0.17(6)   |
| 30  | 60.80(5)     | 1.5222(12)  | 59(22)      | 0.39(17)  |
| 31  | 62.06(12)    | 1.494(3)    | 35(17)      | 1.1(6)    |
| 32  | 64.59(5)     | 1.4417(10)  | 78(25)      | 0.53(16)  |
| 33  | 66.50(3)     | 1.4049(5)   | 87(27)      | 0.26(9)   |
| 34  | 67.97(4)     | 1.3781(7)   | 130(33)     | 0.56(13)  |
| 35  | 72.6(2)      | 1.301(4)    | 56(22)      | 0.5(3)    |
| 36  | 78.815(18)   | 1.2134(2)   | 151(35)     | 0.05(3)   |

**L.5.4 Perhitungan Ukuran Kristal**

**persamaan Debye-Scherrer.**

$$D = \frac{(k\lambda)}{(\beta \cos \theta)}$$

Dimana:

D = ukuran partikel (nm)

k = konstanta (0,9)

$\theta$  = sudut difraksi dengan intensitas tertinggi

$\lambda$  = Panjang gelombang radiasi (nm)

$\beta$  = integrasi luas puncak rrefleksi (FTWHM, radian)

1. TiO<sub>2</sub>

Diketahui:

$$\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$$

$$\theta = \frac{25,337}{2}$$

$$= 12,668$$

$$\text{Cos } \theta = 0,975$$

$$\beta \text{ (FWHM)} = \frac{0,119}{180^\circ} \times 3,14$$

$$= 0,00207$$

Ditanya:

$$D = ?$$

Jawab:

$$D = \frac{(k\lambda)}{(\beta \text{ Cos } \theta)}$$

$$D = \frac{(0,9 \times 1,54060 \text{ \AA})}{(0,00207 \times 0,975)}$$

$$D = 687,00 \text{ \AA} \cong 68,70 \text{ nm}$$

2. TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam

Diketahui:

$$\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$$

$$\theta = \frac{25,383}{2}$$

$$= 12,6915$$

$$\text{Cos } \theta = 0,975$$

$$\beta \text{ (FWHM)} = \frac{0,171}{180^\circ} \times 3,14$$

$$= 0,00298$$

3. TiO<sub>2</sub>-Zeolit Alam = ?

Diketahui: Jawab:

$$\lambda = \frac{(k\lambda)}{(\beta \text{ Cos } \theta)}$$

$$D = \frac{1,54060 \text{ \AA}}{(0,00298 \times 0,975)}$$

$$\theta = \frac{25,383}{2}$$

$$= \frac{(0,9 \times 1,54060 \text{ \AA})}{(0,00298 \times 0,975)}$$

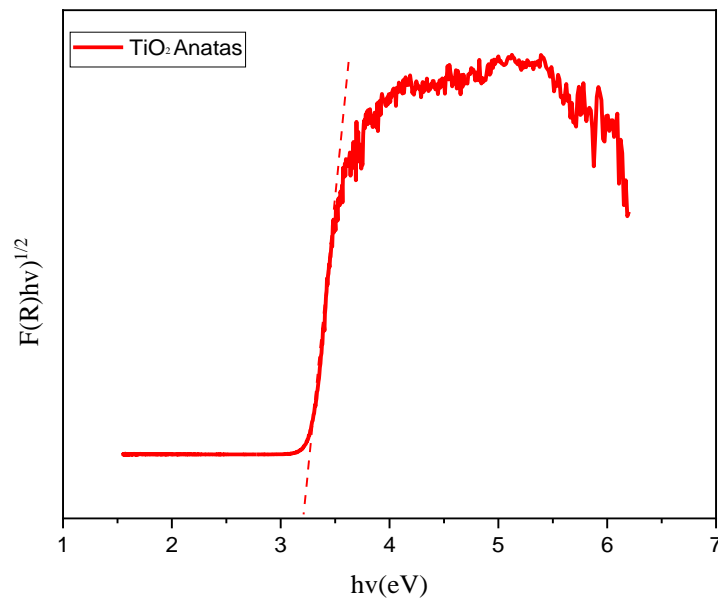
$$\text{Cos } \theta = 0,975$$

$$\beta \text{ (FWHM)} = \frac{0,171}{180^\circ} \times 3,14$$

$$= 0,00298$$

## Lampiran 6. Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS

### L.6.1 TiO<sub>2</sub>-Anatas



Gambar L.6 1 Nilai energi bad gap TiO<sub>2</sub> Anatas

$$E = 3,21\text{eV}$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \rightarrow 4,136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Ditanya:

$$\lambda = ?$$

Jawab:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

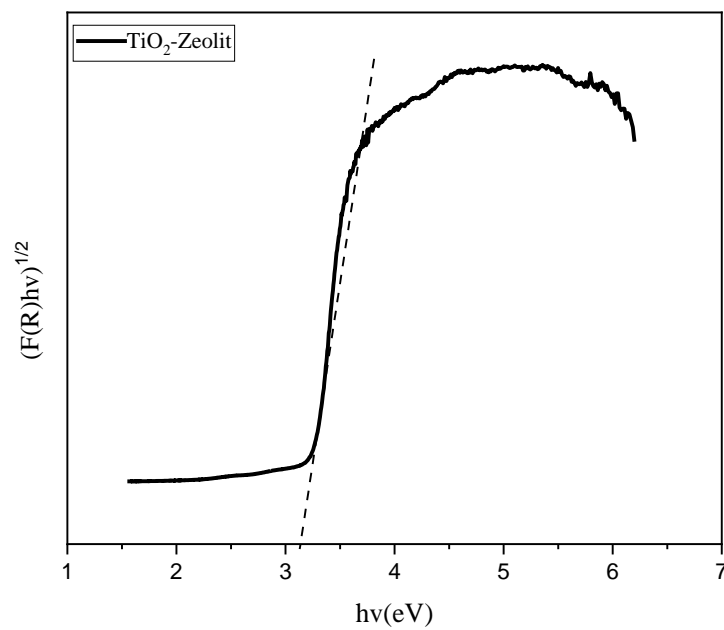
$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

$$\lambda = \frac{(4,136 \times 10^{-15} \text{ eVs}) \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{3,21 \text{ eV}}$$

$$\lambda = 3,865 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 386,54 \text{ nm}$$

### L.6.2 TiO<sub>2</sub>-Zeolit



Gambar L.6 2 Nilai energi bad gap TiO<sub>2</sub>-zeolit

$$E = 3.13 \text{ eV}$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \rightarrow 4,136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Ditanya:

$$\lambda = ?$$

Jawab:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E}$$

$$\lambda = \frac{(4,136 \times 10^{-15} \text{ eVs}) \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{3,13 \text{ eV}}$$

$$\lambda = 3,964 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 396,42 \text{ nm}$$

### L.6.3 Zeolit Aktivasi

$$E = 3.06 \text{ eV}$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js} \rightarrow 4,136 \times 10^{-15} \text{ eVs}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Ditanya:

$$\lambda = ?$$

Jawab:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{(4,136 \times 10^{-15} \text{ eVs}) \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})}{3,06 \text{ eV}}$$

$$\lambda = 4,054 \times 10^{-7} \text{ m}$$

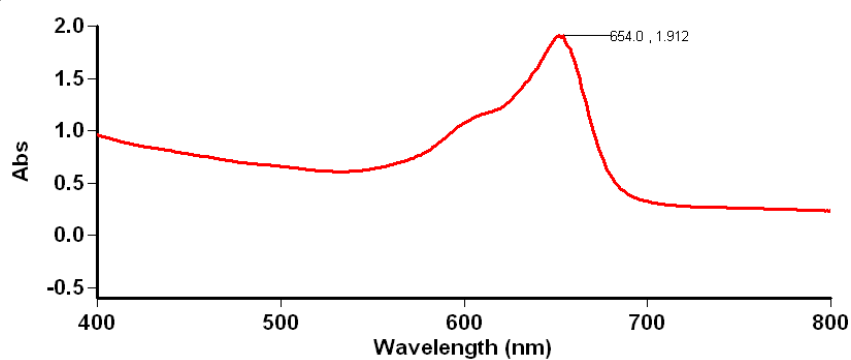
$$\lambda = 405,49 \text{ nm}$$

## lampiran 7. Aktivitas fotodegradasi SLS

### L.7.1 Panjang Gelombang Maksimum SLS

Lamdha Maks SLS

Tanggal Analisa : 30 Maret 2023



## Scan Analysis Report

Report Time : Thu 30 Mar 01:51:28 PM 2023

Method:

Batch: D:\Mahasiswa On Going\Aidina\Lamdha Maks SLS (30-03-2023).DSW

Software version: 3.00(339)

Operator: Rika

### Sample Name: SLS

Collection Time 3/30/2023 1:51:30 PM

Peak Table

|                |                    |
|----------------|--------------------|
| Peak Style     | Peaks              |
| Peak Threshold | 0.0100             |
| Range          | 800.0nm to 200.0nm |

| Wavelength (nm) | Abs |
|-----------------|-----|
|-----------------|-----|

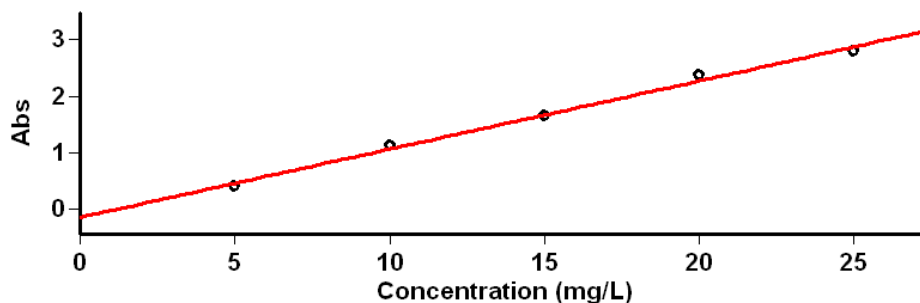
---

|       |        |
|-------|--------|
| 654.0 | 1.912  |
| 652.0 | 1.909  |
| 294.0 | 2.390  |
| 240.9 | 3.955  |
| 237.0 | 4.192  |
| 229.0 | 10.000 |
| 227.0 | 10.000 |
| 217.0 | 4.060  |
| 213.0 | 3.957  |
| 208.9 | 4.183  |
| 205.0 | 3.714  |
| 203.0 | 4.171  |

## L.7.2 Penentuan Kurva Standar SLS

Kurva Standar SLS

Tanggal Analisa : 24 Mei 2023



## Concentration Analysis Report

Report time 5/24/2023 10:38:29 AM  
Method  
Batch name D:\Mahasiswa On Going\Aidina\Kurva Standar SLS  
(24-05-2023).BCN  
Application Concentration 3.00 (339)  
Operator Rika

### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
Instrument version no. 3.00

Wavelength (nm) 654.0  
 Ordinate Mode Abs  
 Ave Time (sec) 0.1000  
 Replicates 3  
 Standard/Sample averaging OFF  
 Weight and volume corrections OFF  
 Fit type Linear  
 Min R<sup>2</sup> 0.95000  
 Concentration units mg/L

Comments:

### Zero Report

| Read | Abs      | nm    |
|------|----------|-------|
| Zero | (0.3334) | 654.0 |

### Calibration

Collection time 5/24/2023 10:38:46 AM

| Standard | Concentration mg/L | F | Mean   | SD     | %RSD | Readings |
|----------|--------------------|---|--------|--------|------|----------|
| Std 1    | 5.0                |   | 0.4086 | 0.0034 | 0.82 | 0.4048   |
|          |                    |   |        |        |      | 0.4100   |
|          |                    |   |        |        |      | 0.4111   |
| Std 2    | 10.0               |   | 1.1187 | 0.0084 | 0.75 | 1.1284   |
|          |                    |   |        |        |      | 1.1147   |
|          |                    |   |        |        |      | 1.1130   |
| Std 3    | 15.0               |   | 1.6439 | 0.0072 | 0.44 | 1.6383   |
|          |                    |   |        |        |      | 1.6414   |
|          |                    |   |        |        |      | 1.6521   |
| Std 4    | 20.0               |   | 2.3639 | 0.0518 | 2.19 | 2.3158   |
|          |                    |   |        |        |      | 2.4187   |
|          |                    |   |        |        |      | 2.3573   |
| Std 5    | 25.0               |   | 2.7986 | 0.1445 | 5.16 | 2.9290   |
|          |                    |   |        |        |      | 2.6432   |
|          |                    |   |        |        |      | 2.8236   |

Calibration eqn Abs = 0.12050\*Conc -0.14079  
 Correlation Coefficient 0.99435  
 Calibration time 5/24/2023 10:39:48 AM

### Results Flags Legend

U = Uncalibrated O = Overage  
 N = Not used in calibration R = Repeat reading

## L.7.3 Perhitungan Uji Aktivitas Fotodegradasi Sodium lauryl sulfate

### 1. Perhitungan Variasi Waktu Penyinaran

| Waktu penyinaran (menit) | Absobansi | Absorbansi Rata-Rata | C <sub>0</sub> (ppm) | C <sub>t</sub> (ppm) | % Degradasi |
|--------------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|
|--------------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|



|     | I      | II     | III    |        |        |        |       |  |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--|
| 20  | 1,4827 | 1,4879 | 1,4574 | 1,4760 | 24,995 | 13,245 | 47,01 |  |
| 40  | 0,8007 | 0,8958 | 0,8239 | 0,8401 | 25,382 | 7,7871 | 69,32 |  |
| 60  | 0,5751 | 0,5622 | 0,5535 | 0,5636 | 24,853 | 5,4137 | 78,22 |  |
| 80  | 0,6118 | 0,6533 | 0,6435 | 0,6362 | 25,131 | 6,0369 | 75,98 |  |
| 100 | 0,7597 | 0,7553 | 0,7601 | 0,7583 | 24,845 | 7,0849 | 71,48 |  |

Perhitungan nilai persen degradasi:

a. Waktu penyinaran 20 menit

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,4760 = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,4760 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 13,245$$

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{24,995 - 13,245}{24,995} \times 100\% \\ &= 47,01\% \end{aligned}$$

b. Waktu penyinaran 40 menit

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,8401 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,8401 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 7,7871$$

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{25,382 - 7,7871}{25,382} \times 100\% \\ &= 69,32\% \end{aligned}$$

c. Waktu penyinaran 60 menit

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5636 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5636 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 5,4137$$

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{24,853 - 5,4137}{24,853} \times 100\% \\ &= 78,22\% \end{aligned}$$

d. Waktu penyinaran 80 menit

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,6362 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,6362 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 6,03691$$

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{25,131 - 6,03691}{25,131} \times 100\% \\ &= 75,98\% \end{aligned}$$

e. Waktu penyinaran 100 menit

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,7583 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,7583 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 7,0849$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{24,845 - 7,0849}{24,845} \times 100\%$$

$$= 71,48\%$$

## 2. Perhitungan Variasi Massa Fotokatalis

| Massa<br>Fotokatalis<br>(mg) | Absorbansi |        |        | Absorbansi<br>Rata-Rata | C <sub>0</sub><br>(ppm) | C <sub>t</sub><br>(ppm) | %<br>Degradasi |
|------------------------------|------------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                              | I          | II     | III    |                         |                         |                         |                |
| 25                           | 0,6630     | 0,5951 | 0,6090 | 0,6223                  | 24,853                  | 5,9175                  | 76,1898        |
| 50                           | 0,5751     | 0,5622 | 0,5535 | 0,5636                  | 24,720                  | 5,4137                  | 78,0999        |
| 75                           | 0,6526     | 0,6579 | 0,6954 | 0,6686                  | 24,719                  | 6,3150                  | 74,4531        |
| 100                          | 0,7126     | 0,7365 | 0,7403 | 0,7298                  | 25,341                  | 6,8403                  | 73,0075        |
| 125                          | 0,7876     | 0,7611 | 0,7454 | 0,7647                  | 25,341                  | 7,1399                  | 71,8254        |

Perhitungan nilai persen degradasi:

a. Massa fotokatalis 25 mg

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,6223 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,6223 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 5,9176$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{24,853 - 5,9176}{24,853} \times 100\%$$

$$= 76,18\%$$

b. Massa fotokatalis 50 mg

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5636 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5636 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 5,4137$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{24,720 - 5,4137}{24,720} \times 100\%$$

$$= 78,09\%$$

c. Massa fotokatalis 75 mg

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,6686 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,6686 + 0,0671 = 0,1205x$$

$$x = 6,3150$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{24,719 - 6,3150}{24,719} \times 100\%$$

$$= 74,45\%$$

d. Massa fotokatalis 100 mg

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,7298 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,7298 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 6,8403$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{25,341 - 6,8403}{25,341} \times 100\%$$

$$= 73,00\%$$

e. Massa fotokatalis 125 mg

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,7647 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,7647 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 7,1391$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{25,341 - 7,5136}{25,341} \times 100\%$$

$$= 71,25\%$$

### 3. Perhitungan Variasi Konsentrasi Sodium lauryl sulfate

| Konsentrasi<br>SLS<br>(ppm) | Absorbansi |        |        | Absorbansi<br>Rata-Rata | C <sub>0</sub><br>(ppm) | C <sub>t</sub><br>(ppm) | %<br>Degradasi |
|-----------------------------|------------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
|                             | I          | II     | III    |                         |                         |                         |                |
| 5                           | 0,3351     | 0,3214 | 0,3600 | 0,3388                  | 4,4841                  | 3,4841                  | 22,3009        |
| 10                          | 0,4995     | 0,4242 | 0,4629 | 0,4622                  | 10,419                  | 4,5433                  | 56,3967        |
| 15                          | 0,5070     | 0,5174 | 0,5141 | 0,5128                  | 14,848                  | 4,9776                  | 66,4778        |
| 20                          | 0,5566     | 0,5430 | 0,5364 | 0,5453                  | 20,628                  | 5,2566                  | 74,5173        |
| 25                          | 0,5751     | 0,5622 | 0,5535 | 0,5636                  | 24,720                  | 5,4137                  | 78,0999        |
| 30                          | 1,4827     | 1,4878 | 1,4574 | 1,4759                  | 30,471                  | 13,244                  | 56,5340        |

Perhitungan nilai konsentrasi sodium lauryl sulfate control:

a. Konsentrasi sodium lauryl sulfate 5 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,4553 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,4553 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$X = 4,4841$$

b. Konsentrasi sodium lauryl sulfate 10 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,1468 = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,1468 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 10,419$$

c. Konsentrasi sodium lauryl sulfate 15 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,6628 = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,6628 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 14,848$$

d. Konsentrasi sodium lauryl sulfate 20 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$2,3361 = 0,1165x - 0,0671$$

$$2,3361 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 20,6283$$

e. Konsentrasi sodium lauryl sulfate 25 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$2,8128 = 0,1165x - 0,0671$$

$$2,8128 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 24,720$$

f. Konsentrasi sodium lauryl sulfate 30 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$3,4828 = 0,1165x - 0,0671$$

$$3,4828 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 30,471$$

Perhitungan nilai persen degradasi:

a. Konsentrasi sodium laury sulfate 5 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,3388 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,3388 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 3,4841$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{4,4841 - 3,4841}{4,4841} \times 100\%$$

$$= 22,30\%$$

b. Konsentrasi sodium laury sulfate 10 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,4622 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,4622 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 4,5433$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{10,4197 - 4,5433}{10,4197} \times 100\%$$

$$= 56,396\%$$

c. Konsentrasi sodium laury sulfat 15 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5128 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5128 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 4,9776$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{14,849 - 4,9776}{14,849} \times 100\%$$

$$= 66,47\%$$

d. Konsentrasi sodium laury sulfat 20 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5453 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5453 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 5,2566$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{20,554 - 5,6929}{20,554} \times 100\% =$$

$$72,302\%$$

e. Konsentrasi sodium laury sulfat 25 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5636 = 0,1165x - 0,0671$$

$$0,5636 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 5,4137$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$



$$= \frac{24,720 - 5,4137}{24,720} \times 100\%$$

$$= 78,53\%$$

f. Konsentrasi sodium laury sulfat 30 ppm

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,4759 = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,4759 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$x = 5,4137$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

$$= \frac{30,471 - 13,244}{30,471} \times 100\%$$

$$= 56,53\%$$

#### 4. Uji fotodegradasi Sodium lauryl sulfat pada Kondisi Optimum

| Perlakuan                    | Absorbansi |        |        | Absorbansi<br>Rata-Rata | C <sub>0</sub><br>(ppm) | C <sub>t</sub><br>(ppm) | %<br>Dgradasi |
|------------------------------|------------|--------|--------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
|                              | I          | II     | III    |                         |                         |                         |               |
| TiO <sub>2</sub>             | 1,6684     | 1,6602 | 1,6597 | 1,6628                  | 24,72                   | 14,84893                | 39,9315       |
| Zeolit                       | 1,3283     | 1,3286 | 1,3243 | 1,3270                  | 24,72                   | 11,96652                | 51,5917       |
| TiO <sub>2</sub> -<br>zeolit | 0,5751     | 0,5622 | 0,5535 | 0,5636                  | 24,72                   | 5,413734                | 78,0998       |
| Tanpa<br>Katalis             | 2,5136     | 2,4426 | 2,5610 | 2,5057                  | 24,72                   | 22,08412                | 10,6634       |

a. TiO<sub>2</sub>

$$y = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,6628 = 0,1165x - 0,0671$$

$$1,6628 + 0,0671 = 0,1165x$$

$$\begin{aligned}
 x &= 14,848 \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{24,72 - 14,848}{24,72} \times 100\% \\
 &= 39,93\%
 \end{aligned}$$

## b. Zeolit

$$\begin{aligned}
 y &= 0,1165x - 0,0671 \\
 1,3270 &= 0,1165x - 0,0671 \\
 1,3270 + 0,0671 &= 0,1165x \\
 x &= 11,966 \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{24,72 - 11,966}{24,72} \times 100\% \\
 &= 51,59\%
 \end{aligned}$$

## c. Tanpa Katalis

$$\begin{aligned}
 y &= 0,1165x - 0,0671 \\
 2,5057 &= 0,1165x - 0,0671 \\
 2,5057 + 0,0671 &= 0,1165x \\
 x &= 22,084 \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{24,72 - 22,084}{24,72} \times 100\% \\
 &= 10,66\%
 \end{aligned}$$

**lampiran 8. Dokumentasi**

Penghalusan  
zeolite Alam



Perendaman  
zeolite selama  
3 jam



Pencucian  
zeolite dengan  
akuades



Sintesis  $\text{TiO}_2$ -  
zeolit



Kalsinasi  $\text{TiO}_2$ -  
Zeolit



Setelah  
degradasi



Metode  
analisis MBAS