

UJI AKTIVITAS FOTODEGRADASI LIMBAH *NATRIUM LAURYL SULFATE* (NaLS) MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO_2 -KARBON AKTIF

SKRIPSI

Oleh:
DEBY GITA SHAVIRA
NIM. 19630065



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

UJI AKTIVITAS FOTODEGRADASI LIMBAH *NATRIUM LAURYL SULFATE* (NaLS) MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO_2 -KARBON AKTIF

SKRIPSI

**Oleh :
DEBY GITA SHAVIRA
NIM. 19630065**

**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 IBRAHIM
MALANG
2023**

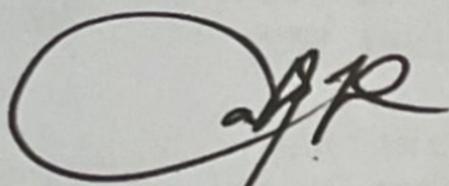
UJI AKTIVITAS FOTODEGRADASI LIMBAH *NATRIUM LAURYL SULFATE* (NaLS) MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO_2 -KARBON AKTIF

SKRIPSI

Oleh :
DEBY GITA SHAVIRA
NIM. 19630065

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 07 November 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Akyunul Jannah, S.Si., M.P
NIP. 19750410 200501 2 009



Mengetahui,
Ketua Program Studi

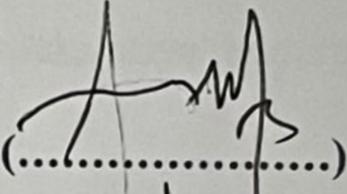
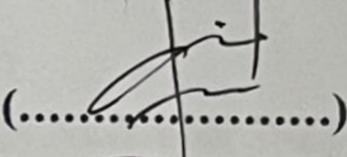
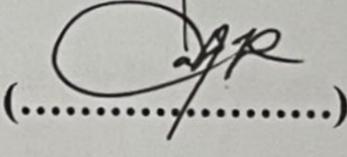
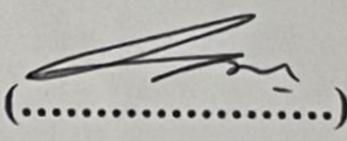
Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

**UJI AKTIVITAS FOTODEGRADASI LIMBAH NATRIUM LAURYL
SULFATE (NaLS) MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO₂-KARBON
AKTIF**

SKRIPSI

**Oleh :
DEBY GITA SHAVIRA
NIM. 19630065**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 07 Desember 2023**

Ketua Penguji	: Dr. Suci Amalia, M.Sc NIP. 19821104 200901 2 007	 (.....)
Anggota Penguji I	: Susi Nurul Khalifah, M.Si NIP. 19851020 201903 2 012	 (.....)
Anggota Penguji II	: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc NIP. 19900906 202321 2 033	 (.....)
Anggota Penguji III	: Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P NIP. 19750410 200501 2 009	 (.....)

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi**



**Rachmawati Nugsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010**



PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : DEBY GITA SHAVIRA

NIM : 19630065

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : “Uji Aktivitas Fotodegradasi Limbah *Natrium Lauryl Sulfate* (NaLS) Menggunakan Fotokatalis TiO_2 -Karbon Aktif”

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, 24 November 2023

Yang Membuat Pernyataan,



Deby Gita Shavira

NIM. 19630065

MOTTO

“Take chances, make mistakes.

That’s how you grow.

Pain nourishes your courage

You have to fail in order to practice being brave.”

- Mary Tayler Mooler

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamin..

Sujud syukur kusembahkan kepadaMu ya Allah yang maha pengasih dan maha kuasa atas segala hal yang telah ditakdirkan untuk saya. Semoga karya sederhana yang ditulis dengan ketulusan saya dapat bermanfaat bagi orang lain.

Karya ini saya persembahkan untuk kedua orang tua tercinta. Untuk Bapak Rully Zainudin terimakasih sudah menginspirasi tentang ketangguhan dalam memperjuangkan cita-cita setinggi mungkin agar dapat menjadi manusia yang bermanfaat bagi banyak orang. Serta untuk Ibu Dewi Anggraeni yang selalu menginspirasi saya untuk menjadi perempuan yang tangguh, mandiri dan beriman. Terimakasih atas segala doa dan ridho dalam setiap langkah perjalanan hidup putrinya ini dengan bekerja keras dan tawakkal untuk memperoleh keberkahan untuk kehidupan di dunia maupun akhirat nanti.

Segala perjuangan hingga di titik ini, ada dukungan dari kedua adik saya (Fildzah dan Syaima) yang dapat memberikan semangat dalam meraih mimpi yang tidak mudah. Semoga dengan kesempatan ini, karya ini dapat dijadikan motivasi untuk kedua adik perempuan saya untuk menggapai cita-cita.

Teruntuk 3 musketeers (Rahma dan Rista) yang selalu berada di samping saya dan siap mendengarkan setiap keluh kesah kehidupan, semoga selalu berada dalam ridho dan lindungan Allah Swt. Semoga selalu bisa memotivasi satu sama lain untuk mewujudkan visi dan misi bersama.

Sahabat saya grup blekping, Vinka dan teman seperbimbingan yang telah memberikan dukungan penuh dan do'a baiknya untuk studi saya sehingga saya bisa sampai di titik sekarang.

Terimakasih untuk almamater Jurusan Kimia UIN Malik Ibrahim Malang yang sudah memberikan kesempatan untuk saya berkembang.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Swt. yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, kami panjatkan puji syukur atas rahmat, hidayah, dan inayah-Nya yang selalu terlimpahkan sehingga terselesaikannya penulisan laporan hasil penelitian ini dengan judul **“Uji Aktivitas Fotodegradasi Limbah *Natrium Lauryl Sulfate* (NaLS) Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Karbon Aktif”**.

Oleh karena itu, penulis menghaturkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. 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 jurusan 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, dan nasihat kepada penulis dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.
5. Ibu Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P selaku dosen pembimbing agama yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis dalam menyelesaikan naskah skripsi ini.
6. Ibu Dr. Suci Amalia, M.Sc dan Ibu Susi Nurul Khalifah, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis hingga naskah skripsi ini selesai.
7. Ibu Lilik Miftahul Khoiroh, M.Si selaku dosen wali yang telah memberikan motivasi beserta nasihan dan dukungan kepada penulis

selama menempuh Pendidikan di Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

8. Seluruh dosen, staf dan laboran yang telah memberikan wawasan dan masukan selama penulis mengenyam Pendidikan di Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
9. Orang tua yang selalu mendukung dan menyayangi penulis. Terimakasih atas segala do'a, kepercayaan, kasih sayang yang selalu diberikan kepada penulis, dan senantiasa memberikan motivasi yang luar biasa sehingga mampu memberikan pencerahan yang sangat berarti.
10. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah berkontribusi dalam memotivasi penulis selama menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini, baik dari segi Bahasa maupun pembahasan. Penulis berharap semoga susunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak orang dan menambah wawasan dalam ilmu pengetahuan. Aamiin.

Malang, 15 November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Natrium Lauryl Sulfate	8
2.2 Fotodegradasi.....	10
2.3 Material Semikonduktor TiO ₂ Anatas	11
2.4 Karbon Aktif.....	14
2.5 Sintesis TiO ₂ -Karbon aktif dengan Metode Sonikasi.....	16
2.5.1 Karakterisasi dengan UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV- Vis DRS).....	18
2.5.2 Karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD)	20
2.6 Perspektif Islam Terhadap Degradasi Limbah Laundry	21
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	24
3.2.1 Alat.....	24
3.2.2 Bahan	24
3.3 Rancangan Penelitian	24
3.4 Tahapan Penelitian	25
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.5.1 Preparasi Karbon Aktif	25
3.5.2 Aktivasi karbon aktif	26
3.5.3 Sintesis TiO ₂ -Karbon Aktif dengan metode sonikasi	26
3.5.4 Karakterisasi	26

3.5.5	Prosedur Uji MBAS (Methylene Blue Active Surfactants).....	27
3.5.6	Uji aktivitas.....	29
3.5.7	Uji Efektivitas Komposit TiO ₂ -Karbon aktif untuk Fotodegradasi NaLS	30
3.5.8	Analisis Data.....	31
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Sintesis Komposit TiO ₂ -Karbon Aktif	33
4.2	Hasil Karakterisasi TiO ₂ -Karbon Aktif.....	34
4.3.1	Karakterisasi XRD.....	34
4.3.2	Karaterisasi UV-Vis DRS.....	36
4.3	Analisa Methylene Blue Active Substances (MBAS)	39
4.4.1	Panjang Gelombang Maksimum	40
4.4.2	Analisis Kurva Standar.....	41
4.4	Uji Aktivitas Fotodegradasi Limbah Surfaktan NaLS	42
4.5.1	Penentuan Lama Waktu Penyinaran.....	42
4.5.2	Penentuan Massa Fotokatalis	43
4.5.3	Penentuan Konsentrasi NaLS	45
4.5	Uji Efektivitas Fotodegradasi	46
4.6	Perspektif Islam Terhadap Uji Fotodegradasi Limbah Surfaktan	49
BAB V	PENUTUP.....	52
5.1	Kesimpulan.....	52
5.2	Saran	52
	DAFTAR PUSTAKA	53
	LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Energi celah pita dan panjang gelombang.....	38
---------------------------------------------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur gugus <i>Natrium Lauryl Sulfate</i>	8
Gambar 2.2 Eksitasi elektron material semikonduktor	12
Gambar 2.3 Nilai energi celah pita, posisi pita valensi, posisi pita konduksi dan potensial redoks dari berbagai semikonduktor.....	13
Gambar 2.4 Struktur kristal TiO ₂ : (a) <i>rutile</i> , (b) <i>anatase</i> , dan (c) <i>brookite</i>	13
Gambar 2.5 SEM Karbon aktif perbesaran 10000x	15
Gambar 2.6 Skema TiO ₂ dan Karbon aktif	17
Gambar 2.7 Hasil karakterisasi UV-Vis DRS TiO ₂ dan TiO ₂ -karbon aktif	19
Gambar 2.8 Ilustrasi penurunan <i>band gap energy</i>	20
Gambar 2.9 Pola difraksi dari, a. TiO ₂ , b. Karbon aktif, c. TiO ₂ -KA 5%, d. TiO ₂ -KA 10%, e. TiO ₂ -KA 15%	21
Gambar 4.1 Karbon aktif yang sudah teraktivasi	33
Gambar 4.2 (a) TiO ₂ anatas, (b) Hasil sintesis TiO ₂ -karbon aktif	34
Gambar 4.3 Hasil karakterisasi puncak XRD TiO ₂ -karbon aktif pada posisi $2\theta = 25^\circ$	35
Gambar 4.4 (a) Hubungan antara reflektansi dengan panjang gelombang, (b) Hubungan antara F(R) dengan panjang gelombang	37
Gambar 4.5 Hasil karakterisasi UV-Vis DRS TiO ₂ -karbon aktif	38
Gambar 4.6 Mekanisme reaksi MBAS.....	39
Gambar 4.7 Panjang gelombang <i>Natrium Lauryl Sulfate</i>	41
Gambar 4.8 Grafik kurva standar <i>Natrium Lauryl Sulfate</i>	41
Gambar 4.9 Hubungan antara persen degradasi dan waktu penyinaran	43
Gambar 4.10 Hubungan antara persen degradasi dan massa fotokatalis	44
Gambar 4.11 Hubungan antara persen degradasi dan konsentrasi <i>Natrium Lauryl Sulfate</i>	45
Gambar 4.12 Hasil uji efektivitas fotokatalis terhadap <i>Natrium Lauryl Sulfate</i>	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisis MBAS	64
Lampiran 2 Rancangan Penelitian.....	65
Lampiran 3 Diagram Alir	66
Lampiran 4 Perhitungan	73
Lampiran 5 Dokumentasi	75
Lampiran 6 Hasil karakterisasi XRD	77
Lampiran 7 Hasil karakterisasi UV-Vis DRS	79
Lampiran 8 Hasil pengukuran absorbansi dengan Spektrofotometer UV-Vis....	81
Lampiran 9 Perhitungan uji aktivitas fotodegradasi <i>Natrium Lauryl Sulfate</i>	84

ABSTRAK

Shavira, Gita, Deby. 2023. Uji Aktivitas Degradasi *Natrium Lauryl Sulfate* (NaLS) Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Karbon Aktif. SKRIPSI. Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc; Pembimbing II: Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P.

Kata kunci : Fotodegradasi, TiO₂, Surfaktan, NaLS, Karbon aktif

Limbah deterjen industri *laundry* yang dibuang ke alam dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan berakibat pada kondisi perairan, sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah salah satunya dengan cara fotodegradasi. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik TiO₂ yang diimbangkan karbon aktif dengan metode sonikasi.

Karakterisasi menggunakan instrumen XRD untuk mengetahui fasa kristal dan pergeseran 2 theta, dan UV-Vis DRS bertujuan untuk mengetahui energi celah pita dan daerah serapan sinar. Serta uji aktivitas fotodegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* menggunakan fotokatalis TiO₂-karbon aktif dengan variasi lama penyinaran, massa optimum fotokatalis dan konsentrasi sampel.

Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa kristal yang dihasilkan berupa fasa anatas dan adanya pergeseran 2 theta dari 25,375 menjadi 25,45. Data UV-Vis DRS didapatkan penurunan nilai band gap dari 3,21 eV menjadi 3,17 eV, dengan serapan paling tinggi pada daerah sinar tampak. Sedangkan, pada pengujian aktivitas fotodegradasi didapatkan waktu penyinaran optimum dengan lampu halogen 20W selama 60 menit dengan %degradasi 70,09%, massa optimum fotokatalis TiO₂-karbon aktif 100 mg, dan konsentrasi optimum dari *Natrium Lauryl Sulfate* sebesar 25 mg/L menghasilkan %degradasi sebesar 74,57%.

ABSTRACT

Shavira, Gita, Deby. 2023. Photodegradation Activity Test of Sodium Lauryl Sulfate (SLS) using TiO₂- Activated carbon as Photocatalyst. Thesis. Chemistry Department, Science and Technology Faculty, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc; Supervisor II: Dr. Akyunul Jannah, S.Si, M.P.

Key words: *Photodegradation, TiO₂, Surfactant, NaLS, Activated carbon*

Laundry industry detergent waste that is thrown into nature can cause a decrease in water quality and impact water conditions, so it is necessary to treat the waste, one of which is by photodegradation. This research aims to determine the characteristic of TiO₂ carried by activated carbon.

Characterized using an XRD instrument to determine the crystal phase and 2 theta shift, and UV-Vis DRS aims to determine the band gap energy and light absorption area. As well as testing the photodegradation activity of Natrium Lauryl Sulfate using a TiO₂-activated carbon photocatalyst with variations in irradiation time, optimum photocatalyst mass and sample concentration.

The XRD characterization results show that the resulting crystals are in the anatase phase and there is a 2 theta shift from 25.375 to 25.45. DRS UV-Vis data showed a decrease in the band gap value from 3.21 eV to 3.17 eV, with the highest absorption in the visible light area. Meanwhile, in the photodegradation activity test, the optimum light time with a 20W halogen lamp was found for 60 minutes with a degradation percentage of 70.09%, the optimum mass of the TiO₂-activated carbon photocatalyst was 100 mg, and the optimum concentration of Natrium Lauryl Sulfate was 25 mg/L resulting in a degradation percentage. amounting to 74.57%.

مستخلص البحث

سافرة، غيتا، دبيي. ٢٠٢٣. نشاط تحلل كبريتات لوريل الصوديوم مع محفز ضوئي TiO_2 -Carbon المنشط. البحث الجامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفه الأول: لؤلؤة الحميدة العليا، الماجستير. المشرفه الثاني: د. أعين الجنة، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: التحلل الضوئي، TiO_2 ، مؤثر سطحي، NaLS، الكربون المنشط.

يمكن أن تتسبب نفايات المنظفات في صناعة الغسيل التي يتم تصريفها في الطبيعة في انخفاض جودة المياه وتؤدي إلى ظروفه، لذلك من الضروري معالجة النفايات، أحدها عن طريق التحلل الضوئي باستخدام TiO_2 -carbon المنشط.

يهدف هذا البحث إلى تحديد خصائص TiO_2 المضمن في الكربون المنشط باستخدام طريقة الصوتنة باستخدام أداة XRD لتحديد الطور البلوري و ٢ ثيتا، ويهدف نظام UV-Vis DRS إلى تحديد طاقة فجوة النطاق ومنطقة امتصاص الضوء. بالإضافة إلى اختبار نشاط التحلل الضوئي لكبريتات لوريل الصوديوم باستخدام محفز ضوئي كربوني منشط TiO_2 مع اختلافات. في وقت التعرض وكتلة المحفز الضوئي الأمثل وتركيز العينة بهدف

تظهر نتائج توصيف XRD أن البلورات الناتجة في مرحلة الأناثاس وهناك تحول ٢ ثيتا من ٣٧٥.٢٥ إلى ٤٥.٢٥. أظهرت بيانات UV-Vis DRS انخفاضاً في قيمة فجوة النطاق من ٢١.٣ فولت إلى ٧١.٣ فولت، مع أعلى امتصاص في منطقة الضوء المرئي. وفي الوقت نفسه، في اختبار نشاط التحلل الضوئي، تم العثور على وقت الإضاءة الأمثل باستخدام مصباح هالوجين بقدرة ٢٠ وات لمدة ٦٠ دقيقة مع نسبة تحلل تبلغ ٠.٩.٧٠٪، وكانت الكتلة المثلى للمحفز الضوئي الكربوني المنشط TiO_2 ١٠٠ مجم، والتركيز الأمثل لكبريتات لوريل الصوديوم ٢٥ ملغم/لتر مما أدى إلى نسبة تحلل بنسبة ٧٤.٥٧٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri *laundry* telah berkembang dengan pesat di dunia, salah satunya yaitu pada kota Malang. Industri tersebut menghasilkan air deterjen yang langsung dibuang ke lingkungan perairan terdekat. Limbah deterjen industri *laundry* dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang berakibatkan pada kondisi perairan.

Limbah *laundry* mengandung bahan kimia seperti surfaktan, fosfat, ammonia dan nitrogen yang dapat membuat kadar kekeruhan, BOD dan COD tinggi (Astuti, 2018). Adanya kandungan surfaktan pada deterjen menyebabkan limbah air yang dihasilkan memiliki busa. Surfaktan termasuk bahan aktif permukaan, karena memiliki sifat ganda dari molekulnya yaitu bagian polar yang dapat bereaksi dengan air disebut hidrofilik dan bagian non-polar yang bereaksi dengan minyak atau lemak disebut dengan lipofilik (Maretta, dan Helmy., 2015). Pada gugus hidrofilik adanya fosfat yang dapat menghasilkan limbah berupa polifosfat, adanya fosfat dalam air dapat menghambat penguraian biologis sehingga menyebabkan terjadinya eutrofikasi (Apriyani, 2017).

Beberapa jenis surfaktan yang biasa digunakan sebagai bahan pembersih adalah *Alkil Benzena Sulfonat* (ABS), *Linier Alkil Sulfonat* (LAS) dan *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS). *Sodium Lauryl Sulfate* memiliki nama lain yaitu *Sodium Dodecyl Sulfate* dan *Natrium Lauryl Sulfate*. Pada industri NaLS digunakan dalam produk pemadaman kebakaran, deterjen dan sabun, sebagai flokulan dan agen penghilang tinta (Freitas *et al.*, 2020; Chaturvedi and Kumar., 2010). Natrium

Lauryl Sulfat dapat menyebabkan iritasi kulit jika terpapar dengan konsentrasi >2% (Bondi *et al.*, 2015).

Berdasarkan uraian mengenai bahaya limbah *laundry* sehingga dapat memunculkan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh manusia. Sehingga, akibat yang dihasilkan akan berdampak pada kehidupan masyarakat. Seperti pada ayat Allah SWT yang menyebutkan pada Al-Qur'an surah Ar-Rum ayat 41 :

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

Artinya : “Telah nampak 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).

Dalam tafsir al- Sya'rawi (Sya'rawi, 2011) menjelaskan kata *ظَهَرَ* yang diartikan sebagai *bâna* dan *wadhafa* atau telah jelas namun tidak terlihat. Sehingga Allah swt. mengatakan ayat diatas bahwa adanya kerusakan yang telah terjadi, tetapi para perusak menutupi sehingga ia seperti api dalam sekam dan tiba-tiba dapat merusak masyarakat.

Ayat diatas mengingatkan bahwa sebagai manusia seharusnya tidak melakukan kerusakan di bumi, karena hal tersebut akan berdampak pada kehidupan masyarakat. Sehingga sebagai khalifah yang memiliki akal, seharusnya dapat mencari cara untuk mengolah limbah agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh sebab itu, penelitian mengenai degradasi limbah deterjen menggunakan material fotokatalis dilakukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan.

Sejauh ini sudah banyak dikembangkan untuk pengolahan limbah *laundry* seperti metode adsorpsi, *biosand filter*, dan AOPs (*Advanced Oxidation*

Processes). Menurut Sitorus dan Desiani (2014), bahwa adsorpsi adalah peristiwa terjadinya penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Sedangkan untuk *Biosand Filter* yaitu filter saringan pasir yang didesain untuk menurunkan kandungan organik dalam limbah *laundry* (Sinaga, dan Astuti., 2015). Pada metode AOPs dilakukan pengolahan air dengan melibatkan radikal hidroksil yang dapat mengubah polutan menjadi substansi yang lebih ramah lingkungan (Deng, *et al.*, 2015; Palwaguna, 2017; R., dan Rizki, 2020). Fotodegradasi merupakan salah satu metode AOPs dimana adanya proses penguraian suatu senyawa dengan bantuan energi foton, dan bahan fotokatalis semikonduktor. Prinsip dari fotodegradasi yaitu adanya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor jika dikenai energi foton (Fatimah, *et al.* 2005). Pada penelitian yang sudah dilakukan bahwa proses degradasi limbah *laundry* dengan fotokatalis dapat mendegradasi sebesar 93.75% untuk limbah *Sodium Lauryl Sulphate*.

Adapun pengolahan air limbah yang mengandung surfaktan dengan metode fotodegradasi yang menggunakan fotokatalis semikonduktor antara lain TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 . Metode Fotokatalis merupakan proses kombinasi reaksi fotokimia yang memerlukan cahaya foton dan katalis yang dapat mempercepat transformasi kimia. Semikonduktor jika terkena sumber cahaya akan menghasilkan elektron atau *hole* (e^-/h^+) dari eksitasi elektron sehingga terjadi proses oksidasi polutan organik (Putro, *et al.*, 2019). Semikonduktor TiO_2 adalah bahan yang sering digunakan untuk pembuatan fotokatalis, dikarenakan memiliki sifat ramah lingkungan, stabilitas terhadap foton, hingga ekonomis dan tidak toksik. Fotokatalis TiO_2 memiliki kelebihan yang dapat digunakan berulang kali tanpa

kehilangan aktivitasnya (Yulianto, 2021; Choi *et al.*, 2009). Pada proses pengolahan dengan fotokatalis memiliki keuntungan seperti reaksi yang cepat, tidak ada limbah dari hasil pengolahan, *reusable*, dan relatif ekonomis (Maretta dan Helmy., 2015; Handayani, *et al.*, 2012).

TiO₂ merupakan salah satu bahan semikonduktor yang sering digunakan, karena memiliki energi celah yang relatif besar untuk melakukan proses oksidasi dan reduksi zat lain. Selain itu, TiO₂ mempunyai aktivitas fotokatalis yang tinggi, stabil dan merupakan oksidator kuat (Hartoyo dan Harjito., 2013; Trisunaryanti, *et al.*, 2005). Peningkatan efisiensi dari fotokatalis TiO₂ dapat ditambahkan materi penyangga. Karbon aktif adalah salah satu penyangga yang memiliki luas permukaan besar dan kapasitas adsorpsi yang besar. Penggunaan karbon aktif sebagai penyangga memiliki kelebihan dapat memperluas permukaan katalis sehingga dapat meningkatkan senyawa yang akan terikat dan terdegradasi pada ruang TiO₂ (Naimah, *et al.*, 2015). Pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Ramdhan, dan Amarudin. (2013) menyatakan bahwa fotokatalis TiO₂ dapat mendegradasi sebanyak 90,4% pestisida. Sedangkan dengan penambahan karbon aktif persen degradasi meningkat, seperti yang dilakukan oleh Awfa, *et al.* (2018) bahwa hasil degradasi *carbamazepine* dilakukan dengan fotokatalis TiO₂-Karbon aktif sebesar 98%. Maka dengan penambahan karbon aktif maka aktivitas degradasi akan meningkat karena sifat karbon aktif yang dapat mengikat partikel dan memperluas permukaan dari TiO₂.

Metode sintesis yang dapat dilakukan untuk menggabungkan fotokatalis semikonduktor TiO₂ dengan karbon aktif antara lain sonikasi, microwave, sol-gel, metode padatan dan polimerisasi kompleks. Metode sonikasi merupakan metode

yang paling sering digunakan untuk sintesis material fotokatalis. Menurut Yulianto (2021), sonikasi adalah metode sintesis yang menggunakan energi suara atau gelombang ultrasonik sebagai sumber energi sehingga adanya perubahan sifat fisika dan kimia. Metode ini memiliki sifat yang sederhana dan dapat menghasilkan partikel sangat kecil, menurut Inggarwati, *et al* (2020) menyatakan bahwa metode sonikasi memiliki kelebihan yaitu waktu yang diperlukan relatif cepat, alat sederhana, penggunaan suhu rendah, dan menghasilkan ukuran partikel seragam. Pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Yulianto (2021) didapatkan hasil sintesis dengan metode sonikasi berupa pola difraksi $2\theta = 25,321^\circ$ dengan panjang gelombang sebesar 443 nm untuk fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-N}$ /Karbon aktif.

Berdasarkan uraian tersebut, peningkatan efisiensi fotokatalis TiO_2 diperlukan penambahan pengemban karbon aktif. Penggabungan fotokatalis dengan pengemban dilakukan metode sonikasi. Dengan demikian penelitian ini dapat melakukan karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS untuk mengetahui energi celah pita, XRF untuk menganalisis unsur secara kualitatif dan XRD untuk mengidentifikasi fasa dan ukuran kristal. Pengujian aktivitas dari fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Karbon aktif}$ dilakukan uji dengan variasi lama penyinaran, massa dan konsentrasi optimum.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu penyinaran dari degradasi *Natrium Lauryl Sulfate* dengan fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Karbon aktif}$?
2. Bagaimana pengaruh massa dari fotokatalis $\text{TiO}_2\text{-Karbon aktif}$ terhadap degradasi sampel *Natrium Lauryl Sulfate*?

3. Bagaimana pengaruh konsentrasi dari sampel *Natrium Lauryl Sulfate* dengan fotokatalis TiO_2 -Karbon aktif?
4. Bagaimana pengaruh penambahan karbon aktif pada TiO_2 terhadap uji aktivitas degradasi *Natrium Lauryl Sulfate*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, maka penelitian mempunyai tujuan, antara lain :

1. Mengetahui pengaruh variasi lama penyinaran degradasi *Natrium Lauryl Sulfate* dengan fotokatalis TiO_2 -Karbon aktif.
2. Mengetahui pengaruh massa dari TiO_2 -Karbon aktif yang digunakan untuk degradasi *Natrium Lauryl Sulfate*.
3. Mengetahui konsentrasi dari sampel *Natrium Lauryl Sulfate* dengan fotokatalis TiO_2 -karbon aktif.
4. Mengetahui pengaruh penambahan karbon aktif pada TiO_2 terhadap uji aktivitas degradasi *Natrium Lauryl Sulfate*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Sampel *laundry* yang digunakan adalah Natrium Lauryl Sulfate.
2. Material fotokatalis yang digunakan adalah TiO_2 anatas serbuk sebagai semikonduktor yang dimodifikasi dengan karbon aktif.
3. Sintesis TiO_2 -karbon aktif dilakukan dengan sonikasi 20 kHz.
4. Karakterisasi energi celah pita dengan instrumen UV-Vis DRS.
5. Karakterisasi struktur fotokatalis dilakukan dengan instrumen XRD.
6. Variasi lama penyinaran pada uji aktivitas fotodegradasi adalah 0; 10; 20; 40; 60 dan 80 menit.

7. Variasi massa fotokatalis TiO_2 -Karbon aktif sebesar 0; 50; 75; 100; 125 dan 150 mg .
8. Variasi konsentrasi dari sampel Natrium Lauryl Sulfate adalah 10; 20; 25; 30 dan 40 mg/L.

1.5 Manfaat Penelitian

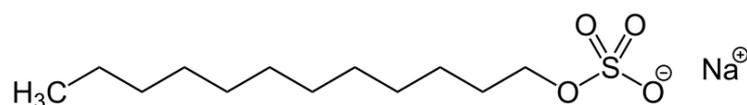
Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi baru mengenai pengolahan limbah cair industri *laundry* Natrium Lauryl Sulfate dengan fotokatalis TiO_2 -karbon aktif yang diharapkan dapat digunakan untuk pemikiran bagi perkembangan ilmu di bidang lingkungan dan teknologi, khususnya pada pengolahan limbah deterjen.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Natrium Lauryl Sulfate*

Deterjen merupakan senyawa kimia yang umum digunakan pada kehidupan bukan hanya aktivitas rumah tangga tetapi juga digunakan aktivitas industri. Menurut hasil survey PT Corinthian Indhopharma Corpora (CIC) diperkirakan konsumsi deterjen hingga mencapai 2,44 kg pada 2004 (Sopiah, 2004). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup 03 (2010) tentang baku mutu limbah cair industri, kandungan deterjen *Methyl Blue Active Surfactants* memiliki kadar maksimum 10 mg/L.

Deterjen memiliki campuran dari beberapa zat kimia yaitu surfaktan sebagai zat aktif permukaan (*surface active agent*); pembangun (*builder*) yang biasanya menggunakan senyawa fosfat, sitrat, asetat, atau silikat (zeolite); pengisi (*filler*) dan serta zat aditif seperti pewangi, pewarna, pemutih, dan lain-lain (Sholichah dan Suseno, 2013). Surfaktan (*surface active agent*) merupakan zat aktif yang mempunyai dua gugus dengan sifat berbeda yaitu *hydrophile* yang dapat berikatan dengan air dan *hydrophobe* yang dapat berikatan dengan lemak atau minyak. Bahan aktif ini berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan (Kiswadono, *et al.*, 2020). Struktur gugus surfaktan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Struktur gugus Natrium Lauryl Sulfat (Niraula et al., 2014)

Natrium Lauryl Sulfat (NaLS) diperoleh dari sulfat lauryl alkohol dan Na_2CO_3 . NaLS termasuk jenis surfaktan anionik dengan rumus molekul NaLS adalah $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2\text{OSO}_3\text{Na}$ dengan berat molekul 288,38 g/mol (Lestari, 2012). *Natrium Lauryl Sulfate* memiliki nama lain yaitu *Sodium Lauryl Sulfate* (SLS) atau *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS), sebuah surfaktan anionik yang biasanya digunakan sebagai penjaga kestabilan dari produk pembersih rumah tangga. SLS memiliki sifat tidak mudah menguap dan larut dalam air (100-150 g/L pada suhu ruang), memiliki berat molekul 288.38 g/mol, pH 7.2, koefisien partisi ($\log P_{ow}$) 1.6 membuat senyawa relatif hidrofilik (Bondi *et al.*, 2015).

Salah satu cara untuk menanggulangi pencemaran yang disebabkan oleh limbah surfaktan terutama *Natrium Lauryl Sulfate* dengan metode degradasi. Adapun beberapa penelitian yang sudah melakukan penelitian terhadap degradasi surfaktan. Pada penelitian Pristantho (2011) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa aktivitas degradasi yang dilakukan oleh TiO_2 kombinasi reagen fenton dengan konsentrasi NaLS sebanyak 5 ppm dapat terdegradasi secara optimal pada waktu 180 menit dengan massa optimum 0,125 g yang dilakukan pada pH 7 menghasilkan %degradasi sebesar 68,8%. Maretta, *et al* (2015) menyatakan bahwa degradasi *Sodium Lauryl Sulphate* dengan fotokatalis ZnO dapat bekerja secara optimum pada konsentrasi sebesar 0,4 g dan waktu optimum 60 menit yang menghasilkan %degradasi sebesar 57,03%. Sementara pada penelitian Nurdin, *et al* (2017) dapat mendegradasi *Sodium Lauryl Sulphate* menggunakan TiO_2 dengan doping Ni dan N pada kondisi Ni(5%)-N- TiO_2 menghasilkan %degradasi sebesar 93,75%.

2.2 Fotodegradasi

Peningkatan penghasilan limbah dari industri membuat seberapa pentingnya untuk mengolah limbah agar tidak menjadi zat pencemar yang berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan limbah beragam, salah satunya dengan metode AOPs (*Advanced Oxidation Process*) merupakan metode pengolahan air yang melibatkan radikal hidroksil sehingga polutan dapat berubah menjadi zat atau produk yang lebih aman ke lingkungan (Rizky, dan R. 2020; Deng *et al.*, 2015; Palwaguna, 2017). Salah satu metode AOPs menggunakan metode fotodegradasi. Fotodegradasi yaitu adanya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor jika terkena sinar foton, sehingga menghasilkan *hole* atau lubang yang dapat berinteraksi dengan air dan membentuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) untuk menguraikan senyawa limbah (Fatimah, dan Wijaya., 2005). Pada proses ini merupakan teknik penguraian senyawa limbah dengan energi foton yang berasal cahaya ultraviolet (UV) dan katalis yang bersifat semikonduktor.

Pada proses fotokatalitik semikonduktor yang berupa TiO_2 akan mengadsorpsi sinar UV ($\leq 380\text{nm}$) dimana nilai tersebut memiliki nilai energi celah pita pada rentang (3 - 3,2 eV) sehingga terjadi pemisahan muatan atau fotoeksitasi dalam molekul TiO_2 . Selanjutnya elektron (e^-) mengalami eksitasi ke pita konduksi dan meninggalkan *hole* yang bersifat positif (h^+) pada pita valensi. Lubang atau *hole* akan bereaksi bersama air atau ion OH^- dan menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Radikal hidroksil akan menyerang molekul organik dan mendegradasi menjadi senyawa sederhana seperti CO_2 , H_2O dan ion halida jika molekul organik tersebut mengandung halogen (Hardeli *et al.*, 2014; Linsebigler, 1995). Berikut adalah persamaan reaksi fotokatalis (Lea dan Adesina, 1998):



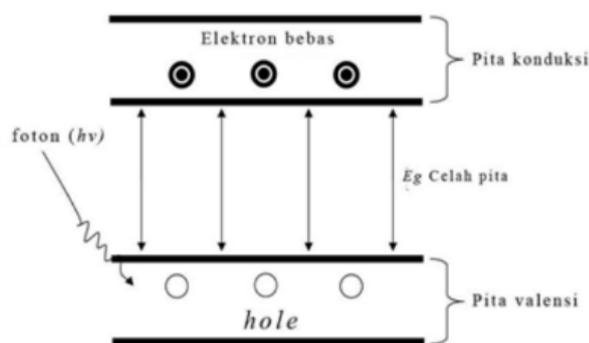
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Anggraini (2015) menunjukkan bahwa limbah *laundry* yang mengandung surfaktan anionik sebesar 126,86 mg/L dapat menurun menjadi 92,89 mg/L saat menggunakan fotokatalis TiO_2 . Fotodegradasi dipengaruhi oleh massa TiO_2 jika massa fotokatalis yang digunakan meningkat maka akan didapatkan hasil degradasi yang tinggi hingga mencapai massa optimum. Hal ini di perkuat oleh penelitian Amaliyah (2014) adanya penambahan massa TiO_2 sebanyak 0,6 mg/mL, sehingga jumlah surfaktan yang terdegradasi meningkat dari 33,14% menjadi 96,68%. Untuk degradasi *Sodium Lauryl Sulfate* yang telah dilakukan oleh Pristantho (2011) dengan fotokatalis TiO_2 -reagen fenton dapat degradasi sebesar 43,82% dengan waktu penyinaran optimum selama 3 jam.

2.3 Material Semikonduktor TiO_2 Anatas

Material semikonduktor memiliki daya hambat elektrik antara isolator dengan konduktor dengan adanya pita elektron, dimana semikonduktor memiliki energi celah pita antara 0,5 – 5,0 eV. Energi celah pita berada diantara pita konduksi (C) yang memiliki energi tertinggi dan pita valensi (V) dengan energi terendah (Yulianto, 2021).

Energi celah pita adalah energi paling sedikit yang diperlukan untuk geksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Jika berdasarkan pengisian elektron pita energi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pita valensi dan pita

konduksi. Pita valensi adalah pita energi teratas yang terisi penuh oleh elektron sedangkan pita konduksi adalah pita energi yang berada di atas pita valensi yang sebagian terisi elektron atau tidak terisi sama sekali oleh elektron (Triwardiati, dan Ermawati., 2018). Struktur energi celah pita pada semikonduktor dapat dilihat pada Gambar 2.2.

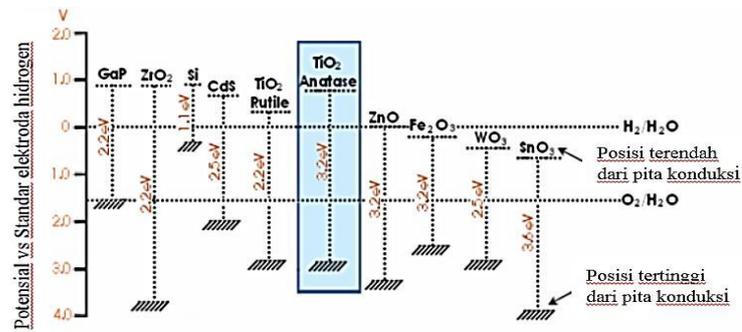


Gambar 2.2 Eksitasi elektron material semikonduktor (Kaneko dan Okura, 2002)

Semikonduktor tersusun berdasarkan ikatan-ikatan atom yang memiliki elektron sebagai penyusun dasar. Pada semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron atau bermuatan negatif sedangkan semikonduktor tipe-p memiliki kelebihan hole atau bermuatan positif. Adanya doping dari suatu material lain dapat membuat kondisi menjadi kelebihan elektron dan *hole* (Ramadhana, *et al.*, 2022).

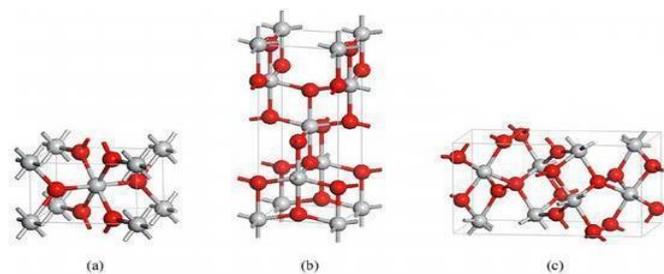
Menurut literatur Yulianto (2021) semikonduktor yang digunakan untuk fotokatalis memiliki dua jenis yaitu oksida logam dan sulfida logam. Kelompok oksida logam yang sering digunakan sebagai fotokatalis yaitu TiO_2 , Fe_2O_3 , ZnO , WO_3 atau SnO_2 . Sedangkan untuk kelompok sulfida logam yang sering digunakan untuk fotokatalis yaitu CdS , ZnS , CuS , dan FeS . Material semikonduktor mempunyai rentang berbeda untuk nilai energi celah pita, konduktivitas dan potensial redoks. Jika dilihat dari Gambar 2.3 bahwa semakin meningkat nilai

potensial pita valensi, maka semakin tinggi daya oksidasi yang dimiliki oleh *hole* (h^+). Fotokatalis yang umum digunakan adalah TiO_2 . Rentang energi celah pita pada semikonduktor dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Nilai energi celah pita, posisi pita valensi, posisi pita konduksi dan potensial redoks dari berbagai semikonduktor (Palupi, 2006)

Material TiO_2 merupakan bahan semikonduktor dengan celah pita yang lebar. Dilihat dari struktur TiO_2 mempunyai tiga fase kristal yaitu *anatase*, *rutile*, dan *brookite*. Struktur *anatase* dan *rutile* memiliki bentuk kristal tetragonal sedangkan *brookite* memiliki bentuk struktur kristal ortorombik. Diantara ketiga fase tersebut, *anatase* yang paling sering digunakan sebagai fotokatalis. Hal ini karena mobilitas elektronnya lebih besar daripada *rutile* (4 vs $0,1 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$). Namun, energi celah pita pada fase ini sedikit lebih besar dari fase *rutile* ($3,2 \text{ eV}$ vs $3,0 \text{ eV}$) sehingga memerlukan aktivasi material di bawah iradiasi UV-A (Ramadhy *et al.* 2020). Berikut adalah Gambar 2.4 dari struktur kristal TiO_2 .



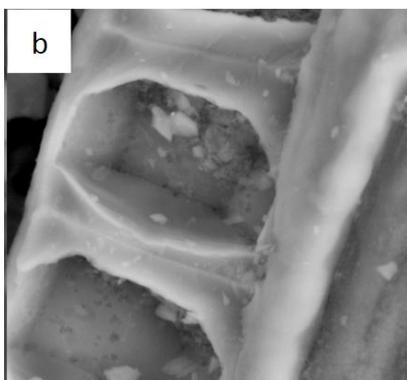
Gambar 2.4 Struktur kristal TiO_2 : (a) rutile, (b) anatase dan (c) brookite (Kurniastuti, 2018)

Aktivitas degradasi yang dilakukan dipengaruhi oleh banyaknya fotokatalis yang diberikan. Penelitian yang dilakukan oleh Zhang, *et al* (2004) mendapatkan hasil optimal dalam fotodegradasi *Sodium Dodecyl Sulfate* dengan nano-TiO₂ pada kondisi optimal 2 g/L. Adapun hal yang mempengaruhi aktivitas degradasi yaitu kondisi pH zat polutan, seperti penelitian yang sudah dilakukan Andari dan Wardhani (2014) mendapatkan bahwa degradasi metilen biru dengan fotokatalitik TiO₂ memiliki kondisi pH optimum pada pH 9 dengan %degradasi sebesar 96%. Pengujian fotodegradasi dapat dilakukan berulang dengan fotokatalis yang sama sehingga dibuktikan oleh penelitian Aliah dan Karlina (2015) bahwa fotokatalis TiO₂ dapat dilakukan pengulangan untuk proses fotodegradasi selama sepuluh kali dan mampu mengurai senyawa zat metilen biru hingga %degradasi yang dihasilkan rata-rata sebesar 90%.

2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif salah satu media penyangga yang umum digunakan untuk TiO₂ karena dapat menangkap partikel yang halus. Sifat dari karbon aktif yaitu tidak beracun, mudah didapat dan ekonomis. Hasil penelitian Septiani *et al.* (2013) menyatakan bahwa karbon aktif dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik dengan membuat permukaan dari TiO₂ menjadi lebih lebar. Hal ini diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Martins *et al* (2017), didapatkan luas permukaan TiO₂ murni sebesar 96 SBET m²/ g menjadi sebesar 129 SBET m²/ g. Dari hasil karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa karbon aktif dapat mencegah penggumpalan antara partikel-partikel TiO₂ (Poluakan, *et al.*, 2015).

Komponen karbon aktif tersusun atas karbon yang terikat, abu, air, nitrogen dan sulfur. Luas permukaan karbon aktif memiliki ukuran $1,95 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$ dengan ukuran volume pori-pori sebesar $10,28 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ mg}^{-1}$. Diameter pori sebesar $21,6 \text{ \AA}$ sehingga sangat memungkinkan untuk menyerap adsorbat lebih banyak. Semakin luas permukaan dari karbon aktif, maka daya serapnya semakin tinggi (Jannah, 2019 ; Allport, 1997). Pada Gambar 2.5 foto SEM menunjukkan bahwa karbon memiliki bentuk batangan dan memiliki pori.



Gambar 2.5 SEM Karbon aktif perbesaran 10000x (Septiani *et al.*, 2015)

Aktivasi karbon aktif menggunakan HCl sesuai dengan SNI yang menyebabkan terjadinya dekarbonisasi. Asam klorida (HCl) sangat bagus digunakan sebagai aktivator karena memiliki sifat higroskopis yang dapat mengurangi kadar air yang dihasilkan oleh karbon aktif. HCl memiliki daya serap ion yang baik dibanding dengan aktivator lain seperti H_2SO_4 atau HNO_3 karena HCl dapat melarutkan pengotor yang lebih besar sehingga pori-pori yang dihasilkan lebih banyak dan penyerapan akan lebih maksimal (Huda *et al.*, 2020 ; Wirani, 2017).

Karbon aktif dicampurkan pada katalis TiO_2 karena dapat mengangkat dan menyerap partikel halus bahkan mencegah penggumpalan antara partikel-partikel

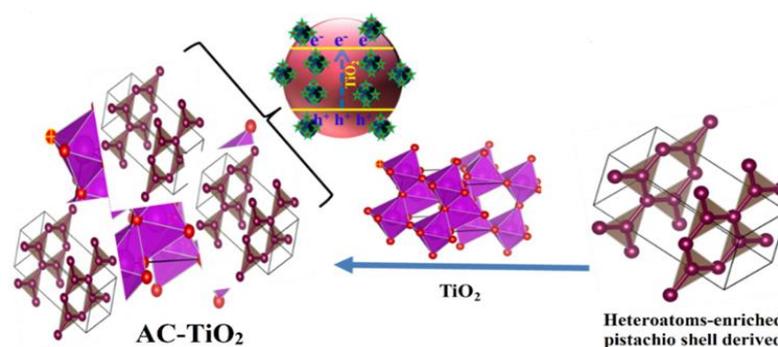
TiO₂. Adanya modifikasi TiO₂-Karbon aktif dipengaruhi dari jumlah material fotokatalis yang digunakan sehingga interaksi antara sinar UV dengan TiO₂-karbon aktif tidak terhambat. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Poluakan *et al.* (2015) menyatakan bahwa fotokatalis TiO₂-karbon aktif memiliki persentase degradasi lebih tinggi sebesar 95% pada konsentrasi awal 30 ppm dibandingkan menggunakan fotokatalis TiO₂-zeolit alam. Naimah *et al.* (2015) menyatakan bahwa adanya proses koagulasi yang menghambat cahaya mengenai pusat aktif TiO₂ sehingga perlu ditingkatkan dispersi partikel. Hal ini dibuktikan dengan uji degradasi terhadap polutan udara mencapai persentase degradasi 90%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan adsorben sebagai penyangga katalis TiO₂ untuk meningkatkan laju reaksi, adsorpsi katalis, dan dapat memperluas permukaan katalis sehingga partikel yang terdegradasi semakin banyak.

2.5 Sintesis TiO₂-Karbon aktif dengan Metode Sonikasi

Sintesis TiO₂-Karbon aktif digunakan untuk menggabungkan fotokatalis dengan pengemban sehingga dapat memaksimalkan kerja dari fotokatalis. Sonikasi merupakan metode yang digunakan pada medium cair dan gelombang ultrasonik sebagai sumber energi untuk merubah sifat fisik dan kimia suatu material. Metode sonikasi digunakan untuk sintesis material oksida logam maupun non logam dengan adanya efek kavitasi dapat memecah penggumpalan kristal. Keunggulan dari metode sonikasi yaitu menghasilkan ukuran partikel sangat kecil sehingga dapat mencegah pengendapan material fotokatalis selama masa penyimpanan dan menghasilkan luas permukaan yang besar sehingga dapat mempercepat pengaktifan bahan aktif dan memudahkan penyebaran (Rusdiana *et al.* 2018; Tardos, 2005).

Prinsip dalam metode sonikasi adalah memanfaatkan efek kavitasasi ultrasonik. Kavitasasi ultrasonik terdiri dari tiga tahap, yaitu nukleasi atau pembentukan, pertumbuhan, dan pecahnya gelembung (Nurfitriyana., 2012). Iradiasi ultrasonik dapat memicu terbentuknya radikal bebas yang dapat berpindah ke dalam cairan sebagai oksidan dan bereaksi dengan membentuk molekul. Intensitas metode sonikasi mempengaruhi hasil saat karakterisasi karena dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kavitasasi dalam larutan yang menghasilkan gelombang gas sehingga dapat menurunkan ukuran partikel lebih banyak dalam meningkatkan stabilitas nanofluida (Jannah, 2020).

Senyawa yang dihasilkan dari sintesis TiO₂-karbon aktif menggunakan metode sonikasi merupakan material komposit. Material komposit adalah material atau campuran dari dua bahan atau lebih pada skala makroskopis yang memiliki sifat berbeda baik itu sifat kimia maupun sifat fisika dan tetap terpisah dalam hasil akhir (Mawardi dan Lubis., 2019)



Gambar 2.6 Skema TiO₂ dan Karbon Aktif (Alghamdi *et al.*, 2022)

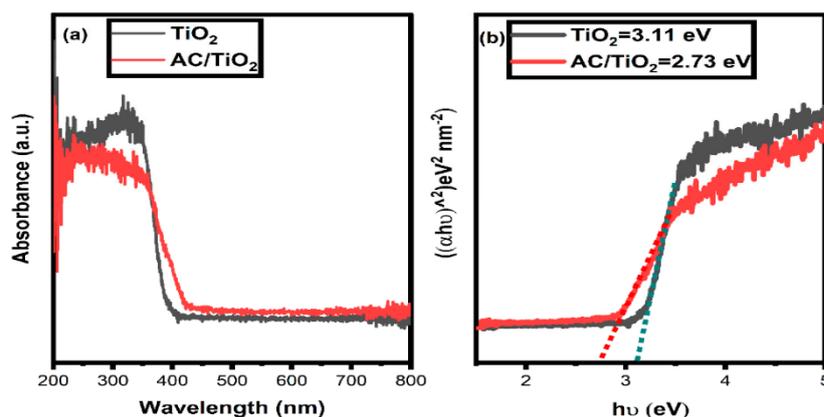
Berdasarkan Gambar 2.6 bahwa karbon aktif memiliki massa jenis yang lebih kecil sehingga akan berada pada permukaan TiO₂. Menurut Alghamdi *et al.* (2022) menyatakan bahwa komposit TiO₂-karbon aktif yang sudah berhasil disintesis akan menghasilkan komposisi EDS bahwa fraksi C sebesar 55,67%; O

28,59% dan Ti 15,74%, hal ini yang membuktikan bahwa atom C sudah terdistribusi secara merata pada permukaan TiO₂. Sedangkan menurut Parvathiraja *et al.* (2022) bahwa komposit TiO₂-karbon aktif menghasilkan puncak spektra yang mengindikasikan adanya ikatan C-O-Ti-O. Penambahan karbon yang memiliki sifat amorf pada TiO₂ tidak akan mempengaruhi puncak difraksi dan kristalinitas. Namun dapat mempengaruhi dengan adanya penurunan energi celah pita dan mengurangi intensitas rekombinasi elektron.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yulianto (2021) didapatkan hasil sintesis dengan metode sonikasi berupa pola difraksi $2\theta = 25,321^\circ$ dengan panjang gelombang sebesar 443 nm untuk fotokatalis TiO₂-N/Karbon aktif. Ukuran kristal TiO₂ setelah dilakukan sintesis akan mengalami penurunan seperti pada penelitian Basthomi (2016) yang membuktikan bahwa ukuran kristal TiO₂ sebelum disintesis sebesar 34,26 nm dan sesudah dilakukan sintesis sebesar 29,41 nm.

2.5.1 Karakterisasi dengan UV-Vis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV- Vis DRS)

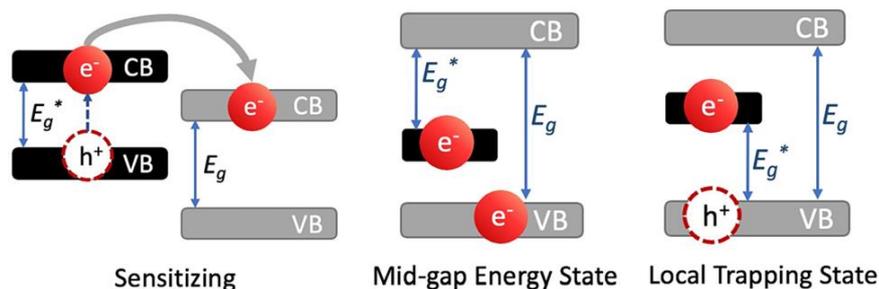
UV-Vis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* atau disebut dengan UV-Vis DRS merupakan spektroskopi reflektan yang menggunakan sinar pada daerah UV dan *visible* (tampak) sebagai sinar datang (*incident light*). Spektroskopi ini digunakan untuk menganalisis karakteristik energi celah pita atau *band gap energy* dari material semikonduktor fotokatalis. Berikut adalah cara mengetahui energi celah pita menggunakan spektrofotometer UV-Vis DRS ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Hasil karakterisasi UV-Vis DRS TiO₂ dan TiO₂-Karbon aktif (Parvathiraja, et al., 2022)

Berdasarkan Gambar 2.7 hasil karakterisasi dari UV-Vis DRS menunjukkan bahwa TiO₂ dapat diserap pada rentang 400-800 nm. Hal ini dibuktikan pada penelitian Parvathiraja *et al.* (2022) bahwa dihasilkan energi celah pita dengan nilai 3,11 eV tetapi setelah penambahan karbon aktif energi celah pita menurun menjadi 2,73 eV. Perbedaan energi yang dihasilkan sebesar 0,38 eV yang dapat menyerap cahaya tampak. Hal ini diperkuat oleh penelitian Jannah (2019) menyatakan bahwa panjang gelombang untuk TiO₂ dan TiO₂-AC70 berturut-turut yaitu 408 dan 435 nm yang dihasilkan dari nilai *band gap energy* sebesar 3,04 eV dan 2,85 eV.

Penurunan energi celah pita yang karena adanya penambahan karbon aktif disebabkan tiga mekanisme yaitu *sensitizing* karena pita konduksi dan pita valensi karbon dapat menyerap energi foton dan meneruskannya pada pita konduksi semikonduktor, *mid-gap energy* terjadi ketika elektron dapat mencapai pita konduksi dengan energi foton yang lebih rendah dan *local trapping state* dengan mengurangi energi celah pita dan menghambat rekombinasi (Kahkeci dan El-din., 2022). Ilustrasi penurunan energi celah pita dapat dilihat pada Gambar 2.8.

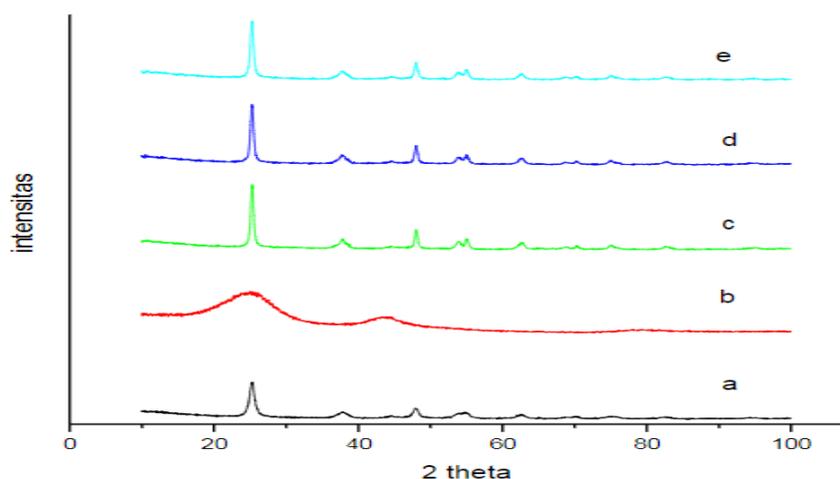


Gambar 2.8 Ilustrasi penurunan *band gap energy* (Kahkeci dan El-din., 2022)

2.5.2 Karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction adalah salah satu teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa dan ukuran kristal bahan kristal dengan bahan yang dianalisa berupa padatan. Prinsip kerja XRD dengan menembakkan sinar X-ray ke permukaan objek yang dituju dan objek dapat berupa kristal halus atau serbuk batuan dengan berat minimal 5 gram. Sinar X-ray dapat mengakomodasi spektrum elektromagnetik dalam radius 100 hingga 0.02 Å. Semakin pendek panjang gelombang maka energi yang dikeluarkan akan semakin besar sehingga sinar X-ray memiliki energi besar dan daya penetrasi yang kuat (Meirawaty, dll., 2022). Data yang dihasilkan berupa difraktometer dengan adanya ukuran spasi interplanar (d) dan intensitas relatifnya (I).

Menurut literatur Septiani, *et al* (2015) menyatakan bahwa kesimpulan dari pola difraksi yang dihasilkan bahwa penambahan karbon aktif tidak berpengaruh dengan bentuk pola difraksi sinar-X dari katalis, tetapi intensitas puncak dari TiO_2 adanya perubahan dengan variasi KA 5% wt, 10% wt, dan 15% wt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa intensitas yang berbeda akan memberikan pengaruh pada ukuran kristal katalis. Pola difraksi dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.9 Pola Difraksi dari, a. TiO₂, b. Karbon Aktif, c. TiO₂-KA 5%, d. TiO₂-KA 10%, e. TiO₂-KA 15% (Septiani, et al., 2015).

2.6 Perspektif Islam Terhadap Degradasi Limbah *Laundry*

Air tercemar adalah keadaan dimana air memiliki kadar COD dan BOD yang tinggi, sehingga ekosistem didalamnya terganggu. Pencemaran air berasal dari aktivitas manusia seperti aktivitas rumah tangga maupun sampah dari kegiatan industri. *Laundry* salah satu kegiatan yang sering dilakukan karena kebutuhan yang mengharuskan menggunakan deterjen. Air yang tercemar dapat terindikasi dari sifat fisik seperti memiliki bau busuk dan berwarna keruh. Setiap aktivitas yang dilakukan maka Allah SWT maha melihat. Al-Qur'an menegaskan bahwa banyak manusia yang masih berkeras kepala untuk melakukan aktivitas semaunya sehingga tidak memikirkan dampak pada setelahnya, sebagaimana firman Allah SWT pada surah Al-Baqarah ayat 74 :

ثُمَّ قَسَتْ قُلُوبُكُمْ مِنْ بَعْدِ ذَلِكَ فَهِيَ كَالْحِجَارَةِ أَوْ أَشَدُّ قَسْوَةً ۚ وَإِنَّ مِنَ الْحِجَارَةِ لَمَا يَتَفَجَّرُ مِنْهُ
الْأَنْهَارُ ۚ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَشَّقَّقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ الْمَاءُ ۚ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَهْبِطُ مِنْ خَشْيَةِ اللَّهِ ۚ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ
عَمَّا تَعْمَلُونَ

Artinya : “Kemudian setelah itu hatimu menjadi keras seperti batu, bahkan lebih keras lagi. Padahal diantara batu-batu itu sungguh ada yang mengalir sungai-sungai dari padanya dan diantaranya sungguh ada yang terbelah lalu keluarlah mata air dari padanya dan diantaranya sungguh ada yang meluncur jatuh, karena takut kepada Allah. Dan Allah sekali-sekali tidak lengah dari apa yang kamu kerjakan.” (QS. Al-Baqarah : 74).

Menurut tafsir al- Mishbah Shihab (2002) menyatakan bahwa kata *قَسْوَةً* *qaswah* digunakan untuk menyiasati benda ataupun hati. Dengan ini bermakna adanya keberadaan sesuatu dalam keadaan yang sama, sehingga tidak dapat berubah ke keadaan yang berbeda dari keadaan yang lalu. Selanjutnya adalah kata *sungguh ada di antara batu yang meluncur jauh, karena takut kepada Allah.* Diartikan sebagai batu taat terhadap hukum alam yang sudah ditetapkan oleh Allah baginya. Selain itu, dalam surat Al- Imran ayat 191 bahwa :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَطْلًا مُّبْحٰنًا فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : “(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.’”

Tafsir al- Mishbah (Shihab, 2002) menekankan bahwa ayat ini menjelaskan sebagian ciri-ciri yang dinamai Ulul Albab. Ulul Albab sendiri adalah orang-orang baik lelaki maupun perempuan yang terus menerus mengingat Allah dengan ucapan, dan atau hati dalam seluruh situasi seperti pada kata “*sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring*”. Pada kata “*dan mereka memikirkan tentang penciptaan*” yaitu kejadian dan sistem kera *langit dan bumi*. Sehingga berkata sebagai kesimpulan : ‘*Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan alam*

raya dan segala isinya *ini dengan sia-sia*, tanpa tujuan yang baik. Sehingga apa yang kami lakukan atau lihat dari keburukan atau kekurangan. *Maha Suci Engkau dari semua itu.*' .

Ayat ini dapat menerangkan tentang penyesalan manusia yang tidak mau mendengar dan menggunakan akal selama hidup di dunia sehingga akal memiliki kedudukan yang sangat tinggi dan mulia, dengan akal dapat membawa kita selamat dari mengikuti hawa nafsu yang dapat melakukan keburukan (Sa'diyah, 2018). Dengan akal dapat melakukan pengembangan mengenai watak dan keadaan, serta melakukan tindakan untuk memikirkan mengenai pengolahan yang sudah diperbuat.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April-Juli 2023 di Laboratorium Kimia Anorganik, Laboratorium Instrumentasi dan Laboratorium Kimia Dasar Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat gelas, *hot plate*, *magnetic stirrer*, neraca analitik, oven, sonikator, *X-ray Diffraction* (XRD), *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS), *UV Reactor*, dan lampu halogen 20 watt.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah TiO₂ anatas (*merck*), NaLS, Karbon Aktif, H₂SO₄, HCl, metilen biru, dan kloroform.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik struktur dan serapan sinar dan energi celah pita TiO₂ yang di modifikasikan dengan karbon aktif menggunakan metode sonikasi. Material hasil sintesis dikarakterisasi dengan instrumen UV-Vis DRS untuk analisis energi celah pita dan instrumen XRD untuk analisis pergeseran *peak* setelah modifikasi. Uji aktivitas fotodegradasi dipengaruhi oleh variasi lama penyinaran pada rentang 10; 20; 40; 60 dan 80 menit, penambahan TiO₂-Karbon aktif dilakukan variasi massa pada 0; 50; 75;

100; 125; dan 150 mg. Maupun variasi konsentrasi NaLS pada rentang 10; 20; 25; 30 dan 40 ppm.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Preparasi Karbon Aktif
2. Aktivasi Karbon Aktif
3. Sintesis TiO₂-Karbon aktif dengan metode sonikasi
4. Karakterisasi
 - 4.1 Karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction (XRD)*
 - 4.2 Karakterisasi dengan *UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS)*
5. Prosedur uji MBAS (*Methylene Blue Active Surfactant*)
 - 5.1 Penentuan panjang gelombang maksimum NaLS
 - 5.2 Pembuatan larutan standar NaLS
 - 5.3 Analisis MBAS
6. Uji aktivitas fotodegradasi
 - 6.1 Fotodegradasi NaLS dengan variasi lama penyinaran
 - 6.2 Fotodegradasi NaLS dengan variasi massa fotokatalis
 - 6.3 Fotodegradasi NaLS dengan variasi konsentrasi
7. Uji efektivitas komposit TiO₂-Karbon aktif untuk fotodegradasi NaLS

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Karbon Aktif

Ditimbang karbon aktif sebanyak 100 g lalu dihaluskan dan diayak dengan ukuran 200 mesh. Kemudian karbon aktif ditambahkan 200 mL aquades dalam

Erlenmeyer. Setelah itu diaduk dengan *magnetic stirrer* pada temperatur kamar selama 30 menit. Larutan disaring menggunakan kertas saring dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100 °C selama 2 jam. Padatan karbon aktif diletakkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang hingga berat konstan (Wardhani *et al.*, 2016).

3.5.2 Aktivasi karbon aktif

Ditimbang karbon aktif sebanyak 30 gram, lalu ditambahkan HCl 6 M sebanyak 46,7 mL. Kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 3 jam. Campuran disaring dengan kertas saring dan dicuci menggunakan akuades hingga didapatkan pH netral. Residu karbon aktif dioven pada suhu 100 °C selama 2 jam (Wardhani *et al.*, 2016).

3.5.3 Sintesis TiO₂-Karbon Aktif dengan metode sonikasi

Fotokatalis TiO₂-Karbon aktif dibuat dengan perbandingan 2,85 : 0,15 g, lalu ditambahkan 18 mL aquabidest. Lalu disonikasi dengan frekuensi 20 kHz selama 30 menit. Hasil sonikasi didiamkan selama 24 jam, lalu dikeringkan pada suhu 110 °C dalam oven selama 2 jam dan dikalsinasi pada suhu 500 °C selama 5 jam. Setelah dikalsinasi, padatan dihaluskan dengan *mortar agate* sehingga membentuk serbuk (Putri, 2022; Wardhani, *et al.*, 2016; Sene, *et al.*, 2017).

3.5.4 Karakterisasi

3.5.4.1 Karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sintesis dengan melihat pergeseran *peak* yang dapat dilihat dari data difraktogram yang dibandingkan dengan standar ICDDs-TiO₂. Sampel dihaluskan dengan *mortar*

agate hingga menjadi serbuk halus, kemudian ditempatkan pada *preparate*. Selanjutnya, sampel ditempatkan pada *sample holder* dan disinari dengan sinar X. (Ilmi, 2020).

3.5.4.2 Karakterisasi dengan UV-Vis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (UV-Vis DRS)

Karakterisasi UV-Vis DRS dilakukan untuk menentukan energi celah pita atau *band gap energy* yang khas. Sampel fotokatalis TiO₂ dan TiO₂-Karbon aktif dengan perbandingan 2,85 : 0,15 gr akan dikarakterisasi dalam bentuk serbuk halus yang ditempatkan pada *sample holder* kemudian diukur persentase reflektannya pada panjang gelombang 200-600 nm (Jannah, 2019).

3.5.5 Prosedur Uji MBAS (*Methylene Blue Active Surfactants*)

3.5.5.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum NaLS

Sebanyak 25 mL larutan standar NaLS 25 ppm dimasukkan ke dalam corong pisah 100 mL, ditambahkan larutan metilen biru sebanyak 6,25 mL dan 2,5 mL kloroform lalu dikocok selama 30 detik lalu buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Setelah terjadi pemisahan fasa, dilihat jika terbentuk emulsi maka ditambahkan sedikit isopropil alkohol. Dipisahkan lapisan bawah dan ditampung. Setelah itu, ekstraksi fasa air sebanyak dua kali dengan menambahkan 2,5 mL kloroform lalu dikocok selama 30 detik dan buka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Lalu, ditambahkan sedikit isopropil alkohol jika terbentuk emulsi. Setelah itu ditampung fasa kloroform dan satukan dengan semua fasa kloroform yang sudah dipisahkan.

Ditambahkan 12,5 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform dan dikocok selama 30 detik. Lalu, setelah itu dipisahkan lapisan bawah dan

ditampung ke dalam labu ukur. Kemudian, fasa air diekstraksi kembali sebanyak dua kali dengan menambahkan 2,5 mL kloroform. Lalu, ditampung fasa kloroform dan satukan dengan semua fasa kloroform. Setelah itu larutan diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm sampai 800 nm menggunakan blangko kloroform yang telah direaksikan dengan metilen biru.

3.5.5.2 Pembuatan Larutan Standart NaLS

Dibuat larutan standart dengan konsentrasi 0; 5; 10; 20; 30 dan 40 mg/L. Diambil larutan baku NaLS 100 mg/L sesuai dengan volume yang telah dihitung dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL lalu ditambahkan akuades hingga tanda batas.

3.5.5.3 Analisis MBAS (*Methylene Blue Active Surfactants*)

Diambil larutan standar NaLS dengan konsentrasi 0; 5; 10; 20; 30 dan 40 mg/L masing-masing 25 mL dimasukkan ke dalam corong pisah 100 mL. Ditambahkan larutan metilen biru sebanyak 6,25 mL dan 2,5 mL kloroform pada keduanya. Dikocok selama 30 detik dan dibuka tutup corong untuk mengeluarkan gas. Dibiarkan hingga terjadi perpisahan fasa, lalu dipisahkan lapisan bawah (fasa kloroform) dan ditampung dengan corong pemisah lainnya. Diekstraksi kembali fasa air dengan menambahkan 2,5 mL kloroform dan isopropil alkohol sebanyak dua kali dan disatukan semua fasa kloroform.

Ditambahkan 12,5 mL larutan pencuci ke dalam fasa kloroform dan dikocok selama 30 detik. Dibiarkan sehingga terjadi pemisahan fasa, dikeluarkan lapisan bawah (kloroform) dan ditampung dalam labu ukur. Lalu, fasa air

diekstraksi kembali sebanyak dua kali dengan menambahkan 2,5 mL kloroform dan dipisahkan fasa bawah. Setelah itu diukur absorbansi dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang sudah ditentukan pada 3.5.5.1. Setiap absorbansi dari konsentrasi dibuat kurva kalibrasi dengan sumbu x sebagai konsentrasi larutan standar (ppm) dan sumbu y sebagai absorbansi dari larutan standar. Sehingga pada grafik diperoleh persamaan linear $y=ax+b$.

3.5.6 Uji aktivitas

3.5.6.1 Fotodegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* dengan variasi lama penyinaran

Larutan NaLS dibuat dengan konsentrasi 25 mg/L sebanyak 25 mL, lalu ditambahkan 125 mg fotokatalis TiO₂-Karbon aktif 2,85 : 0,15 g kemudian disinari dengan lampu halogen 20 watt selama 80 menit. Lalu, larutan disentrifugasi selama 10 menit. Hasil degradasi pada menit 0; 10; 20; 40; 60 dan 80 menit. Lalu, dianalisis dengan metode MBAS. Proses fotodegradasi dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.5.6.2 Fotodegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* dengan Variasi massa Fotokatalis

Penentuan massa optimum komposit TiO₂-Karbon aktif 2,85 g: 0,15 g dengan menggunakan larutan NaLS 25 mg/L sebanyak 25 mL. Ditambahkan variable massa yang digunakan sebesar 0; 50; 75;100; 125 dan 150 mg. Kemudian direaksikan dengan lampu halogen 20 watt selama waktu optimal yang dilakukan pada 3.5.6.1. Lalu, larutan disentrifugasi selama 10 menit. Hasil degradasi dianalisis dengan metode MBAS. Proses fotodegradasi dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.5.6.3 Fotodegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* dengan Variasi Konsentrasi

Penentuan konsentrasi optimum dari limbah NaLS akan dilakukan dengan cara mengukur daya degradasi TiO₂-KA terhadap NaLS dengan variasi konsentrasi 10; 20; 25; 30 dan 40 mg/L dengan massa optimum TiO₂-Karbon aktif 2,85 g: 0,15 g yang sudah dilakukan pada perlakuan 3.5.6.2. Kemudian direaksikan pada waktu optimum yang sudah ditentukan pada perlakuan 3.5.6.1 dibawah lampu halogen 20 watt. Setelah itu, larutan disentrifugasi selama 10 menit, dan dianalisis dengan metode MBAS. Proses fotodegradasi dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.5.7 Uji Efektivitas Komposit TiO₂-Karbon aktif untuk Fotodegradasi NaLS

Fotodegrasi dilakukan dengan diambil larutan NaLS sebanyak 25 mL ke dalam masing-masing 5 gelas beaker 100 mL. Uji aktivitas dilakukan dengan 4 kondisi yaitu :

1. NaLS 25 mg/L disinari dengan lampu halogen 20 watt selama 60 menit.
2. NaLS 25 mg/L ditambahkan TiO₂ pada kondisi gelap
3. NaLS 25 mg/L ditambahkan TiO₂ massa optimum dan disinari dengan bantuan lampu halogen 20 watt selama waktu optimum
4. NaLS 25 mg/L ditambahkan karbon aktif pada kondisi gelap
5. NaLS 25 mg/L ditambahkan karbon aktif pada massa optimum dan disinari dengan bantuan lampu halogen 20 watt selama waktu optimum
6. NaLS 25 mg/L ditambahkan TiO₂-Karbon aktif 2,85 : 0,15 g massa optimum dan disinari dengan lampu halogen 20 watt selama waktu optimum

Massa komposit yang ditambahkan merupakan massa optimum yang telah diuji fotodegradasi sebelumnya. Larutan hasil fotodegradasi disentrifugasi selama 10 menit, lalu dianalisis dengan metode MBAS. Proses pengujian dilakukan pengulangan secara 3 kali.

3.5.8 Analisis Data

1. Data yang diperoleh dari karakterisasi XRD berupa difraktogram yang dibandingkan dengan standar ICDDs-TiO₂ dan standar JCPDS-Karbon aktif.
2. Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi dengan UV-Vis DRS adalah berupa nilai reflektansi (R) dari panjang gelombang 200-800 nm. Data yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara panjang gelombang dan nilai reflektansi, untuk mengetahui nilai reflektansi terhadap peningkatan panjang gelombang dengan adanya pengaruh karbon aktif sebagai pengemban. Analisis lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk :

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

Selanjutnya, energi celah pita ditentukan dengan membuat plot antara sumbu x yaitu energi foton (hv) dan sumbu y yaitu (F(R).hv)^{1/2}. Setelah itu, energi celah pita dihitung dari data panjang gelombang yang terukur dengan persamaan berikut :

$$E_g = \frac{hc}{\lambda} \quad (3.3)$$

3. Absorbansi yang dihasilkan oleh spektra UV-Vis dari hasil uji aktivitas degradasi larutan dimasukkan ke dalam persamaan regresi (y = ax + b) dari

kurva standar untuk mengetahui konsentrasi awal dan akhir larutan setelah proses degradasi. Nilai x yang diperoleh merupakan nilai konsentrasi dari nilai persen degradasi yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$\% \text{Degradasi} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (3.4)$$

di mana C_0 = konsentrasi awal , dan C_1 = konsentrasi setelah degradasi

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Komposit TiO₂-Karbon Aktif

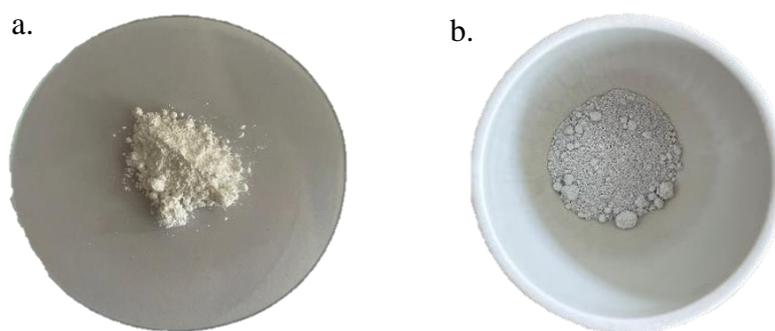
Preparasi karbon aktif memerlukan aktivasi menggunakan aktivator seperti HCl yang bertujuan untuk memperluas permukaan karbon aktif hasil karbonisasi. Penggunaan HCl dikarenakan memiliki sifat higroskopis yang dapat mengurangi kadar air pada karbon aktif dan melarutkan pengotor seperti FeO, MgO dan ZnO (Yusra *et al.*, 2016). Setelah penambahan HCl, dinetralkan dengan akuades hingga memiliki pH netral. Proses penetralan bertujuan agar menghilangkan zat pengotor pada karbon aktif dan zat hasil reaksi saat melakukan aktivasi dikarenakan zat hasil reaksi dapat menutup pori-pori dari karbon aktif (Robbika, 2022). Setelah penetralan karbon aktif dipanaskan pada oven dengan suhu 100 °C yang bertujuan untuk menghilangkan air yang berada di karbon aktif. Karbon aktif yang sudah teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Karbon aktif yang sudah teraktivasi

Material TiO₂-Karbon aktif disintesis menggunakan metode sonikasi pada frekuensi 20 kHz dengan perbandingan massa komposit 2,85 : 0,15 g. Media pelarut pada proses sonikasi digunakan akuademin agar tidak ada senyawa lain pada material komposit. Kemudian dilakukan kalsinasi pada suhu 500 °C selama 5

jam untuk menghasilkan serbuk oksida pada fasa TiO_2 anatas. Hasil kalsinasi digerus dengan *mortar agate* untuk meningkatkan luas permukaan partikel yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Bahwa hasil sintesis dapat dilihat dari segi perubahan warna, material TiO_2 anatas memiliki warna putih pada Gambar 4.2 (a) sedangkan untuk komposit yang sudah berhasil disintesis akan berwarna putih keabuan Gambar 4.2 (b).



Gambar 4. 2 (a) TiO_2 anatas, (b) TiO_2 -Karbon Aktif

4.2 Hasil Karakterisasi TiO_2 -Karbon Aktif

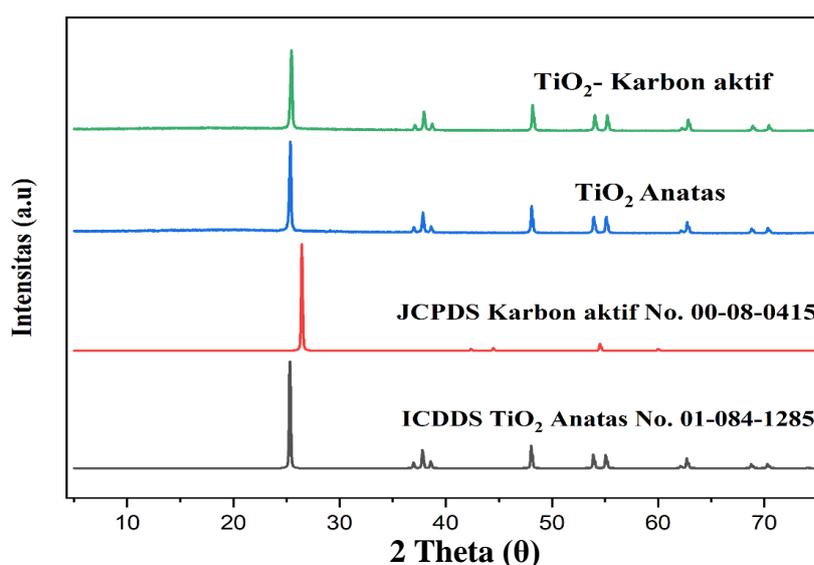
4.2.1 Karakterisasi XRD

Analisis XRD dilakukan dengan menganalisis hasil sintesis TiO_2 -Karbon aktif komposisi 2,85 : 0,15 g dengan metode sonikasi. Karakterisasi XRD dilakukan untuk menentukan fasa kristal yang dapat dilihat dari pola difraksi sinar-X. Pada Gambar 4.3 ditunjukkan pola hasil difraksi sinar-X untuk standar karbon aktif (JCPDS no. 00-008-0415), standar TiO_2 anatas (ICDD no. 01-084-1285), TiO_2 anatas, dan TiO_2 -karbon aktif 95:5.

Berdasarkan Gambar 4.3 diperoleh bahwa material TiO_2 anatas memiliki puncak tertinggi yang khas pada $2\theta = 25,375^\circ$ sedangkan untuk material fotokatalis TiO_2 -Karbon aktif pada $2\theta = 25,45^\circ$. Adanya perubahan yang tidak terlalu signifikan diakibatkan karbon aktif pada permukaan TiO_2 (Parvathiraja *et*

al., 2022). Penambahan karbon aktif tidak terlalu mempengaruhi pergeseran puncak karena TiO_2 memiliki kristalinitas yang cukup baik saat membentuk komposit (Alghamdi *et al.*, 2022). Tetapi, penelitian yang sudah dilakukan oleh Sing, *et al.* (2015) didapatkan $2\theta = 25,4$ untuk TiO_2 -karbon aktif. Sehingga dapat diketahui bahwa pola difraksi TiO_2 -karbon aktif memiliki fasa anatas.

Pada pola difraksi tidak adanya puncak baru yang dihasilkan oleh karbon aktif dikarenakan karbon aktif memiliki sifat amorf sehingga tidak dapat muncul puncak baru (Barakat *et al.*, 2023). Menurut Alghamdi, *et al.* (2022) menyatakan bahwa hal ini disebabkan karena karbon aktif sudah terdifusi sempurna di dalam komposit TiO_2 -karbon aktif. Hal ini membuktikan bahwa karbon aktif yang ditambahkan tetap ada dan tidak merubah fasa kristal dari TiO_2 . Pada penelitian yang dilakukan oleh Pang *et al.* (2020) bahwa suhu kalsinasi $500\text{ }^\circ\text{C}$ tidak merusak pori karbon aktif dan tidak merubah fasa anatas dari TiO_2 . Jika suhu kalsinasi dinaikkan $700\text{ }^\circ\text{C}$ hingga $900\text{ }^\circ\text{C}$ dapat membuat pori karbon aktif rusak dan aglomerasi TiO_2 semakin meningkat.



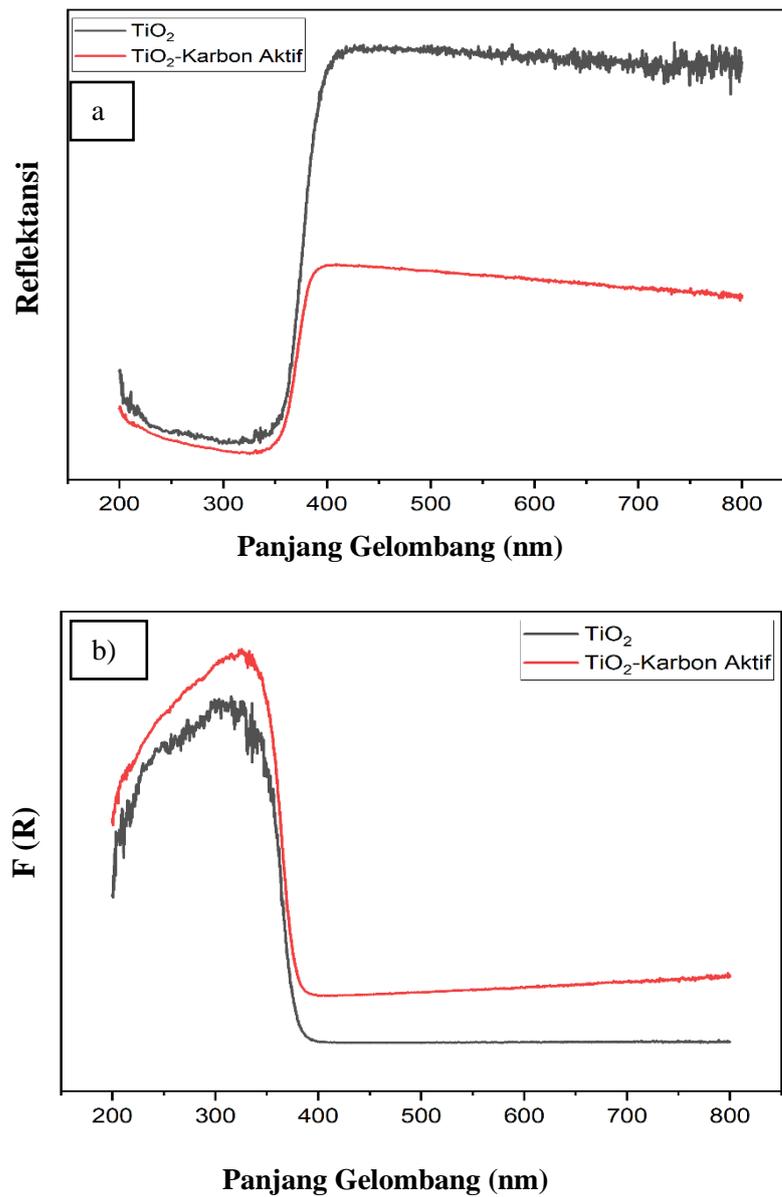
Gambar 4. 3 Hasil karakterisasi XRD TiO_2 -karbon aktif

Struktur komposit TiO₂-karbon aktif diilustrasikan pada Gambar 2.6 bahwa karbon aktif yang ditambahkan akan menempel pada permukaan TiO₂ dikarenakan komposisi antara TiO₂-karbon aktif memiliki perbandingan 95:5% sehingga karbon aktif dapat terdistribusi ke dalam permukaan TiO₂. Seperti pada penelitian Alghamdi *et al.* (2022) menyatakan bahwa karbon aktif akan secara acak berada pada permukaan TiO₂ dan menurunkan aglomerasi pada TiO₂. Hal ini diartikan bahwa modifikasi komposit TiO₂-karbon aktif telah berhasil dilakukan.

4.2.2 Karakterisasi UV-Vis DRS

Karakterisasi menggunakan UV-Vis DRS bertujuan untuk menunjukkan reflektansi yang dapat mengetahui daerah serapan sinar yang berupa panjang gelombang dan energi celah pita. Karakterisasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil reflektansi dari TiO₂-Karbon aktif dengan TiO₂ anatas.

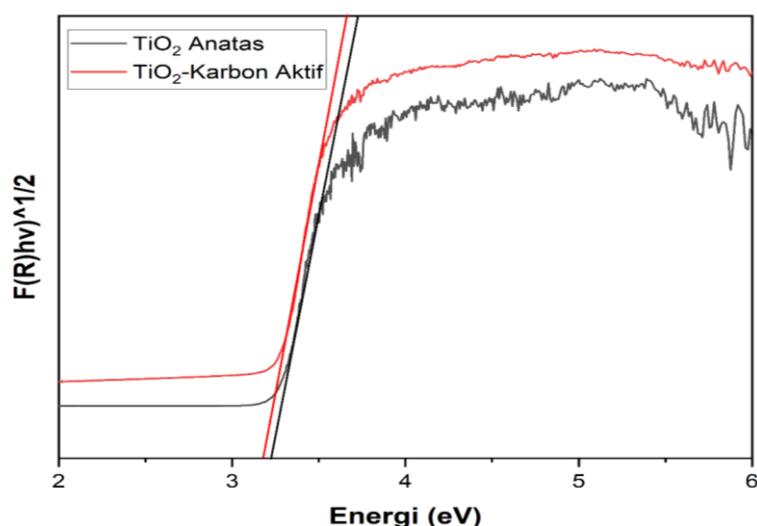
Pada Gambar 4.4 (a) bahwa TiO₂ anatas memiliki nilai reflektansi rendah pada daerah sinar UV (200 – 380 nm), sedangkan nilai reflektansi menjadi meningkat saat berada di daerah serapan sinar tampak pada rentang (380 – 780 nm). Namun, pada TiO₂ yang diembankan oleh karbon aktif, nilai reflektansi semakin rendah pada daerah sinar tampak. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya yang dipantulkan semakin sedikit (Cahyantari, *et al.*, 2016). Menurut Chaiwichian (2022) menyatakan bahwa dengan adanya karbon aktif pada permukaan hingga membentuk komposit dengan semikonduktor dapat membuat penyerapan terhadap sinar *visible*.



Gambar 4. 4 (a) Hubungan antara reflektansi dengan panjang gelombang, (b) Hubungan antara $F(R)$ dengan panjang gelombang

Berdasarkan Gambar 4.4 (b) menunjukkan adanya perubahan yaitu dengan ditambahkan pengemban karbon aktif membuat nilai absorbansi menjadi lebih besar dibandingkan dengan TiO_2 anatase. Hal ini dapat diartikan bahwa dengan penambahan karbon aktif pada TiO_2 membuat peningkatan pada penyerapan sinar pada daerah sinar tampak. Sehingga dapat dibuktikan bahwa nilai reflektansi

berbanding terbalik dengan nilai absorbansi, yang mengindikasikan bahwa TiO₂-karbon aktif memiliki absorbansi paling tinggi pada rentang sinar tampak (380-780 nm). Menurut Patel (2016) menyatakan bahwa pada persamaan kubelka munk $F(R)$ berbanding lurus dengan koefisien serapan, dan berbanding terbalik dengan koefisien hamburan.



Gambar 4. 5 Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS TiO₂-Karbon aktif

Analisis selanjutnya nilai energi celah pita atau *band gap* didapatkan dengan plot sumbu (x) pada grafik hubungan antara energi (eV) dengan $(F(R).hv^{1/2})$ lalu ditarik garis lurus dari sumbu (y). Menurut Makula *et al.* (2018) bahwa penarikan energi celah pita dimulai dengan garis linear dalam spektrum yang sama. Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa energi celah pita yang didapatkan TiO₂ anatas sebesar 3,21 eV sedangkan ketika adanya penambahan karbon aktif energi celah pita menurun 0,04 eV menjadi 3,17 eV. Hal ini disebabkan karena pita konduksi dan pita valensi dari karbon aktif dapat bertindak sebagai *fotosensitizer*, *mid-gap state energy* dan *local trapping state* hal ini yang dapat membuat energi celah pita menjadi menurun ,sehingga dapat menginduksi

penyerapan pada cahaya tampak dan menghambat rekombinasi elektron (Kahkeci dan El-Din., 2023). Ilustrasi penurunan *band gap energy* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

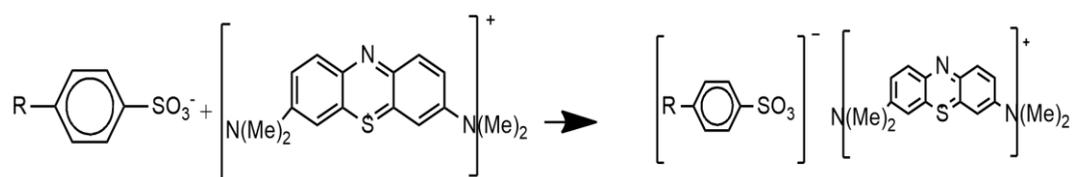
Tabel 4.1 Energi celah pita dan panjang gelombang

Fotokatalis	Energi Celah pita (eV)	Panjang gelombang (nm)
TiO ₂ anatas	3,21	386,55
TiO ₂ -Karbon aktif	3,17	391,43

Selanjutnya analisis panjang gelombang dari TiO₂ anatas dan TiO₂-karbon aktif yang ditampilkan pada Tabel 4.1. Panjang gelombang dari TiO₂ anatas dan TiO₂-karbon aktif adalah 386,55 nm dan 391,43 nm. Hal ini didapatkan bahwa fotokatalis dapat bekerja pada sinar tampak rentang 380-780 nm (Putri, 2017). Berdasarkan hasil *band gap energy* mengindikasikan bahwa komposit TiO₂-karbon aktif memiliki aktivitas fotokatalitik yang optimum pada sinar tampak, sehingga dapat mempermudah eksitasi elektron ke pita konduksi. Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada uji efektivitas fotodegradasi yang akan dibandingkan dengan penambahana fotokatalis antara TiO₂ dan TiO₂-karbon aktif.

4.3 Analisa *Methylene Blue Active Substances* (MBAS)

Metode MBAS dilakukan menggunakan larutan metilen biru untuk mengetahui kandungan surfaktan yang akan diukur absorbansi dengan Spektrofotometer UV-Vis. Berikut adalah mekanisme pembentukan pasangan ionic antara surfaktan dengan metilen biru :

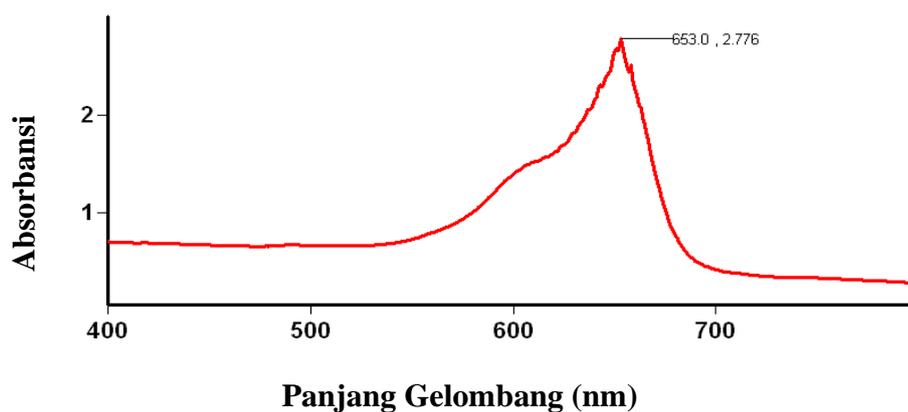


Gambar 4.6 Mekanisme reaksi pembentukan ikatan ionik antara surfaktan dengan metilen biru

Analisis *Methylene Blue Active Substances* (MBAS) membentuk ikatan ion antara anionik surfaktan dengan pewarna kationik dan adanya perpindahan dari fasa air ke fasa organik (kloroform) (Wyrwas dan Grzes'kowiak, 2014). Gugus dari surfaktan bermuatan negatif karena adanya SO_3^- yang berinteraksi langsung dengan gugus metilen biru yang bermuatan positif N^+ (Shitu *et al.*, 2019). Jika tidak berikatan dengan surfaktan maka metilen biru dapat mudah larut dalam air, menurut Koga *et al.* (1999) menyatakan bahwa ketika proses ekstraksi berlangsung metilen biru akan dengan mudah dan cepat berpindah dari fasa kloroform ke fasa air, hal ini yang membuat warna biru pada fasa kloroform menjadi memudar. Hal ini disebabkan karena metilen biru akan membuat ikatan hidrogen bersama air (Quintao *et al.*, 2002). Berdasarkan memudarnya metilen biru pada kloroform maka konsentrasi yang dihasilkan akan semakin kecil.

4.3.1 Panjang Gelombang Maksimum

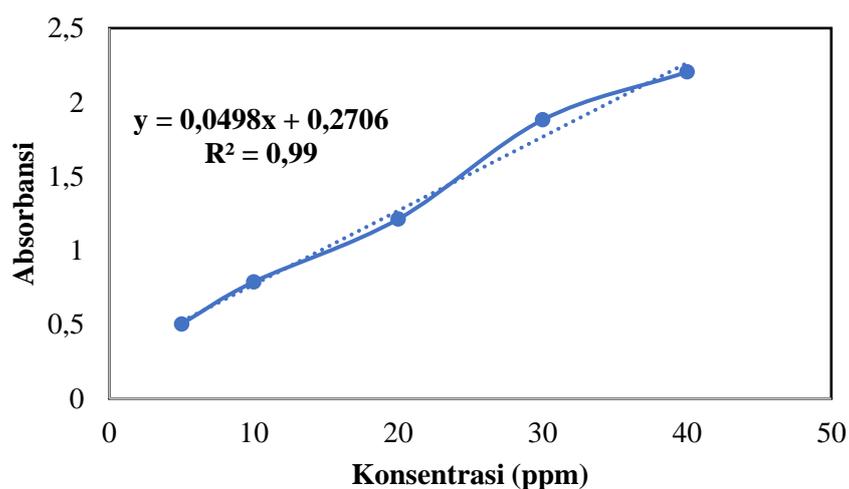
Pada penelitian ini penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 400-800 nm. Penentuan panjang gelombang dilakukan bertujuan untuk mengetahui daerah serapan yang akan digunakan untuk pembuatan kurva standa dan uji aktivitas fotodegradasi. Larutan sampel berupa *Sodium Lauryl Sulfate* dibuat dengan konsentrasi 25 mg/L dan dilakukan prosedur *Methylene Blue Active Surfactant* (MBAS) dengan pelarut kloroform untuk mengetahui daerah serapan. Berdasarkan Gambar 4.7 didapatkan panjang gelombang NaLS sebesar 653 nm. Hal ini cukup sesuai dengan literatur yang dilakukan oleh Rismawati, *et al.* (2012) dengan di dapatkan panjang gelombang NaLS 655 nm.



Gambar 4. 7 Panjang gelombang *Natrium Lauryl Sulfate*

4.3.2 Analisis Kurva Standar

Penentuan kurva standar dilakukan dengan membuat larutan standar dari NaLS dengan konsentrasi 5, 10, 20, 30 dan 40 mg/L dan diuji pada panjang gelombang 653 nm. Hasil pengukuran kurva standar menghasilkan bahwa semakin besar konsentrasi maka semakin meningkat nilai absorbansi. Sehingga dihasilkan persamaan regresi $y = 0,00498x + 0,2706$ dengan nilai regresi (R^2) sebesar 0,99. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai regresi mendekati 1 menunjukkan bahwa konsentrasi dan absorbansi memiliki hubungan yang linear.



Gambar 4. 8 Grafik kurva standar *Natrium Lauryl Sulfate*

4.4 Uji Aktivitas Fotodegradasi Limbah Surfaktan NaLS

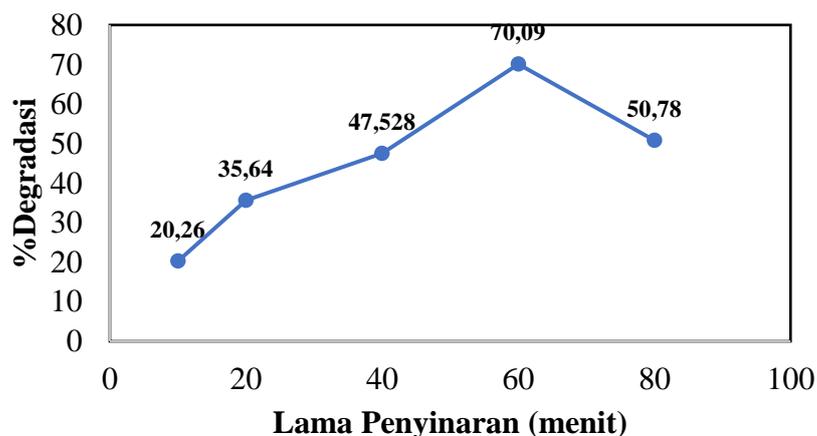
Pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas fotodegradasi dengan variasi lama penyinaran, massa fotokatalis dan konsentrasi dari *Natrium Lauryl Sulfate* (NaLS). Sinar halogen 20W digunakan sebagai sumber energi foton pada fotokatalis TiO₂-karbon aktif. Hal ini dikarenakan lampu halogen dapat memancarkan panjang gelombang pada 390 nm hingga 740 nm (Liang *et al.*, 2012). Radiasi sinar yang mengenai TiO₂-karbon aktif dapat membuat eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada fotokatalis. Mekanisme secara umum pemutusan rantai *Natrium Lauryl Sulfate* (NaLS) oleh fotokatalis dapat dilihat pada Persamaan 2.1. Proses fotodegradasi dilakukan pada kondisi pH= 6,8.

4.4.1 Penentuan Lama Waktu Penyinaran

Penentuan lama waktu penyinaran bertujuan untuk mengetahui aktivitas proses fotodegradasi pada setiap perubahan waktu. Hal ini dilakukan menggunakan sinar tampak yaitu lampu halogen 20W. Optimasi waktu penyinaran dilakukan dengan membuat konsentrasi NaLS sebesar 25 mg/L dan ditambahkan fotokatalis sebanyak 125 mg. Setelah itu dilakukan penyinaran dengan variasi waktu 10, 20, 40, 60 dan 80 menit.

Selanjutnya adalah analisis lama waktu penyinaran, dapat dilihat pada Gambar 4.9 bahwa semakin lama waktu penyinaran membuat lama waktu kontak antara foton dengan katalis sehingga dapat menghasilkan elektron dan *hole* yang semakin banyak. Sehingga, akan menghasilkan persen degradasi yang semakin meningkat. Persen degradasi meningkat dari menit ke-10 hingga menit ke-60 dan menunjukkan persen degradasi terbaik yang dapat dilakukan untuk fotodegradasi NaLS menggunakan TiO₂-karbon aktif selama 60 menit sebesar 70,09%. Selain

aktivitas dari fotokatalis, adanya proses adsorpsi fisik yang menyebabkan senyawa surfaktan dapat menempel pada permukaan TiO_2 -Karbon aktif, hal ini melibatkan gugus hidrofobik dari surfaktan berikatan dengan gugus aktif pada permukaan karbon aktif yang memiliki sifat sama (Kuang *et al.*, 2020). Namun, pada menit ke-80 dihasilkan persen degradasi mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adanya proses desorpsi yang menyebabkan kembalinya molekul yang berikatan dengan gugus aktif dari adsoben, sehingga menurunkan persentase degradasi (Setiyawati, 2020). Waktu penyinaran lebih dari 80 menit dapat membuat proses MBAS sulit dilakukan karena senyawa NaLS yang tersisa hanya sedikit sehingga tidak bisa membentuk ikatan ionik dengan metilen biru dan berpindah ke fasa kloroform.

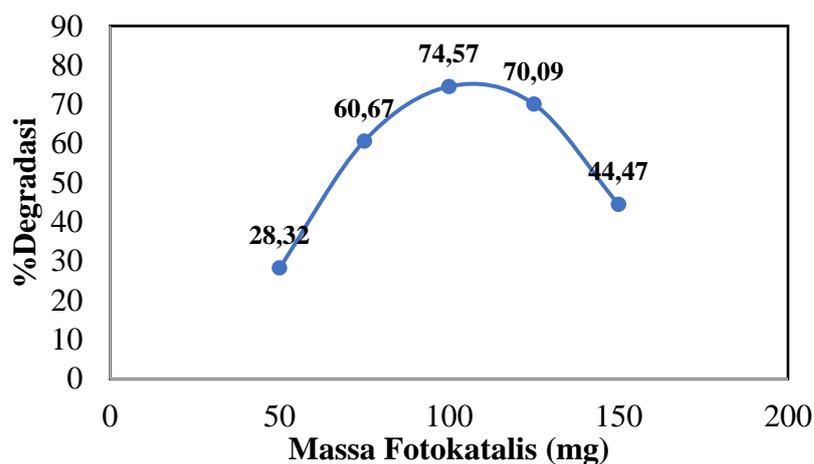


Gambar 4. 9 Hubungan antara persen degradasi dan waktu penyinaran

4.4.2 Penentuan Massa Fotokatalis

Penentuan massa optimum bertujuan untuk mengetahui banyaknya massa yang efektif untuk melakukan proses fotodegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* dengan fotokatalis TiO_2 -karbon aktif. Tahapan yang dilakukan pada penentuan massa fotokatalis TiO_2 -karbon aktif optimum adalah membuat larutan Natrium

Lauryl Sulfat 25 mg/L dan ditambahkan massa fotokatalis 50, 75, 100, 125, dan 150 mg. Setelah itu proses fotodegradasi dilakukan dengan penyinaran sinar tampak oleh lampu halogen 20W dengan menggunakan waktu optimum yaitu 60 menit.

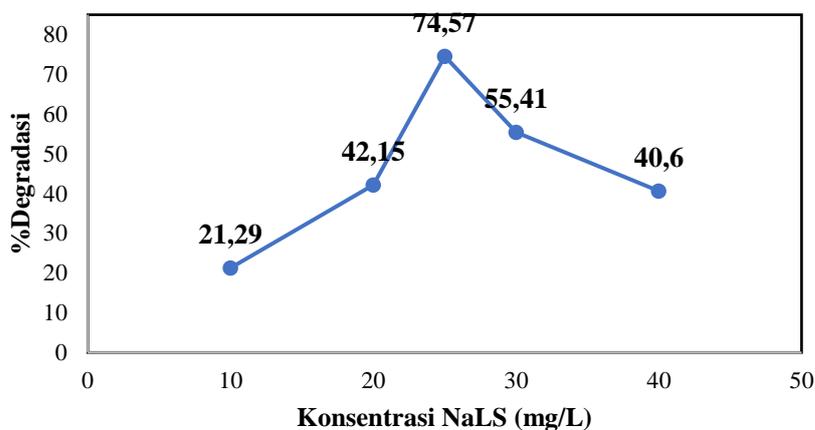


Gambar 4. 10 Hubungan antara persen degradasi dan Massa fotokatalis

Menurut data yang dihasilkan pada Gambar 4.10 didapatkan bahwa hasil persen degradasi meningkat dari massa 50 mg hingga 100 mg. Sehingga menghasilkan persen degradasi paling tinggi dengan penambahan massa TiO₂-karbon aktif 100 mg sebesar 74,57%. Namun, pada massa 125 mg hingga 150 mg hasil persen degradasi mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena jumlah fotokatalis melebihi kondisi optimum 100 mg maka akan mengalami kekeruhan yang dapat menghalangi sinar tampak atau energi foton masuk saat melakukan reaksi fotodegradasi. Seperti penjelasan pada penelitian yang dilakukan oleh Permata *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa keadaan tersebut dapat membuat semakin banyaknya fotokatalis yang tersuspensi.

4.4.3 Penentuan Konsentrasi NaLS

Penentuan konsentrasi NaLS dilakukan bertujuan untuk mengetahui efektivitas proses degradasi NaLS dengan penambahan massa fotokatalis 100 mg dan lama waktu penyinaran 60 menit. Pengukuran konsentrasi dilakukan dengan variasi konsentrasi 10, 20, 25, 30, dan 40 mg/L. Setelah itu proses MBAS dilakukan dan didapatkan hasil persen degradasi pada Gambar 4.11.



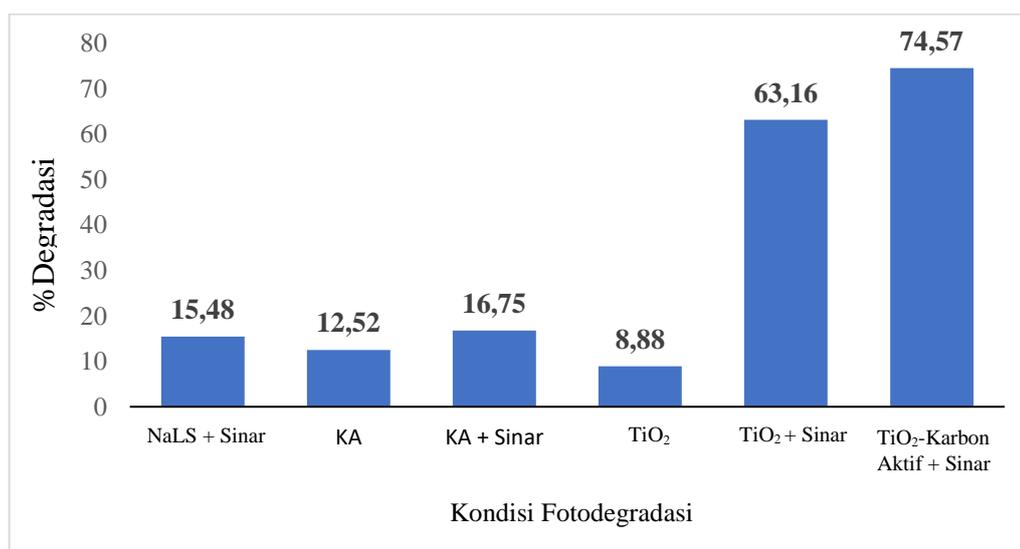
Gambar 4. 11 Hubungan antara persen degradasi dan konsentrasi *Natrium Lauryl Sulfate*

Pada Gambar 4.11 didapatkan bahwa terjadinya peningkatan persen degradasi pada konsentrasi 10 mg/L hingga 25 mg/L. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi tersebut tidak terlalu banyak molekul yang harus didegradasi, sehingga mudah untuk melakukan degradasi. Namun, pada saat melebihi konsentrasi optimum membuat persen degradasi menjadi menurun. Hal ini dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi zat degradasi dapat menyebabkan jalur foton terhalangi sehingga sinar yang mengenai larutan sampai pada katalis akan menurun, dan dapat menurunkan probabilitas eksitasi elektron dalam katalis semakin kecil. Menurut penelitian yang sudah dilakukan oleh Palupi (2006) bahwa pada saat konsentrasi suatu zat degradasi meningkat dan katalis yang

digunakan tetap, maka luas permukaanpun tetap sehingga tidak efektif dalam reaksi fotodegradasi.

4.5 Uji Efektivitas Fotodegradasi

Uji efektivitas bertujuan sebagai uji kontrol fotodegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* terhadap fotokatalis yang berbeda dengan disinari lampu halogen 20W maupun pada kondisi gelap dengan kondisi pH= 6,8. Setelah itu dilakukan metode MBAS, lalu diukur absorbansi dari *Natrium Lauryl Sulfate* pada panjang 653 nm dengan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil uji efektivitas terhadap NaLS dapat dilihat melalui Gambar 4.12.



Gambar 4. 12 Hasil Uji Efektivitas Fotokatalis Terhadap *Natrium Lauryl Sulfate*

Berdasarkan Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa persen degradasi yang dihasilkan oleh TiO₂ dan karbon aktif tanpa penyinaran sebesar 8,88% dan 12,52%, hal ini terjadi karena adanya proses adsorpsi. Proses ini dipengaruhi oleh luas permukaan adsorben. TiO₂ tanpa penyinaran memiliki nilai persen degradasi lebih kecil daripada karbon aktif tanpa penyinaran. Hal ini disebabkan karena TiO₂ memiliki kelemahan yaitu luas permukaan yang rendah sehingga perlu

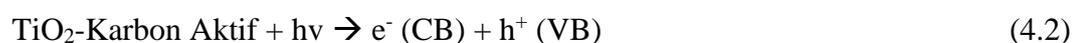
modifikasi dengan material untuk meningkatkan proses adsorpsi (Rauf *et al.*, 2011). Sedangkan kemampuan adsorpsi karbon aktif disebabkan adanya gugus aktif yang bersifat hidrofobik dan berikatan dengan surfaktan membentuk ikatan van der Waals (Kuang, 2020).

Pada uji blangko atau tanpa katalis, dihasilkan persen degradasi sebesar 15,47%. Hal ini dipengaruhi oleh aktivitas fotolisis. Sedangkan penggunaan karbon aktif yang disinari memiliki nilai persen degradasi sebesar 16,75% , nilai tersebut lebih tinggi dibanding dengan karbon aktif tanpa penyinaran. Hal ini dikarenakan adanya proses adsorpsi dan aktivitas fotolisis. Pada proses adsorpsi disebabkan karena adanya gugus aktif dan luas permukaan yang dimiliki karbon aktif. Sehingga dapat menyerap zat organik dan anorganik (Komala, *et al.*, 2021). Sedangkan menurut Yulianto *et al.* (2005) bahwa senyawa molekul air ketika dikenai cahaya, maka senyawa tersebut dapat menyerap energi foton sehingga terjadi proses degradasi. Penyinaran terhadap air dengan energi foton dapat membuat produk akhir seperti H₂, O₂, H₂O₂, H₃O⁺ dan OH radikal (Jin, *et al.*, 2017). Pembentukan OH radikal dapat bereaksi dengan senyawa organik dan anorganik, namun proses ini butuh waktu lama untuk melakukan fotodegradasi suatu senyawa. Berikut adalah reaksi fotolisis:



Proses fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO₂ dan TiO₂-Karbon aktif sebanyak 100 mg menghasilkan persen degradasi sebesar 63,16% dan 74,57%. Berdasarkan data tersebut bahwa massa fotokatalis 100 mg efektif dalam proses degradasi *Natrium Lauryl Sulfate* tidak membentuk suspensi atau *bulk* yang dapat menghalangi sinar foton terhadap material fotokatalis. Selain itu, konsentrasi dari

Natrium Lauryl Sulfate efektif sebesar 25 mg/L, karena jika melebihi kondisi optimum sulit untuk terdegradasi karena radikal hidroksil yang dihasilkan dalam jumlah yang tetap. Persen degradasi yang didapat karena adanya pembentukan radikal hidroksil dari reaksi antara sinar dan semikonduktor yang menghasilkan elektron dan *hole* sehingga dapat mendegradasi zat surfaktan. Persamaan reaksi pembentukan radikal hidroksil dalam mendegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* sebagai berikut (Lea dan Adesina, 1998) :



Pada penggunaan TiO_2 dengan penyinaran dihasilkan persen degradasi yang lebih kecil sebesar 63,16% dibanding dengan TiO_2 -karbon aktif dengan penyinaran. Hal ini disebabkan karena energi celah pita yang dihasilkan dari TiO_2 lebih besar, sehingga kinerja sinar yang digunakan kurang efektif dalam menghasilkan radikal hidroksil. Sedangkan pada penggunaan TiO_2 -karbon aktif menghasilkan persen degradasi lebih tinggi dikarenakan energi celah pita pada fotokatalis TiO_2 -karbon aktif sebesar 3,17 eV sehingga semakin mudah dalam penyerapan foton karena tingkat energi semakin kecil yang dapat membuat elektron mudah mengalami eksitasi. Adapun penambahan karbon aktif pada TiO_2 anatas dapat meningkatkan aktivitas degradasi dikarenakan adanya proses adsorpsi yang terdapat pada permukaan komposit. Proses adsorpsi memungkinkan

adanya zat polutan yang terserap sekitar TiO_2 , sehingga hal ini akan meningkatkan aktivitas degradasi (Xu *et al.*, 2020). Jika tidak adanya penambahan karbon aktif pada semikonduktor TiO_2 dapat menyebabkan reaktan akan kembali ke dalam larutan karena permukaan TiO_2 yang kecil (Leary dan Westwood., 2011).

4.6 Perspektif Islam Terhadap Uji Fotodegradasi Limbah Surfaktan

Pencemaran lingkungan merupakan masuknya zat-zat atau kondisi yang dapat mengganggu keseimbangan alam sehingga dapat membahayakan ekosistem. Salah satu pencemaran yang dihadapi yaitu, pencemaran lingkungan air. Hal ini dapat disebabkan karena aktivitas industri maupun aktivitas rumah tangga. Surfaktan merupakan salah satu zat yang dapat menyebabkan pencemaran air.

Adapun cara yang dilakukan adalah dengan fotodegradasi melalui penggunaan fotokatalis dan bantuan sinar cahaya. Fotokatalis yang digunakan pada penelitian ini adalah TiO_2 -karbon aktif. Penambahan karbon aktif pada semikonduktor bertujuan untuk menurunkan energi celah pita. Hal ini dapat membuat lebih mudah elektron tereksitasi karena jarak semakin deka antara pita valensi dan pita konduksi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwa sintesis komposit TiO_2 -karbon aktif dengan perbandingan 2,85 : 0,15 g dan menghasilkan penurunan energi band gap dari 3,21 eV menjadi 3,17 eV. Hal ini menunjukkan bahwa segala sesuatu yang telah Allah Swt. berikan di bumi memiliki manfaat, seperti pada firman Allah Swt. dalam surat Al-Baqarah (2) ayat 29:

سَبِّعَ فَسَوَّاهُنَّ السَّمَاءَ إِلَى اسْتَوَىٰ ثُمَّ جَمِعَهُمُ الْاَرْضِ فِي مَا لَكُمْ خَلَقَ الَّذِي هُوَ
عَلِيمٌ شَيْءٍ بِكُلِّ وَهُوَ ۙ سَمَآوَاتٍ

Artinya : *“Dialah Allah, yang menjadikan segala yang ada di bumi untuk kamu dan Dia berkehendak (menciptakan) langit, lalu dijadikan-Nya tujuh langit. Dan Dia Maha Mengetahui segala sesuatu.”*

Menurut Shihab (2002) dalam tafsir Al-Mishbah bahwa : Dia-lah (Allah Swt.) yang sudah menciptakan segala yang ada di bumi untuk manusia, sehingga banyak ulama yang mengartikan bahwa pada dasarnya segala yang terbentang di bumi dapat digunakan oleh manusia, kecuali jika ada dalil yang melarangnya. Dengan hal ini, Allah menciptakan manusia sebagai khalifah yang berperan utama dalam peristiwa pengembangannya.

Berdasarkan hasil uji variasi fotodegradasi, bahwa penggunaan komposit TiO₂-karbon aktif dengan sinar halogen dapat menurunkan kadar surfaktan sebanyak 74,57%. Pada pengujian fotodegradasi harus dilakukan pada kondisi optimum, yaitu melakukan penyinaran dengan lampu halogen 20W selama 60 menit, menggunakan massa fotokatalis sebanyak 100 mg dan penggunaan konsentrasi sampel sebesar 25 mg/L. Jika uji fotodegradasi dilakukan melebihi kondisi optimum dapat menyebabkan penurunan aktivitas fotodegradasi. Seperti hal yang sudah dikatakan pada firman Allah Swt. QS. Al-‘Ala (87) ayat 2-3 :

(۳) الَّذِي خَلَقَ فَسَوَّىٰ (۲) وَالَّذِي قَدَّرَ فَهَدَىٰ

Artinya : *“Yang menciptakan dan menyempurnakan dan yang menentukan kadar serta memberi petunjuk.”*

Tafsir Al-Mishbah (Shihab, 2002) menyatakan bahwa ayat diatas menunjukkan tentang maha tinggi Allah Swt. dalam menciptakan dan menyempurnakan ciptaan-Nya. Kata (خَلَقَ) *khalafa* disebut dengan objek yaitu segala yang diciptakan, (فَسَوَّىٰ) *Fa sawwud* yang diartikan menyeimbangkan

sesuatu dari segi kualitas dan kuantitas, dan (قَدْرٌ) *qaddara* yang diartikan memberi kadar. Semua hal yang diciptakan oleh Allah Swt. sudah ditetapkan kadarnya seperti pada manusia. Manusia mempunyai kemampuan yang terbatas, kecuali untuk melampaui hal yang tidak mampu ia menggunakan akal untuk menciptakan suatu inovasi. Namun, hal ini tetap memiliki keterbatasan dan ukuran yang tidak mampu dilampaui.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan uji variasi waktu penyinaran bahwa lama penyinaran optimum untuk mendegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* selama 60 menit dengan memperoleh persen degradasi sebesar 70,09%.
2. Berdasarkan uji variasi massa optimum dari fotokatalis TiO₂-Karbon aktif untuk mendegradasi *Natrium Lauryl Sulfate* diperoleh bahwa massa optimum sebanyak 100 mg dengan persen degradasi 74,57%.
3. Berdasarkan uji variasi konsentrasi dari *Natrium Lauryl Sulfate* diperoleh konsentrasi optimum pada 25 mg/L dengan persen degradasi 74,57%.
4. Berdasarkan penambahan karbon aktif terhadap TiO₂ dapat meningkatkan persen degradasi dari 63,16% menjadi 74,57%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut menggunakan BET *surface area* untuk mengetahui luas permukaan dari TiO₂-Karbon Aktif.
2. Perlakuan untuk waktu penyinaran pada proses fotodegradasi disarankan untuk tidak terlalu lama, karena sampel sulit dilakukan ekstraksi pada proses *Methylene Blue Active Surfactant* (MBAS).
3. Peningkatan uji aktivitas dapat dilakukan dengan penambahan karbon aktif sebesar diatas 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M; Iqbal, J; Rehman, U, S, M; Khalid, U, Mateen F; Arshad, N, S; Al-Sehemi, G, A; Algarni, H; Hartomy, O dan Fazal, T. 2023. Removal of Ceftriaxone Sodium Antibiotic From Pharmaceutical Wastewater Using An Activated Carbon Based TiO₂ Composite: Adsorption and Photocatalytic Degradation Evaluation. *Chemosphere*, 317.
- Ahmad, S; Tahir, S, M; Kamal, M, G; Zhang, X; Nazir, S; Tahir, B, M; Jiang, B dan Safdar, M. 2023. TiO₂/ Activated Carbon/2D Selenides Composite Photocatalysts for Industrial Wastewater Treatment. *Water*. Volume 15: 1788
- Alghamdi, Y,G; Khrisnakumar, B; Malik, M, A dan Alhayyani, S. 2022. Design and Preparation of Biomass-Derived Activated Carbon Loaded TiO₂ Photocatalyst for Photocatalytic Degradation of Reactive Red 120 and Ofloxacin. *Polymers*. Volume 14: 880.
- Aliah, H dan Karlina, Y. 2015. Semikonduktor TiO₂ Sebagai Material Fotokatalis Berulang. *Jurnal ISTEK*. Volume 9, Nomor 1.
- Allport, H. B. 1997. *Activated Carbon. Encyclopedia of Science and Technology*. New York : Mc Graw Hill Book Company.
- Amaliyah, R. 2014. Metode Fotodegradasi Terkatalis Titanium Dioksida (TiO₂) Untuk Pengurangan Kadar Surfaktan Dalam Limbah Laundry [Tesis]. Yogyakarta : Program Magister Universitas Gadjah Mada.
- Ana, D, I. 2022. Biokeramik dan Rekayasa Jaringan. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Andari, D, N dan Wardhani, S. 2014. Fotokatalis TiO₂-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem. Prog*. Volume 7, Nomor 1.
- Anggini, A dan Muldasinur. 2021. Sintesis Nanokomposit TiO₂-Grafrit untuk Degradasi Asap Rokok. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*. Volume 10, Nomor 2: 281-287.
- Anggraini, V. 2015. Pengaruh Penambahan H₂O₂ Terhadap Fotodegradasi Surfaktan Anionik Dari Limbah Laundry Terkatalis TiO₂ [skripsi]. Yogyakarta : Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada.
- Apriyani, N. 2017. Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*. Volume 2, Nomor 1 : 37-44
- Arana, J; Rodriguez, D, J,M; Rendon, T,E; Cabo, I,G,C; Diaz, G,O; Melian, H, J,A; Pena, P,J; Colon, G dan Navio, J,A. 2003. TiO₂ Activation by Using

- Activated Carbon as a Support Part I. Surface Characterisation and Decantability Study. *Applied Catalysis B: Environmental*. Volume 44: 161-172.
- Arif, R, A; Saleh, A dan Saokani, J. 2015. Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (*Pangium edule*) Terhadap Penurunan Fenol. *Al-Kimia*. Volume 3, Nomor 1
- Arnelli. 2010. Sublasi Surfaktan dari Larutan Detergen dan Larutan Detergen Sisa Cucian Serta Penggunaannya Kembali Sebagai Detergen. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, Volume 13, Nomor 1 : 4-7
- Astuti, F. 2018. Efek Fotodegradasi Pada Pengolahan Surfaktan Anionik dari Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah, Teknik Kimia UNPAM*. Volume 2, Nomor 1.
- Awaluddin, M, A dan Ahda, S. 2015. Pengaruh Penambahan Bahan Dopan Ta₂O₅ Pada Bahan Piezoelektrik Ramah Lingkungan (K_{0,5}Na_{0,5})_{0,96}Li_{0,04}NbO₃ Dengan Menggunakan Sintesis Metode Molten Salt. *Jurnal Fisika Unand*. Volume 4, Nomor 2
- Awfa, D; Ateia, M; Fujiii, M; Johnson, S. M and Yoshimura, C. 2018. Photodegradation of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Water Treatment Using Carbonaceous-TiO₂ Composites. *Water Research*, Volume 142: 26-45
- Aziz, M, A, N; Arsad, N; Menon, S,P; Shaari, S; Yusof, M, Z dan Laili, R, A. 2015. An Assesment Study Of Absorption Effect: LED vs Tungsten Halogen Lamp for NonInvasive Glucose Detection. *Journal of Innovative Optical Health Sciences*. Volume 8, Nomor 2
- Basthomi, A.A.I. 2016. Sintesis, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Fotokatalis Titanium Dioksida (TiO₂) Anatas Terdoping Vanadium (III) Menggunakan Metode Sonikasi. [skripsi]. Malang : Program sarjana Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Barakat, N, A,M; Sayed, T, Y; Irfan, O, M dan Abdelaty, M. 2023. Syntesis of TiO₂-Incorporated Activated Carbon as an effective Ion Electrosorption Material. *PLoS One*. Volume 18. Nomor 3.
- Bemis, R; Ngatijo, N; Nurjanah, S; dan Magviroh, A, N. 2019. Sintesis dan Karakterisasi fotokatalis ZnO/Karbon Aktif (KA) dan Aplikasinya pada Degradasi Rhodamin B. *Chempublish Journal*. Volume 4, Nomor 2: 101-113.
- Bondi, A,C; Marks, L, J; Wroblweski, B, L; Raatikainen, S, H; Lenox, R, S dan Gebhardt, E,K. 2015. Human and Environmental Toxicity of Sodium

Lauryl Sulfate (SLS) : Evidence for Safe Use in Household Cleaning Products. *Libertas Academia*. Volume 9.

- Cahyantari, L; H, Dina, R dan Supriyadi, B. 2016. Analisis Intensitas Pencahayaan Di Ruang Kuliah Gedung Fisika Universitas Jember Dengan Menggunakan Calculux Indoor 5.0B. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. Volume 5, Nomor 1: 77-81
- Carpio, E; Zuniga, P; Ponce, S; Solis, J; Rodriguez, J dan Estrada, W. 2004. Photocatalytic Degradation of Phenol Using TiO₂ Nanocrystals Supported on Activated Carbon. *Journal of Molecular Catalyst A : Chemical*. Volume 228 : 293-298.
- Cui, J; Zhang, F; Li, H; Cui, J; Ren Y dan Yu, X. 2020. Recent Progress in Biochar-Based Photocatalyst for Wastewater Treatment: Synthesis, Mechanisms, and Application. *Applied Sciences*. Volume 10.
- Chaiwichian, S. 2022. Synthesis of Novel Activated Carbon/BiVO₄ Nanocomposite Photocatalysts for Degradation of Organic Compounds in Wastewater. *Journal of Physics: Conf.Ser.* 2175
- Chaturvedi, V dan Kumar, A. 2010. Toxicity of sodium dodecyl sulfate in fish and animals. A review. *Int. J. Appl. Biol. Pharm. Technol.* Volume 1: 630-633.
- Chenm Y; Li, Z; Shi, S; Song, C; Jiang, Z dan Cui, X. 2017. Scalable Synthesis of TiO₂ Crystallites Embedded in Bread-Derived Carbon Matrix with Enhanced Lithium Storage Performance. *Mater Electron*. Volume 28
- Choi, J; Park, H dan Hoffmann, M. R. 2009. Combinatorial Doping of TiO₂ with Platinum (Pt), Chromium (Cr), Vanadium (V), and Nickel (Ni) to Achieve Enhanced Photocatalytic Activity with Visible Light Irradiation. *Journal Material Research*. Volume 25, Nomor 1
- Deng, Y dan Zhao, R. 2015. Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment. *Current Pollution Reports*, 1(3) : 167-176.
- Eshaghi, A; Hayeripour, S dan Eshaghi, A. 2015. Photocatalytic Decolorization of Reactive Red 198 dye by a TiO₂-Activated Carbon Nano-composite Derived From the Sol-Gel Method. *Res Chem Interment*.
- Fatimah, I dan Wijaya, K 2005. Sintesis TiO₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *TEKNOIN*, Volume 10, Nomor 4: 257-267
- Fatma, N; Panda, M dan Ansari, W.H. 2015. Environment-friendly ester bonded gemini surfactant : mixed micellization of 14-E2-14 with Ionic and Nonionic Conventional Surfactants. *J. Mil. Liq*. Volume 211: 247-255.

- Freitas, R; Silvestro, S; Coppola, F; Costa, S; Meucci, V; Battaglia, F; Intorre, L; Soares, A; Pretti, C dan Faggio, C. 2020. Toxic Impacts Induced by Sodium Lauryl Sulfate in *Mytilus galloprovincialis*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part A 242.
- Handayani, M; Notodarmojo S.; Soenoko, B dan Sugiyana, D. 2012. Photocatalytic Decolorization of Acid Red 4 Azo Dye by Using Immobilized TiO₂ *Microparticle and Nanoparticle Catalysts*. *Journal of Environmental Engineering*. Volume 16, Nomor 3: 150
- Hardeli; Ramadhani, A; Kurniawati, D.; Andriko, N dan Sanjaya, H. 2014. Degradasi *Methyl Violet* dan *Methylene Blue* oleh Fotokatalis TiO₂. *EKSATA*, Volume 1
- Hartoyo, W.W. A; Wahyuni S dan Harjito. 2013. PENURUNAN Kadar *Linear Alkyl Sulfonate* Oleh Fotokatalis TiO₂/Zeolit Alam. *Indo. J. Chem. Sci*, Volume 2, Nomor 2.
- Hendra, B; Eri; Razak, A dan Sanjaya, H. 2017. Photo-Degradation of Surfactant Compounds Using UV-Rays With Addition Of TiO₂ Catalyst In Laundry Waste. *Sainstek : Jurnal Sains dan Teknologi*. Volume 7, Nomor 1.
- Huda, S; Ratnani, D, R dan Kurniasari, L. 2020. Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) yang Diaktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl). *Inovasi Teknik Kimia*, Volume 5, Nomor 1:22-27.
- Inggarwati, D, E; Istighfarini, N, V dan Prasety, A. 2020. Sintesis Komposit Bi₄Ti₃O₁₂/TiO₂ dengan Metode Sonikasi. *Jurnal ILMU DASAR*, Volume 21, Nomor 2: 81-86.
- Jannah, F. 2020. Sintesis dan Karakterisasi fotokatalis TiO₂ Terdoping Vanadium dengan Variasi Jenis Surfaktan Menggunakan Metode Sonikasi [skripsi] Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Jannah, N, S. 2019. Sintesis dan Karakterisasi TiO₂/Karbon Aktif Menggunakan Metode Sol-Gel [skripsi]. Malang : Program Sarjana UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Jatgoyen, M; McEnaney, B; Stencil, J; Thwaites, M dan Derbyshire, F. 2006. Activated Carbons From Bituminous Coals by Reaction with H₃PO₄: Influence of Coal Cleaning. *Fuel Processing Technology*. Volume 34, Nomor 2: 85-96
- Jin, F; Wei, M; Liu, C dan Ma, Y. 2017. The Mechanism For The Formation of OH radicals in Condensed-Phase Water Under Ultraviolet Irradiation. *Physical Chemistry Chemical Physics*, Volume 32.

- Kaneko, M dan Okura, I. 2002. *Photocatalysis: Science and Technology*. Heildeberg : Springer Berlin.
- Kahkeci, J dan El-Din, M, G. 2023. Biochar-supported Photocatalyst: Performance Optimization and Applications in Emerging Contaminant Removal from Wastewater. *Chemical Engineering Journal*. Volume 476.
- Kiswnadono, A, A; Nurhasanah dan Akmal, J. 2020. Pelatihan dan Pendampingan *Home Industri* Kelompok PKK Desa Fajar Baru: Pembuatan Detergen Cair. *SAKAI SAMBAYAN*, Volume 4, Nomor 1.
- Koga, M; Yamamichi, Y; Nomoto, Y; Irie, M; Tanimura, T dan Yoshinoga, T. 1999. Rapid Determination of Anionic Surfactants by Improved Spectrophotometric Method Using Methylene Blue. *Analytical Sciences*. Volume 15.
- Komala, R; Dewi, S, D dan Pandiyah, N. 2021. Proses Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah Terhadap Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Cair Industri Tahu. *REDOKS*. Volume 6, Nomor 2.
- Kuang, Y; Zhang, X dan dan Zhou, S. 2020. Adsorption of Methylene Blue in Water Onto Activated Carbon by Surfactant Modification. *Water* Volume 12, Nomor 587
- Kurniastuti, E, A. 2018. Sintesis Nanoklusters Emas (AuNCs) dan Aplikasinya Sebagai Dopa Pada Tungsten (VI) Oksida (WO_3) dan Titanium Dioksida (TiO_2) Sebagai Pendegradasi Pada Metilen Biru. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- Lea, J dan Adesina, A. A. 1998. The Photo-Oxidative Degradation of Sodium Dodecyl Sulphate in Aerated Aqueous TiO_2 Suspension. *Journal of Photochemistry and Photobiology A*. Volume 118.
- Leary, R dan Westwood, A. 2011. Carbonaceous Nanomaterials for The Enhancement of TiO_2 Photocatalysis. *Carbon*. Volume 49: 741-742
- Lestari, D, Y; Wardhani, S dan Khunur, M, M. 2015. Deradasi *Methylene Blue* Menggunakan Fotokatalis TiO_2 -N/Zeolit Dengan Sinar Matahari. *Kimia Universitas Brawijaran.Student Journal*. Volume 1, Nomor 1: 592-598
- Lestari, P. 2012. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Kitosan-Selulosa Diasetat- TiO_2 untuk Pengolahan Limbah Deterjen [skripsi] Surabaya : Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
- Liang, S; Sa, Y; Sun, L; Ma, X; Wang, Z; Xing, W; Jiang, T dan Wang, Y. 2012. Effect of Halogone Light Irradiation on Hydrogen Peroxide Bleaching : an *In Vitro* Study. *Australian Dental Journal*. Volume 57: 277-283.

- Linsebigler, A. L; Lu Guangguan dan Yates Jr, T. 1995. Photocatalysis on TiO₂ Surface: Principles, Mechanisme, and Selection Result. *Chem Rev.* Volume 95: 735-758
- Manda, Poni Dwi. 2022. Sintesis dan Karakterisasi TiO₂/Karbon Aktif sebagai Fotokatalis untuk Mendegradasi Tetrasiklin (C₂₂H₂₄N₂O₈) [skripsi]. Jambi : Program Sarjana Universitas Jambi.
- Maretta, A dan Helmy, Q. 2015. Degradasi Surfaktan Sodium Lauryl Sulfat dengan Proses Fotokatalis Menggunakan Nanopartikel ZnO. *Jurnal Teknik Lingkungan.* Volume 21, Nomor 1: 1-8
- Martins, C, A; Cazetta, A; Pezoti, O; Souza, J; Zhang,T; Pilau, E,J; Asefa, T dan Alemida, V. 2017. Sol-Gel Synthesis of New TiO₂/Activated carbon Photocatalyst and its application for degradation o tetracycline. *Ceramics Intern.* Volume 43, Nomor 5: 4411-4418
- Mawardi, I dan Lubis, H. 2019. Proses Manufaktur Plastik dan Komposit Edisi Revisi. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Meirawaty, M; Nugraheni, D, R dan Riyandhani, P, C. 2022. *Mineralogi.* Banyumas, Jawa Tengah : Zahira Media Publisher.
- Naimah, S; Ermawati, R; Aviandarie, A.S; Aidha, N.N dan Jati, N.B. 2015. Keramik Sebagai Media Fotokatalis TiO₂-Karbon Aktif Serta Aplikasinya Pada Kesehatan Lingkungan. *J.Kimia Kemasan.* Volume 37, Nomor 2: 123-132.
- Niraula, P, T; Bhattarai, A dan Chatterjee, K, S. 2014. Sodium Dodecylsulphate: A Very Useful Surfactant fot Scientific Investigations. *The Journal of Knowledge and Innovation.* Volume 2, Nomor 1.
- Nurdin, M; Ramdhan, N, A, O, L; Darmawati, D; Maulidiyah, M dan Wibowo, D. 2017. Synthesis of Ni, N co-doped TiO₂ using Microwave-Assisted Method for Sodium Lauryl Sulfate Degradation By Photocatalyst. *J.Coat. Technol.Res.* Volume 15 : 395-402.
- Nurfitriyana, A. 2012. Signifikansi Kavitas Ultrasonik dan Hidrodinamik Terhadap Karakteristik Produl Oksidasi Penyisihan Limbah Fenol dengan Proses Oksidasi Lanjut Berbasis Ozon [skripsi]. Jakarta: Program Sarjana Universitas Indonesia.
- Ojanen, M; Karha, P dan Ikonen, E. 2010. Spectral Irradiance Model for Tungsten Halogen Lamps in 340-850 nm wavelength Range. *Applied Optics.* Volume 49, Nomor 5: 880-886.

- Palupi E. 2006. Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO₂ [skripsi]. Bogor: Program Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Palwaguna, G. 2017. Proses Fotokatalis TiO₂ dan Foto-Fenton Untuk Penyisihan Patogen dan Polutan Kimiawi Pada Pengolahan Air.
- Pang, L, Y; Lim, S dan Lee, L, K, R. 2020. Enhancement of Sonocatalytic Degradation of Organic Dye By Using Titanium Dioxide (TiO₂)/Activated Carbon (AC) Derived From Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Environmental Science and Pollution Research*. Volume 23 : 34638-34652
- Patel, M; Chavda, A; Mukhopadhyay, I; Kim, J dan Ray A. 2016. Nanosctructued SnS with Inherent Anisotropic Optical Properties For High Photoactivity. *Nanoscale*. Volume 8: 2293
- Pavathiraja *et al.* 2022. Activated Carbon-Loaded Titanium Dioxide Nanoparticles and Their Photocatalytic and Antibacterial Investigations. *Application of Nanomaterials in Enviromenta Catalysis*. Volume 12, Nomor 8.
- [Permen LH] Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2010. Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kawasan Industri Nomor 03. Jakarta: Permen LH
- Permata, G, D; Diantariani, P, N dan Widihati, G, A, I. 2016. Degradasi Fotokatalitik Fenol Menggunakan Fotokatalis ZnO dan Sinar UV. *Jurnal Kimia*. Volume10, Nomor 2: 263-269
- Poluakan, M; Wuntu, A dan Sangi, S. M. 2015. Aktivitas Fotokatalitik TiO₂-Karbon Aktif dan TiO₂-Zeolit pada Fotodegradasi Zat Warna *Remazol Yellow*. *Jurnal Mipa Unsrat Online*. Volume 4, Nomor 2: 137-140.
- Pristantho, F, J 2011. Degradasi Fotokatalitik Surfaktan NaLS (*Natrium Lauril Sulfat*) Dengan Kombinasi Reagen Fenton dan TiO₂ [skripsi]. Surabaya : Program Sarjana Universitas Airlangga.
- Pujiono, E, F; Mulyati, A, T dan Fizakia, N, M. 2019. Modification of Activated Carbon with Titanium Dioxide as A water Treatment Material. *Journal of Public Health in Africa*. Volume 10: 1178
- Putri, E, L. 2017. Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna KMnO₄ Dengan Metode Spektroskopi UV-Visible. *Natural Science Journal*. Volume 3, Nomor 1: 391-398
- Putri, S, F,K. 2022. Pengaruh Lama Penyinaran dan Massa Katalis Terhadap Efektivitas Degradasi *Methyl Red* Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Zeolit Alam [skripsi]. Malang: Program Sarjana Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim

- Putro, H,K,R; Setiawan, A, Y dan R, Agung, T. 2019. Degradasi Surfaktan (Linear Alkyl Benzene) Pada Limbah Laundry Dengan Metode Fotokatalis ZnO. *Jurnal Envirotek*. Volume 11, Nomor 1.
- Ramadhana, R,R; M. Iqbal, M; Hafid, Abdul., dan Adriani. 2022. Analisis PLTS On Grid. *Vertex Elektro*, Volume,14, Nomor 1.
- Ramadhy, Febri, Wahyu., Rahmalia, Winda., dan Usman, Thamrin. 2020. Preparasi dan Karakterisasi Komposit TiO₂/Metakaolin Teraktivasi KOH dalam Upaya Menurunkan Energi Celah Pita pada Anoda TiO₂. *Positron*, 10(1): 19-26.
- Rauf, M.A., Meetani, M.A., dan Hisaindee, S. 2011. An Overview on the photocatalytic Degradation of Azo Dyes in The Presence of TiO₂ Doped With Selective Transition Metals. *Desalination*. Volume 276, Nomor 1-3: 13-27
- Rismawati; Armid dan Amiruddin. 2012. Analisis Residu Detergen Anionik *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. *J.Prog. Kim. Si*. Volume 2, Nomor 1.
- Rizki, N, M dan R, Agung, T. 2020. Kombinasi AOPs (*Advanced Oxidation Processes*) Fotokatalis - Fotofenton Dalam Mendegradasi Surfaktan LAS (*Linear Alkylbenzene Sulfonate*) Pada Limbah Laundry. Di dalam: *Seminar Nasional (ESEC)*; Volume 1, Nomor 1.
- Robbika, F. 2022. Sintesis Karbon Aktif dari Ampas Tebu dengan Aktivasi Kimia Menggunakan KOH sebagai Adsorben Logam Berat Cr-VI. *Berkala Penelitian Politeknik ATK Yogyakarta*. Volume 21, Nomor 1.
- Rusdiana, A, I; Hambali, E dan Rahayunngsih, M. 2018. Pengaruh Sonikasi Terhadap Sifat Fisik Formula Herbisida yang Ditambahkan Surfaktan Dietanolamida. *Agroradix*. Volume 1, Nomor 2.
- Sa'diyah, H. 2018. Daur Ulang Limbah Dalam Pandangan Hukum Islam. *At-Turas*, Volume 5, Nomor 1
- Sene, R. A; Moradi, G. R dan Sharifnia, S. 2017. Sono-Dispersion of TiO₂ Nanoparticles Over Clinoptilolite Used in Photocatalytic Hydrogen Production: Effect of Ultrasound Irradiation During Conventional Synthesis Methods. *Ultrasonic Sonochemistry*. Volume 37: 490-501.
- Septiani, U; Gustiana, M dan Safni. 2015. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis TiO₂/ Karbon Aktif Dengan Metode Solid State. *J. Ris. Kim*, Volume 9, Nomor 1.

- Setiyawato, D; Simpen, N, I dan Ratnayani, O. 2020. Fotodegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Pencelupan Dengan Katalis Zeolit Alam/TiO₂ dan Sinar UV. *Cakra Kimia*. Volume 8, Nomor 1.
- Shihab, Q, M. 2002. Tafsir Al- Mishbah : Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an, Volume 2. Jakarta : Lentera Hati.
- Shihab, Quraish, M. 2002. Tafsir Al- Mishbah : Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an, Volume 1. Jakarta : Lentera Hati.
- Shittu, I; Edathil, A, A; Alsaeedi, A; Al-Asheh, S; Polychronopoulou, K dan Banat F. 2019. Development of Novel Surfactant Functionalized Porous Graphitic Carbon as an Efficient Adsorbent for The Removal of Methylene Blue Dye from Aqueous Solutions. *Journal of Water Process Engineer*. Volume 28 : 69-81
- Sholichah, F; Arnelli dan Suseno, A. 2013. Pengaruh Waktu Hidrotermal Pada Sintesis Zeolit Dari Abu Sekam Padi Serta Aplikasinya Sebagai *Builder* Deterjen. *Chem Info*. Volume 1, Nomor 1: 121-129
- Sinaga, S, M dan Astuti, W,S. 2015. Pengolahan Limbah *Laundry* Menggunakan Metode *Biosand Filter* Untuk Mendegradasi Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*. Volume 4, Nomor 2.
- Sing. 2015. Comparative Study of Dye Degradation Using TiO₂-activated carbon nanocomposites as catalyst in photocatalytic, sonocatalytic, and photosonocatalytic reactor. *Desalination and Water Treatment*. Volume 57, Nomor 43.
- Sitorus O dan Desiani. 2014. Peningkatan Potensi Campuran Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Kayu Gergaji Teraktivasi H₂SO₄ Sebagai Media Adsorben Zat Warna Terhadap Limbah Kain Songket [laporan akhir]. Palembang : Program Diploma III Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Sopiah, N, R. 2004. Pengelolaan Limbah Deterjen Sebagai Upaya Minimalisasi Polutan Badan Air Dalam Rangka Pembangunan Berkelanjutan. Serpong : Balai Teknologi Lingkungan -BPP
- Sya'rawi, M, M, S. 2011. *Tafsir Al- Sya'rawi* Terjemahan oleh Tim Penerjemah Safir Al-Azhar. Jakarta : PT. Ikrar Mandiri Abadi.
- Tardos, T,F. 2005. *Applied Surfactants : Surfactants in Nanoemulsion*. Weinheim : Wiley-VCH. Halaman : 285-286.
- Trisunaryanti, W; Triwahyuni, E dan Sudiono,S. 2005. Preparasi, Modifikasi, dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/zeolite alam. *Teknoin*. Volume 10, Nomor 4.

- Triwardiati, D dan Emawati, I, R. 2019. Analisis Bandgap Karbon Nanodots (C-Dots) Kulit Bawang Merah Menggunakan Teknik Microwave. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*. Volume 3: 25-30.
- Wahyuni, D; Faryuni, D, I dan Bahtiar, A. 2015. Pengaruh Suhu Kalsinasi Dalam Sintesis Karbon Aktif Kulit Durian Terhadap Efektivitas Adsorpsi Logam Zn dan Cu Pada Air Sungai Landak Kalimantan Barat. *Prosiding Semirata bidang MIPA BKS-PTN Barat* : 149-15
- Wardhani, S; Bahari B dan Khunur, M. M. 2016. Aktivitas Fotokatalitik Beads TiO₂- N/Zeolit-Kitosan pada Fotodegradasi Metilen Biru (Kajian Pengembangan, Sumber Sinar dan Lama Penyinaran). *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology*. Volume 3, Nomor 2: 78-84.
- Wibowo, S dan Sutanto, H. 2013. Sintesis Nanomaterial TiO₂ Menggunakan Metode Sonokimia dan Aplikasinya Untuk Fotodegradasi Methylene Blue di sajikan dalam *Seminar Nasional*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Wirani, I; L., Hanum, F dan Dina, S. 2017. Aktivasi Karbon Dari Sekam Padi Dengan Aktivator Asam Klorida (HCl) dan Pengaplikasiannya pada Limbah Pengolahan Baterai Mobil Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb). Sumatera Utara : Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Wyrwas, B dan Grzeskowiak, Z. 2014. Continous Flow Methylene blue Active Substances Method for the Determination of Anionic Surfactants in River Water. *J. Surfact Deterg*. Volume 17: 191-198.
- Xu,W; Jin, Y; Ren Y; Li, J; Wei, Z; Ban, C; Cai, H dan Chen, M. 2020. Synergy mechanism for TiO₂/activated carbon composite material: Photocatalytic degradation of methylene blue solution. *Canadian Journal of Chemical Engineering*. Volume 100, Nomor 2: 276–290.
- Yulianto, A. 2021. Pengaruh Pengemban Zeolit Alam dan Karbon Aktif Terhadap Fotokatalis TiO₂-N Dalam Mendegradasi Metil Jingga [skripsi] Malang : Program Sarjana Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Yulianto, M.E; Handayani, D dan Silviana. 2005. Kajian Pengolahan Limbah Industri Fatty Alcohol Dengan Teknologi Fotokatalitik Menggunakan Energi Surya disajikan dalam *Gema Teknologi*. Halaman : 22-27
- Yoon, J; Shin, Y; Kirkham, B,M; Jeong, S; Lee, J; Kim, H dan Yang, J. 2022. A Simplified Method for Anionic Surfactant Analysis in Water Using a New Solvent. *Toxics*. Volume 10, Nomor 4: 162.

Zhang, R; Gao, L dan Zhang, Q. 2004. Photodegradation of Surfactants on The Nanosized TiO_2 Prepared by Hydrolysis of The Alkoxide Titanium. *Chemosphere*. Volume 54 : 405-411.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisis MBAS

1.1 Pembuatan Larutan H₂SO₄ 6N

Dibuat larutan H₂SO₄ pekat dengan memasukkan sebanyak 16,70 mL ke dalam gelas beaker. Ditambahkan 25 mL akuades, dan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas.

1.2 Pembuatan Larutan Metilen Biru

Ditimbang 100 mg metilen biru dan dilarutkan dalam 100 mL akuades. Kemudian diambil 30 mL dan dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL dengan ditambahkan 500 mL akuades, 40 mL H₂SO₄ 6N dan ditambahkan 50 g NaH₂PO₄·2H₂O lalu diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

1.3 Pembuatan Larutan Pencuci

Dimasukkan 41 mL H₂SO₄ 6N dan 50 g NaH₂PO₄·2H₂O dalam 500 mL akuades. Lalu, dipindahkan dalam labu ukur 1000 mL dan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas.

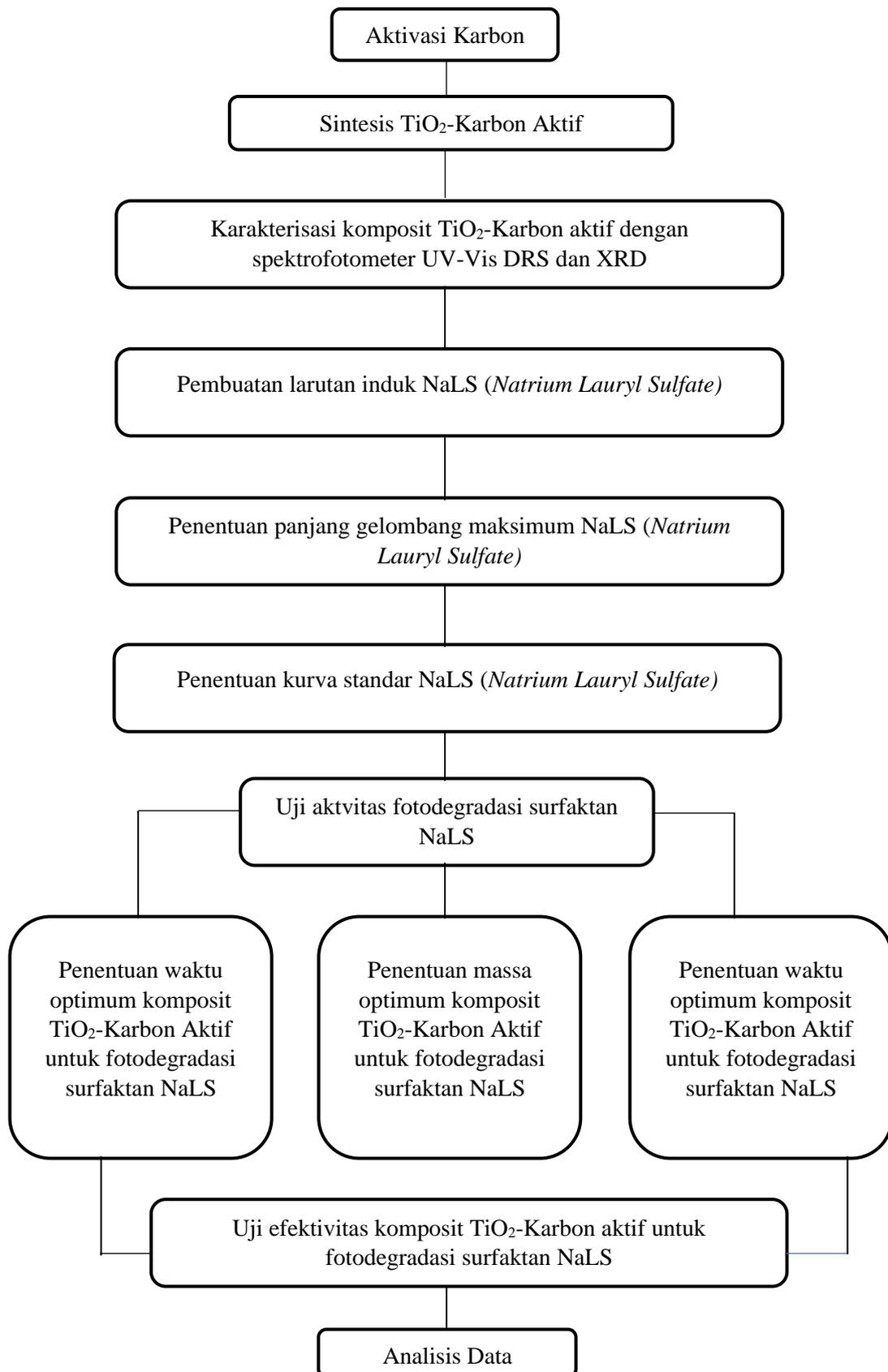
1.4 Pembuatan Larutan Induk NaLS 1000 mg/L

Dibuat larutan NaLS 1000 mg/L, dengan cara ditimbang 1 g NaLS 100%. Dilarutkan dengan 100 mL akuades dalam labu ukur 1000 mL. Kemudian, ditambahkan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

1.5 Pembuatan Larutan Baku NaLS 100 mg/L

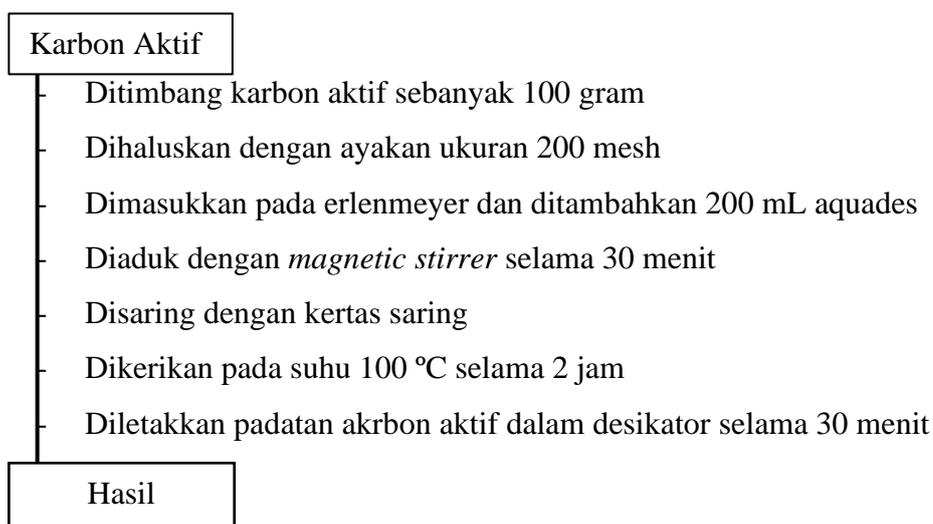
Dibuat larutan induk NaLS 100 mg/L, dengan cara dipipet 10 mL larutan NaLS 1000 mg/L. Kemudian dipindahkan dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan hingga tanda batas. Setelah itu dihomogenkan.

Lampiran 2 Rancangan Penelitian

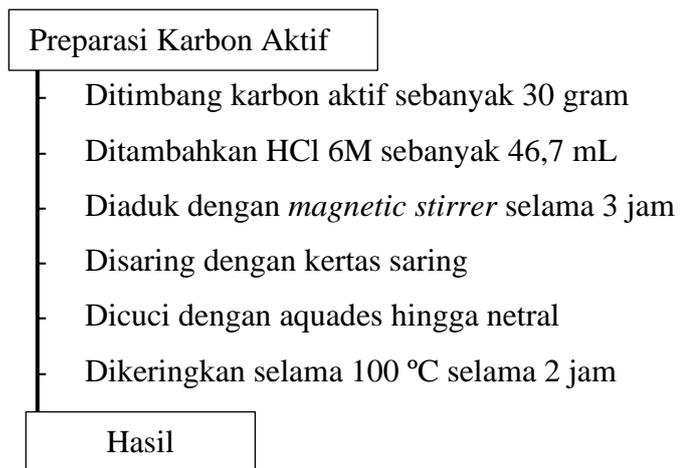


Lampiran 3 Diagram Alir

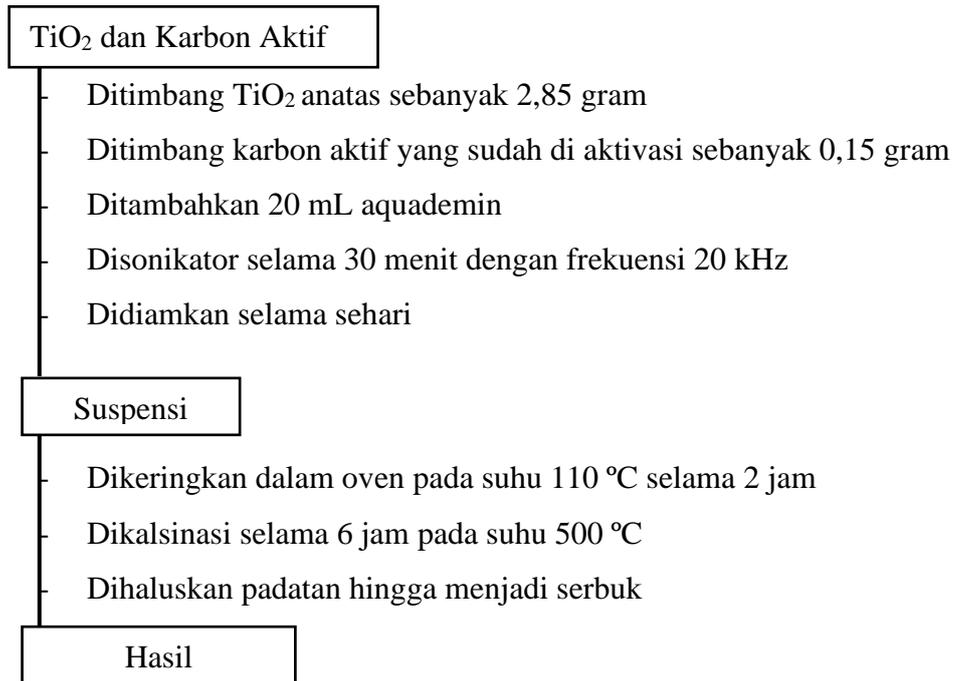
L.3.1 Preparasi Karbon Aktif



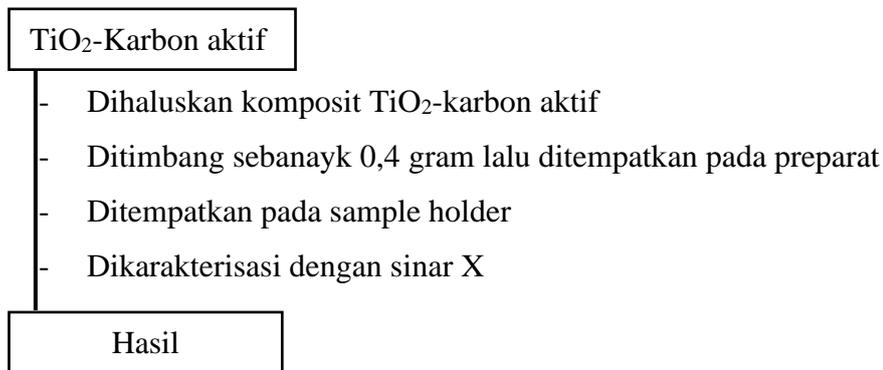
L.3.2 Aktivasi Karbon Aktif



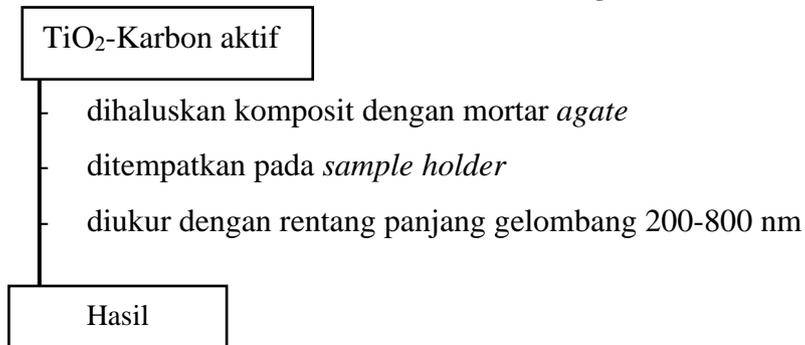
L.3.3 Sintesis TiO₂-Karbon aktif



L.3.4 Karakterisasi TiO₂-Karbon aktif dengan XRD



L.3.5 Karakterisasi TiO₂-karbon aktif dengan UV-Vis DRS



L.3.6 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum NaLS (*Natrium Lauryl Sulfate*)

Larutan NaLS 25 mg/L

- dipipet 25 mL NaLS konsentrasi 25 mg/L
- dimasukkan ke dalam corong pisah 100 mL
- ditambahkan metilen biru sebanyak 6,25 mL
- ditambahkan kloroform sebanyak 5 mL
- dikocok selama 30 detik lalu dibuka tutup corong untuk mengeluarkan gas
- dipisahkan lapisan bawah dan ditampung
- diekstraksi fasa cair dengan ditambahkan 5 mL kloroform
- dipisah dan ditampung lapisan bawah
- ditambahkan 12,5 mL larutan pencuci
- dikocok selama 30 detik
- dipisahkan dan ditampung lapisan kloroform
- diukur absorbansi dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm

Hasil

L.3.7 Penentuan Kurva Standar NaLS (*Natrium Lauryl Sulfate*)

Larutan NaLS 100 mg/L

- diencerkan larutan baku NaLS hingga konsentrasi 5; 10; 20; 30 dan 40 mg/L
- ditambahkan 5 mL kloroform
- ditambahkan 6,25 mL metilen biru
- dikocok selama 30 detik
- didiamkan hingga terbentuk 2 lapisan
- dipisahkan lapisan kloroform
- diekstraksi kembali fasa air dengan menambahkan 5 mL kloroform
- dikumpulkan fasa kloroform dari setiap ekstraksi
- ditambahkan 12,5 mL larutan pencuci lalu dikocok selama 30 detik
- diukur masing-masing absorbansi pada setiap konsentrasi yang dibuat dengan panjang gelombang maksimum

Hasil

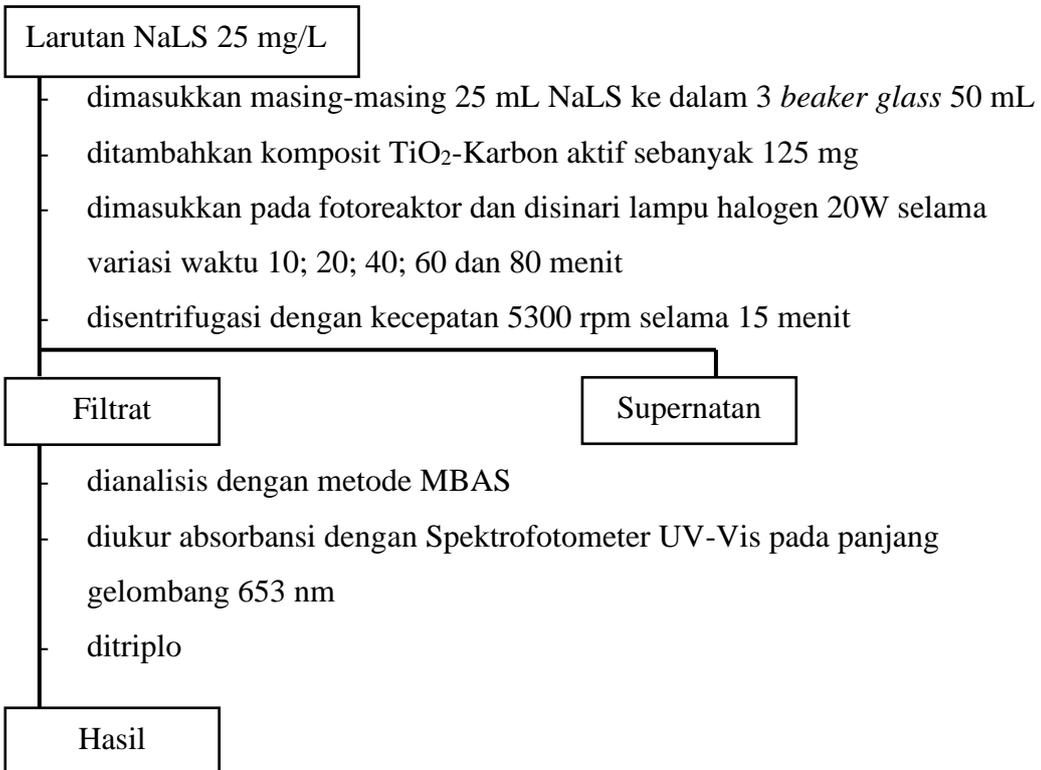
L.3.8 Analisis MBAS

Larutan NaLS hasil Fotodegradasi

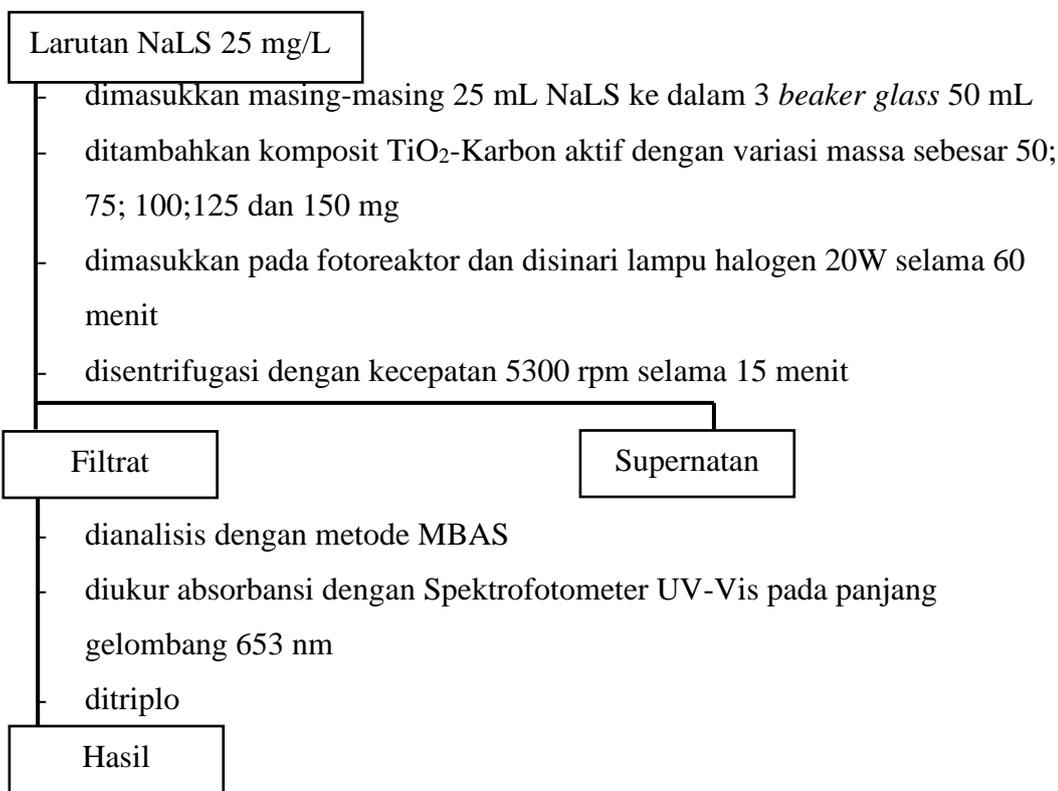
- dimasukkan 25 mL larutan NaLS setelah fotodegradasi ke dalam corong pisah 100 mL
- ditambahkan metilen biru sebanyak 6,25 mL
- ditambahkan kloroform sebanyak 5 mL
- dikocok selama 30 detik
- didiamkan hingga terjadi pemisahan fasa
- ditampung fasa bawah (kloroform)
- diekstraksi kembali fasa air dengan menambahkan 5 mL kloroform pada setiap ekstraksi
- ditampung fasa bawah dan disatukan dengan fasa kloroform yang lain
- dipindahkan fasa kloroform ke dalam corong pisah 100 mL
- ditambahkan 12,5 mL larutan pencuci
- dikocok selama 30 detik
- didiamkan hingga terjadi pemisahan fasa
- ditampung fasa kloroform
- diukur absorbansi dengan Spektrofotometer UV-vis pada panjang gelombang 653 nm

Hasil

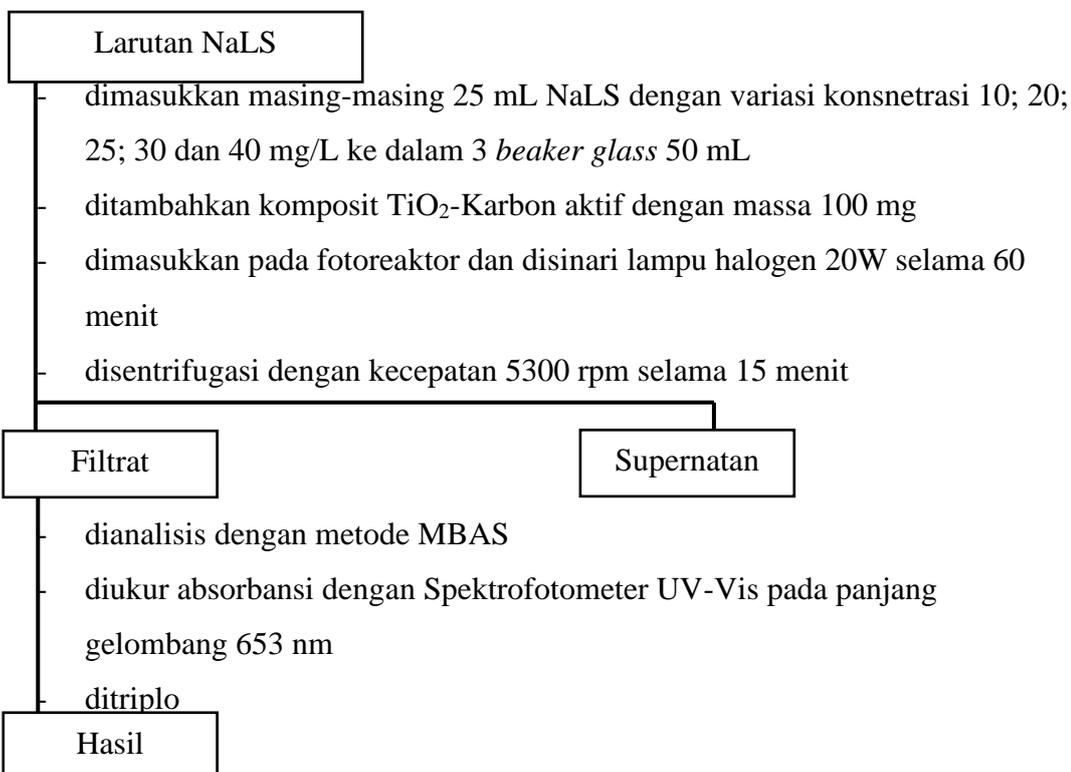
L.3.9 Penentuan Waktu Optimum Komposit TiO₂-karbon aktif untuk Fotodegradasi NaLS



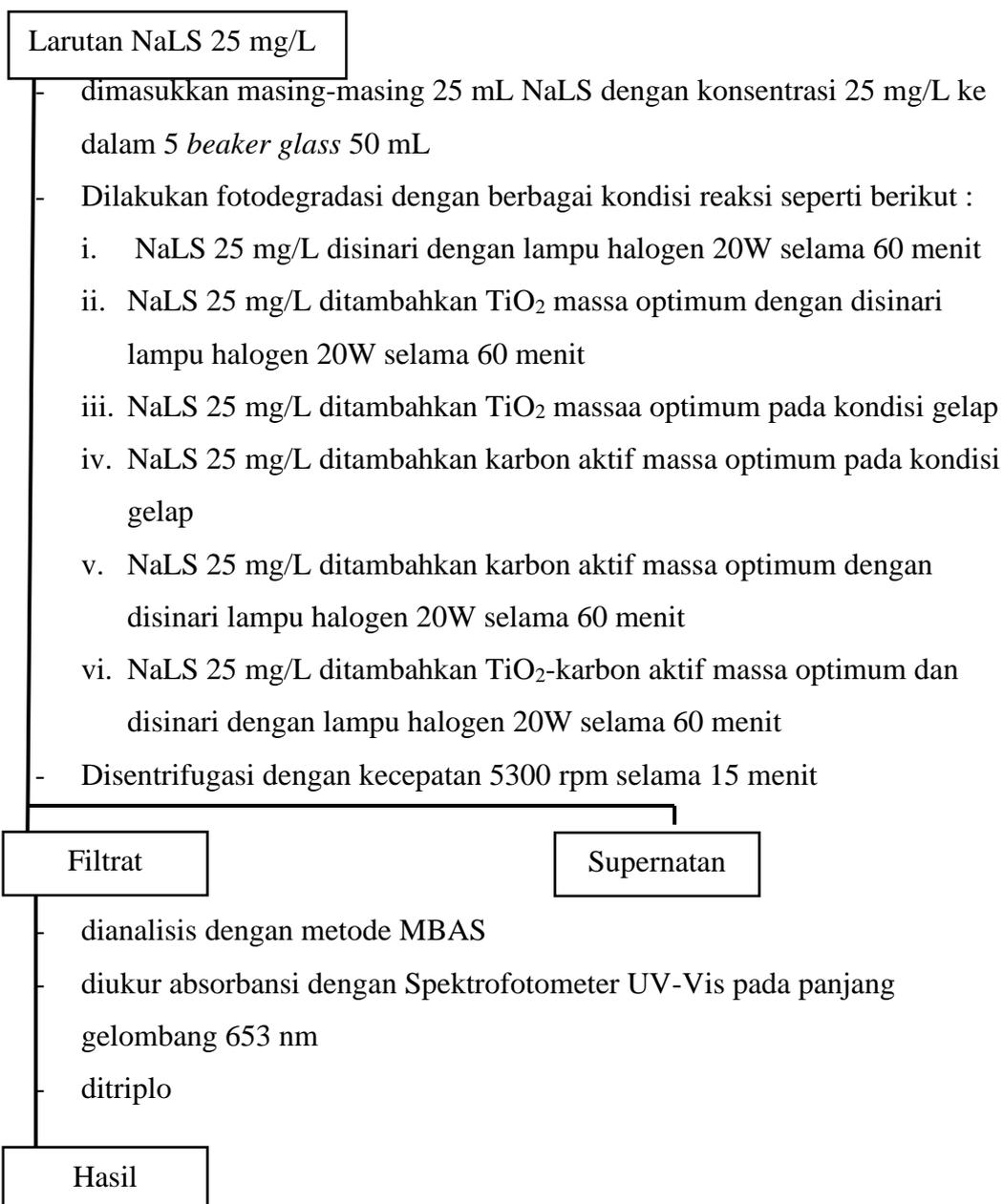
L.3.10 Penentuan Massa Optimum Komposit TiO₂-karbon aktif untuk Fotodegradasi NaLS



L.3.11 Penentuan Konsentrasi Optimum NaLS untuk Fotodegradasi



L.3.12 Pengujian Efektivitas Komposit TiO₂-Karbon aktif untuk Fotodegradasi NaLS



Lampiran 4 Perhitungan

1. Pembuatan larutan HCl 6 M

$$\text{BJ HCl pekat} = 1,19 \text{ g/mL}$$

$$\text{Konsentrasi} = 32\% = \frac{32 \text{ g HCl}}{100 \text{ g larutan}}$$

$$\text{BM HCl} = 36,5 \text{ g/mol}$$

$$\text{Mol} = \frac{\text{g HCl}}{\text{Mr HCl}} = \frac{32 \text{ g}}{36,5 \text{ g/mol}} = 0,876 \text{ mol}$$

$$100 \text{ gram larutan} = \frac{100 \text{ g}}{1,19 \text{ g/mL}} = 84,033 \text{ mL} = 0,084 \text{ L}$$

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol}}{\text{L}} = \frac{0,876 \text{ mol}}{0,084 \text{ L}} = 10,428 \text{ M}$$

$$M1.V1 = M2.V2$$

$$10,428 \text{ M} \cdot V1 = 6 \text{ M} \cdot 100 \text{ mL}$$

$$V1 = 57,53 \text{ mL}$$

2. Menghitung %karbon aktif

Massa sintesis TiO₂-Karbon aktif target : 3 gram

$$\begin{aligned} \text{Massa TiO}_2 &= \frac{95}{100} \times 3 \text{ gram} \\ &= 2,85 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Karbon Aktif} &= \frac{5}{100} \times 3 \text{ gram} \\ &= 0,15 \text{ gram} \end{aligned}$$

3. Pembuatan larutan H₂SO₄ 6 N

H₂SO₄ 96%

$$\text{BJ H}_2\text{SO}_4 : 1,84 \text{ g/mL}$$

$$\text{BM H}_2\text{SO}_4 : 98,08 \text{ g/mol}$$

$$\text{Normalitas H}_2\text{SO}_4 = \frac{((10 \times 96\% \times 1,84)2)}{98,08} = 36 \text{ N}$$

H₂SO₄ 6N

$$V2 : 120 \text{ mL}$$

$$N1 : 6 \text{ N}$$

$$N2 : 1 \text{ N}$$

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

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

4. Pembuatan larutan standar NaLS

- 5 mg/L

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 \times 100 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \times 5 \text{ mg/L}$$

$$V1 = \frac{50 \times 5}{100}$$

$$V1 = 2,5 \text{ mL}$$

- 10 mg/L

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 \times 100 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \times 10 \text{ mg/L}$$

$$V1 = \frac{50 \times 10}{100}$$

$$V1 = 5 \text{ mL}$$

- 20 mg/L

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 \times 100 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \times 20 \text{ mg/L}$$

$$V1 = \frac{50 \times 20}{100}$$

$$V1 = 10 \text{ mL}$$

- 30 mg/L

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 \times 100 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \times 30 \text{ mg/L}$$

$$V1 = \frac{50 \times 30}{100}$$

$$V1 = 15 \text{ mL}$$

- 40 mg/L

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

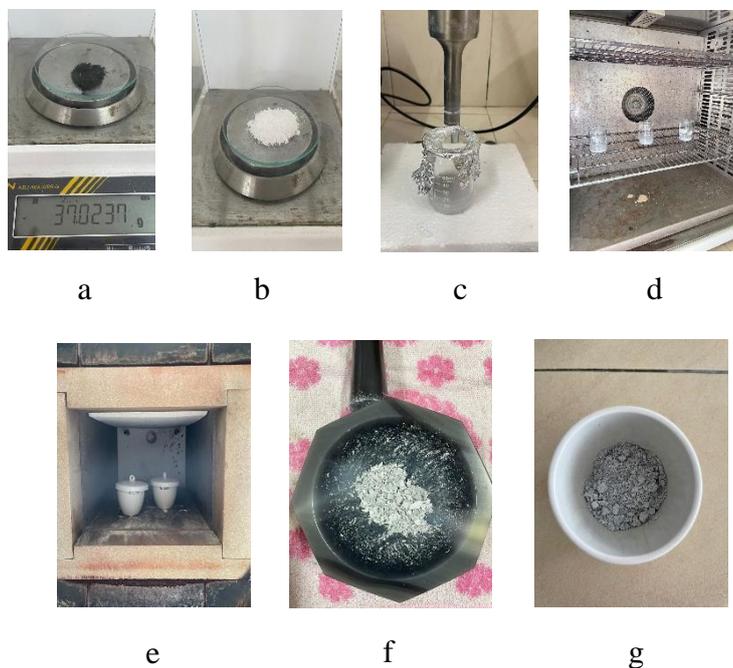
$$V1 \times 100 \text{ mg/L} = 50 \text{ mL} \times 40 \text{ mg/L}$$

$$V1 = \frac{50 \times 40}{100}$$

$$V1 = 20 \text{ mL}$$

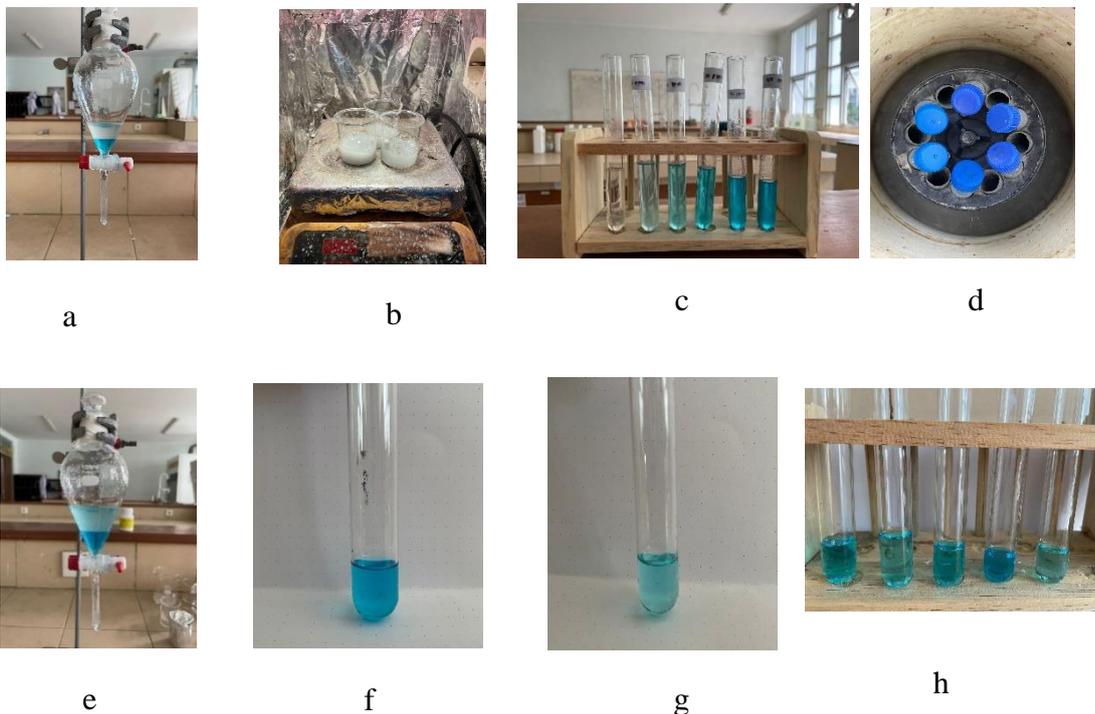
Lampiran 5 Dokumentasi

L.5.1 Preparasi Fotokatalis TiO₂-Karbon Aktif



Gambar L.4.1 Penimbangan karbon aktif (a) dan TiO₂ (b), proses sonikasi TiO₂-karbon aktif (c), pengeringan TiO₂-karbon aktif (d), proses kalsiasi TiO₂-karbon aktif (e), penggerusan TiO₂-karbon aktif (f), dan hasil proses preparasi fotokatalis TiO₂-karbon aktif (g)

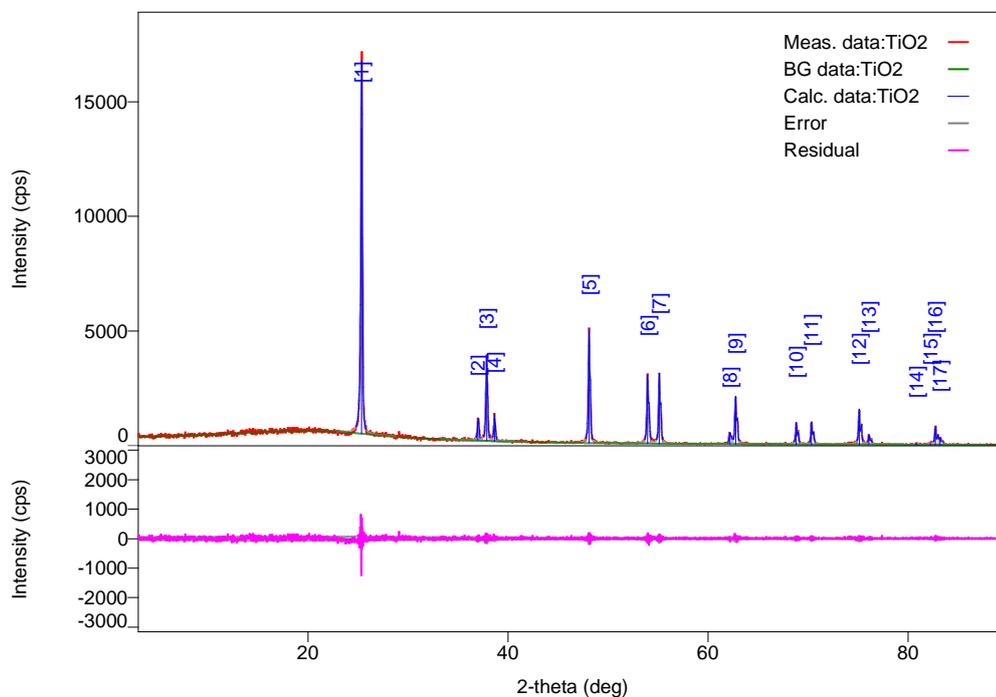
L.5.2 Fotodegradasi NaLS dengan TiO₂-Karbon Aktif



Gambar L.4.2 Ekstraksi MBAS (a) Pembuatan Kurva Standar (b), Proses penyinaran fotodegradasi (c), Proses sentrifugasi (d), proses ekstraksi setelah fotodegradasi (e), Hasil larutan fotodegradasi variasi lama penyinaran(f), hasil proses fotodegradasi variasi massa optimum dan konsentrasi optimum(g) dan hasil uji efektivitas fotodegradasi (h)

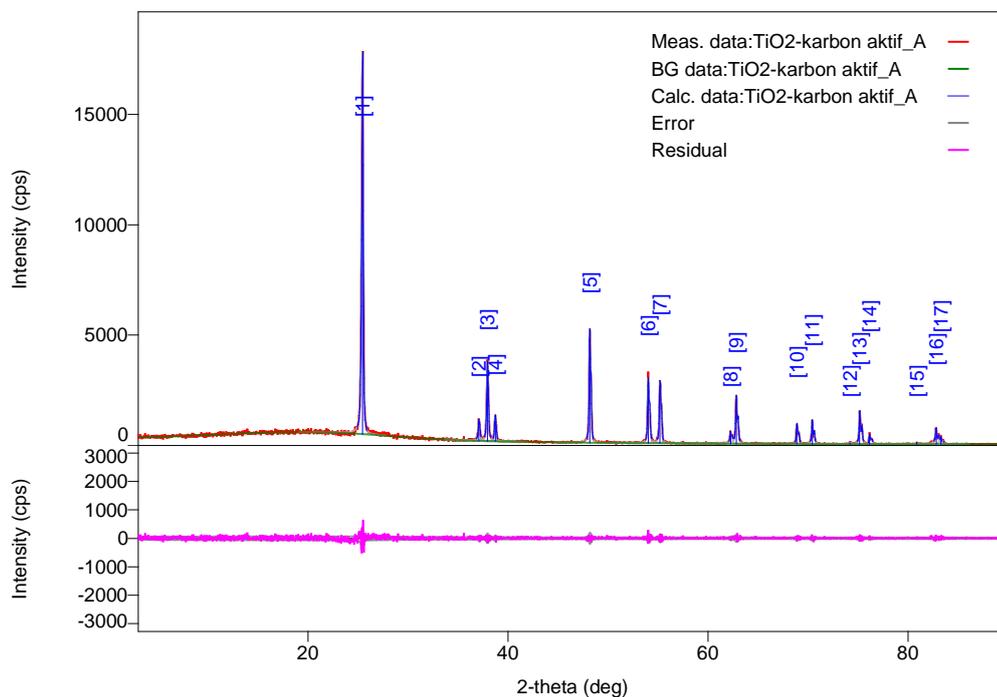
Lampiran 6 Hasil Karakterisasi XRD

L.6.1 TiO₂ Anatase



2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
25.337(	3.5124(3)	13328(333)	0.119(4)	2554(27)	0.192(7)	0.73(7)
36.980(	2.4289(2)	845(84)	0.115(10)	142(6)	0.17(2)	0.6(2)
37.856(	2.3747(4)	2897(155)	0.143(7)	588(10)	0.203(14)	1.9(4)
38.616(	2.3297(3)	975(90)	0.109(8)	168(6)	0.17(2)	0.67(9)
48.091(	1.89046(1)	4452(193)	0.130(4)	837(11)	0.188(10)	1.6(2)
53.935(	1.69861(1)	2717(150)	0.136(6)	562(9)	0.207(15)	1.2(3)
55.114(	1.66505(1)	2845(154)	0.129(5)	553(8)	0.194(13)	1.2(2)
62.165(	1.49204(1)	447(61)	0.159(17)	97(6)	0.22(4)	1.4(4)
62.742(	1.47969(1)	1941(127)	0.142(5)	391(7)	0.202(17)	1.4(3)
68.799(	1.36345(1)	898(87)	0.138(11)	194(5)	0.22(3)	0.9(3)
70.332(	1.33744(1)	947(89)	0.140(8)	196(5)	0.21(2)	1.1(3)
75.106(	1.26383(1)	1464(110)	0.135(11)	313(8)	0.21(2)	1.8(5)
76.062(	1.25030(7)	385(57)	0.153(17)	88(4)	0.23(4)	0.7(4)
80.801(	1.18849(1)	74(25)	0.13(4)	15(3)	0.20(10)	0.6(7)
82.22(2)	1.1715(3)	80(26)	0.22(5)	23(4)	0.29(14)	1.0(3)
82.712(	1.16581(1)	748(79)	0.158(8)	153(6)	0.20(3)	1.0(3)
83.188(	1.16035(1)	294(49)	0.183(16)	70(5)	0.24(6)	1.0(3)

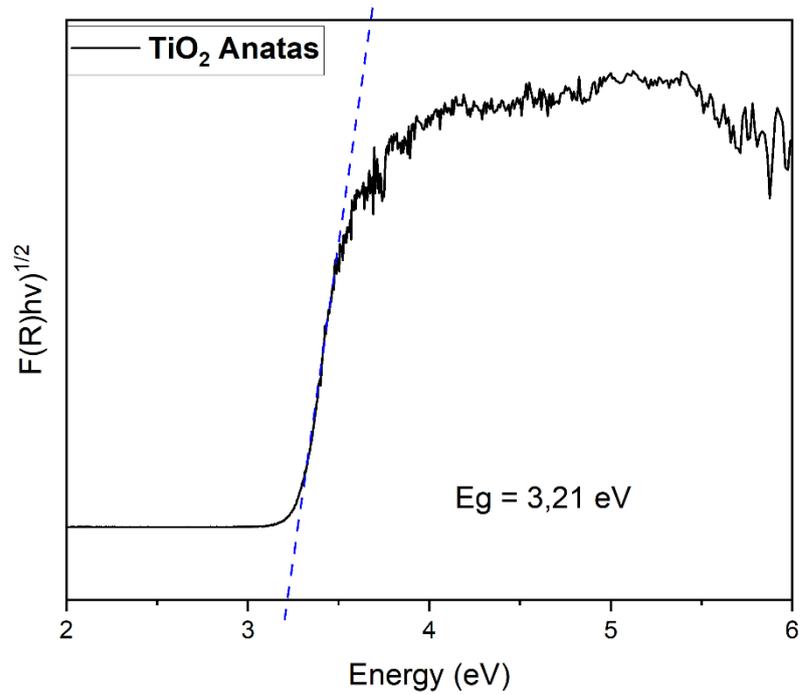
L.6.2 TiO₂-Karbon Aktif



2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
25.454(5)	3.4965(7)	12310(32)	0.174(5)	2843(28)	0.231(8)	2.8(4)
37.061(9)	2.4237(6)	835(83)	0.128(15)	175(6)	0.21(3)	0.8(3)
37.928(5)	2.3704(3)	2947(157)	0.151(6)	619(8)	0.210(14)	1.3(2)
38.713(11)	2.3241(6)	926(88)	0.162(12)	193(6)	0.21(3)	1.6(5)
48.162(3)	1.88784(1)	4715(198)	0.134(3)	881(8)	0.187(10)	1.14(1)
54.009(5)	1.69646(1)	2772(152)	0.142(6)	566(8)	0.204(14)	1.10(1)
55.184(5)	1.66308(1)	2620(148)	0.149(5)	529(8)	0.202(14)	1.01(1)
62.235(8)	1.49052(1)	490(64)	0.141(14)	103(5)	0.21(4)	1.2(3)
62.813(6)	1.47819(1)	2052(131)	0.142(7)	434(8)	0.211(18)	1.2(3)
68.871(8)	1.36221(1)	901(87)	0.149(7)	185(5)	0.20(3)	1.0(3)
70.403(8)	1.33627(1)	1053(94)	0.126(9)	211(5)	0.20(2)	1.0(3)
74.16(3)	1.2776(4)	72(25)	0.19(4)	23(3)	0.32(15)	1.1(6)
75.150(7)	1.26319(1)	1471(111)	0.138(7)	311(6)	0.21(2)	0.9(2)
76.140(11)	1.24921(1)	431(60)	0.158(10)	85(4)	0.20(4)	0.9(3)
80.838(16)	1.1880(2)	60(22)	0.11(4)	9(2)	0.14(9)	3(7)
82.800(14)	1.16480(1)	671(75)	0.15(2)	168(11)	0.25(4)	1.9(9)
83.269(15)	1.15943(1)	306(50)	0.15(3)	76(10)	0.25(7)	1.9(9)

Lampiran 7 Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS

L.7.1 TiO₂ Anatas



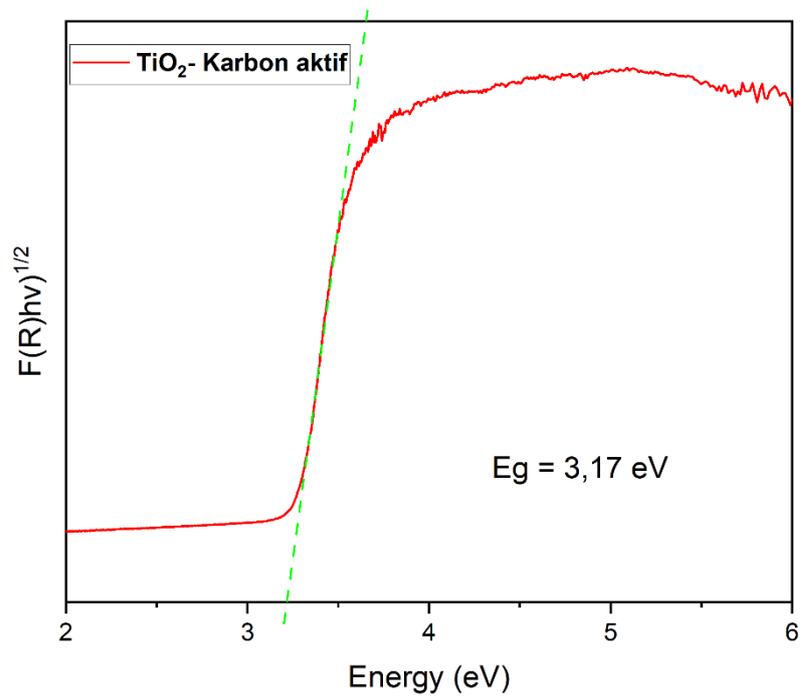
$E_g = 3,21 \text{ eV}$

$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ J}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$

Nilai band gap :

$$\lambda = \frac{h \times c}{E} = \frac{(4,13608 \times 10^{-15}) \text{ eV}\cdot\text{s} \times (3 \times 10^{17}) \text{ nm/s}}{3,21 \text{ eV}} = 386,55 \text{ nm}$$

L.7.2 TiO₂-Karbon Aktif



$$E_g = 3,17 \text{ eV}$$

$$h = \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}}{1,602 \times 10^{-19} \text{ J}} \times 1 \text{ eV} = 4,13608 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$$

Nilai band gap :

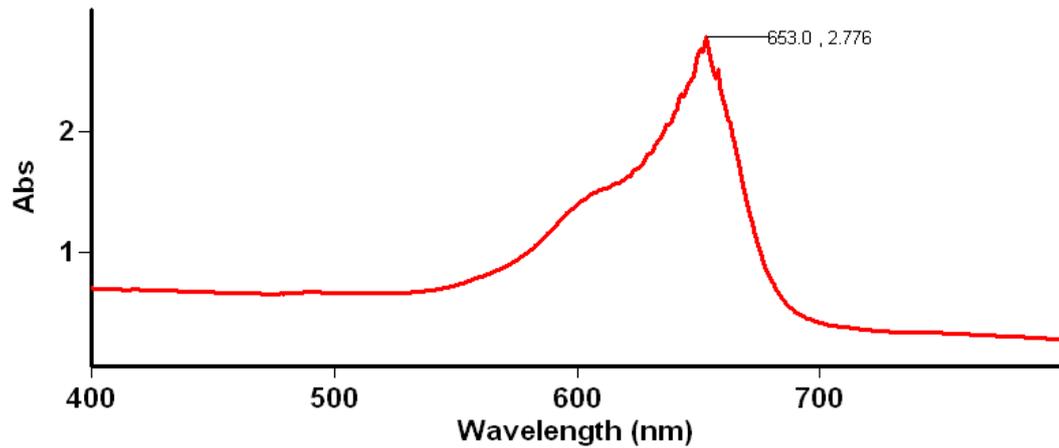
$$\lambda = \frac{h \times c}{E} = \frac{(4,13608 \times 10^{-15}) \text{ eV}\cdot\text{s} \times (3 \times 10^{17}) \text{ nm/s}}{3,17 \text{ eV}} = 391,43 \text{ nm}$$

Lampiran 8 Hasil Pengukuran Absorbansi dengan Spektrofotometer UV-Vis

L.8.1 Panjang Gelombang Natrium Lauryl Sulfate

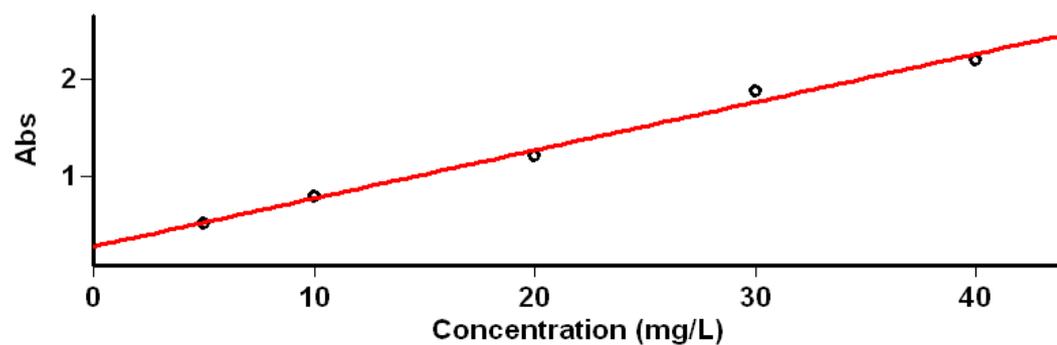
Lamdha Maks Natrium Lauryl Sulfate

Tanggal Analisa : 20 Maret 2023



Wavelength (nm)	Abs
658.0	2.505
653.0	2.776
651.0	2.676
643.0	2.305
491.9	0.677

L.8.2 Kurva Standar

Kurva Standar NaLS

Tanggal Analisa : 12 April 2023

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1	5.0		0.5034	0.0043	0.86	0.5070
						0.5044
						0.4986
Std 2	10.0		0.7876	0.0022	0.28	0.7901
						0.7857
						0.7872
Std 3	20.0		1.2110	0.0028	0.23	1.2078
						1.2121
						1.2132
Std 4	30.0		1.8807	0.0364	1.93	1.8436
						1.9162
						1.8824
Std 5	40.0		2.2040	0.0479	2.17	2.2309
						2.2324
						2.1488

Calibration eqn	Abs = 0.04985*Conc +0.27058
Correlation Coefficient	0.98998
Calibration time	4/12/2023 10:03:16 AM

Lampiran 9 Perhitungan Uji Aktivitas Fotodegradasi NaLS

L.9.1 Perhitungan Variasi Waktu Penyinaran

Waktu Penyinaran (menit)	C0 (ppm)	Absorbansi			Ct (ppm)	%Degradasi
		I	II	III		
10	24,42	1,1878	1,3293	1,2067	19,472	20,261
20	24,4	1,0495	1,0572	1,0871	15,702	35,645
40	25,47	0,9369	0,9201	0,9534	13,364	47,528
60	25,358	0,6474	0,6451	0,6533	7,583	70,095
80	24,84	0,8637	0,8777	0,8989	12,227	50,786

Perhitungan %degradasi :

- Waktu penyinaran 10 menit

$$y = 0,04985x + 0,27058$$

$$1,2413 = 0,04985x + 0,27058$$

$$1,2413 - 0,27058 = 0,04985x$$

$$x = 19,472 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{\% degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(24,42 - 19,472)}{24,42} \times 100\% \\ &= 20,261\% \end{aligned}$$

Waktu penyinaran 20 menit

$$y = 0,04985x + 0,27058$$

$$1,053 = 0,04985x + 0,27058$$

$$1,053 - 0,27058 = 0,04985x$$

$$x = 15,702 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{\% degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(24,4 - 15,702)}{24,4} \times 100\% \\ &= 35,645\% \end{aligned}$$

- Waktu penyinaran 40 menit

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,9368 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,9368 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 13,364 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,47 - 13,364)}{25,47} \times 100\% \\
 &= 47,528\%
 \end{aligned}$$

- Waktu penyinaran 60 menit

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,6486 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,6486 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 7,583 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,358 - 7,583)}{25,358} \times 100\% \\
 &= 70,095\%
 \end{aligned}$$

- Waktu penyinaran 80 menit

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,8801 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,8801 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 12,227 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(24,84 - 12,227)}{24,84} \times 100\% \\
 &= 50,786\%
 \end{aligned}$$

L.9.2 Perhitungan Variasi Massa Fotokatalis

Massa Fotokatalis (mg)	C0 (ppm)	Absorbansi			Ct (ppm)	%Degradasi
		I	II	III		
50	25,16	1,1691	1,1545	1,1853	18,035	28,318
75	24,88	0,7549	0,7516	0,7686	9,785	60,670
100	25,09	0,5971	0,5953	0,5734	6,379	74,573
125	25,358	0,6474	0,6451	0,6533	7,583	70,095
150	24,364	0,9854	0,9482	0,9842	14,082	44,477

- Massa Fotokatalis 50 mg

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,169 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,169 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 18,035 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,16 - 18,035)}{25,16} \times 100\% \\
 &= 28,318\%
 \end{aligned}$$

- Massa Fotokatalis 75 mg

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,758 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,758 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 9,785 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(24,88 - 9,785)}{24,88} \times 100\% \\
 &= 60,671\%
 \end{aligned}$$

- Massa Fotokatalis 100 mg

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,5886 &= 0,04985x + 0,27058
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,5886 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 6,379 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,09 - 6,379)}{25,09} \times 100\% \\
 &= 74,573\%
 \end{aligned}$$

- Massa Fotokatalis 125 mg

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,6486 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,6486 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 7,583 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,358 - 7,583)}{25,358} \times 100\% \\
 &= 70,09\%
 \end{aligned}$$

- Massa Fotokatalis 150 mg

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,9726 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,9726 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 14,083 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,364 - 14,083)}{25,364} \times 100\% \\
 &= 44,477\%
 \end{aligned}$$

L.9.3 Perhitungan Variasi Konsentrasi NaLS

Konsentrasi NaLS (ppm)	C0 (ppm)	Absorbansi			Ct (ppm)	%Degradasi
		I	II	III		
10	9,74	0,6964	0,6404	0,6214	7,666	21,292
20	19,68	0,8201	0,8316	0,8516	11,311	42,525
25	25,47	0,5971	0,5953	0,5734	6,379	74,573
30	29,09	0,915	0,9124	0,9238	12,968	55,419
40	39,14	1,4151	1,4314	1,4421	23,248	40,60

- Konsentrasi NaLS 10 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,653 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,653 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 7,66 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(9,74 - 7,66)}{9,74} \times 100\% \\
 &= 21,29\%
 \end{aligned}$$

- Konsentrasi NaLS 20 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,8344 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,8344 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 11,31 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(19,68 - 11,31)}{19,68} \times 100\% \\
 &= 42,52\%
 \end{aligned}$$

- Konsentrasi NaLS 25 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,5886 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,5886 - 0,27058 &= 0,04985x
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 6,379 \text{ ppm} \\
 \% \text{degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,09 - 6,379)}{25,09} \times 100\% \\
 &= 74,573\%
 \end{aligned}$$

- Konsentrasi NaLS 30 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,917 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,917 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 12,96 \text{ ppm} \\
 \% \text{degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(29,09 - 12,96)}{29,09} \times 100\% \\
 &= 55,419\%
 \end{aligned}$$

- Konsentrasi NaLS 40 ppm

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,429 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,429 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 23,248 \text{ ppm} \\
 \% \text{degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(39,14 - 23,248)}{39,14} \times 100\% \\
 &= 40,60\%
 \end{aligned}$$

L.9.4 Perhitungan Uji Efektivitas Fotodegradasi

Kondisi	C0 (ppm)	Absorbansi			Ct (ppm)	%Degradasi
		I	II	III		
NaLS + sinar	25,21	1,3216	1,3388	1,3383	21,310	15,47
TiO ₂ + sinar	25,5	0,7617	0,7434	0,7115	9,393	63,16
TiO ₂	25,5	1,4579	1,4225	1,4063	23,236	8,878
KA	24,9	1,3671	1,3385	1,3638	21,783	12,517
KA + sinar	24,9	1,3122	1,2883	1,3113	20,729	16,749
TiO ₂ -KA + sinar	25,09	0,5971	0,5953	0,5734	6,379	74,573

- Kondisi NaLS + sinar

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,3329 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,3329 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 21,310 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,21 - 21,310)}{25,21} \times 100\% \\
 &= 15,47\%
 \end{aligned}$$

- Kondisi TiO₂ + sinar

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,738 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,738 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 9,394 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,5 - 9,394)}{25,5} \times 100\% \\
 &= 63,16\%
 \end{aligned}$$

- Kondisi TiO₂

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,4289 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,4289 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 23,236 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(25,5 - 23,236)}{25,5} \times 100\% \\
 &= 8,87\%
 \end{aligned}$$

- Kondisi Karbon Aktif

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,356 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,356 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 21,783 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(24,9 - 21,783)}{24,9} \times 100\% \\
 &= 12,517\%
 \end{aligned}$$

- Kondisi Karbon aktif + sinar

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,3039 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 1,3039 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 20,729 \text{ ppm} \\
 \% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\
 &= \frac{(24,9 - 20,729)}{24,9} \times 100\% \\
 &= 16,75\%
 \end{aligned}$$

- Kondisi TiO₂-Karbon aktif + sinar

$$\begin{aligned}
 y &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,5886 &= 0,04985x + 0,27058 \\
 0,5886 - 0,27058 &= 0,04985x \\
 x &= 6,379 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(25,09 - 6,379)}{25,09} \times 100\% \\ &= 74,573\%\end{aligned}$$