

**PENGARUH PENAMBAHAN GRAFENA OKSIDA (GO) PADA
MATERIAL KOMPOSIT SENG OKSIDA-GRAFENA OKSIDA (ZnO-GO)
SEBAGAI FOTOKATALIS**

SKRIPSI

Oleh :
MIFTAH AINATUL JANNAH
NIM. 18640031



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

**PENGARUH PENAMBAHAN GRAFENA OKSIDA (GO) PADA
MATERIAL KOMPOSIT SENG OKSIDA-GRAFENA OKSIDA (ZnO-GO)
SEBAGAI FOTOKATALIS**

SKRIPSI

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

**Oleh:
Miftah Ainatul Jannah
NIM. 18640031**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

PENGARUH PENAMBAHAN GRAFENA OKSIDA (GO) PADA MATERIAL
KOMPOSIT SENG OKSIDA-GRAFENA OKSIDA (ZnO-GO) SEBAGAI
FOTOKATALIS

SKRIPSI

Oleh:
MIFTAH AINATUL JANNAH
NIM.18640031

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal: 20 Juni 2023

Pembimbing I



Dr. Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

Pembimbing II



Dr. Umaiatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005



Mengetahui,
Ketua Program Studi

Dr. Izzaty Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN GRAFENA OKSIDA (GO) PADA MATERIAL KOMPOSIT SENG OKSIDA-GRAFENA OKSIDA (ZnO-GO) SEBAGAI FOTOKATALIS

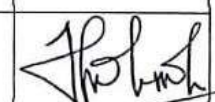
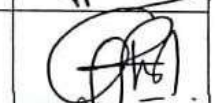
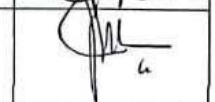
SKRIPSI

Oleh:

MIFTAH AINATUL JANNAH

NIM.18640031

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 20 Juni 2023

Penguji Utama	<u>Drs. Cecep E. Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D</u> NIP. 19590729 198602 1 001	
Ketua Penguji	<u>Utiya Hikmah, M.Si</u> NIDT. 1988095 20180201 2 242	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji	<u>Dr. Umayyatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Didham Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Miftah Ainatul Jannah

NIM 18640031

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Grafena Oksida (GO) pada
Material Komposit Seng Oksida-Grafena Oksida (ZnO-
GO) sebagai Fotokatalis

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil-alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil contekan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Juni 2023

Yang Membuat Pernyataan



Miftah Ainatul Jannah
NIM.18640031

MOTTO

Don't let anyone make you feel like you haven't had enough

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini dipersembahkan untuk diri sendiri yang telah kuat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini berjalan dengan lancar. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan segenap orang yang mengikuti jejaknya.

Banyak hal yang bisa didapatkan penulis dalam rangka penulisan skripsi ini, diantaranya adalah dapat meningkatkan kemampuan bidang minat material, mendapatkan tambahan pengalaman tentang dunia kerja dan interaksi dengan masyarakat luar kampus serta tambahan ilmu tentang fotokatalis.

Pada kesempatan ini, penulis tidak lupa menyampaikan terima kasih dan harapan jazakumullah al-khair kepada semua pihak yang telah membantu, memberi pengarahan dan bimbingan, khususnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan dan kemudahan sehingga penulis dapat mengerjakan skripsi ini dengan baik.
2. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M.A., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Sri Harini, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tazi, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Erna Hastuti, M. Si., Dosen Pembimbing di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

6. Dr. Rike Yudianti selaku Kepala Pusat Penelitian Fisika LIPI.
7. Yuyun Irmawati M.T., selaku Dosen Pembimbing di Pusat Penelitian Fisika LIPI
8. Nurfini Yudasari M.Sc., selaku Dosen Pembimbing di Pusat Penelitian Fisika LIPI
9. Orang tua dan keluarga yang selalu mendo'akan, mendukung, serta memfasilitasi dalam penulisan skripsi.
10. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung demi kesuksesan dalam penulisan skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak amin. Penulis berharap semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca laporan ini, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 10 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
المخلص	xvii
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
 BAB II DASAR TEORI.....	 7
2.1 Fotokatalis	7
2.1.1 Mekanisme Fotokatalis.....	7
2.1.2 Semikonduktor sebagai Fotokatalis.....	9
2.2 Seng oksida (ZnO).....	10
2.3 Grafena	13
2.4 Grafena oksida (GO)	14
2.5 Polydimethylsiloxane (PDMS)	15
2.6 Rhodamin-B	16
2.7 Alat Karakterisasi	19
2.7.1 X-ray Diffraction (XRD)	19
2.7.2 Photoluminescence (PL).....	22
2.7.3 Scanning Electron Microscope (SEM)	22
2.7.4 Digital Microscope Water Contact Angle	24
2.7.5 Spectrophotometer UV-Vis	24
 BAB III METODE PENELITIAN	 26
3.1 Jenis Penelitian	26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2.1 Waktu Penelitian.....	26

3.2.2 Tempat Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan	26
3.3.1 Alat Penelitian	26
3.3.2 Bahan Penelitian	27
3.3 Alat Karakterisasi	28
3.4 Diagram Alir Penelitian	29
3.4.1 Pembuatan ZnO	29
3.4.2 Pembuatan ZnO-GO	30
3.4.3 Pembuatan Sponge PDMS dengan ZnO dan ZnO-GO.....	31
3.5 Prosedur Penelitian.....	32
3.5.1 Pembuatan ZnO	32
3.5.2 Pembuatan ZnO-GO	32
3.5.3 Pembuatan Sponge Polydimethylsiloxane (PDMS) dengan ZnO-GO	33
3.5.4 Persiapan Fotokatalis	34
3.6 Karakterisasi dan Rencana Analisis Data.....	34
3.6.1 ZnO dan ZnO-GO.....	35
3.6.2 Sponge ZnO dan ZnO-GO.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Data Hasil Penelitian	38
4.1.1 ZnO dan ZnO-GO.....	38
4.1.2 Sponge ZnO dan ZnO-GO.....	42
4.2 Pembahasan	51
4.3 Kajian Keislaman	54
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur rhodamin B.....	9
Gambar 2.2	Mekanisme reaksi fotokatalisis	12
Gambar 2.3	Struktur pita energy	14
Gambar 2.4	Struktur kristal ZnO	14
Gambar 2.5	Mekanisme degradasi ZnO	16
Gambar 2.6	Struktur grafena.....	17
Gambar 2.7	Struktur Grafena oksida	19
Gambar 2.8	Struktur PDMS.....	20
Gambar 2.9	Mekanisme XRD.....	21
Gambar 2.10	XRD ZnO-GO	22
Gambar 2.11	Mekanisme SEM.....	24
Gambar 2.12	Mekanisme UV Vis.....	26
Gambar 3.1	Diagram alir pembuatan ZnO.....	32
Gambar 3.2	Diagram alir pembuatan ZnO-GO	33
Gambar 3.3	Diagram alir pembuatan sponge PDMS ZnO-GO	34
Gambar 4.1	Grafik hasil XRD	45
Gambar 4.2	Grafik hasil <i>photoluminescence</i>	47
Gambar 4.3	Hasil SEM ZnO dan ZnO-GO.....	48
Gambar 4.4	Hasil Water Contact Angle	50
Gambar 4.5	Grafik rhodamin B 24 jam tanpa penyinaran	51
Gambar 4.6	Grafik rhodamin B dengan penyinaran UV	52
Gambar 4.7	Laju degradasi	54
Gambar 4.8	Efisiensi degradasi	56
Gambar 4.9	Efisiensi degradasi akhir 4 percobaan	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Rencana nilai absorbansi rhodamin B.....	39
Tabel 3.2	Rencana laju degradasi	40
Tabel 3.3	Rencana efisiensi degradasi	41
Tabel 3.4	Rencana efisiensi degradasi akhir	41
Tabel 4.1	Nilai absorbansi rhodamin B	53
Tabel 4.2	Laju degradasi	54
Tabel 4.3	Efisiensi degradasi	55
Tabel 4.4	Efisiensi degradasi akhir	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dokumentasi Penelitian.....	63
------------	-----------------------------	----

ABSTRAK

Jannah, Miftah Ainatul. 2023. **Pengaruh Penambahan Grafena Oksida (GO) pada Material Komposit Seng Oksida-Grafena Oksida (ZnO-GO) sebagai Fotokatalis**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si (II) Dr. Nurfina Yudasari, M.Sc (III) Yuyun Irmawati, M.T (IV) Dr. Umaiyyatus Syarifah, M.A.

Kata Kunci: Fotokatalis, Efisiensi Degradasi, Seng Oksida, Grafena Oksida

Penggunaan ZnO sebagai material fotokatalis degradasi telah banyak diteliti karena memiliki sifat luminesensi yang baik, namun daya absorpsi untuk fotokatalis lemah. Penambahan GO bertujuan untuk meningkatkan efektivitas ZnO sebagai material fotokatalis. Perubahan fasa, intensitas flouresensi dan morfologi butir pada penambahan GO dapat meningkatkan efektivitas ZnO yang ditunjukkan dengan nilai efisiensi degradasi. ZnO dikompositkan menggunakan metode kopresipitasi dengan GO 1 mL, 2 mL dan 3 mL. Hasil XRD menunjukkan penambahan GO pada komposit ZnO-GO tidak merubah fasa yang terbentuk. Penambahan GO berbanding terbalik dengan intensitas flouresensi, ditunjukkan oleh ZnO-GO 3mL dengan intensitas flouresensi terendah. Hasil SEM menunjukkan ZnO-GO terdistribusi secara merata. Untuk penggunaan berulang material PDMS dipilih sebagai subsrat karena sifat hidrofobiknya yang baik. Sudut kontak terendah sebesar 108° yang ditunjukkan material ZnO-GO 2 mL. Efisiensi degradasi akhir ZnO-GO 2 mL pada 4 kali percobaan berturut-turut sebesar 90%, 73%, 68%, dan 63%. ZnO-GO menunjukkan efisiensi yang paling stabil dengan rata-rata selisih 9%.

ABSTRACT

Jannah, Miftah Ainatul. 2023. **The Effect of Addition of Graphene Oxide (GO) on Zinc Oxide-Graphene Oxide (ZnO-GO) Composite Materials as a Photocatalyst**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si (II) Dr. Nurfina Yudasari, M.Sc (III) Yuyun Irmawati, M.T (IV) Dr. Umaiyyatus Syarifah, M.A.

Keyword: Photocatalyst, Degradation Efficiency, Zinc oxide, Graphene oxide

The use of ZnO as a degradation photocatalyst has been extensively studied because it has good luminescence properties, but its photocatalyst absorption is weak. The addition of GO aims to increase the effectiveness of ZnO as a photocatalyst. Phase changes, fluorescence intensity and grain morphology on the addition of GO can increase the effectiveness of ZnO as indicated by the value of degradation efficiency. ZnO was composed using the coprecipitation method with GO 1 mL, 2 mL and 3 mL. The XRD results showed that the addition of GO to the ZnO-GO composite did not change the phase formed. The addition of GO was inversely proportional to the fluorescence intensity, as indicated by ZnO-GO 3mL with the lowest fluorescence intensity. SEM results show that ZnO-GO is evenly distributed. For repeated use, PDMS material is chosen as a substrate because of its good hydrophobic properties. The lowest contact angle was 108° as shown with 2 mL of ZnO-GO material. Final degradation efficiencies of 2 mL of ZnO-GO in 4 successive experiments were 90%, 73%, 68%, and 63%. ZnO-GO showed the most stable efficiency with an average difference of 9%.

الملخص

الجنة، مفتاح عيناتول. ٢٠٢٣. تأثير إضافة أكسيد الجرافين (GO) على المواد المركبة من أكسيد الزنك وأكسيد الجرافين (GO-ZnO) كمحفز ضوئي. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفة : (I) الدكتور. إرنا هاستوتي، الماجستير، (II) الدكتور. امية الشريفة، الماجستير

الكلمات الرئيسية: محفز ضوئي ، كفاءة التحلل ، أكسيد الزنك ، أكسيد الجرافين

تمت دراسة استخدام ZnO كمحفز ضوئي للتحلل على نطاق واسع لأنه يتمتع بخصائص تآلق جيدة ، لكن امتصاصه المحفز الضوئي ضعيف. تهدف إضافة GO إلى زيادة فعالية ZnO كمحفز ضوئي. يمكن أن تؤدي تغييرات الطور وشدة التآلق ومورفولوجيا الحبوب عند إضافة GO إلى زيادة فعالية ZnO كما هو موضح بواسطة قيمة كفاءة التدهور. تم تكوين ZnO باستخدام طريقة الترسيب المشترك مع GO 1 مل و 2 مل و 3 مل. أظهرت نتائج XRD أن إضافة GO إلى مركب ZnO-GO لم يغير المرحلة المتكونة. كانت إضافة GO متناسبة عكسيًا مع شدة التآلق ، كما هو موضح بواسطة ZnO-GO 3 mL بأقل كثافة مضان. تظهر نتائج SEM أن ZnO-GO موزع بالتساوي. للاستخدام المتكرر ، يتم اختيار مادة PDMS كركيزة بسبب خصائصها الجيدة المقاومة للماء. كانت أدنى زاوية اتصال 108 درجة كما هو موضح مع 2 مل من مادة ZnO-GO. كانت كفاءات التحلل النهائية البالغة 2 مل من ZnO-GO في 4 تجارب متتالية 90% و 73% و 68% و 63%. أظهر ZnO-GO الكفاءة الأكثر استقرارًا بمتوسط فرق 9%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fotokatalis merupakan proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan material katalis. Energi cahaya yang digunakan dapat berupa sinar matahari yang mengandung sinar ultraviolet (UV) dan sinar tampak. Proses fotokatalis diinisiasi dengan absorpsi foton ($h\nu$) dengan energi yang sama atau lebih besar dari band gap atau celah pita. Hal tersebut akan menghasilkan pasangan electron-hole akibat adanya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Selanjutnya elektron bermigrasi menuju logam dan terperangkap dalam logam sehingga rekombinasi electron-hole dapat ditekan, sedangkan hole dapat berdifusi ke permukaan material (Arutanti, dkk, 2008).

Metode alternatif fotokatalis dapat digunakan untuk pengolahan limbah organik (Maryani, dkk, 2010) karena memiliki beberapa kelebihan proses fotokatalis dibandingkan dengan metode konvensional. Hasil limbah fotokatalis tidak berbahaya dan lebih hemat dalam pemakaian bahan kimia serta energi. Fotokatalis juga merupakan metode yang potensial dan efektif dalam mengolah limbah-limbah senyawa organik dan non organik karena mempunyai kemampuan sebagai reduktor dan oksidator (Parent, 2017).

Material yang digunakan sebagai fotokatalis biasanya merupakan semikonduktor karena memiliki energi gap yang rendah. Material-material semikonduktor tersebut diantaranya TiO_2 , ZnO , ZrO_2 , WO_3 , SrO_2 , Fe_2O_3 , CeO_2 , CdS dan ZnS (Linsebliger, 1995). Salah satu material semikonduktor yang berpotensi digunakan secara luas dalam proses fotokatalis adalah seng oksida

(ZnO). Hal ini dikarenakan ZnO memiliki sifat luminesensi yang baik, fotokonduktif, biaya produksi relatif murah, dan dapat dimanfaatkan sebagai material feromagnetik diatas suhu ruang (Gao dan Li, 2004).

Puneetha dalam penelitiannya melakukan sintesis pada ZnO dengan metode kopresipitasi sederhana. Pembuatan ZnO dengan metode ini menunjukkan peningkatan aktivitas fotokatalis untuk degradasi zat warna kristal violet (Puneetha, 2021). Aktivitas fotokatalis ZnO yang disintesis dengan metode kopresipitasi dalam mendegradasi Methylene blue semakin meningkat dengan meningkatnya waktu penyinaran (Tirza, 2019).

Industri tekstil merupakan salah satu sumber perkembangan industri yang memberikan kontribusi bagi pertumbuhan ekonomi di Indonesia, akan tetapi hal ini juga menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Masih banyak industri tekstil yang membuang limbah langsung ke lingkungan seperti sungai dan laut, tanpa melalui proses pengolahan dan penyaringan agar aman bagi makhluk hidup di sekitarnya (Sastrawijaya, 2000). Salah satu limbah yang biasanya dihasilkan oleh industri tekstil adalah limbah cair zat warna. Akumulasi zat warna dalam industri tekstil mencapai 75% dalam bentuk limbah cair zat warna non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Yang, 2003).

Rhodamin B adalah zat warna sintetis berbentuk serbuk kristal, berwarna hijau atau ungu kemerahan, tidak berbau, dan dalam larutan berwarna merah terang berfluorensi. Zat warna rhodamin B sering digunakan pada proses pewarnaan pada industri tekstil dan kertas. Rhodamin B digunakan dalam industri tekstil karena harganya yang lebih ekonomis dan mudah diperoleh. Rhodamin B sangat

berbahaya jika terpapar langsung melalui kulit, mata, ataupun tertelan. Dampak akibat paparan yang terjadi dapat berupa iritasi pada kulit, mata, dan saluran pencernaan. Dampak kronis terhadap kesehatan yaitu dapat menimbulkan kanker dan gangguan fungsi hati (Stockle, 2014)

Sebagai manusia kita dianjurkan untuk menjauhi perbuatan yang menimbulkan kerusakan seperti yang telah dijelaskan dalam Q.S. al-A'raf (7) : 56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya : *“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”.*

Alam raya telah diciptakan Allah swt. dalam keadaan yang sangat harmonis, serasi, dan memenuhi kebutuhan manusia. Allah telah menjadikannya baik, bahkan Allah memerintahkan manusia untuk menjaga dan memperbaikinya (Shihab, 2006). Salah satu cara untuk menjaga lingkungan adalah dengan metode penanggulangan yang dapat diaplikasikan untuk mendegradasi zat warna limbah industri tekstil.

Salah satu metode penanggulangan untuk menangani air limbah industri tekstil yaitu dengan cara adsorpsi, namun metode ini memiliki kekurangan tidak dapat mendegradasi polutan menjadi senyawa yang tidak berbahaya melainkan hanya memindahkan polutan dari cairan ke permukaan zat pengadsorpsi. Beberapa metode lain untuk mengolah air limbah seperti klorinasi, ozonisasi, dan biodegradasi memiliki kekurangan karena membutuhkan biaya operasional yang mahal. Metode fotokatalis dipilih sebagai metode alternatif untuk pengolahan air

limbah karena biaya operasional yang rendah dan lebih baik dari metode adsorpsi (Wang, 2014).

Proses fotokatalis terjadi pada fase teradsorpsi (Fogler, 1992), hal ini menimbulkan masalah baru dalam proses fotodegradasi karena semikonduktor yang digunakan memiliki daya adsorpsi yang lemah. Penambahan suatu zat pengadsorpsi yang dapat menopang semikonduktor dapat meminimalisir masalah tersebut (El-Maazawi, 2000). Grafena oksida (GO) merupakan material adsorben yang mana atom oksigen pada GO memperluas jarak antar lapisan dan membuat lapisan atom yang tebal bersifat hidrofilik. Penggabungan ZnO sebagai zat fotokatalis dan GO sebagai zat pengadsorpsi dilakukan dengan harapan kontak fotokatalis dengan polutan menjadi lebih optimal. Selain itu, GO yang digunakan tidak bersifat toxic karena polutan yang menempel pada GO akan didegradasi secara insitu oleh fotokatalis sehingga kejenuhan GO dapat dihindari (Matsuoka dan Anpo, 2003).

Kehadiran lembaran grafenayang telah tereduksi meningkatkan dengan baik aktivitas fotokatalis. Fajar melakukan sintesis ZnO-hybrid Grafena oksida yang tereduksi untuk peningkatan degradasi fotokatalis pada pewarna limbah air. Penelitian fotokatalis sebelumnya pada ZnO-hybrid Grafena oksida menunjukkan peningkatan aktivitas fotokatalis untuk degradasi dari pewarna organik, dan aktivitas fotokatalis tertinggi terjadi 4 kali dari ZnO biasa. (Fajar, 2017). Dengan memasukkan katalis ke dalam substrat hidrofobik berpori, pengolahan air dapat dilakukan dengan fotokatalis dan pemisahan fisik kontaminan dari air. Berdasarkan hal tersebut, material Polydimethylsiloxane (PDMS) dipilih menjadi templat berupa sponge untuk material komposit. PDMS sering digunakan sebagai material

dengan energi permukaan yang rendah sehingga bersifat superhidrofobik. Kelebihan lainnya yaitu sifat dari PDMS adalah tidak beracun, transparan serta memiliki stabilitas termal yang tinggi. (Walker dan Chowdhury, 2018).

Material fotokatalis yang telah dibuat dalam penelitian ini akan diuji menggunakan alat *X-ray Diffraction* (XRD) untuk melihat puncak difraksi, *Photoluminescence* (PL) untuk melihat intensitas, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk melihat ukuran butir, *Digital Microscope* untuk melihat tekstur dan *Water Contact Angle*, dan *Spectrophotometer* UV-Vis untuk absorbansi dan degradasi zat warna rhodamin-B.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan GO terhadap perubahan fasa, intensitas fluoresensi dan morfologi butir pada material komposit ZnO-GO sebagai material fotokatalis?
2. Bagaimana pengaruh penambahan GO terhadap peningkatan efisiensi degradasi material komposit ZnO-GO?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas, tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan GO terhadap perubahan fasa, intensitas fluoresensi dan morfologi butir pada material komposit ZnO-GO sebagai material fotokatalis.

2. Mengetahui pengaruh penambahan GO terhadap peningkatan efisiensi degradasi material komposit ZnO-GO.

1.4 Batasan Masalah

Sebagai batasan masalah dalam penyelidikan ini adalah :

1. Zat warna yang digunakan pada penelitian ini adalah rhodamin-B komersil.
2. Seng oksida (ZnO) yang digunakan pada penelitian ini adalah ZnO komersil.
3. Grafena oksida (GO) pada penelitian ini didapat dari sintesis Grafit komersil yang direduksi menggunakan metode Tour.
4. *Polydimethylsiloxane* (PDMS) yang digunakan pada penelitian ini adalah PDMS komersil.
5. Metode sintesis pada penelitian ini adalah metode kopresipitasi.
6. Variasi komposisi GO pada penelitian ini antara lain:
 - 1 mL GO + 59 mL 6H₂O
 - 2 mL GO + 58 mL 6H₂O
 - 3 mL GO + 57 mL 6H₂O

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat didapat dari penyelidikan ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan GO terhadap perubahan fasa, intensitas flouresensi dan morfologi butir pada material komposit ZnO-GO sebagai material fotokatalis.

2. Memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan GO terhadap peningkatan efisiensi degradasi material komposit ZnO-GO.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan perpaduan reaksi antara fotokimia dan katalis. Reaksi fotokimia melibatkan suatu cahaya (foton). Katalis adalah suatu zat yang mempengaruhi proses laju reaksi tanpa ikut berubah secara kimia. Katalis dapat mempercepat fotoreaksi melalui interaksinya dengan substrat baik keadaan dasar maupun tereksitasi atau dengan fotoproduk utamanya, tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut (Otmer dan Kirk, 1992).

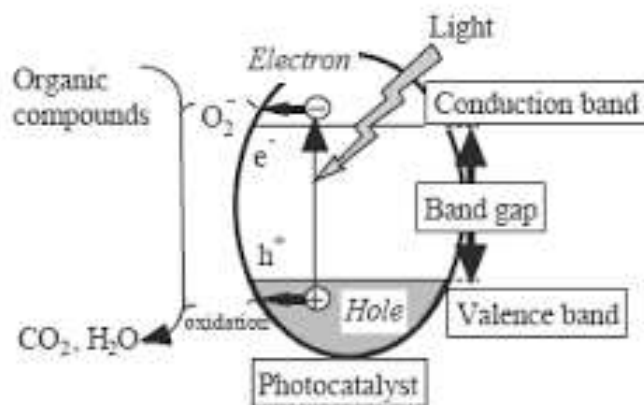
Proses fotokatalis akan lebih efektif apabila material katalis yang digunakan memiliki energi gap yang rendah. Hal ini disebabkan reaksi fotokatalis diawali dengan penyerapan foton yang mengakibatkan eksitasi elektron ke pita konduksi dan membentuk lubang pada pita valensi. Pada permukaan partikel, elektron fotogenerasi dapat mereduksi oksigen menjadi anion super-oksida dan lubang fotogenerasi dapat mengoksidasi OH^- atau air untuk membentuk radikal hidroksil. Rekombinasi elektron-hole dapat terjadi pada permukaan semikonduktor atau di bulk semikonduktor (Palupi, 2006).

2.1.1 Mekanisme Fotokatalis

Mekanisme reduksi dan oksidasi melalui terbentuknya hole dan elektron dimanfaatkan dalam proses degradasi substrat yang bersinggungan dengan permukaan fotokatalis. Baik elektron atau hole mampu menghasilkan ion reaktif yang dapat dimanfaatkan dalam proses deaktivasi dan penguraian kontaminan atau mikroorganisme merugikan. Elektron dalam hal ini akan berinteraksi dengan udara atau oksigen (O_2 menghasilkan radikal superoksida $\bullet\text{O}_2^-$), sedangkan hole dapat

berinteraksi dengan molekul air (H_2O) membentuk radikal aktif hidroksil $\text{OH}^\bullet$ dan H_2O^+ (Arutanti, dkk., 2008).

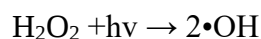
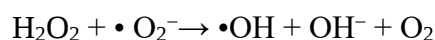
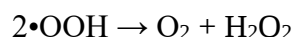
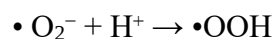
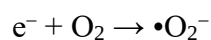
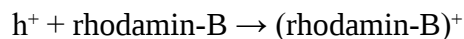
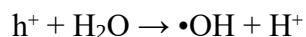
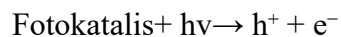
Radikal-radikal akan terus dapat dihasilkan selama material fotokatalis diinduksi oleh sinar atau foton dan akan menguraikan senyawa organik menjadi molekul-molekul kecil seperti CO_2 , H_2O dan asam mineral. Mekanisme reaksi fotokatalis ditunjukkan oleh gambar 2.1 (Beydon, 2000).



Gambar 2.1 Mekanisme reaksi fotokatalisis
Sumber: (Beydon, 2000)

Proses fotokatalis diinisiasi dengan absorpsi foton ($h\nu$) dengan energi yang sama atau lebih besar dari band gap atau celah pita. Hal tersebut akan menghasilkan pasangan electron-hole akibat adanya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Selanjutnya elektron bermigrasi menuju logam dan terperangkap dalam logam sehingga rekombinasi electron-hole dapat ditekan, sedangkan hole dapat berdifusi ke permukaan material (Beydon, 2000).

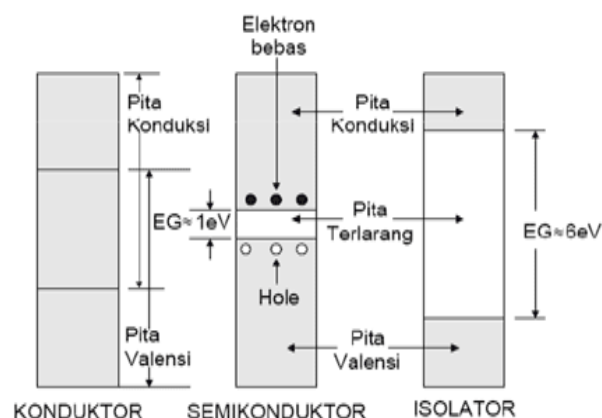
Proses pembentukan radikal aktif oleh material fotokatalis secara umum dapat ditunjukkan oleh persamaan reaksi berikut (Arutanti, dkk., 2008):



Metode alternatif fotokatalis dapat digunakan untuk pengolahan limbah organik (Maryani, dkk., 2010) karena memiliki beberapa kelebihan proses fotokatalis dibandingkan dengan metode konvensional. Hasil limbah fotokatalis tidak berbahaya dan lebih hemat dalam pemakaian bahan kimia serta energi. Fotokatalis juga merupakan metode yang potensial dan efektif dalam mengolah limbah-limbah senyawa organik dan non organik karena mempunyai kemampuan sebagai reduktor dan oksidator (Parent, 2017).

2.1.2 Semikonduktor sebagai Fotokatalis

Fotokatalis memanfaatkan semikonduktor sebagai katalis yang diaktifkan dengan bantuan sinar ultraviolet (UV) untuk menguraikan senyawa organik menjadi mineral-mineralnya. Semikonduktor adalah sebuah bahan dengan konduktivitas listrik yang berada diantara insulator dan konduktor. Nilai konduktivitas dari sebuah semikonduktor dapat diatur dengan perubahan jumlah pengotor, suhu, dan eksitasi optik (Mills dan Hunte, 1997).

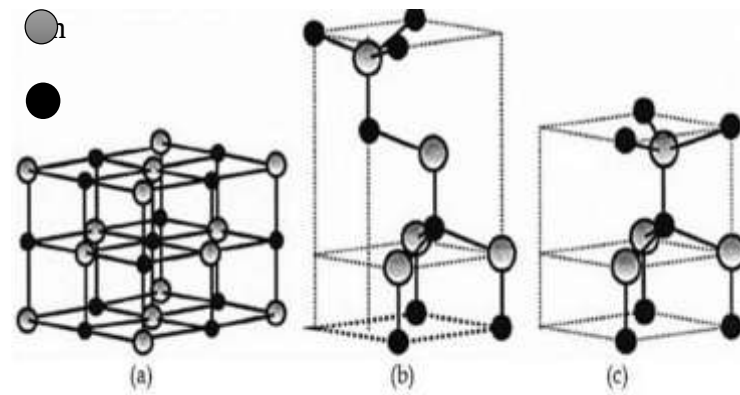


Gambar 2.2 Struktur pita energi (Ariswan, 2010)

Sebuah semikonduktor bersifat sebagai insulator pada suhu yang sangat rendah, namun pada temperatur ruangan bersifat sebagai konduktor (Sirenden, 2012). Semikonduktor dapat berperan sebagai fotokatalis dalam reaksi oksidasi dan reduksi bergantung pada besarnya energi band gap dan jenis senyawa kimia yang akan dioksidasi dan direduksi (Ismunandar, 2006). Semikonduktor yang biasa digunakan adalah semikonduktor tipe khalkogenida yaitu unsur kimia dari golongan 16/VIA yang biasanya terdiri dari unsur oksida (TiO_2 , ZnO , ZrO , CeO_2) atau sulfida (ZnS dan CdZ) (Liao, dkk., 2012).

2.2 Seng oksida (ZnO)

ZnO merupakan semikonduktor golongan II–VI antara oksida logam. Selain sebagai bahan semikonduktor, ZnO juga merupakan bahan piezoelektrik, fotokonduktif, dan bahan pemandu gelombang optik (Fan dan Gia, 2005). Rentang panjang gelombang cahaya tampak untuk eksitasi ZnO adalah 400-800 nm dan mampu menyerap cahaya pada panjang gelombang 365 nm (hijau) (R. Wang et al. 2004). ZnO termasuk material semikonduktor yang memiliki sifat luminesensi yang baik, fotokonduktif, biaya produksi relatif murah, dan dapat dimanfaatkan sebagai material feromagnetik diatas suhu ruang (Gao and Li 2004).

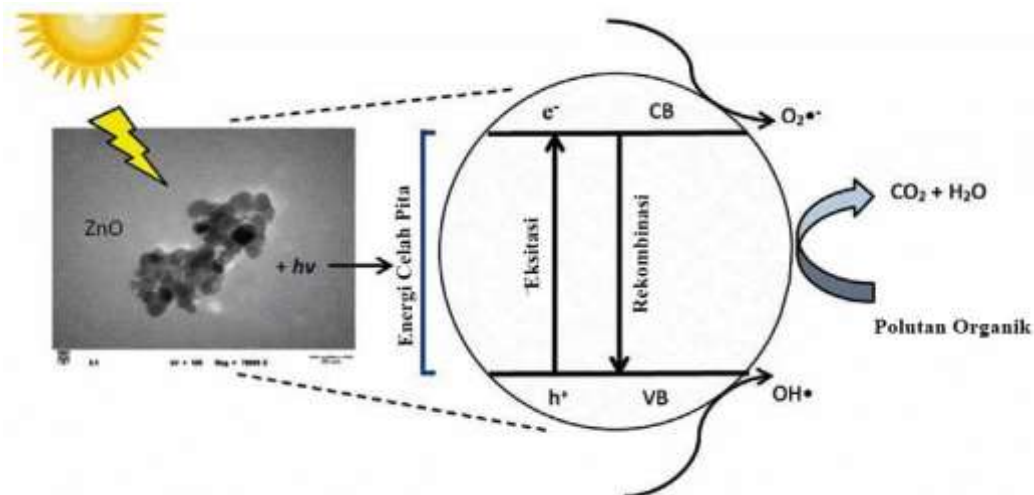


Gambar 2.3 Struktur kristal ZnO: (a) rocksalt, (b) zinc blend, (c) wurtzite. (Morcoco, dkk., 2009)

Struktur kristal ZnO terdiri atas tiga bentuk yaitu rocksalt, zinc blend, dan wurtzite yang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3. Struktur wurtzite terbentuk pada kondisi tekanan normal dan fase termodinamika yang stabil (Sutanto, dkk., 2015), sedangkan struktur ZnO zinc blend stabil hanya jika terbentuk pada substrat kubik dan merupakan struktur yang metastabil yang hanya dapat distabilkan dengan penumbuhan heteroepitaksial pada substrat kubik, seperti ZnS dan GaAs. Struktur rocksalt terbentuk pada kondisi dengan tekanan tinggi lebih dari 9 GPa dan fase kubik tekanan tinggi ditemukan metastabil untuk waktu yang lama (Morcoco, dkk., 2009),

Pada gambar 2.4. ditunjukkan proses fotokatalis terjadi ketika material semikonduktor ZnO teraktivasi karena adanya foton yang besarnya sama atau lebih dari energi celah pita sehingga elektron (e^-) dari pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi meninggalkan hole positif (h^+) menghasilkan pasangan elektron-hole (Bates, dkk., 1992)..

Sebagian elektron-hole ini akan mengalami rekombinasi, sementara sebagian yang lain akan tertahan di permukaan semikonduktor dan mengalami reaksi redoks terhadap molekul yang teradsorpsi pada permukaan fotokatalis. Kemudian *hole* dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan elektron akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan semikonduktor (Khan, 2015).



Gambar 2.4 Mekanisme degradasi Fotokatalis (Ong, 2017)

Puneetha dalam penelitiannya melakukan sintesis pada ZnO dengan metode kopresipitasi sederhana. Pembuatan ZnO dengan metode ini menunjukkan peningkatan aktivitas fotokatalis untuk degradasi zat warna kristal violet (Puneetha, 2021). Aktivitas fotokatalis ZnO yang disintesis dengan metode kopresipitasi dalam mendegradasi Methylene blue semakin meningkat dengan meningkatnya waktu penyinaran (Tirza, 2019).

Proses fotokatalis terjadi pada fase teradsorpsi (Fogler, 1992), hal ini menimbulkan masalah baru dalam proses fotodegradasi karena semikonduktor yang digunakan memiliki daya adsorpsi yang lemah. Penambahan suatu zat pengadsorpsi yang dapat menopang semikonduktor dapat menimalisir masalah tersebut (El-Maazawi, 2000).

Grafena oksida (GO) merupakan material adsorben yang mana atom oksigen pada GO memperluas jarak antar lapisan dan membuat lapisan atom yang tebal bersifat hidrofilik. Penggabungan ZnO sebagai zat fotokatalis dan GO sebagai zat pengadsorpsi dilakukan dengan harapan kontak fotokatalis dengan polutan menjadi lebih optimal. Selain itu, GO yang digunakan tidak bersifat toxic karena polutan yang menempel pada GO akan didegradasi secara insitu oleh fotokatalis sehingga kejenuhan GO dapat dihindari (Matsuoka dan Anpo, 2003).

2.3 Grafena

Grafena merupakan modifikasi struktural karbon yang berbentuk lembaran datar tipis dimana setiap atom karbon memiliki ikatan kovalen dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah (Rahardiandiyah, 2012). Lembaran grafenasatu dengan lainnya diikat oleh ikatan Van der Waals. Jarak antara lembar grafena satu dengan yang lainnya adalah 0,335 nm dan jarak antar lembar grafena yang sejajar adalah 0,67 nm. Panjang ikatan kovalen rangkap antar atom C pada lembar grafena adalah 0,142 nm.



Gambar 2.5 Struktur *grafena* (Murtiaji, 2010)

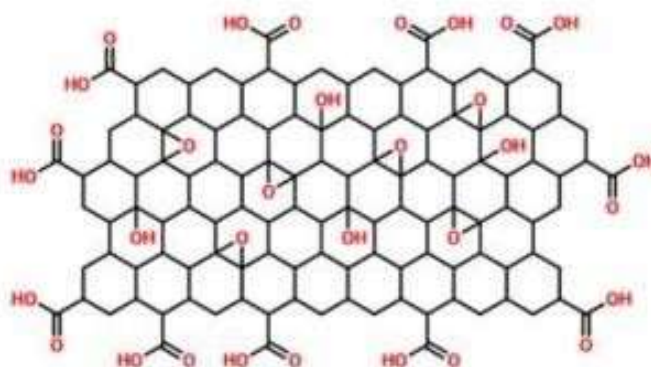
Keistimewaan grafena antara lain mobilitas elektron yang tinggi ($200.000 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-2}$), efek quantum hall pada suhu ruangan, transparansi optik yang baik

(97.7%), luas permukaan spesifik (2630 m^2), modulus elastis $0,25 \text{ TPa}$, konduktivitas termal yang sangat baik ($5.000 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$), dan kekuatan sebesar 42 N m^{-2} (Brownson, 2014).

2.4 Grafena oksida (GO)

Grafena oksida (GO) adalah grafena yang teroksidasi, yang mempunyai ikatan dengan gugus fungsi. Struktur GO bersifat hidrofilik, dan pada bagian basal dan tepi-tepinya mengandung gugus-gugus fungsional oksigen yaitu gugus karboksil, alkoksil dan epoksil. Oleh karena itu, GO mengandung atom karbon hibrid sp^2 dan sp^3 , dan bersifat isolator (Fathia, 2018).

Sintesis GO dapat dilakukan dengan mengoksidasi bubuk grafit dengan $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{PO}_4$ dan kalium permanganate pada 50°C selama 12 jam. Kemudian lembaran-lembaran oksida grafit tersebut dapat dikelupas (exfoliated) dari dalam air hingga terbentuk GO. Konsentrasi oksigen dalam GO dapat direduksi hingga kadar oksigen berkurang dan terbentuk lapisan *grafena* dengan menggunakan agen pereduksi. GO diyakini dapat menjadi material awal yang menjanjikan untuk produksi grafena dalam skala besar (Syakir, 2015).



Gambar 2.6 Struktur Grafena oksida (Tadyszak, 2018)

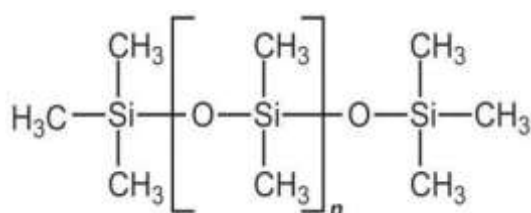
Salah satu prekursor grafenayang menjanjikan dan telah menarik perhatian karena sifat fisikokimianya yang unik. Grafena, bahan karbon dua dimensi baru,

telah diakui sebagai kandidat ideal untuk berbagai aplikasi karena luas permukaannya yang tinggi, sifat elektronik, mekanik dan termal yang mencolok, sedangkan permukaan GO dihiasi dengan beragam oksigen hidrofilik mengandung kelompok fungsional. Bahan anorganik yang dimodifikasi dengan GO sebagian telah dilaporkan menunjukkan peningkatan sifat fotokatalis (Feng, 2018).

Kehadiran lembaran grafenayang telah tereduksi meningkatkan dengan baik aktivitas fotokatalis. ZnO/hybrid Grafena oksida yang tereduksi untuk peningkatan degradasi fotokatalis pada pewarna limbah air. Grafena-hybridized ZnO fotokatalis menunjukkan peningkatan aktivitas fotokatalis untuk degradasi dari pewarna organik, dan aktivitas fotokatalis tertinggi terjadi 4 kali dari ZnO biasa. (Fajar 2017). Durmus, 2019 dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa struktur nanokomposit tersebut mengurangi celah pita nanopartikel ZnO dan dengan demikian meningkatkan efisiensi fotokatalisnya untuk degradasi zat warna (Durmus, 2019)

2.5 Polydimethylsiloxane (PDMS)

PDMS merupakan jenis yang paling umum dari polysiloxan yaitu polimer inorganik yang terdiri dari komponen penyusun silikon-oksigen dengan formula kimianya adalah $\text{CH}_3[\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}]_n\text{Si}(\text{CH}_3)_3$. Struktur PDMS ditunjukkan pada gambar 2.8 (Faradila, 2021).



Gambar 2.7 Struktur PDMS (Faradila, 2021)

PDMS merupakan grup terbesar kedua dari material silikon. PDMS sering digunakan sebagai energi permukaan yang rendah untuk mengganti bahan fluorine di permukaan superhydrophobic. Sifat dari PDMS adalah tidak beracun, transparan, stabilitas termal yang tinggi. Penelitian sebelumnya yaitu Kunquan Li, dkk pada tahun 2014 mengemukakan bahwa lapisan PDMS pameran properti anti air yang baik, sudut kontak air dengan lapisan adalah hanya sekitar 105° , yang masih belum dapat memenuhi persyaratan superhydrophobicity. Dengan demikian, perlu untuk meningkatkan 11 kekasaran permukaan. Dalam beberapa tahun terakhir, pengenalan partikel anorganik, terutama silika (SiO_2) nanopartikel, untuk membangun struktur hirarkis pada permukaan PDMS secara luas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kehadiran kedua nanometer dan kekasaran berukuran mikrometer pada permukaan dihasilkan dari agregat partikel SiO_2 . Permukaan superhydrophobic sangat transparan dengan kekasaran skala ganda juga diciptakan oleh Kunquan Li, dkk menggunakan partikel SiO_2 yang termodifikasi untuk membangun kekasaran (Wolf, 2018).

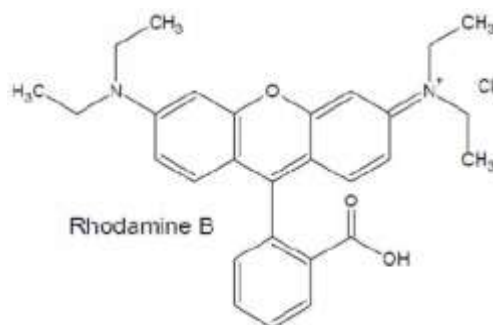
2.6 Rhodamin-B

Industri tekstil dan produk tekstil (TPT) merupakan salah satu manufaktur yang mendapat prioritas pengembangan karena sektor padat karya dan berorientasi ekspor, sehingga memberikan kontribusi signifikan bagi perekonomian nasional. Pada Januari-April 2022, industri TPT menjadi penghasil devisa melalui capaian ekspornya dengan nilai sebesar USD5,36 miliar. Hal ini menjadikan industri tekstil sebagai penyumbang devisa yang besar pada negara. Keunggulan industri tekstil

dan produk tekstil di dalam negeri dapat digunakan untuk mempercepat dan memperluas pembangunan ekonomi sedemikian rupa kemandirian, kemajuan, keadilan dan kesejahteraan di Indonesia dapat diraih (Sastrawijaya, 2010).

Meskipun industri tekstil merupakan salah satu sumber perkembangan industri yang memberikan kontribusi bagi pertumbuhan ekonomi di Indonesia, akan tetapi hal ini juga menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Pada proses pengolahan di industri tekstil tersebut selalu dihasilkan limbah, terutama berupa limbah cair (air limbah). Sebelum dibuang ke lingkungan perairan, air limbah harus diolah sehingga sesuai dengan baku mutu yang dipersyaratkan dapat dibuang ke lingkungan agar tidak menimbulkan pencemaran. Namun, masih banyak industri tekstil yang membuang limbah langsung ke lingkungan seperti sungai dan laut, tanpa melalui proses pengolahan dan penyaringan agar aman bagi makhluk hidup disekitarnya. Pencemaran oleh limbah cair yang berasal dari industri merupakan permasalahan lingkungan yang dominan (Priya et al., 2011)..

Limbah cair yang tidak diolah dan dikelola akan berdampak buruk terhadap perairan, khususnya sumber daya air. Limbah cair yang biasanya dihasilkan oleh industri tekstil adalah limbah cair zat warna. Akumulasi zat warna dalam industri tekstil mencapai 75% dalam bentuk limbah cair zat warna non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Couto, 2009).



Gambar 2.8 Struktur rhodamin B (Fauzi, 2019)

Struktur rodhamin B ditunjukkan oleh gambar 2.8. Rhodamin B merupakan salah satu zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil, karena menghasilkan warna yang menarik, harganya murah, dan mudah diperoleh (Syakri 2017). Rhodamin-B adalah senyawa kimia yang digunakan sebagai pewarna sintetik penghasil warna merah termasuk golongan pewarna xanthenes basa, dan terbuat dari metadietilaminofenol dan ftalik anhidrid suatu bahan yang tidak bisa dimakan serta sangat berfluoresensi. Rhodamin-B mengandung senyawa klorin (Cl). Rumus umum dari rhodamin-B sendiri yaitu $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$, sedangkan nama kimianya adalah N – [9-(carboxyphenyl) – 6 - (diethylamino) - 3H – xanten – 3 - ylidene] – N-ethyleyhanaminium clorida. (Fauzi, 2019)

Di dalam Rhodamin B sendiri terdapat ikatan dengan klorin (Cl) yang dimana senyawa klorin ini merupakan senyawa anorganik yang reaktif dan juga berbahaya. Bahaya rhodamin-B didapat akibat terpapar langsung melalui kulit, mata, ataupun tertelan. Dampak jangka pendek akibat paparan yang terjadi dapat berupa iritasi pada kulit, mata, dan saluran pencernaan, sedangkan dampak jangka panjang

terhadap kesehatan yaitu dapat menimbulkan kanker dan gangguan fungsi hati (Stockle, 2014).

Pengolahan limbah zat warna rhodamin B telah banyak dilakukan dengan berbagai metode, antara lain flotasi, sedimentasi, dan metode adsorpsi karbon aktif. Metode penanggulangan untuk menangani air limbah industri dengan cara adsorpsi, yang memiliki kekurangan tidak dapat mendegradasi polutan menjadi senyawa yang tidak berbahaya melainkan hanya memindahkan polutan dari cairan ke permukaan adsorben. Karena zat warna masih terakumulasi di dalam adsorben dalam bentuk senyawa yang kompleks, sehingga akan kembali dapat mencemari lingkungan jika dibuang langsung ke lingkungan. Metode lain untuk mengolah air limbah seperti klorinasi, ozonisasi, dan biodegradasi memiliki kekurangan karena membutuhkan biaya operasional yang mahal (Wang, 2014).

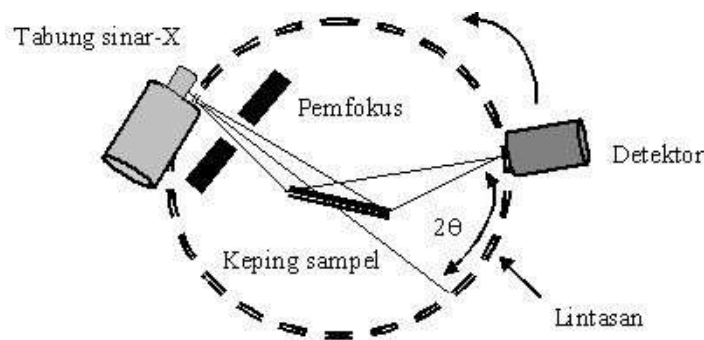
Sebagai alternatif, metode efektif untuk mengolah limbah zat warna tersebut yaitu dengan fotokatalis menggunakan bahan fotokatalis dan irradiasi sinar ultraviolet. Dengan metode fotokatalis ini, zat warna dapat diuraikan menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana yang relatif lebih aman untuk lingkungan serta dengan biaya produksi yang rendah (Ae 2019).

2.7 Alat Karakterisasi

2.7.1 X-ray Diffraction (XRD)

X-ray Diffraction (XRD) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menentukan struktur suatu padatan kristalin. Apabila suatu bahan dikenai sinar-X maka intensitas sinar-X yang ditransmisikan lebih kecil dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh bahan dan juga penghamburan oleh

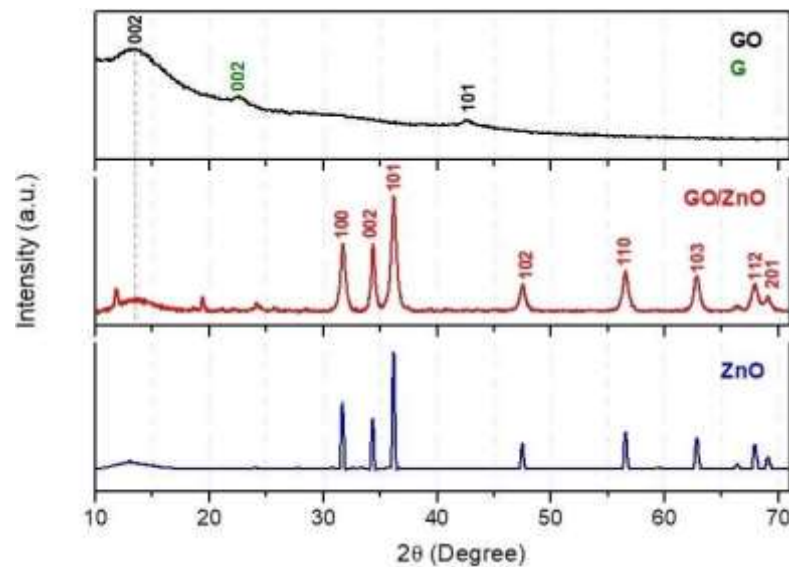
atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang dihantarkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasenya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasenya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan disebut sebagai berkas difraksi.



Gambar 2.9 Mekanisme XRD (Ratnasari, 2009).

Bahan yang dapat dianalisa berupa padatan, homogen, dan rata-rata komposisi massal ditentukan Sinar X diperoleh dari elektron yang keluar dari filamen panas dalam keadaan vakum pada tegangan tinggi, dengan kecepatan tinggi menumbuk permukaan logam, biasanya tembaga (Cu) (Ratnasari, 2009).

Sinar X ditembakkan pada padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksikan oleh sampel. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi sudut tertentu (Warren, 1969).



Gambar 2.10 XRD ZnO-GO (Warren, 1969).

Bentuk keluaran dari difraktometer dapat berupa data analog atau digital. Rekaman data analog berupa grafik garis-garis yang terekam per menit sinkron, dengan detektor dalam sudut 2θ per menit, sehingga sumbu-x setara dengan sudut 2θ . Sedangkan rekaman digital menginformasikan intensitas sinar-X terhadap jumlah intensitas cahaya per detik (Patel, 2015)..

Pola difraktogram yang dihasilkan berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas relatif bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besarnya intensitas relatif dari deretan puncak-puncak tersebut bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada, dan distribusinya di dalam sel satuan material tersebut. Pola difraksi setiap padatan kristalin sangat khas, yang bergantung pada kisi kristal, unit parameter dan panjang gelombang sinar-X yang digunakan. Dengan demikian, sangat kecil kemungkinan dihasilkan pola difraksi yang sama untuk suatu padatan kristalin yang berbeda (Warren, 1969).

2.7.2 Photoluminescence (PL)

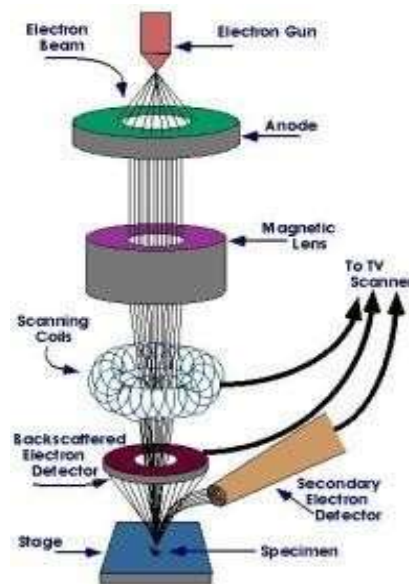
Spektroskopi *photoluminescence* bersifat *contactless*, serbaguna, tidak merusak, metode optik yang kuat untuk menyelidiki struktur material elektronik. Dalam kasus *photoexcitation*, *luminescence* disebut *photoluminescence*. Jadi *photoluminescence* adalah emisi spontan cahaya dari bahan di bawah eksitasi optik (Patel, 2015).

Prinsip kerja *photoluminescence* transisi elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi terjadi ketika elektron dikenai energi. Kemudian terjadi relaksasi dimana sejumlah energi diemisikan ketika elektron kembali ke keadaan dasar. *Photoluminescence* dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti reaksi kimia, energi listrik, pergerakan pada tingkat sub atomik, atau peregangan dalam kristal. Berdasarkan sumber eksitasinya, dikenal beberapa jenis luminisens seperti fotoluminisens jika digunakan sumber eksitasi optis, sementara istilah elektroluminisens digunakan jika eksitasi terjadi akibat arus listrik. Jenis lainnya yakni jika terjadi akibat pemborbardiran material target yang dikenal dengan *katodoluminisens* (Rahmayanti, 2015)

2.7.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM dikembangkan pertama kali tahun 1938 oleh Manfred von Ardenne seorang ilmuwan Jerman (Oktaviana, 2009). SEM merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi nanomaterial. Beberapa hal yang dikarakterisasi salah satunya adalah permukaan material. Jadi, setelah material diamati dengan SEM maka akan diperoleh bagaimana bentuk permukaan material tersebut. Pada SEM, permukaan material ditembaki dengan berkas elektron berenergi tinggi. Elektron berenergi tinggi ini memiliki panjang gelombang yang sangat pendek yang

bersesuaian dengan panjang gelombang de Broglie. Proses ini mengakibatkan adanya elektron yang dipantulkan atau dihasilkannya elektron sekunder. Elektron yang dipantulkan diterima oleh detektor. Kemudian hasil yang diterima diolah oleh program komputer (Abdullah, 2009).



Gambar 2.11 Mekanisme SEM (Abdullah, 2009).

Prinsip kerja dari SEM berupa suatu sumber elektron dari filamen yang terbuat dari tungsten memancarkan berkas elektron. Tungsten biasanya digunakan pada elektron gun karena memiliki titik lebur tertinggi dan tekanan uap terendah dari semua logam sehingga memungkinkan dipanaskan untuk emisi elektron. Berkas electron difokuskan oleh satu atau dua lensa kondensor ke titik yang diameternya sekitar 0,4 nm sampai 5 nm. Permukaan bahan yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah arah. Scanning pada permukaan bahan yang dikehendaki dapat dilakukan dengan mengatur scanning generator dan scanning coils. Elektron sekunder hasil interaksi antara elektron dengan permukaan specimen ditangkap

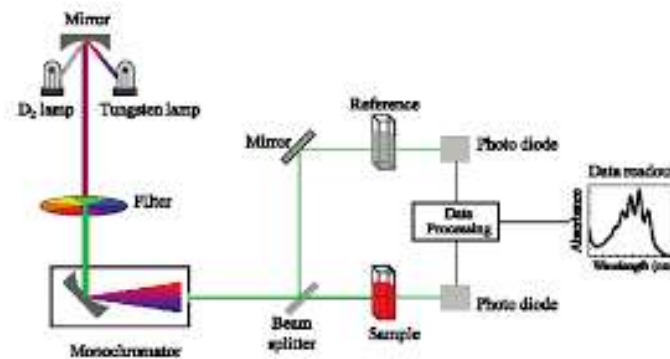
oleh detektor secondary electron (SE) yang kemudian diolah dan diperkuat oleh amplifier dan kemudian divisualisasikan dalam monitor sinar katoda (Havancsak, 2016).

2.7.4 Digital Microscope Water Contact Angle

Pada saat cairan diteteskan di atas permukaan suatu padatan, maka dalam beberapa saat cairan akan setimbang. Keadaan setimbang tersebut menyebabkan terbentuknya sebuah sudut θ , yang disebut sebagai sudut kontak. Sudut kontak adalah sudut yang terbentuk dari dua garis, dimana garis pertama adalah garis batas antara udara dan zat cair yang diteteskan. Sudut kontak dapat ditentukan melalui berbagai cara; penentuan sudut tetesan (sessile drop) melalui teleskop goniometer, captive bubble method, tilting plate method, wilhelmy balance method, dan metode pipa kapiler Suatu material dapat di kategorikan hidrofobik apabila memiliki nilai sudut kontak diatas 90° , sebaliknya apabila kurang dari 90° material tersebut dikategorikan sebagai hidrofilik (Havancsak, 2016).

2.7.5 Spectrophotometer UV-Vis

Spektrofotometer adalah suatu alat atau instrumen untuk mengukur transmisi atau absorbansi suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang (λ). Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultra violet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai alat spektrofotometer. Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-Vis karena molekul mempunyai elektron yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi (Mulya dan Suharman, 1994).



Gambar 2.12 Mekanisme UV Vis (Havancsak, 2016).

Spektrum UV-Vis secara ideal diambil dari larutan encer, jika radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui larutan berwarna maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) sedangkan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi). Panjang gelombang dimana absorbansi itu terjadi bergantung pada kekuatan elektron yang terikat dalam molekul tersebut. Pengukuran spektroskopi melibatkan penggunaan kombinasi sumber, perangkat dispersif dan detektor untuk menganalisis spektrum absorpsi atau emisi dari suatu sampel. Pengukuran ini berdasarkan pada panjang gelombang atau frekuensi radiasi diukur (Zhang et al. 2003).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian merupakan eksperimen yang dilakukan secara bertahap. Pada tahap awal dilakukan pembuatan material fotokatalis ZnO, kemudian tahap kedua variasi kadar GO 1 mL, 2mL dan 3 mL ditambahkan pada pembuatan material fotokatalis ZnO-GO. Pada tahap akhir sponge PDMS dibuat dengan penambahan material fotokatalis yang telah dibuat sebelumnya sebagai aplikasi degradasi zat warna Rhodamin-B.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada November 2021 sampai dengan April 2022.

3.2.2 Tempat Penelitian

Preparasi dilakukan di Laboratorium *Low Dimentional Materials* (LDM)

Pusat Penelitian Fisika (P2F)-Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Serpong, Tangerang Selatan.

Karakterisasi dilakukan di Laboratorium Riset Fotonik di Pusat Penelitian Fisika (P2F)-Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Serpong, Tangerang Selatan.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Neraca digital
2. Spatula

3. Kertas timbang
4. Beaker glass
5. Neraca digital
6. Hot plate
7. Magnetik bar
8. Alumunium foil
9. Tabung centrifuge
10. Centrifuge
11. Pinset
12. Oven
13. Mortar dan alu
14. Pipet tetes
15. Cetakan plastik
16. Batang pengaduk
17. Vakum desikator
18. Pompa vakum
19. Cawan petri
20. Kuffet

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Larutan zat warna Rhodamin-B
2. H₂O
3. Zn(NO₃)₂ · 6H₂O Sigma-Aldrich

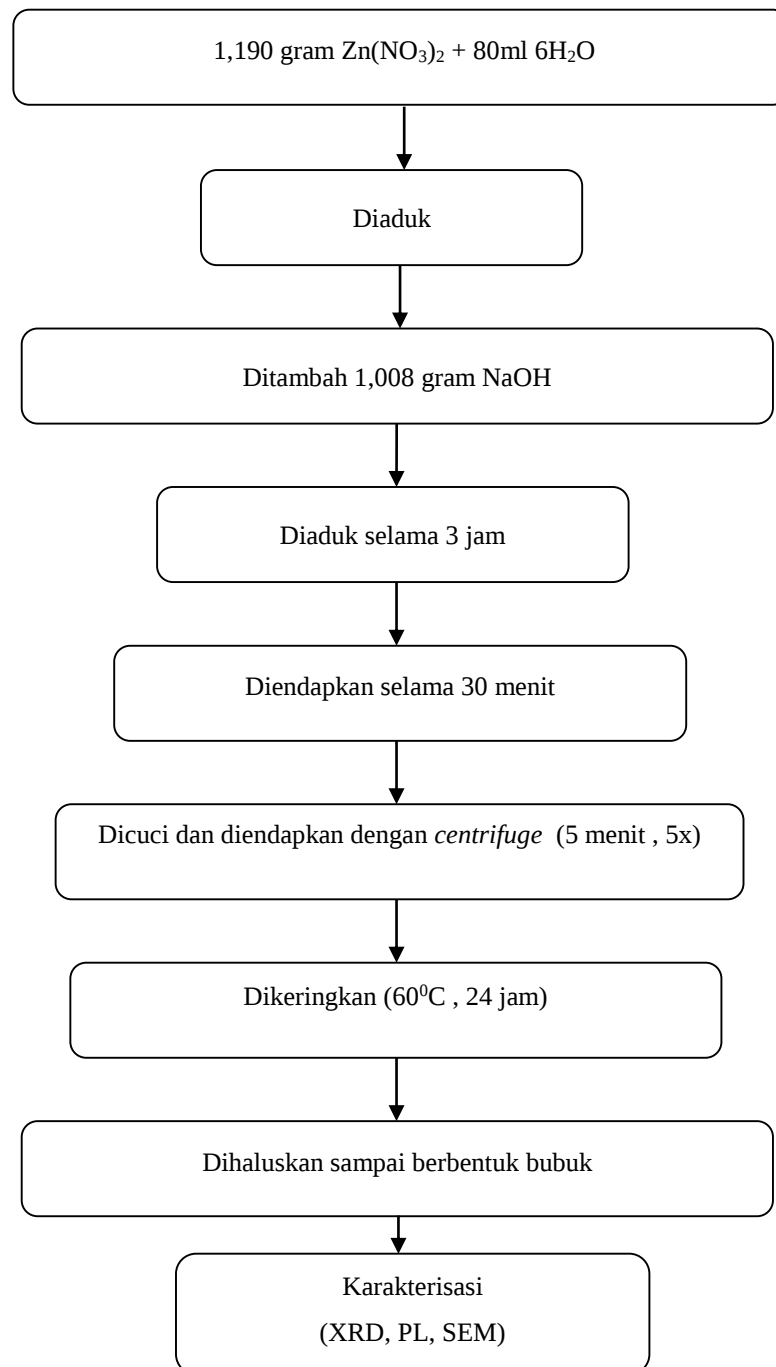
4. *Grafena oksida* (GO), yang terbuat dari Grafit komersil yang direduksi menggunakan metode Tour
5. NaOH, Merck
6. PDMS (*Polydimethylsiloxane*), Sylgard 184
7. Ethanol

3.3 Alat Karakterisasi

1. *X-ray Diffraction* (XRD)
2. *Photoluminescence* (PL)
3. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)
4. *Digital Microscope* Water Contact Angle
5. *Spectrophotometer* UV-Vis

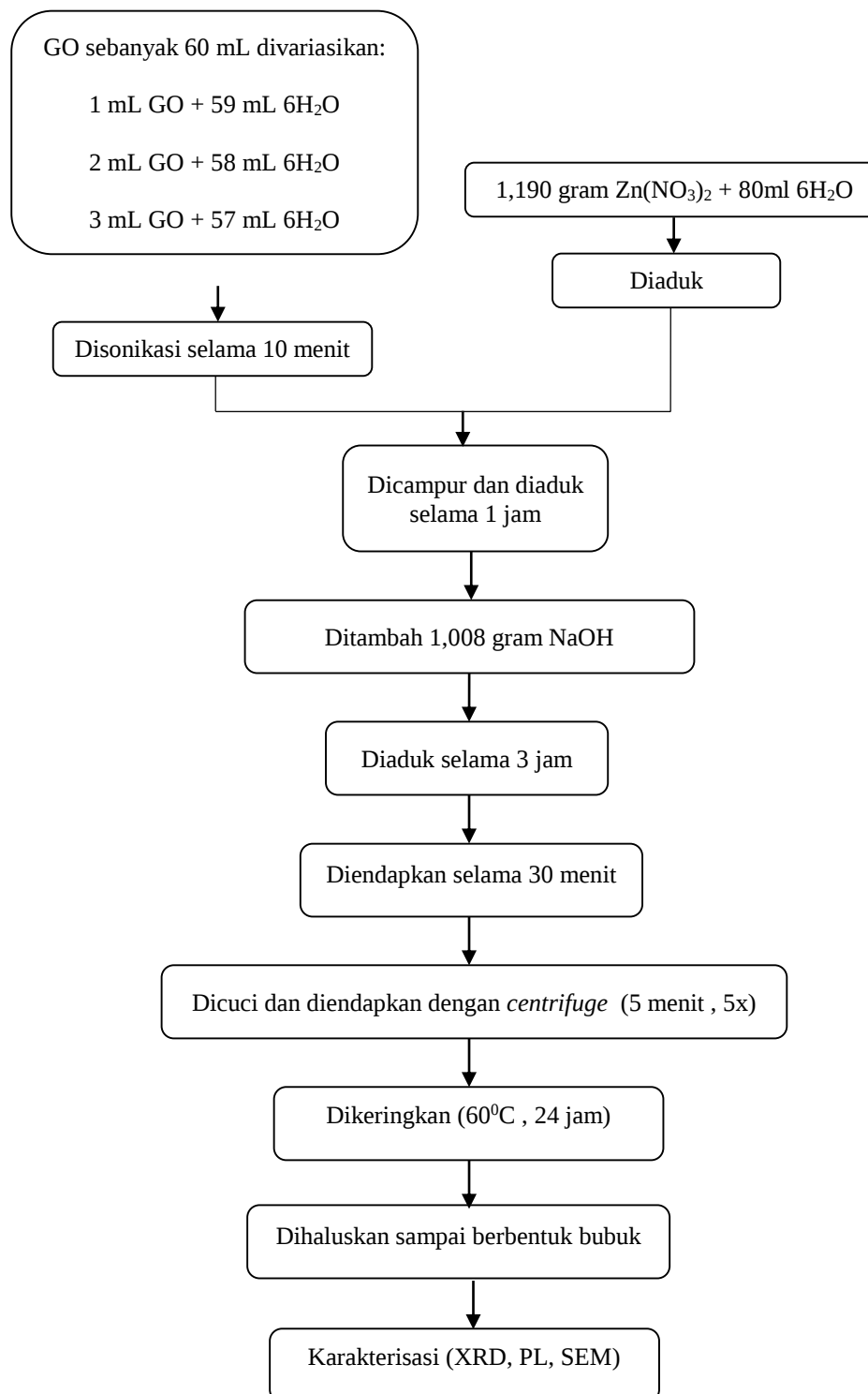
3.4 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Pembuatan ZnO



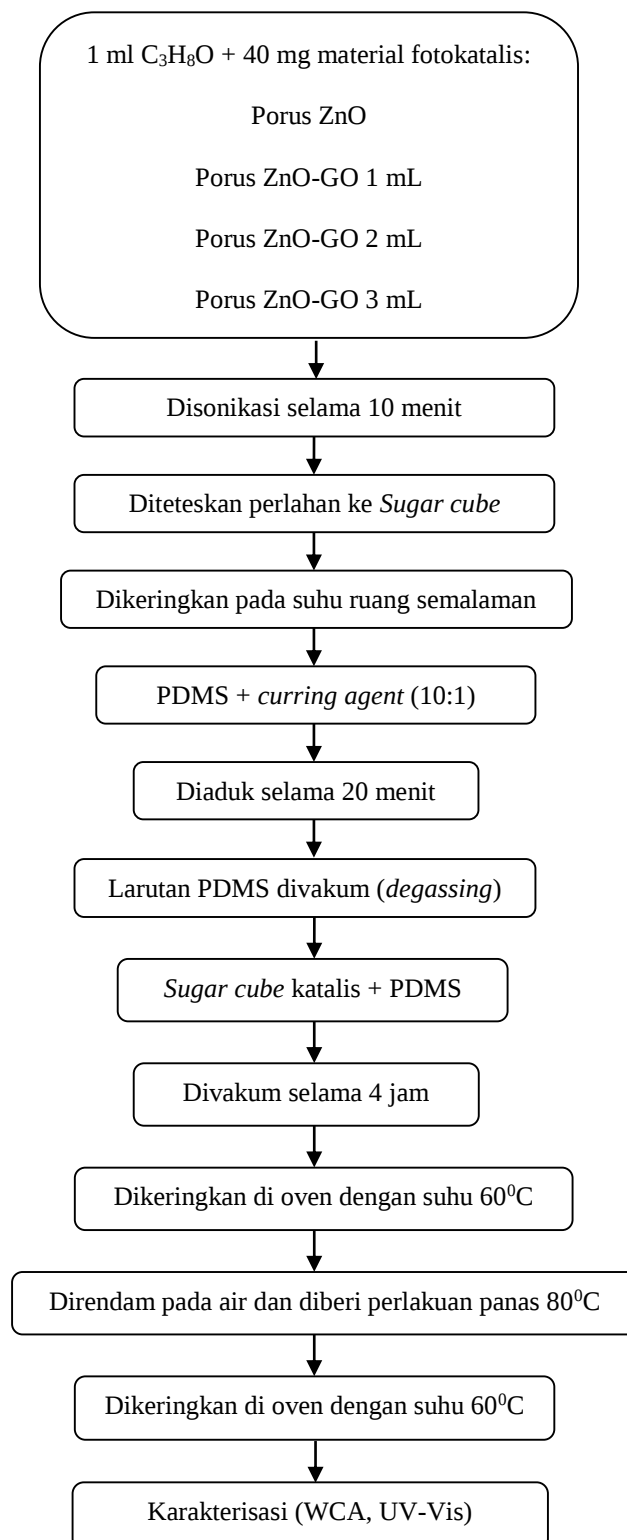
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan ZnO

3.4.2 Pembuatan ZnO-GO



Gambar 3.2 Diagram alir pembuatan ZnO-GO

3.4.3 Pembuatan Sponge PDMS dengan ZnO dan ZnO-GO



Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan material Sponge PDMS ZnO dan ZnO-GO

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan ZnO

1. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ sebanyak 1,190 gram dilarutkan dalam 80ml $6\text{H}_2\text{O}$
2. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga larut
3. NaOH sebanyak 1,008 gram ditambahkan kedalam larutan
4. Larutan kemudian diaduk selama 3 jam menggunakan *magnetic stirrer*
5. Larutan diendapkan selama 30 menit
6. Larutan dicuci dengan aquades dan diendapkan dengan *centrifuge* pada kecepatan 3500 rpm selama 5 menit
7. Proses pencucian di lakukan sebanyak 5 kali
8. Endapan dikeringkan pada oven dengan suhu 60°C selama 24 jam
9. Endapan dihaluskan dengan mortar sampai berbentuk *powder*

3.5.2 Pembuatan ZnO-GO

1. Larutan (*Grafena oksida* (GO) sebanyak 60 mL) dibuat dengan variasi:
 - 1 mL GO + 59 mL $6\text{H}_2\text{O}$
 - 2 mL GO + 58 mL $6\text{H}_2\text{O}$
 - 3 mL GO + 57 mL $6\text{H}_2\text{O}$
2. Larutan disonikasi selama 10 menit
3. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ sebanyak 1,190 gram dilarutkan dalam 80ml $6\text{H}_2\text{O}$
4. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga larut
5. GO variasi yang sudah disonikasi masing-masing ditambahkan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ terlarut
6. GO variasi diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam
7. NaOH sebanyak 1,008 gram ditambahkan kedalam larutan
8. Larutan kemudian diaduk selama 3 jam menggunakan *magnetic stirrer*

9. Larutan diendapkan selama 30 menit
10. Larutan dicuci dengan aquades dan diendapkan dengan *centrifuge* pada kecepatan 3500 rpm selama 5 menit
11. Proses pencucian dilakukan sebanyak 5 kali
12. Dikeringkan pada oven dengan suhu 60°C selama 24 jam
13. Dihaluskan dengan mortar sampai berbentuk *powder*

3.5.3 Pembuatan Sponge Polydimethylsiloxane (PDMS) dengan ZnO-GO

1. Pada 1 ml C_3H_8O , dilarutkan 40 mg material fotokatalis, terdiri dari :
 - Porus ZnO
 - Porus ZnO-GO 1 mL
 - Porus ZnO-GO 2 mL
 - Porus ZnO-GO 3 mL
2. Larutan disonikasi selama 10 menit
3. Larutan diteteskan perlahan ke seluruh permukaan *sugar cube*
4. *Sugar cube* dengan larutan dikeringkan pada suhu ruang semalaman
5. PDMS dan *curing agent* dicampur dengan perbandingan 10:1
6. Campuran diaduk selama 20 menit
7. Larutan PDMS kemudian divakum (*degassing*) untuk menghilangkan buih udara
8. *Sugar cube* dengan campuran katalis dimasukkan kedalam larutan PDMS
9. Sampel divakum (*degassing*) kembali selama 4 jam
10. Sampel dikeringkan di oven bersuhu 60°C semalaman

11. Untuk menghilangkan gula dan membuat PDMS menjadi sponge, sampel direndam pada air dan diberi perlakuan panas dengan suhu 80°C
12. Setelah gula mencair PDMS akan memiliki rongga, sampel dikeringkan di oven dengan suhu 60°C

3.5.4 Persiapan Fotokatalis

1. Disiapkan masing-masing 20ml larutan zat warna Rhodamin-B $10\ \mu\text{M}$ pada cawan petri sejumlah 6 buah.
2. Sponge PDMS, sponge ZnO dan sponge ZnO-GO disiapkan untuk dimasukkan ke dalam larutan.
3. Masing- masing larutan diberi tanda oleh label, 1 larutan dijadikan sebagai control, 1 larutan dengan sponge PDMS murni, 1 larutan dengan sponge PDMS ZnO dan 3 larutan lainnya dengan sponge ZnO-GO dengan variasi 1 mL, 2 mL dan 3 mL.
4. Didiamkan semalaman, kemudian dilakukan pengambilan data dengan *spectrophotometer* UV-Vis
5. Sinar UV-Vis diberikan selama 240 menit dengan 8x pengambilan data dengan *spectrophotometer* UV-Vis setiap 30 menit.

3.6 Karakterisasi dan Rencana Analisis Data

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan grafena oksida pada katalis seng oksida. Dilatari hal tersebut, analisis akan dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara sampel katalis seng oksida dan komposit seng oksida - grafena oksida 1 mL, seng oksida - grafena oksida 2 mL dan seng oksida - grafena oksida 3 mL.

3.6.1 ZnO dan ZnO-GO

ZnO dan ZnO-GO yang telah berbentuk powder kemudian di karakterisasi dengan alat-alat sebagai berikut:

a. Puncak Difraksi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Puncak difraksi dapat diketahui setelah dilakukan karakterisasi dengan alat XRD. Data yang diperoleh dari karakterisasi menggunakan XRD digunakan untuk mengetahui bahwa sampel berhasil terbentuk. Dari data yang didapat akan dianalisis apakah puncak difraksi dan 2θ sesuai dengan literature. Pada pengujian ini data bersifat rahasia.

b. Intensitas dengan *Photoluminescence* (PL)

Pengujian untuk mengetahui intensitas dilakukan dengan alat PL menggunakan Spectrometers. Laser yang digunakan berada pada panjang gelombang eksitasi 405 nm. Hasil yang diperoleh yaitu spectra dengan nilai panjang gelombang pada sumbu x dan intensitas fluoresensi pada sumbu y.

c. Morfologi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Data yang diperoleh dari karakterisasi menggunakan SEM digunakan untuk mengetahui morfologi sampel. Dari data yang didapat akan dianalisis bagaimana morfologi ZnO sebelum dikompositkan. Dilihat pula bagaimana pengaruh penambahan GO pada komposit ZnO-GO untuk morfologi.

3.6.2 Sponge ZnO dan ZnO-GO

Sponge polydimethylsiloxane seng oksida dan sponge polydimethylsiloxane seng oksida – grafena oksida 1 mL, sponge polydimethylsiloxane seng oksida – grafena oksida 2 mL dan sponge polydimethylsiloxane seng oksida – grafena oksida 3 mL kemudian di karakterisasi dengan alat-alat sebagai berikut:

a. Water Contact Angle (WCA) dengan Digital Microscope

Pengujian *water contact angle* dilakukan dengan alat *digital microscope*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah material memenuhi syarat menjadi material hidrofobik. Hasil pengujian diperoleh sudut kontak untuk masing-masing material. Suatu material dapat di kategorikan hidrofobik apabila memiliki nilai sudut kontak diatas 90° , sebaliknya apabila kurang dari 90° material tersebut dikategorikan sebagai hidrofilik.

b. Fotokatalis dengan Spectrophotometer UV-Vis

Pada rhodamin B $10\ \mu\text{M}$, digunakan sponge PDMS fotokatalis dan diberi sinar UV. Hasil karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis didapatkan dalam bentuk panjang gelombang di sumbu x dan absorbansi pada sumbu y dan absorbansi. Kemudian diambil data absorbansi pada puncak tertinggi.

Tabel 3.1 Rencana Analisis Data Absorbansi Puncak Tertinggi

Waktu	Absorbansi (nm)					
	K	K-PDMS	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
24 jam (gelap)						
30 menit (UV)						
60 menit (UV)						
90 menit (UV)						
...						

Kemudian data hasil spektrofotometer UV-Vis diolah untuk menganalisis laju degradasi. Laju degradasi dihitung untuk mengetahui peningkatan laju kemampuan degradasi. Untuk menghitung laju degradasi nya digunakan persamaan :

$$\text{Laju Degradasi} = -\ln \frac{A}{A_0}$$

dengan A_0 adalah absorbansi awal dan A adalah konsentrasi akhir. Setelah dimasukkan ke persamaan tersebut didapat data pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rencana Analisis Data Laju Degradasi

Waktu	Laju Degradasi					
	K	K-PDMS	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
24 jam (gelap)						
30 menit (UV)						
60 menit (UV)						
90 menit (UV)						
...						

Efisiensi degradasi dihitung untuk mengetahui kemampuan optimal degradasi. Untuk menghitung efisiensi degradasi nya menggunakan rumus :

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

dengan A_0 adalah absorbansi awal dan A adalah konsentrasi akhir. Setelah dimasukkan ke persamaan tersebut didapat data pada tabel 3.6.

Tabel 3.3 Rencana Analisis Efisiensi Degradasi

Waktu	Efisiensi Degradasi (%)					
	K	K-PDMS	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
24 jam (gelap)						
30 menit (UV)						
60 menit (UV)						
90 menit (UV)						
...						

Nilai efisiensi akhir yang diperoleh kemudian akan ditampilkan dengan tabel untuk mengetahui bahwa efisiensi degradasi pada percobaan ini meningkat atau menurun seiring dengan penambahan waktu pada penyinaran UV-Vis.

Setelah mengetahui nilai efisiensi degradasi dari tiap sampel pada tiap percobaan, nilai akhir efisiensi degradasi kemudian diambil untuk mengetahui kemampuan ketahanan pemakaian berulang. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Efisiensi degradasi akhir

Percobaan	Efisiensi degradasi akhir (%)			
	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
Percobaan 1				
Percobaan 2				
Percobaan 3				
Percobaan 4				

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap. Tahap pertama adalah sintesis serbuk material fotokatalis ZnO, kemudian pada tahap kedua material fotokatalis ZnO diberi penambahan variasi kadar GO 1 mL, 2 mL dan 3 mL. Sintesis tersebut melalui proses pencampuran, pengendapan dan penghalusan bahan. Hasil serbuk kemudian dikarakterisasi menggunakan alat XRD, PL dan SEM. Tahap ketiga adalah pembuatan sponge PDMS dengan material fotokatalis. Proses yang dilakukan adalah pembuatan pencampuran, degassing, pengeringan dan pencucian. Sponge kemudian dipastikan berpori dan diukur *Water Contact Angle* nya menggunakan mikroskop digital. Setelahnya dilakukan uji fotokatalis degradasi zat warna pada rhodamin-B dengan Spektrofotometri UV-Vis.

4.1.1 ZnO dan ZnO-GO

Pembuatan material fotokatalis ZnO menggunakan bahan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NaOH, H_2O menggunakan metode kopresipitasi. Serbuk $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan H_2O dicampur dan diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga larut. Selanjutnya ditambahkan NaOH sebanyak 1,008 gram dan diaduk kembali selama 3 jam. Setelahnya larutan diendapkan selama 30 menit, dicuci dengan aquades dan diendapkan dengan centrifuge pada kecepatan 3500 rpm selama 5 menit. Proses pencucian dilakukan sebanyak 5 kali. Kemudian endapan dikeringkan pada oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Terakhir, endapan dihaluskan dengan mortar sampai berbentuk powder.

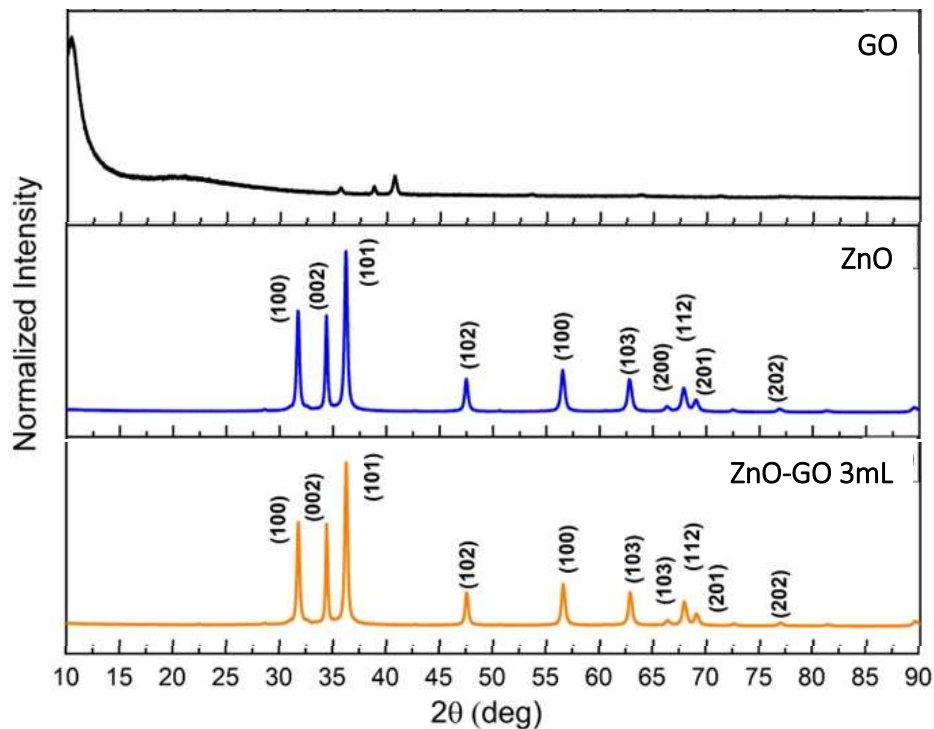
Sedangkan untuk pembuatan material fotokatalis ZnO-GO bahan yang digunakan antara lain $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich), NaOH (Merck), H_2O , dan *Grafena oksida* yang disintesis dengan metode Tour. Sintesis material fotokatalis ZnO-GO dilakukan menggunakan metode kopresipitasi. Serbuk $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan H_2O dicampur dan diaduk menggunakan magnetic stirrer hingga larut. Pada saat yang sama GO dicampur dengan H_2O selama 10 menit dengan variasi 1 mL GO dengan 59 mL $6\text{H}_2\text{O}$, 2 mL GO dengan 58 mL $6\text{H}_2\text{O}$ dan 3 mL GO dengan 57 mL $6\text{H}_2\text{O}$.

Selanjutnya larutan ZnO dan GO dicampur dan diaduk kembali. Setelah 1 jam ditambahkan NaOH sebanyak 1,008 gram dan diaduk kembali selama 3 jam. Setelahnya larutan diendapkan selama 30 menit, dicuci dengan aquades dan diendapkan dengan centrifuge pada kecepatan 3500 rpm selama 5 menit. Proses pencucian dilakukan sebanyak 5 kali. Kemudian endapan dikeringkan pada oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Terakhir, endapan dihaluskan dengan mortar sampai berbentuk powder. Pada tahap ini didapat 3 sampel material fotokatalis ZnO-GO.

ZnO dan ZnO-GO yang telah berbentuk powder kemudian di karakterisasi dengan alat-alat sebagai berikut:

a. Puncak Difraksi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Pengujian puncak difraksi dengan XRD dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Lanjut I Fisika Pusat Penelitian Fisika-BRIN, Serpong. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahwa sampel yang telah disintesis berhasil terbentuk. Hasil karakterisasi XRD berupa grafik hubungan 2θ dan intensitas dapat dilihat pada Gambar 4.1.



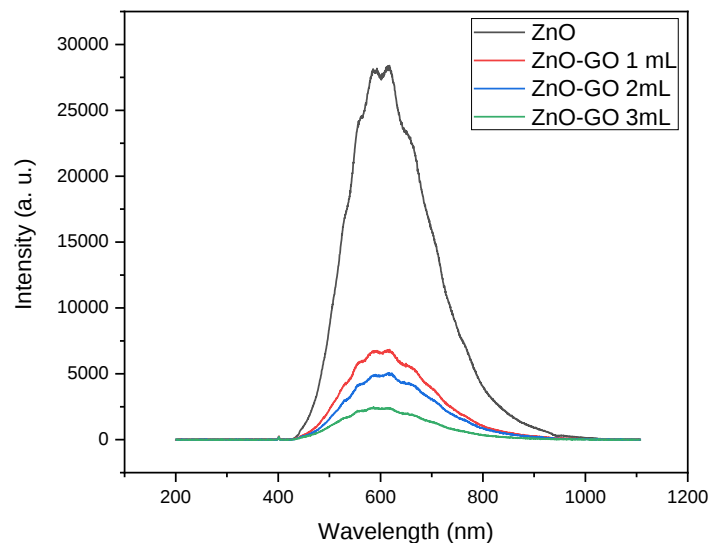
Gambar 4.1 Grafik XRD

Pola difraksi sinar-X dari nanokomposit ZnO-GO, ZnO, dan GO. Puncak difraksi ZnO sesuai dengan struktur Wurtzit heksagonal (nomor JCPDS 79–2205) yang memiliki nilai 2θ sekitar 31° , 34° , 36° , 47° , 63° , 68° , dan 69° yang berasal dari bidang yang sesuai dari masing-masing bernilai (100), (002), (101), (102), (103), (112), dan (201). Komposit ZnO-GO menunjukkan karakteristik puncak difraksi yang sama dengan ZnO murni. Puncak difraksi pada sekitar 43° (101) merupakan refleksi dari GO.

b. Intensitas dengan Photoluminescence (PL)

Pengujian intensitas dengan *photoluminescence* dilakukan di Laboratorium *Laser and Spectroscopy* Pusat Penelitian Fisika-BRIN, Serpong menggunakan laser dengan panjang gelombang 405 nm dengan tujuan untuk mengetahui intensitas fluoresensi pada sampel ZnO, ZnO-GO 1 mL, ZnO-GO 2 mL dan ZnO-GO 3 mL

yang telah disintesis. Hasil karakterisasi *photoluminescence* berupa grafik hubungan bilangan gelombang dan intensitas dapat dilihat pada Gambar 4.2.

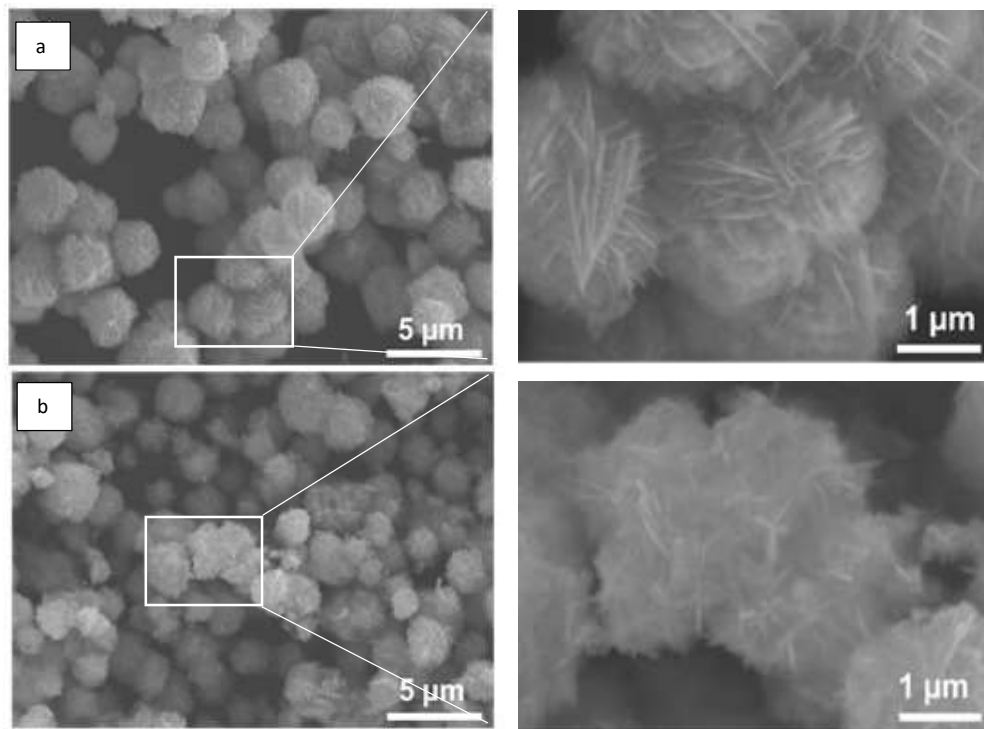


Gambar 4.2 Grafik *Photoluminescence*

Gambar 4.2 menunjukkan grafik *photoluminescence* material fotokatalis yang telah disintesis. Material-material tersebut terbentuk pada panjang gelombang 400 nm sampai 1000 nm. Puncak grafik ZnO berada pada intensitas yang merupakan intensitas tertinggi diantara material yang lain. Saat material ZnO diberi penambahan GO terjadi penurunan intensitas yang sangat signifikan. Hal ini ditunjukkan pada puncak grafik material ZnO-GO 1 mL yang memiliki intensitas 6.730 diikuti dengan puncak grafik ZnO-GO 2 mL yang menurun dengan intensitas 4.949 dan puncak grafik ZnO-GO 3 mL dengan intensitas 2.353.

c. Morfologi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Pengujian morfologi dengan SEM dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Lanjut I Fisika Pusat Penelitian Fisika-BRIN, Serpong. Pengujian ini bertujuan untuk morfologi sampel. Hasil karakterisasi SEM dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Hasil SEM (a) ZnO (b) ZnO-GO 3mL

Gambar 4.3 menunjukkan hasil SEM pada material ZnO dan ZnO-GO 3 mL. Hasil gambar yang memperlihatkan perbedaan morfologi pada ZnO sebelum dan setelah dikompositkan dengan GO. GO pada komposit ZnO-GO terdistribusi secara merata. Pada perbesaran dengan skala 1 μm butir ZnO berbentuk *spherical shape* dengan ukuran rata-rata butir 3,1 μm . Saat ZnO diberi penambahan GO dengan variasi 3 mL dapat dilihat pada gambar c dan d ukuran rata-rata butir menjadi 2,8 μm .

4.1.2 Sponge ZnO dan ZnO-GO

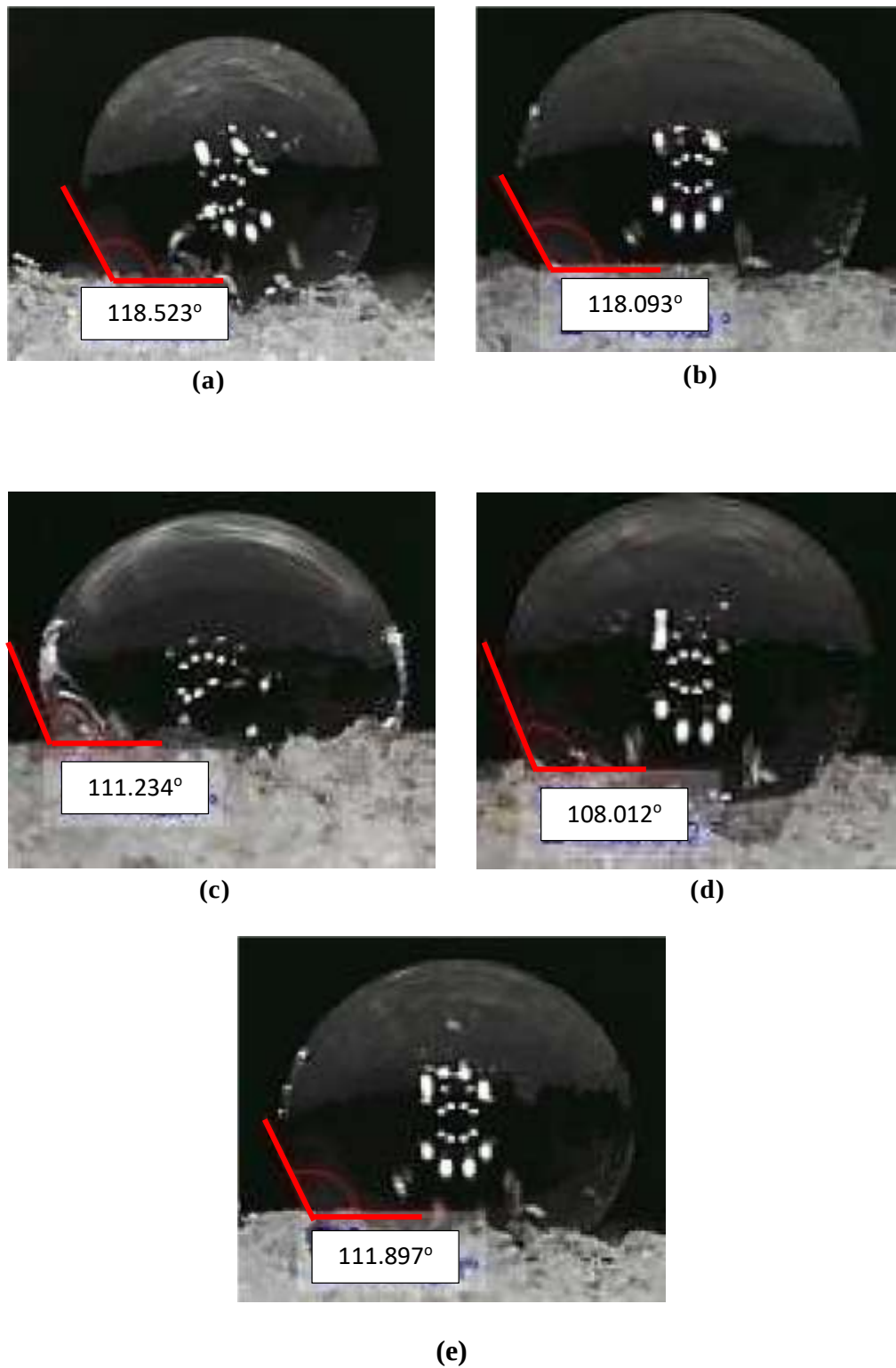
Setelah tahapan karakterisasi sampel selesai dalam bentuk bubuk, dilalukan sintesis tahapan terakhir yaitu pembuatan sponge PDMS dengan material fotokatalis ZnO-GO menggunakan bahan Polydimethylsiloxane (PDMS) (Sylgard 184) yang disintesis dengan material fotokatalis yang telah dibuat sebelumnya.

Tahap awal pada 1 ml C_3H_8O , dilarutkan 40 mg material fotokatalis, terdiri dari material fotokatalis ZnO, ZnO-GO 1 mL, ZnO-GO 2 mL dan ZnO-GO 3 mL. Material-material tersebut disonikasi kemudian diteteskan perlahan ke seluruh permukaan *sugar cube* dan dikeringkan pada suhu ruang semalaman. Sementara itu, PDMS dan *curing agent* dicampur dengan perbandingan 10:1 kemudian divakum (*degassing*) untuk menghilangkan buih udara.

Sugar cube dengan campuran katalis dimasukkan kedalam larutan PDMS kemudian divakum (*degassing*). Setelahnya yaitu proses pengeringan. Sampel dikeringkan di oven bersuhu 60°C semalaman. Untuk menghilangkan gula dan membuat PDMS menjadi sponge, sampel direndam pada air dan diberi perlakuan panas dengan suhu 80°C. Setelah gula mencair PDMS akan memiliki rongga, sampel dikeringkan di oven dengan suhu 60°C. Sponge ZnO dan ZnO-GO yang telah berbentuk kemudian di karakterisasi dengan alat-alat sebagai berikut:

a. *Water Contact Angle (WCA) dengan Digital Microscope*

Pengujian WCA dengan *digital microscope* dilakukan di Laboratorium Uji Fisika Pusat Penelitian Fisika-BRIN, Serpong. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat hidrofobik material. Hasil karakterisasi SEM dapat dilihat pada Gambar 4.4. Dari gambar 4.2 ditunjukkan P sebagai PDMS memiliki WCA terbesar yaitu 118.523°, Z sebagai ZnO memiliki WCA sebesar 118.093°, ZG1 sebagai ZnO-GO 1 mL memiliki WCA sebesar 111.234°, ZG2 sebagai ZnO-GO 2 mL memiliki WCA sebesar 108.012° ZG3 sebagai ZnO-GO 3 mL memiliki WCA sebesar 111.897°.



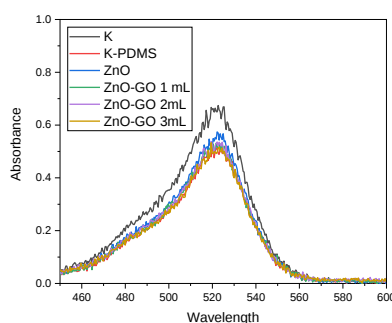
Gambar 4.4 Hasil WCA (a) PDMS; (b) PDMS-ZnO; (c) PDMS-ZnO-GO 1 mL; (d) PDMS-ZnO-GO 2 mL 1 μ m; (e) PDMS-ZnO-GO 3 mL

Dari gambar 4.2 ditunjukkan P sebagai PDMS memiliki WCA terbesar yaitu 118.523° , Z sebagai ZnO memiliki WCA sebesar 118.093° , ZG1 sebagai ZnO-GO 1 mL memiliki WCA sebesar 111.234° , ZG2 sebagai ZnO-GO 2 mL memiliki WCA sebesar 108.012° ZG3 sebagai ZnO-GO 3 mL memiliki WCA sebesar 111.897° .

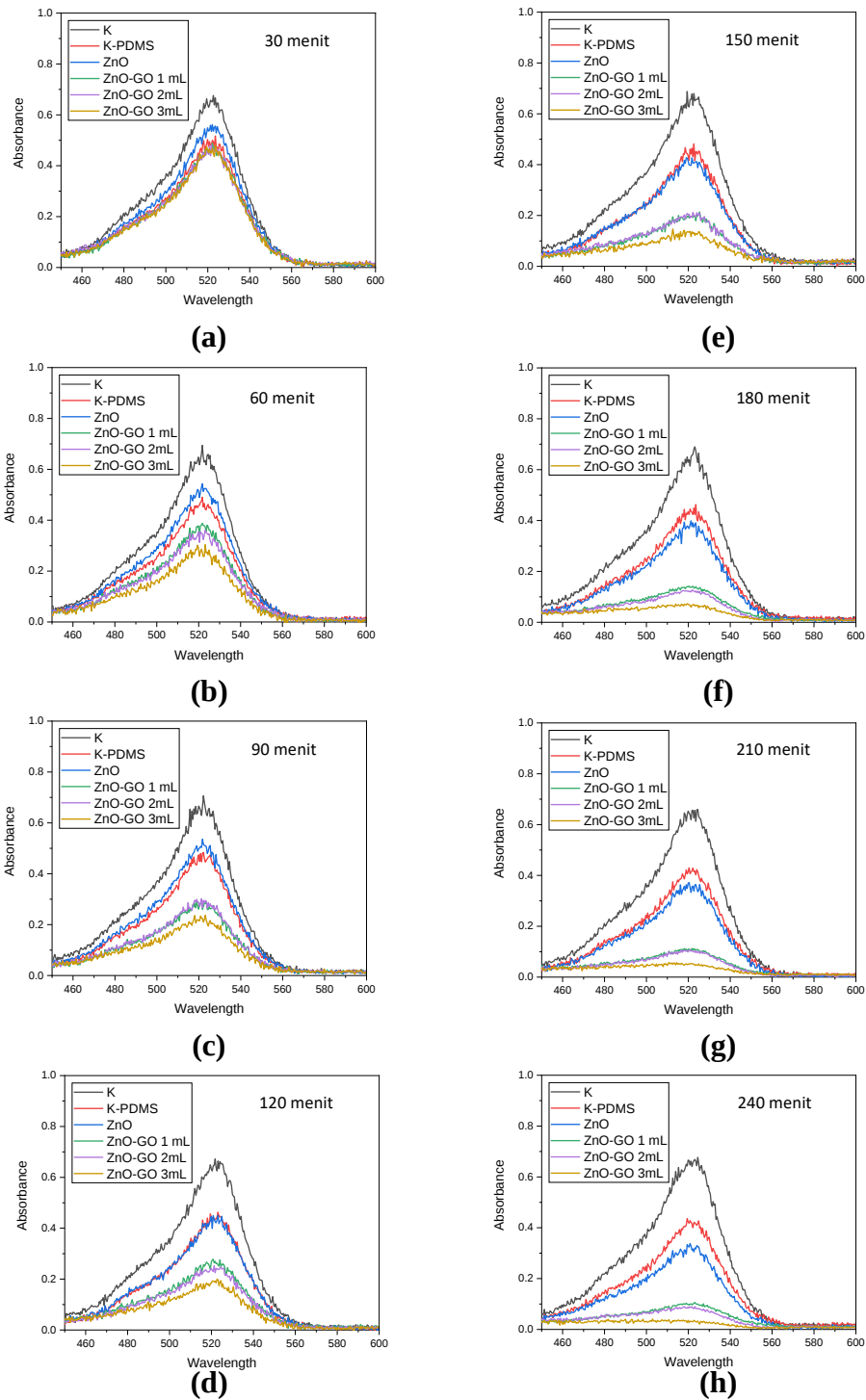
Setelah diketahui bahwa sampel sponge PDMS fotokatalis cukup hidrofobik, pengujian fotokatalis dimulai. Masing-masing 20ml larutan zat warna Rhodamin-B $10\ \mu\text{M}$ ditempatkan pada cawan petri. Diambil sampel sponge ZnO dan sponge variasi ZnO-GO. Masing-masing sampel ditempatkan ke 20 ml larutan zat warna Rhodamin-B $10\ \mu\text{M}$.

b. Fotokatalis dengan *Spectrophotometer UV-Vis*

Pengujian fotokatalis dengan spektrofotometri UV-Vis dilakukan di Laboratorium *Laser and Spectroscopy* Pusat Penelitian Fisika-BRIN, Serpong. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan fotokatalis sampel ZnO, ZnO-GO 1 mL, ZnO-GO 2 mL dan ZnO-GO 3 mL yang telah disintesis. Hasil karakterisasi berupa grafik hubungan panjang gelombang dan intensitas.



Gambar 4.5 Spektra UV-Vis Rhodhamin-B 24 jam tanpa penyinaran



Gambar 4.6 Spektra UV-Vis Rhodhamin-B 24 jam dengan penyinaran UV (a)30 menit; (b)60 menit; (c)90 menit;(d)120 menit; (e)150 menit; (f)180 menit; (g)210 menit; (h)240 menit;

Dari grafik tersebut pada diambil nilai absorbansi pada tiap puncak yang dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai absorbansi Percobaan Pertama

Waktu	Absorbansi (nm)					
	K	K-PDMS	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
24 jam (gelap)	0,653	0,566	0,547	0,522	0,514	0,483
30 menit (UV)	0,671	0,559	0,532	0,429	0,409	0,407
60 menit (UV)	0,622	0,529	0,478	0,393	0,361	0,337
90 menit (UV)	0,604	0,514	0,428	0,337	0,268	0,274
120 menit (UV)	0,597	0,505	0,374	0,265	0,215	0,206
150 menit (UV)	0,591	0,482	0,346	0,211	0,172	0,156
180 menit (UV)	0,613	0,495	0,333	0,196	0,151	0,139
210 menit (UV)	0,594	0,500	0,308	0,175	0,125	0,115
240 menit (UV)	0,583	0,474	0,266	0,124	0,103	0,080

Grafik degradasi yang baik ditunjukkan dengan grafik yang semakin turun seiring penambahan waktu. Dari gambar 4.7 Rhodamin-B dapat disimpulkan bahwa Rhodamine-B yang diberi material ZnO dan variasi ZnO-GO mengalami degradasi dengan baik. Hasil degradasi yang baik akan menunjukkan laju degradasi yang baik pula. Laju degradasi dihitung untuk mengetahui peningkatan laju kemampuan degradasi. Untuk menghitung laju degradasi nya digunakan persamaan

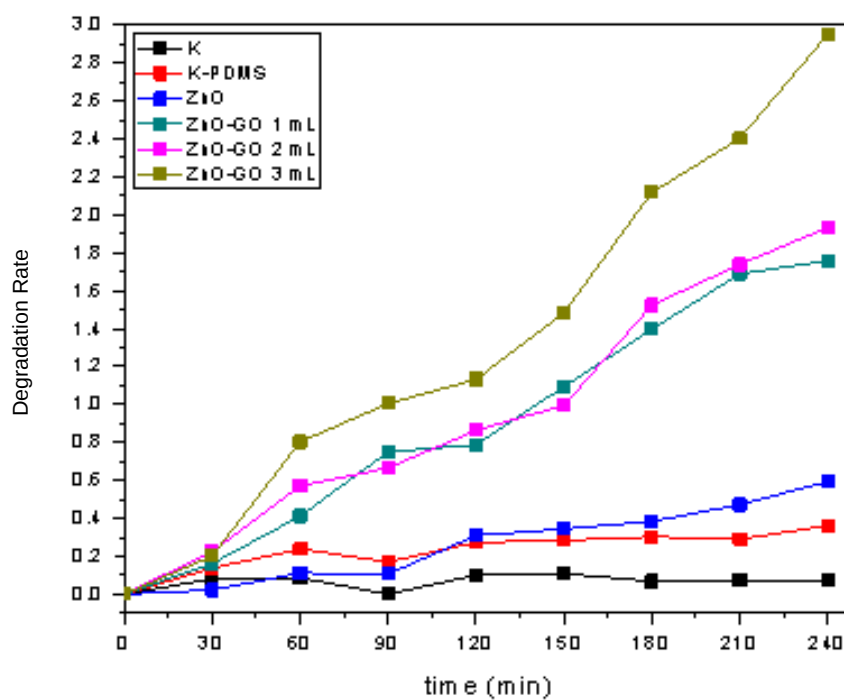
$$Laju\ Degradasi = -\ln \frac{A}{A_0}$$

dengan A_0 adalah absorbansi awal dan A adalah konsentrasi akhir. Setelah dimasukkan ke persamaan tersebut didapat data pada tabel 4.4.

Tabel 4.3 Laju Degradasi

Waktu	Laju Degradasi Aktivitas Fotokatalis					
	K	K-PDMS	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
24 jam (gelap)	0.082	0.108	0	0.106	0.068	0.144
30 menit (UV)	0.081	0.138	0.022	0.162	0.225	0.202
60 menit (UV)	0.085	0.238	0.112	0.412	0.571	0.803
90 menit (UV)	0	0.170	0.106	0.750	0.665	1.005
120 menit (UV)	0.099	0.272	0.309	0.788	0.863	1.132
150 menit (UV)	0.109	0.284	0.343	1.095	0.996	1.485
180 menit (UV)	0.067	0.302	0.383	1.396	1.524	2.118
210 menit (UV)	0.073	0.291	0.472	1.689	1.737	2.401
240 menit (UV)	0.073	0.361	0.593	1.757	1.933	2.951

Laju degradasi yang didapat dari data pada tabel 4.3 ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.7.

**Gambar 4.7** Laju Degradasi

Laju degradasi yang baik ditunjukkan dengan grafik yang semakin naik seiring bertambahnya waktu. Grafik pada gambar 4.8 yang diambil dari nilai pada tabel 4.3 menunjukkan laju degradasi yang baik. Dapat dilihat bahwa laju degradasi tertinggi ada pada ZnO-GO 3 mL. Dari laju degradasi yang baik kemudian dicari efisiensi degradasi. Laju degradasi berbanding lurus dengan efisiensi degradasi. Semakin tinggi laju degradasi nya semakin besar pula efisiensi degradasinya. Untuk menghitung efisiensi degradasi nya menggunakan rumus :

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

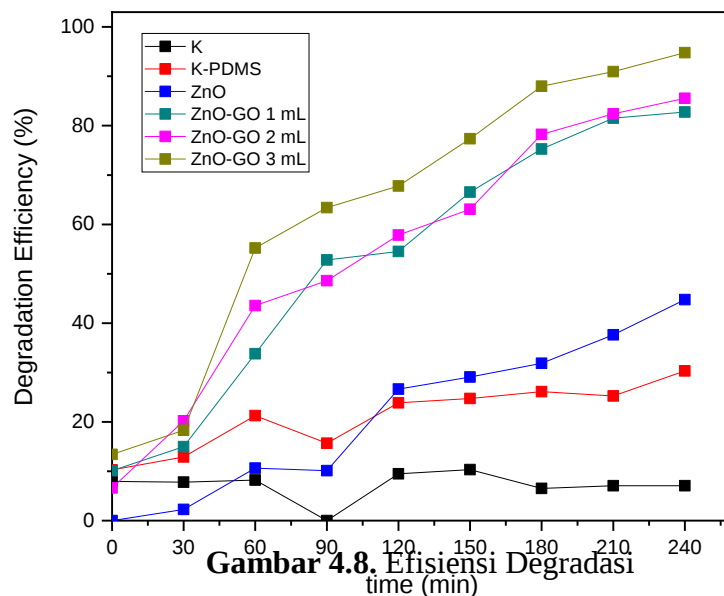
dengan A_0 adalah absorbansi awal dan A adalah absorbansi akhir. Setelah dimasukkan ke persamaan tersebut didapat data pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Efisiensi Degradasi

Waktu	Efisiensi Degradasi (%)					
	K	K-PDMS	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
24 jam (gelap)	8	10	0	10	7	13
30 menit (UV)	8	13	2	15	20	18
60 menit (UV)	8	21	11	34	44	55
90 menit (UV)	0	16	10	53	49	63
120 menit (UV)	9	24	27	55	58	68
150 menit (UV)	10	25	29	67	63	77
180 menit (UV)	7	26	32	75	78	88
210 menit (UV)	7	25	38	82	82	91
240 menit (UV)	7	30	45	83	86	95

Efisiensi degradasi dihitung untuk mengetahui kemampuan optimal degradasi. Nilai efisiensi degradasi yang baik ditunjukkan dengan grafik yang meningkat seiring dengan penambahan waktu pada penyinaran UV-Vis. Dari gambar 4.9 ditunjukkan bahwa nilai nilai efisiensi degradasi terbaik ada pada

material ZnO-GO 3 mL yaitu sebesar 95%. Efisiensi degradasi yang didapat dari data pada tabel 4.4 ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.8.

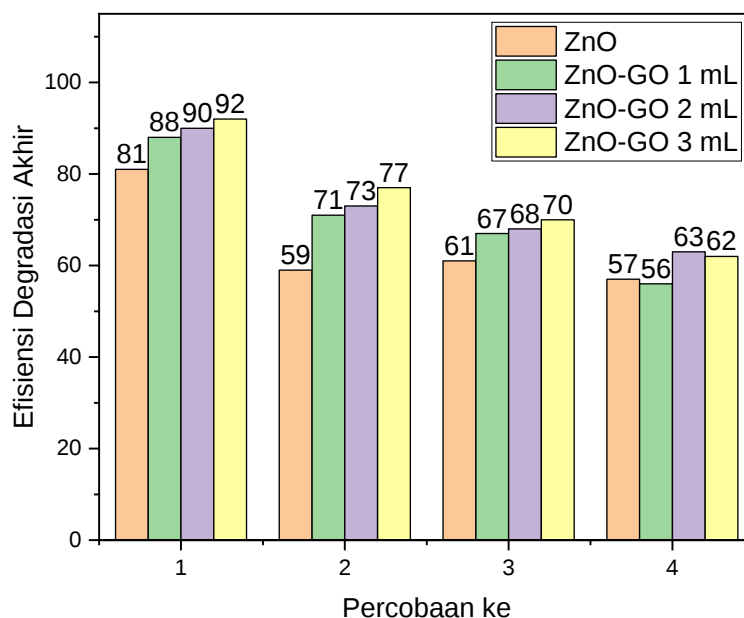


Pada penelitian ini dilakukan 4 kali percobaan berulang untuk melihat kemampuan ketahanan pemakaian berulang material fotokatalis ZnO dan ZnO-GO variasi komposisi. Setelah mengetahui nilai efisisensi degradasi dari tiap sampel pada tiap percobaan, nilai akhir efisiensi degradasi kemudian diambil untuk mengetahui kemampuan ketahanan pemakaian berulang. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Efisiensi Degradasi Akhir (Uji Reusable)

Percobaan	Efisiensi Degradasi Akhir (%)			
	ZnO	ZG 1 mL	ZG 2 mL	ZG 3 mL
Percobaan 1	81	88	90	92
Percobaan 2	59	71	73	77
Percobaan 3	61	67	68	70
Percobaan 4	57	56	63	62

Efisiensi degradasi akhir yang didapat dari data pada tabel 4.5 ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Efisiensi Degradasi Akhir 4 Percobaan

Dapat diketahui bahwa kemampuan ketahanan dengan nilai efisiensi tertinggi pada percobaan awal sebesar 95 ada pada material ZnO-GO 3 mL dan efisiensi tertinggi pada percobaan akhir sebesar 71 juga pada material ZnO-GO 3 mL.

4.2 Pembahasan

Kesesuaian puncak difraksi dan literature menunjukkan bahwa sampel berhasil terbentuk. Pola difraksi sinar-X merupakan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi adanya fasa kristalin di dalam material-material benda dan serbuk, dan untuk menganalisis sifat-sifat struktur. Gambar 4.1 merupakan hasil XRD dari nanokomposit ZnO-GO, ZnO, dan GO. Puncak difraksi ZnO sesuai dengan struktur Wurtzit heksagonal, puncak difraksi pada sekitar pada 43° (101) merupakan refleksi dari GO dan puncak difraksi komposit ZnO-GO menunjukkan karakteristik

puncak difraksi yang sama dengan ZnO murni. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan bentuk XRD merupakan karakterisasi yang digunakan untuk mengukur kristalinitas material. Grafena oksida memiliki bentuk amorf yang jika dibandingkan dengan seng oksida yang berbentuk kristal tentu ada perbedaan intensitas yang tinggi. Puncak difraksi ZnO yang sangat tinggi dapat menyembunyikan puncak dari GO.

Intensitas puncak pada spektrum photoluminescence dapat memberikan informasi mengenai laju rekombinasi elektron-hole pada reaksi fotokatalis. Informasi ini sangat berguna untuk menjelaskan hasil aktivitas fotokatalis karena laju rekombinasi elektron-hole berbanding terbalik dengan tingkat aktivitas fotokatalis. Sampel ZnO-GO 3 mL memperlihatkan intensitas puncak yang paling rendah dibandingkan dengan sampel-sampel yang lain. Hal ini sesuai dengan penelitian Diana (2014) yang menyatakan laju rekombinasi elektron-hole yang paling rendah pada sampel tersebut sehingga menghasilkan aktivitas fotokatalis yang paling bagus.

Pada penelitian ini komposit ZnO-GO divariasikan untuk mengetahui hasil yang terbaik pada aplikasi fotokatalis. Dengan intensitas photoluminescence yang telah didapat selanjutnya dilihat hasil degradasi aktivitas fotokatalitiknya. Dengan adanya penambahan GO pada komposit meningkatkan morfologi bentuk yang semakin kecil dan banyak. Karena hasil karakterisasi yang baik, sampel kemudian diharapkan dapat dipakai semaksimal mungkin. Pada penelitian ini dilakukan percobaan berulang dengan menempatkan material fotokatalis pada material hidrofobik. Jika pada kelengkungan air ke atas ditarik garis lurus, maka garis ini akan membentuk sudut yang kita beri nama teta (θ) terhadap dinding vertikal. Sudut

inilah yang dinamakan sudut kontak. Sampel ZnO-GO 2 mL memperlihatkan sudut kontak yang paling rendah dibandingkan dengan sampel-sampel yang lain yaitu 108° . Hal ini sesuai dengan sifat hidrofobik yaitu ketika sudut kontak air $>90^\circ$. Setelah digabungkan dengan material hidrofobik berpori, material kemudian diuji fotokatalis dengan spektrofotometer UV-Vis. Spektrofotometer UV-Vis adalah suatu instrument yang digunakan untuk mengukur absorbansi suatu sampel pada panjang gelombang. Nilai absorbansi yang didapat kemudian diolah dan diketahui penurunan degradasi dan peningkatan laju degradasi. Sampel ZnO-GO 3 mL memperlihatkan penurunan absorbansi dan peningkatan laju degradasi yang paling baik dibandingkan dengan sampel-sampel yang lain. Hal ini sesuai dengan teori bahwa penambahan Grafena Oksida pada semikonduktor dapat meningkatkan kemampuan fotokatalis nya.

Kemampuan ketahanan berdasarkan efisiensi degradasi diketahui memperlihatkan ZnO-GO 3mL sebagai hasil terbaik. Hal ini didukung dengan efisiensi tertinggi awal ada pada angka 95 dan tertinggi akhir pada angka 71 dimana nilai ini paling besar dibandingkan hasil yang lainnya. Meskipun hasil terbaik ada pada variasi komposisi GO 3 mL, namun perbedaan hasil tidak signifikan. Perbedaan hasil aktivitas fotokatalis sampel ZnO-GO 1 mL dibandingkan dengan sampel ZnO-GO 2 mL sangat signifikan daripada perbedaan hasil aktivitas fotokatalis sampel ZnO-GO 2 mL dibandingkan dengan sampel ZnO-GO 3 mL.

Dari hal tersebut, dapat disimpulkan hasil yang baik cukup sampai ZnO-GO 2 mL. Penambahan GO pada variasi selanjutnya tidak jauh lebih baik jika dibandingkan dengan hasilnya. Maka tidak diperlukan variasi komposisi yang lebih tinggi jika ingin mendapatkan hasil yang lebih baik karena tidak sebanding dengan

penambahan komposisi. Kemampuan ketahanan pemakaian berulang dapat dilihat memiliki nilai yang menurun. Hal ini sesuai dengan literature dan dirasa cukup baik karena nilainya yang tidak sampai menurun hingga setengahnya sampai percobaan keempat. Namun, hal ini dapat terjadi karena ada material yang terkikis dan terbuang dalam proses pencucian. Kedepannya penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dalam rangka menemukan cara yang lebih baik dalam meminimalisir penurunan efisiensi degradasi.

4.3 Kajian Keislaman

Mempelajari dan mengkaji apa yang diciptakan Allah SWT di alam semesta ini seperti atom ZnO dan GO kemudian diaplikasikan untuk mensintesis sponge dengan senyawa fotokatalis ZnO-GO dengan variasi komposisi GO, merupakan bentuk menuntut dan mengaplikasikan ilmu.

Orang-orang yang menuntut ilmu akan dapat memahami fenomena-fenomena yang terjadi sesuai dengan firman Allah SWT dalam Q.S. al-Ankabut (29) : 43.

وَتِلْكَ الْأَمْثَالُ نَضْرِبُهَا لِلنَّاسِ وَمَا يَعْقِلُهَا إِلَّا الْعُلَمَاءُ

Artinya : *“Dan perumpamaan-perumpamaan ini Kami buat untuk manusia dan tiada yang memahaminya kecuali orang-orang yang berilmu”*.

Allah membuat perumpamaan-perumpamaan yang berupa pelajaran untuk mendekatkan pemahaman mereka terhadap sesuatu yang sulit dipahami. Kecuali orang-orang yang berilmu yang dapat memahami perumpamaan tersebut, yang mereka jadikan bahan untuk berpikir tentang akibat segala perkara (Maragi,1993).

Dalam Al-Qur'an, hubungan antara Dzulkarnain dengan komposit atau material yang digunakan dalam pembangunan ditunjukkan pada Q.S. al-Kahfi (18) : 95.

آتُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ ۖ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ انْفُخُوا ۖ حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا
قَالَ آتُونِي أُفْرِغَ عَلَيْهِ قِطْرًا

Artinya : *“Berilah aku potongan-potongan besi”. Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Dzulkarnain: "Tiuplah (api itu)". Hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata: "Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu””*

Dengan demikian petunjuk yang diberikan Allah kepada Dzulkarnain itu dan diabadikan dalam kitab suci al-Qur'an ini merupakan salah satu hakikat yang mendahului penemuan ilmiah sekian abad lamanya. Dalam ayat ini digambarkan Dzulkarnain yang memiliki kemampuan untuk menggunakan material ini dalam pembangunan dan memodifikasinya sesuai kebutuhan (Shihab, 2006).

Namun, dalam konteks pembangunan modern, komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih komponen yang berbeda yang digabungkan untuk menghasilkan sifat-sifat unik. Komposit terdiri dari dua atau lebih komponen yang berbeda, yang biasanya disebut sebagai matriks dan penguat. Matriks bertindak sebagai media pengikat yang menyelubungi dan menahan penguat, sedangkan penguat memberikan kekuatan, kekakuan, dan sifat khusus lainnya pada komposit.

Komponen matriks dalam komposit bisa berupa polimer, logam, keramik, atau bahan lain yang mengisi ruang antara penguat. Matriks ini memberikan kekuatan struktural, menjaga penguat agar tetap terjaga dalam posisi yang diinginkan, dan mentransfer beban di seluruh struktur komposit. Penguat dalam

komposit bisa berupa serat, partikel, atau butiran yang tertanam dalam matriks. Penguat dapat terbuat dari berbagai bahan, seperti serat karbon, serat kaca, serat aramid, nanopartikel, atau bahan alami seperti kayu atau bambu. Penguat memberikan sifat mekanik yang unggul, seperti kekuatan tarik, kekakuan, keuletan, atau ketahanan aus, pada komposit.

Dengan mengombinasikan matriks dan penguat yang berbeda, komposit dapat memiliki sifat yang lebih baik daripada bahan tunggal yang terdiri dari komponen tersebut secara terpisah. Seperti pada abad 5M manusia sudah mampu melebur bijih besi untuk dicetak menjadi alat-alat yang diperlukan (Penyusun, 2015).

Komposit digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti industri otomotif, dirgantara, konstruksi, peralatan olahraga, dan banyak lagi. Pada penelitian ini dibuat komposit ZnO-GO untuk memperbaiki lingkungan karena fungsinya yang dapat diaplikasikan untuk mendegradasi limbah zat warna yang sangat berbahaya bagi ekosistem perairan. Modifikasi dengan adanya GO akan meningkatkan aktivitas fotokatalis sehingga usaha untuk meminimalisir limbah zat warna semakin besar.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Penambahan GO tidak menyebabkan perubahan fasa pada material komposit ZnO-GO. Pada 2θ 43° ditunjukkan refleksi GO, sedangkan pada 2θ 31° , 34° , 36° , 47° , 63° , 68° , dan 69° ditunjukkan refleksi ZnO yang sama dengan ZnO-GO. Penambahan GO dengan komposisi yang semakin tinggi menyebabkan intensitas fluoresensi komposit ZnO-GO yang semakin rendah, hal ini dibuktikan dengan sampel ZnO-GO 3 mL yang memperlihatkan intensitas puncak yang paling rendah sehingga menghasilkan aktivitas fotokatalis yang paling bagus. Penambahan GO membuat morfologi butir komposit ZnO-GO semakin kecil, dari ukuran sebelumnya $3,1\ \mu\text{m}$ menjadi $2,8\ \mu\text{m}$. Hasil SEM menunjukkan ZnO-GO berbentuk *spherical shape* yang terdistribusi secara merata. Sampel ZnO-GO 2 mL memperlihatkan sudut kontak yang paling rendah yaitu 108° . Hal ini sesuai dengan sifat hidrofobik yaitu ketika sudut kontak air $>90^\circ$.
2. Pengaruh penambahan GO pada komposit ZnO-GO menunjukkan hasil yang baik, ditunjukkan dengan efisiensi degradasi ZnO-GO 3 mL yang paling tinggi. Pada uji reusable ZnO-GO 2 mL menunjukkan hasil yang paling stabil dengan efisiensi degradasi pada 4 kali percobaan berturut-turut sebesar 90%, 73%, 68%, dan 63% dan rata-rata selisih kurang dari 6%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meminimalisir penurunan efisiensi agar didapat material yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ae, Sukma Hayati. 2019. "Semiconductor-Based Photocatalysts Degradation of Methyl Orange Using CuO-Fe₂O₃ Nanocomposites." 15(1): 5.
- Andari dan Wardhani. 2014. Fotokatalis TiO₂-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. Skripsi. Malang: Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
- Aprilia, N.I., Sumarni W., dan Susatyo, E.B. 2012. Sintesis Membran Padat Silika Abu Sekam Padi dan Aplikasinya Untuk Dekolorisasi Rhodamin B pada Limbah Cair. Indo. J. Chem Sci. 1. Vol.2: 164-165. Tersedia di <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
- Durmus, Zehra, Belma Zengin Kurt, and Ali Durmus. 2019. "Synthesis and Characterization of Grafena oksida/Seng oksida (GO/ZnO) Nanocomposite and Its Utilization for Photocatalytic Degradation of Basic Fuchsin Dye." *ChemistrySelect* 4(1): 271–78.
- El-Maazawi, M., A.N. Finken, A.B. Nair, and V.H. Grassian. 2000. "Adsorption and Photocatalytic Oxidation of Acetone on TiO₂: An in Situ Transmission FT-IR Study." *Journal of Catalysis* 191(1): 138–46.
- Fajar, Gallo Ibnu. 2017. "Peran Nanomaterial Di Dalam Pengolahan Air." <https://zenodo.org/record/1134225> (May 16, 2021).
- Fauzi, W. A., I N. Simpen, and I W. Sudiarta. 2019. "Sintesis Dan Karakterisasi Zeolit-TiO₂ Serta Pemanfaatannya Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Rhodamin B." *Jurnal Kimia* 13(1): 74.
- Feng, Qi et al. 2018. "Synthesis and Characterization of Fe₃O₄/ZnO-GO Nanocomposites with Improved Photocatalytic Degradation Methyl Orange under Visible Light Irradiation." *Journal of Alloys and Compounds* 737: 197–206.
- Fogler, H. Scott, Susan M. Montgomery, and Robert P. Zipp. 1992. "Interactive Computer Modules for Undergraduate Chemical Engineering Instruction: Interactive Computer Modules." *Computer Applications in Engineering Education* 1(1): 11–24.
- Fujishima, A, X Zhang, and D Tryk. 2008. "TiO₂ Photocatalysis and Related Surface Phenomena." *Surface Science Reports* 63(12): 515–82.
- Gao, Wei, and Zhengwei Li. 2004. "ZnO Thin Films Produced by Magnetron Sputtering." *Ceramics International* 30(7): 1155–59.
- Gunlazuardi, J. 2001. Fotokatalisis pada Permukaan TiO₂: Aspek Fundamental dan Aplikasinya. Semarang: Universitas Negeri Semarang press.

- Gupta, Manoj Kumar, and Binay Kumar. 2011. "High Tc Ferroelectricity in V-Doped ZnO Nanorods." *Journal of Materials Chemistry* 21(38): 14559.
- Hussein, F.H. 2011. "Photochemical Treatments of Textile Industries Wastewater, Advances in Treating Textile Effluent". Iraq: Chemistry Departement, College of Science, Babylon University.
- Khan, S. H., Suriyaprabha, R., Pathak, B., dan Fulekar, M. H. 2015. Development of Seng oksida Nanoparticle by Sonochemical Method and Study of their Physical and Optical Properties. *Journal Centre of Nanoscience*, 18: 1–7.
- Kirk, R.E. and Othmer, V.R., 1994, "Encyclopedia of Chemical Technology, vol.11 Flavor Characterization to Fuel Cells, 4th ed"., John Wiley & Sons Inc., New York.
- Linsebigler, L, Guangquan Lu, and John T Yates. "Photocatalysis on TiOn Surfaces: Principles, Mechanisms, and Selected Results." : 24.
- Matsuoka, Masaya, and Masakazu Anpo. 2003. "Local Structures, Excited States, and Photocatalytic Reactivities of Highly Dispersed Catalysts Constructed within Zeolites." *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews* 3(3): 225–52.
- Mulya, 1994. Muhammad. Suharman. Analisis Instrumental. Perpustakaan departemen Kimia FMIPA UI, Depok.
- Nair, Manjula G., M. Nirmala, K. Rekha, and A. Anukaliani. 2011. "Structural, Optical, Photo Catalytic and Antibacterial Activity of ZnO and Co Doped ZnO Nanoparticles." *Materials Letters* 65(12): 1797–1800.
- Parent, Yves et al. "Solar Photocatalytic Processes For The Purification Of Water: State Of Development And Barriers To Commercialization." : 9.
- Safitri, Widiya Nur. 2019. "Jurusan Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang." : 94.
- Sakthivel, S. et al. 2003. "Solar Photocatalytic Degradation of Azo Dye: Comparison of Photocatalytic Efficiency of ZnO and TiO₂." *Solar Energy Materials and Solar Cells* 77(1): 65–82.
- Sastrawijaya, T. 2000. "Pencemaran Lingkungan". PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Stockle. 2014. Safety Data Sheet Rhodamin B (C.I. 45170). Darmstadt: PanReac AppliChem, Germany.
- Syakri, Syamsuri. 2017. "Analisis Kandungan Rhodamin B Sebagai Pewarna Pada Sediaan Lipstik Impor Yang Beredar Di Kota Makassar." : 6.

- Wang, Chong-Chen et al. 2014. "Photocatalytic Organic Pollutants Degradation in Metal–Organic Frameworks." *Energy Environ. Sci.* 7(9): 2831–67.
- Wang, Ronghua et al. 2004. "The Characteristics and Photocatalytic Activities of Silver Doped ZnO Nanocrystallites." *Applied Surface Science* 227(1–4): 312–17.
- Yang, Yu et al. 2003. "Synergistic Effect of Keggin-Type $[X_{n+}W_{11}O_{39}]^{(12-n)-}$ and TiO_2 in Macroporous Hybrid Materials $[X_{n+}W_{11}O_{39}]^{(12-n)-}-TiO_2$ for the Photocatalytic Degradation of Textile Dyes." *J. Mater. Chem.* 13(7): 1686–94.
- Zhang, Huajun, Marc Garland, Yingzhi Zeng, and Ping Wu. 2003. "Weighted Two-Band Target Entropy Minimization for the Reconstruction of Pure Component Mass Spectra: Simulation Studies and the Application to Real Systems." *Journal of the American Society for Mass Spectrometry* 14(11): 1295–1305.

LAMPIRAN



$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$



NaOH



Grafena oksida



Pencampuran ZnO NaOH dan Grapene Oxide



Endapan pencampuran



Penempatan material katalis pada sugar cube



Hasil fotokatalisis



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

JURUSAN FISIKA

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933
Website: <http://fiska.uin-malang.ac.id>, e-mail: fiska@uin-malang.ac.id

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : MIFTAH AINATUL JANNAH
NIM : 18640031
Fakultas/Program Studi : SAINS DAN TEKNOLOGI/ FISIKA
Judul Skripsi : PENGARUH PENAMBAHAN GRAFENA OKSIDA (GO) PADA MATERIAL KOMPOSIT
SEMEN OKSIDA - GRAFENA OKSIDA (ZNO-GO) SEBAGAI FOTOKATALIS
Pembimbing 1 : Dr. ERNA HASTUTI, M.Si
Pembimbing 2 : Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, M.A

• Konsultasi Fisika

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	27 - 06 - 2022	Bab I - II	
2	26 - 09 - 2022	Konsultasi Bab I	
3	04 - 10 - 2022	Konsultasi Bab I - II	
4	08 - 11 - 2022	Konsultasi Bab I - II	

• Konsultasi Integrasi

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	16 - Nov - 2022	Integrasi Bab 1-4	
2.	18 - Nov - 2022	Integrasi Bab 1-4	
3.	21 - Nov - 2022	Integrasi Bab 1-4	
4	22 - Nov - 2022	Integrasi Bab 1-4	

