

**PENGARUH KOMPOSISI N-CDs DARI AMPAS KOPI PADA  
NANOKOMPOSIT ZnO/N-CDs SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**MADELINE MARETIKE AGUSTIA**  
NIM. 200604110056



**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

**PENGARUH KOMPOSISI N-CDs DARI AMPAS KOPI PADA  
NANOKOMPOSIT ZnO/N-CDs SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS**

**SKRIPSI**

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

**Oleh:  
MADELINE MARETIKE AGUSTIA  
NIM. 200604110056**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

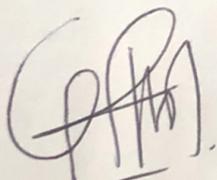
PENGARUH KOMPOSISI N-CDs DARI AMPAS KOPI PADA  
NANOKOMPOSIT ZnO/N-CDs SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS

SKRIPSI

Oleh:  
MADLINE MARETIKE AGUSTIA  
NIM. 200604110056

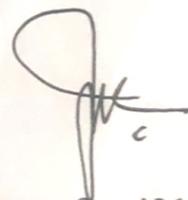
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada tanggal, 18 Juni 2025

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Umayyatus Syarifah, MA  
NIP. 19820925 200901 2 005



Mengetahui  
Ketua Program Studi

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

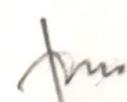
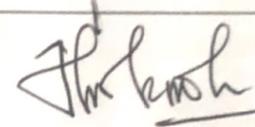
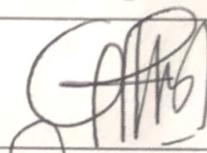
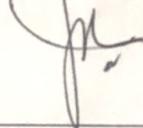
## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH KOMPOSISI N-CDs DARI AMPAS KOPI PADA  
NANOKOMPOSIT ZnO/N-CDs SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS

### SKRIPSI

Oleh:  
MADLINE MARETIKE AGUSTIA  
NIM. 200604110056

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji  
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal, 23 Juni 2025

Penguji Utama :	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 2003 121	
Ketua Penguji :	<u>Utiya Hikmah, M.Si</u> NIP. 19880605 202321 2 054	
Sekretaris Penguji :	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji :	<u>Dr. Umairatus Syarifah, M.A.</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi



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

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MADELINE MARETIKE AGUSTIA  
NIM : 200604110056  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : Pengaruh Komposisi N-CDs Dari Ampas Kopi Pada  
Nanokomposit ZnO/N-CDs Sebagai Material Fotokatalis

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 24 Juni 2025  
Yang Membuat Pernyataan



Madeline Maretike Agustia  
NIM. 200604110056

## HALAMAN MOTTO

Tuhan menaruhmu ditempat sekarang bukan karena kebetulan. Orang hebat tidak dihasilkan melalui kemudahan, kesenangan dan kenyamanan. Mereka dibentuk melalui kesukaran, tantangan dan air mata”. ~Dahlan Iskan

“Tak semua usaha itu dipermudah, tapi semua yang berusaha pasti akan berubah”

“Harus bersyukur agar kuat kembali dan selalu dipeluk oleh rasa mampu”

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Ibunda Iswatun yang tidak pernah berhenti mengusahakan apapun, selalu menjadi alasan dibalik kuatnya penulis bertahan sampai titik ini, yang mengusap air mata penulis dan menjadi sandaran saat dunia hampir runtuh, bukan penulis yang kuat tapi doa ibunya yang hebat.
- Ayahanda Agus Suhermono yang menjadikan penulis seberani ini, selalu bertahan dan kuat di keadaan apapun, perempuan mungkin punya sisi lemah tapi tidak untuk putri didikan ayah.
- Kedua adik kecilku tercinta (Lafebra Krisna A. dan Julie Ayangkara A.) yang selalu mendukung, menghibur dan menyemangati setiap langkah penulis.
- Nenekku terkasih yang percaya akan kemampuan penulis, mendoakan, memotivasi dan mendukung penulis dalam meraih cita-citanya.
- Untuk aku yang dulu takut melangkah, kini telah membuktikan bahwa tekad bisa mengalahkan rasa ragu, yang telah melewati malam-malam penuh bimbang dan perjuangan melelahkan. Terima kasih telah kuat untuk berjalan, bertahan, berjuang, dan tidak menyerah meski berkali-kali ingin berhenti.
- Almamaterku, Prodi Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpah rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal penelitian ini dengan baik. Sholawat serta salam tercurahkan pada Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari jaman kegelapan menuju jaman yang terang benderang. Semoga syafaatnya mengalir pada kita di yaumul akhir kelak. Aamiin.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih atas terselesaikannya proposal penelitian dengan judul “Pengaruh Komposisi N-CDs Dari Ampas Kopi Pada Nanokomposit ZnO/N-CDs Sebagai Material Fotokatalis”, yang mana dalam proses penyusunan proposal penelitian ini penulis mendapat banyak bimbingan, nasihat, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Bapak Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang dan selaku Dosen Penguji Ketua yang telah memberikan masukan dan kritik dalam penelitian ini.
4. Ibu Dr. Erna Hastuti, M.Si, selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan penuh kesabaran dan sangat baik.

5. Ibu Dr. Umaiyatus Syarifah, M.A., selaku Dosen Pembimbing integrasi yang telah memberikan bimbingan dan dukungan yang sangat berharga.
6. Bapak Farid Samsu Hananto, M.T selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan masukan dan kritik konstruktif demi penyempurnaan penelitian ini.
7. Ibu Utiya Hikmah, M.Si selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan saran dan masukan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Ahmad Lutfin, S.Si., M.Si, selaku dosen wali atas bimbingan dan perhatiannya selama masa studi saya.
9. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
10. Kedua orang tua penulis, Bapak Agus Suhermono dan Ibu Iswatun atas doa, dukungan dan kasih sayangnya yang tiada henti sepanjang perjalanan ini.
11. Adik penulis, Lafebra Krisna Agosto dan Julie Ayangkara Agustia, serta keluarga besar penulis yang telah menjadi sumber semangat, ketenangan, dan doa yang selalu menyertai setiap langkah dalam menyelesaikan skripsi ini.
12. Nenek penulis winarsih, seseorang yang tak kalah penting kehadirannya. Terimakasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup penulis, dan mendoakan penulis sejak sebelum perkuliahan dimulai hingga detik ini.  
*You've been there since the first page of this chapter — not just watching, but walking with me. This journey is ours as much as it is mine.*

13. Keluarga besar penulis serta teman teman penulis yang senantiasa memberikan dukungan an semangat untuk menyelesaikan skripsi penulis.
14. Kucing penulis yang selalu membangun mood, Laboratorium Geofisika yang menjadi rumah kedua selama proses ini, serta playlist dari berbagai genre yang tak pernah gagal menjaga fokus dan semangat di tengah keheningan malam dan tekanan deadline. Kalian mungkin bukan manusia, tapi peran kalian nyata dan tidak tergantikan.
15. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah berkontribusi dalam kelancaran dan keberhasilan penulis dalam menyelesaikan studi ini.

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 25 Maret 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>مستخلص البحث.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Methyl Orange .....	7
2.2 Fotokatalis Semikonduktor ZnO .....	9
2.3 Modifikasi Semikonduktor .....	16
2.3.1 <i>Input</i> Carbon - Dot Ampas kopi Doping-N .....	16
2.3.2 Sintesis Nanokomposit ZnO/N-CDs Dari Ampas Kopi.....	18
2.4 Karakterisasi .....	19
2.4.1 X-Ray Diffraction (XRD) .....	19
2.4.2 Spektrometer UV-Vis .....	22
2.4.3 Analisis Sifat Listrik ( Inductance, Capacitance, and Resistance Meter (LCRMeter).....	24
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>26</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	26
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.3.1 Alat Penelitian .....	26
3.3.2 Bahan Penelitian .....	27
3.3.3 Alat Karakterisasi .....	27
1. X-Ray Diffraction (XRD)ga.....	27
2. Spektrometer Ultra Violet - Visible (UV-vis) .....	28
3. Inductance, Capacitance, and Resistance Meter (LCR Meter) .....	28
3.4 Variabel Penelitian .....	28
3.5 Prosedur Pembuatan N-CDs ( Rikih.,2023) .....	29

3.5.1	Pembuatan N-CDs .....	30
3.6	Pembuatan Nanokomposit ZnO/N-CDs Ampas kopi.....	31
3.6.1	Pembuatan Nnaokomposit ZnO/N-CDs .....	32
3.7	Karakterisasi .....	33
3.7.1	Rencana Analisis data.....	33
3.8	Uji Aktivitas Fotokatalis ZnO/C-Dots terhadap <i>Methyl Orange</i> .....	36
3.8.1	Pembuatan Larutan Induk <i>Methyl Orange</i> .....	36
3.8.2	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna.....	36
3.8.3	Pembuatan Larutan Standart.....	37
3.8.4	Pengukuran variasi komposisi.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>39</b>
4.1	Data Hasil Penelitian .....	39
4.1.1	X-Ray Diffraction (XRD).....	40
4.1.2	Spektrofotometer UV-Vis.....	42
4.1.3	Konduktivitas.....	45
4.2	Uji Aktivitas Fotokatalis Nanokomposit ZnO/N-CDs .....	46
4.2.1	Pembuatan Kurva Standart <i>Methyl Orange</i> .....	46
4.2.2	Pengujian Aktivitas Fotokatalis ZnO/N-CDs terhadap methylene Orange.....	48
4.3	Pembahasan .....	50
4.4	Fotokatalis Nanokomposit ZnO/N-CDs dalam Perspektif Islam .....	56
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>59</b>
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran .....	60
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>61</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>64</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Methyl Orange (Fadjri, dkk., 2012) .....	8
Gambar 2.2 Proses reaksi fotokatalik (Chin Boon Ong et. Al, 2017).....	11
Gambar 2.3 Daerah energi celah pita pada semikonduktor (Licciulli, 2002) .....	12
Gambar 2.4 Struktur Kristal ZnO: (a) Rocksalt, (b) Zinc Blend, (c) Wurtzite (Ashmalina, dkk., 2021).....	13
Gambar 2.5 Struktur unit sel hcp ZnO wurtzite ( Samadi, dkk.,2019) .....	14
Gambar 2.6 Skema Pembuatan Karbon dot ampas kopi (Sung, dkk., 2022).....	18
Gambar 2.7 Skema sintesis ZnO/C-Dots (Dinda et.al 2023) .....	19
Gambar 2.8 Difraksi Sinar X pada bidang atom (Munasir, dkk., 2012) .....	21
Gambar 2.9 Spekta XRD N-ZnO/CDs ( Dinda, dkk., 2023) .....	22
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Spetrofotome UV-Vis (Owen, dkk.,2010).....	23
Gambar 2.11 Absorbansi N-ZnO/C-Dots (Dinda, dkk., 2023) .....	24
Gambar 3.1 Pembuatan N-CDs (Rikih.,2023) .....	29
Gambar 3.2 Pembuatan ZnO/N-CDs (Dinda.,2022).....	31
Gambar 4.1 Grafik XRD .....	41
Gambar 4.2 Grafik absorbansi UV-Vis.....	43
Gambar 4.3 Grafik band gab a) ZnO, b) ZnO/N-CDs0,5, c)ZnO/N-CDs1, d) ZnO/N-CDs1,5 .....	44
Gambar 4.4 Grafik hubungan frekuensi konduktivitas AC pada sampel ZnO dan ZnO/N-CDs pada frekuensi 0,6MHz .....	45
Gambar 4.5 Kurva standart Methyl Orange .....	47
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Waktu Fotokatalis Terhadap Nilai Konsentrasi ppm.....	49
Gambar 4.7 Perbandingan Waktu Fotokatalis Terhadap Nilai Presentasi Degradasi .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Penamaan sampel.....	32
Tabel 3.2 Rencana Analisis XRD .....	34
Tabel 3.3 Rencana Analisis Data Spektrofotometer UV-Vis.....	35
Tabel 3.4 Rencana Analisis Data LCR Meter.....	35
Tabel 3. 5 Data Hasil Pengukuran Larutan Standart.....	37
Tabel 3.6 Hasil pengukuran variasi komposisi nanokomposit.....	38
Tabel 3.7 Hasil pengukuran Efisiensi variasi komposisi nanokomposit .....	38
Tabel 4.1 Kualitas Ukuran kristal ZnO dan nanokomposit ZnO/N-CDs.....	42
Tabel 4.2 Parameter kisi ZnO dan variasi komposisi ZnO/N-CDs.....	42
Tabel 4.3 Nilai energy Gap ZnO dan nanokomposite ZnO/N-CDs.....	44
Tabel 4.4 Nilai Konduktivitas ZnO dan nanokomposite ZnO/N-CDs.....	45
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Konsentrasi Pewarna Tekstil methyl orange Setelah Difotokatalis.....	48
Tabel 4.6 Hasil perhitungan efisiensi fotodegradasi.....	49

## ABSTRAK

Agustia, Madeline. 2025. **Pengaruh Komposisi N-CDs dari ampas kopi pada nanokomposit ZnO/N-CDs sebagai material fotokatalis**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si, (II) Dr. Umaiatus Syarifah, MA

---

**Kata Kunci:** N-CDs, ampas kopi, ZnO, fotokatalis.

Limbah zat warna industri textile menjadi salah satu penyebab pencemaran lingkungan karena sifatnya yang *nonbiodegradable*. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mendegradasi limbah zat warna terhadap lingkungan. Penelitian ini mengusulkan pengaruh komposisi N-CDs terhadap ZnO/N-CDs menggunakan ampas kopi sebagai material fotokatalis menggunakan metode sonikasi. Dengan memodifikasi N-CDs melalui variasi komposisi (0,5, 1, dan 1,5 gr). Material hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan XRD, UV-Vis dan LCR Meter untuk mengetahui konduktivitas terbaik. Hasil XRD menunjukkan adanya fasa wurzite hexagonal dengan ukuran kristal rata - rata terbaik mencapai 37.140nm. Pada karakterisasi UV-Vis didapatkan hasil nilai band gap terendah dari sampel dengan komposisi N-CDs terbanyak yaitu 2,52 eV hasil tersebut selinier dengan hasil dari konduktivitas listrik terbaik sehingga dapat meningkatkan efisiensi degradasi methyl orange.

## ABSTRACT

Agustia, Madeline. 2025. **Effect of N-CDs Composition from Coffee Grounds on ZnO/N-CDs Nanocomposite as Photocatalyst Material.** Thesis Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si, (II) Dr. Umaiyatus Syarifah, MA

---

**Keywords:** N-CDs, Coffee grounds, ZnO, Photocatalyst

Industrial textile dye waste has become one of the causes of environmental pollution due to its nonbiodegradable nature. Therefore, efforts are needed to degrade dye waste in the environment. This research proposes the effect of N-CDs composition on ZnO/N-CDs using coffee grounds as photocatalyst material using the sonication method. By modifying N-CDs through composition variations (0.5, 1, and 1.5 g). The synthesized materials were characterized using XRD, UV-Vis, and LCR Meter to determine the best conductivity. XRD results showed the presence of hexagonal wurtzite phase with the best average crystal size reaching 37.140 nm. UV-Vis characterization showed the lowest band gap value from the sample with the highest N-CDs composition of 2.52 eV. This result is linear with the best electrical conductivity results, thus it can improve the efficiency of methyl orange degradation.

## مستخلص البحث

تأثير تركيب الكربون المنقط المطعم بالنيتروجين من تفل القهوة على المركب النانوي اكسيد. 2025. اغوستيا، مادلين برنامج دراسة الفيزياء، كلية. رسالة بكالوريوس. الكربون المنقط المطعم بالنيتروجين كمادة محفز ضوئي/الزنك الدكتوراة ارنا (الاول): المشرف. العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك ابراهيم الاسلامية الحكومية مالانج الدكتوراة اميتس الشريفة، الماجستير في الاداب (الثاني) هاستوتي، الماجستير في العلوم

النقاط الكربونية المشوبة بالنيتروجين، تفل القهوة، اكسيد الزنك، المحفز الضوئي: الكلمات المفتاحية

لذلك، نفايات الاصباغ الصناعية النسيجية تصبح احد اسباب التلوث البيئي بسبب طبيعتها غير القابلة للتحلل البيولوجي، يقترح هذا البحث تأثير تركيب النقاط الكربونية المشوبة بالنيتروجين. هناك حاجة لجهود لتحليل نفايات الاصباغ ضد البيئة. النقاط الكربونية المشوبة بالنيتروجين باستخدام تفل القهوة كمادة محفز ضوئي باستخدام طريقة الصوتنة/على اكسيد الزنك تم توصيف المواد المركبة (1.5، 1، و 0.5) من خلال تعديل النقاط الكربونية المشوبة بالنيتروجين عبر تنويع التركيب نتائج. باستخدام حيود الاشعة السينية، والاشعة فوق البنفسجية المرئية، ومقياس الحث والمقاومة والسعة لمعرفة افضل موصلية في نانومتر 37.140 حيود الاشعة السينية تظهر وجود طور الفورترزيت السداسي بمتوسط حجم البلورة الافضل يصل الى توصيف الاشعة فوق البنفسجية المرئية تم الحصول على نتائج اقل قيمة فجوة نطاق من العينة بتركيب النقاط الكربونية الكترول فولت، هذه النتيجة متوافقة مع نتائج افضل موصلية كهربائية بحيث يمكن 2.52 المشوبة بالنيتروجين الاكثر وهي زيادة كفاءة تحليل الميثيل البرتقالي

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran limbah air sungai menjadi salah satu tantangan utama global yang diakibatkan oleh adanya kontaminan yang berdampak buruk terhadap kesehatan manusia dan ekosistem air. Untuk meningkatkan strategi remediasi kawasan yang tercemar, perlu untuk meningkatkan efisiensi metodologi penghilangan polutan konvensional atau menciptakan pendekatan inovatif (Costa, dkk., 2012). Salah satu permasalahan yang muncul akibat revolusi industri adalah pencemaran air. Diantara berbagai jenis polutan, pewarna dianggap sebagai kontaminan utama dan sangat beracun untuk air karena sebagian besar pewarna bekas hasil industri dibuang tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu (Zelege dan Kuo, 2019). Banyak metode yang digunakan untuk mengatasi kontaminasi dari zat warna seperti proses membran, adsorpsi, biodegradasi menggunakan mikroorganisme, ultrafiltrasi, oksidasi lanjutan dan degradasi fotokatalitik (Kang dkk., 2020). Di antara metode ini, degradasi fotokatalitik menjadi perhatian besar hal ini dikarenakan adanya bantuan sinar matahari untuk menghilangkan zat pewarna (Dhandapani, dkk., 2020). Berdasarkan penelitian sebelumnya, kombinasi antara bahan kimia dan sinar matahari terbukti meningkatkan efektivitas dalam mendegradasi zat warna (Imranullah dkk., 2021). Allah SWT berfirman dalam surah Yunus [10]: ayat 5:

هُوَ الَّذِي جَعَلَ الشَّمْسَ ضِيَاءً وَالْقَمَرَ نُورًا

“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya”(Q.S. Yunus [10]:5).

Q.S. Yunus [10]:5 menjelaskan bahwa Allah SWT menjadikan matahari sebagai *dhiya'* (bersinar) di siang hari dan bulan yang bercahaya (*nur*) di malam hari. Kata *dhiya'* bermakna apa-apa yang memancarkan sesuatu, sedangkan *an-nur* yaitu apa yang tampak dan tersembunyi. Menurut kajian ilmiah, sinar matahari yang bersifat polikromatik karena terdiri berbagai panjang gelombang. Matahari sebagai sumber energi utama, sedangkan sinarnya terdiri dari berbagai jenis sinar salah satunya yaitu sinar ultraviolet. Sinar UV mencakup rentang panjang gelombang 100-400 nm dan dibagi menjadi tiga pita: UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm), dan UVC (100-280 nm). Salah satunya manfaat sinar ultraviolet dapat diaplikasikan untuk membantu proses degradasi polutan hal dikarenakan Sinar ultraviolet menghasilkan energi foton sehingga pasangan pembawa muatan (elektron dan *hole*) dapat dihasilkan.

Salah satu material fotokatalis semikonduktor yang banyak digunakan yaitu ZnO. Penggunaan semikonduktor ZnO banyak digunakan karena tidak bersifat toksik dan memiliki mobilitas tinggi dan stabilitas termal yang baik (Han et al., 2012). ZnO juga memiliki celah pita lebar 3,37 eV (Yuan et al., 2020). Pada penelitian ini dilakukan upaya untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik ZnO dengan berbagai modifikasi seperti doping atau hibridisasi atau pengomposisian dengan bahan lain. Modifikasi ini mengubah sifat penyerapan optik fotokatalis sekaligus menjadikan transfer muatan lebih efektif dalam mekanisme fotokatalisis. CDs telah dikembangkan sebagai bahan fotokatalis baru karena kemampuannya menghasilkan pembawa muatan ketika terkena energi foton yang sesuai. Sebagai

material nano, CDs diketahui mampu menyerap spektrum energi elektromagnetik yang luas mulai dari spektrum UV hingga spektrum tampak (wilayah biru-hijau), sehingga dapat berkontribusi pada mekanisme fotokatalisis, baik secara mandiri maupun dikombinasikan dengan berbagai material semikonduktor (Chu K-W et al., 2019). CDs umumnya dicirikan sebagai nanopartikel karbon berdimensi nol dengan ukuran di bawah 10 nm, memiliki sifat optik yang luar biasa, kelarutan dalam air, dan biokompatibilitas yang baik (Costa et al. 2022). CDs telah dikombinasikan dengan beberapa bahan semikonduktor untuk membentuk nanokomposit atau heterostruktur, seperti dengan ZnO, untuk meningkatkan transfer muatan dalam fotokatalis (Bazazi S., et al., 2023).

Sintesis CDs dapat menggunakan biomaterial sebagai sumber utama. Salah satu biomassa yang mempunyai dampak besar terhadap produksi limbah adalah yang dihasilkan oleh industri kopi dan produk turunannya. Kopi merupakan salah satu produk agroindustri terpenting dengan perkiraan produksi dunia sebesar 10,2 juta ton pada tahun 2021 (Coffee Market Report, 2021). Dari meningkatnya kepedulian terhadap masalah lingkungan ini, upaya untuk menggunakan kembali limbah ini dalam beragam aplikasi telah diterapkan, misalnya degradasi ion timbal dalam air minum oleh biji kopi telah dipelajari serta penggunaan carbon yang berasal dari biji kopi untuk fotokatalitik (Tokimoto et al. 2005).

Oleh karena itu, sintesis nanokomposit ZnO/N-CDs dipelajari dalam beberapa laporan dengan tujuan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik di bawah radiasi cahaya tampak, komposit ZnO/N-CDs dengan berbagai kandungan variasi CDs disiapkan dan diberi label (Dinda et.al 2023). Selain itu, CDs akan memberikan kecenderungan yang lebih tinggi untuk melindungi kristal ZnO dari

korosi serta dapat meningkatkan pemisahan muatan. Pada penelitian sebelumnya sintesis CD dari ampas kopi dibuat dengan menggunakan metode sonikasi (Arum, 2018) dan dikombinasikan dengan metode pemasanan serta pengadukan (stirring) yang merujuk pada penelitian Sung Jung Park (2022) dengan variasi doping nitrogen (N). Karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya difraksi sinar-X (XRD) dilakukan untuk menganalisis struktur kristal sampel nanokomposit ZnO/Carbon dot, spektrofotometer UV Visible (UV-Vis) untuk mengetahui energi gap, Uji LCR meter dilakukan untuk mengetahui konduktivitas listrik sampel nanokomposit ZnO/N-CDs.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh komposisi N-CDs dari ampas kopi pada nanokomposit ZnO/N-CDs terhadap struktur kristal, dan energi gap?
2. Bagaimana pengaruh komposisi N-CDs dari ampas kopi pada ZnO terhadap konduktivitas listrik pada sampel nanokomposite ZnO/N-CDs
3. Bagaimana pengaruh Komposisi N-CDs dari ampas kopi pada nanokomposit ZnO/C-Dots sebagai fotokatalis untuk degradasi Metil Orange?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui komposisi penambahan N-CDs dari ampas kopi pada nanokomposit ZnO/N-CDs terhadap struktur kristal, dan energi gap.

2. Untuk mengetahui pengaruh komposisi N-CDs dari ampas kopi pada ZnO terhadap konduktivitas listrik pada sampel nanokomposite ZnO/N-CDs.
3. Untuk mengetahui pengaruh komposisi N-CDs dari ampas kopi pada nanokomposit ZnO/N-CDs sebagai fotokatalis untuk degradasi Metil Orange.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat yang signifikan, antara lain:

1. Memanfaatkan sifat fotokatalis dari ZnO/N-CDs sebagai fotokatalis untuk degradasi Metil Orange.
2. Memberikan kajian alternatif dalam Sintesis nanokomposit ZnO/N-CDs ampas kopi sebagai fotokatalis untuk degradasi Metil Orange yang mudah dan cepat.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bahan baku yang digunakan yaitu ZnO yang didapat dari toko kimia terdekat.
2. Sintesis nanokomposit ZnO/N-CDs ampas kopi menggunakan metode satu langkah mudah.
3. Variasi komposisi terhadap ZnO/N-CDs ampas kopi yang digunakan yaitu (2:0, 2:1, 2:2, 2:3).
4. Pewarna untuk degradasi yang digunakan adalah methyl orange.
5. Karakterisasi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan LCR meter, spektroskopi UV-Vis, dan difraksi sinar-X (XRD).

6. Uji aktivitas fotokatalis menggunakan metil orange sebagai polutan dengan konsentrasi 10 ppm.

## BAB II

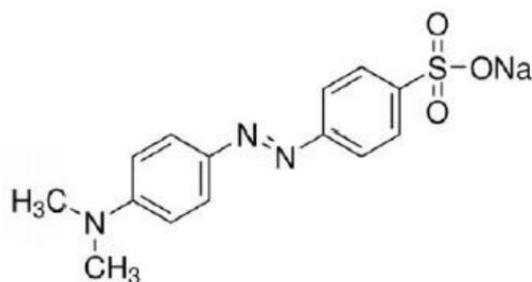
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Methyl Orange

Pewarna sintetis diklasifikasikan menjadi senyawa ionik dan non-ionik berdasarkan sifat kimia dan metode aplikasinya. Diluar dari klasifikasi tersebut semua jenis pewarna sintesis berdampak signifikan jika di buang sebagai air limbah. Pewarna yang sangat berpigmen dapat mengurangi penetrasi cahaya ke dalam badan air, mengganggu proses fotosintesis dan kadar oksigen sehingga mempengaruhi kesehatan ekosistem secara keseluruhan (Ahmed G, dkk., 2016). Kelas pewarna sintetis seperti pewarna azo ( $N=N$ ), menunjukkan toksisitas terhadap organisme akuatik, yang menyebabkan efek merugikan pada ikan, invertebrata, dan bentuk kehidupan lainnya. Selain itu, pewarna sintetis dapat mengganggu parameter kimia air, mengganggu proses siklus nutrisi, dan bertahan di lingkungan untuk waktu yang lama, menimbulkan risiko yang terus-menerus terhadap ekosistem akuatik. Karena sifatnya karsinogenik, senyawa azo dapat menyebabkan penyakit jika terlalu lama berada di lingkungan (Dina Asnawati dkk, 2020). Senyawa azo tergolong senyawa aromatik yang bersifat stabil dan mempunyai pigmen warna yang menyala sedangkan senyawa azo alifatik lebih tidak stabil ( Maria, dkk., 2007). Sehingga penggunaan senyawa azo aromatik lebih dipakai di bidang industri selain warnanya yang menyala juga menghemat biaya produksi

Methyl orange merupakan salah satu senyawa azo yang sering di pakai di bidang industri yang bersifat toxic bagi lingkungan. Secara garis besar methyl

orange digolongkan sebagai pewarna organik yang memiliki gugus kromofor azo sehingga disebut dengan pewarna azoic yang diketahui dapat menyebabkan alergi dan hypersensitivity. Gugus azo yang dimiliki methyl orange merupakan zat warna sintetis dan paling reaktif dalam proses pencelupan bahan tekstil (Widjajanti dkk., 2011). *Methyl orange*, memiliki kelarutan yang rendah dalam air, sehingga molekulnya tidak larut dengan baik dan tetap dalam bentuk partikel kecil. Karena kelarutannya yang rendah, *methyl orange* lebih cenderung berada dalam bentuk dispersi, mirip dengan partikel koloid. Ini berarti bahwa *methyl orange* akan mengambang atau tersebar di dalam air seperti partikel koloid (Kuo, 1992). Methyl orange merupakan indikator pH dan banyak digunakan dalam titrasi asam basa karena mengalami perubahan warna saat pH berubah. (Sani W, dkk., 2020). Methyl orange disebut sebagai indikator asam yang sering digunakan dalam laboratorium (Sitepu, dkk., 2016) (Wahatmanti, dkk., 2003).



Gambar 2.1 Struktur Methyl Orange (Fadjri, dkk., 2012)

Struktur methyl orange mempunyai rumus molekul  $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$  dengan berat molekul 327,33 g/mol. Larutan methyl orange mempunyai panjang gelombang tertinggi sekitar 465 nm (Oakes dan Gratton, 1998). Dengan ukuran molekul  $1,58 \times 0,65 \times 0,26$  nm, *methyl orange* merupakan zat warna anionik dengan gugus azo berwarna serbuk jingga tua (Munmin dkk., 2012).

Industri tekstil adalah salah satu sektor terbesar dan paling berkembang di banyak negara. Menurut data BPS, produksi textile di Indonesia meningkat sebesar 32% dari tahun 2016 ke 2017 (BPS, 2018). Jumlah limbah yang dihasilkan dari produksi tekstil meningkat seiring dengan produksi TPT (Tekstil dan Produk Tekstil). Sebagian besar pewarna reaktif ditemukan dalam limbah industri (Quansah, dkk.,2020). Karena senyawa tersebut stabil, sangat sulit untuk terdegradasi, hal ini dapat merusak keseimbangan ekosistem lingkungan (Suprihatin, 2014). Karena intensitas cahaya ultraviolet (UV) yang rendah yang sampai ke permukaan bumi, senyawa zat warna di lingkungan perairan sebenarnya dapat secara alami terurai oleh cahaya matahari. Namun, proses ini relatif lambat karena zat warna terakumulasi di dasar perairan atau tanah lebih cepat daripada fotodegradasi (Wildan, dkk., 2018).

## **2.2 Fotokatalis Semikonduktor ZnO**

Penghilangan zat pewarna yang dibuang dari limbah industri ke badan air sangat penting karena dampaknya yang merugikan terhadap organisme akuatik dan efek yang berpotensi karsinogenik bagi kesehatan manusia (Zelege dan Kuo, 2019). Banyak pendekatan telah digunakan untuk menghilangkan pewarna, tetapi sering kali tidak berhasil sepenuhnya dalam mendegradasi pewarna dan menghasilkan banyak padatan tersuspensi. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak akan proses yang efisien yang dapat mencapai degradasi pewarna secara lengkap dengan emisi limbah yang minimal. Di antara pendekatan pengolahan air tradisional, fotokatalisis muncul sebagai metode yang menjanjikan untuk mendegradasi berbagai polutan beracun dan organik dalam limbah air (Sadhia Khan, dkk.,2024). Proses ini

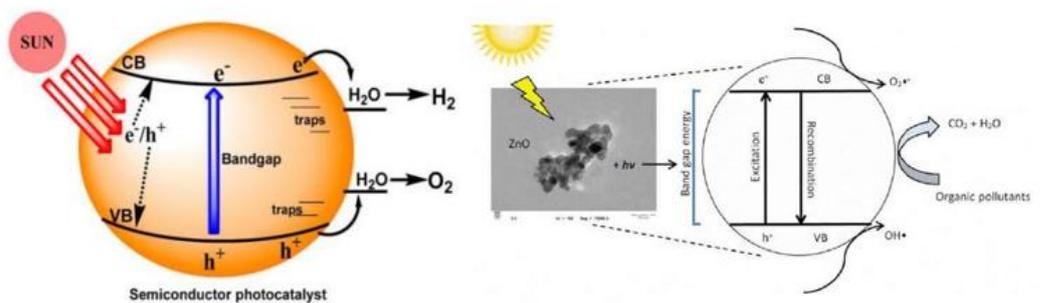
memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknik pengolahan air limbah konvensional. Pertama, fotokatalisis menawarkan efisiensi yang luar biasa dalam mendegradasi polutan organik karena pembentukan radikal hidroksil yang cepat saat terkena cahaya. Kedua, proses ini beroperasi dalam kondisi yang relatif ringan dengan suhu dan tekanan rendah, sehingga meminimalkan konsumsi energi dan biaya operasional. Ketiga, fotokatalisis tidak menghasilkan produk sampingan yang berbahaya, sehingga menjamin pengolahan air limbah yang ramah lingkungan. Selain itu, proses fotokatalitik mudah untuk di skalakan dan dapat disesuaikan dengan berbagai jenis matriks air limbah, menjadikannya dapat diterapkan dalam berbagai lingkungan industri dan lingkungan (Malato S, dkk.,2009).

Fotokatalis adalah material yang mengubah laju reaksi kimia ketika terkena cahaya. Fenomena ini disebut sebagai fotokatalisis, yang melibatkan reaksi kimia yang terjadi dengan bantuan cahaya dan material semikonduktor (Sutanto, dkk., 2015). Material yang menyerap cahaya dan bertindak sebagai katalis dalam reaksi kimia disebut fotokatalis. Semua fotokatalis pada dasarnya adalah semikonduktor. Dalam fotokatalisis, pasangan elektrown-hole terbentuk ketika material semikonduktor terpapar cahaya ( Rakshit, dkk., 2018). Teknik fotokatalisis menggunakan material semikonduktor untuk menjernihkan air karena sifat oksidasi mereka yang kuat, ikatan kimianya yang stabil terhadap cahaya, tidak membentuk senyawa baru, termasuk yang beracun, tidak mudah larut dalam air, murah, dan ramah lingkungan. (Aliah, dkk., 2012).

Mekanisme fotokatalis bermula saat energi foton yang diabsorpsi mencapai atau melampaui nilai energi band gap, menyebabkan elektron menerima energi dan tereksitasi ( $E_g$ ) dari pita valensi ke pita konduksi sambil meninggalkan hole positif.

Hal ini mengakibatkan terbentuknya hole ( $h^+$ ) di pita valensi yang kemudian berinteraksi dengan molekul  $H_2O$  untuk membentuk radikal hidroksil (OH) melalui reaksi oksidasi. Di sisi lain, elektron ( $e^-$ ) yang berada di pita konduksi akan berinteraksi dengan molekul oksigen dan menghasilkan ion superoksida ( $O_2^-$ ) kemudian hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) (Al-Nuaim, dkk., 2023).

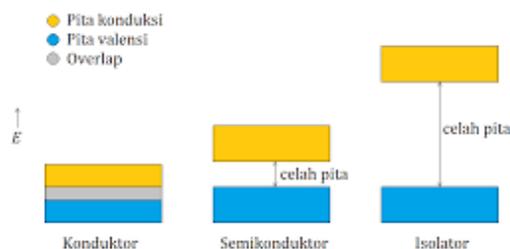
Kemudian hidroksil radikal yang dihasilkan yang merupakan oksidator kuat akan menyerang polutan organik atau limbah zat warna yang teradsorpsi di permukaan ZnO untuk menghasilkan senyawa intermediet dengan cepat dan ion superoksida dengan mengubahnya menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$  melalui reaksi reduksi - oksidasi (Zong, dkk., 2014).



Gambar 2.2 Proses reaksi fotokatalik (Chin Boon Ong et. Al, 2017)

Penggunaan semikonduktor sebagai material padat dengan konduktifitas listrik yang berada diantara isolator dengan suhu nol mutlak akan menjadi isolator sempurna dan konduktor secara alami terjadi pada suhu di atas nol mutlak (Palupi, 2006). Nilai konduktivitas dari sebuah semikonduktor dapat di atur dengan perubahan jumlah pengotor, suhu, dan eksitasi optik. Sebuah semikonduktor bersifat sebagai isolator pada suhu yang sangat rendah, namun pada temperatur ruang bersifat sebagai konduktor (Sirenden, 2012). Berfungsinya semikonduktor

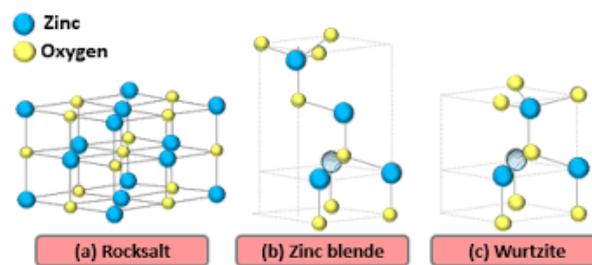
sebagai fotokatalis dalam reaksi redoks tergantung pada besarnya energy band gap serta jenis kimia yang akan di oksidasi dan di reduksi (Maeda, dkk., 2011).



Gambar 2.3 Daerah energi celah pita pada semikonduktor (Licciulli, 2002)

Semikonduktor merupakan material yang memiliki pita *bonding* yang terisi oleh elektron yang terikat sangat kuat dimiliki oleh pita valensi dan pita *antibonding* terluar yang dimiliki oleh pita konduksi yang tidak terisi elektron (kosong) dengan memiliki kebebasan yang tinggi, pemisah keduanya biasa disebut dengan energi ambang atau energi celah pita yang biasa disebut (*gap energy* atau *band gap*) (Fouad, dkk., 2017). Pada biasanya yang sering digunakan adalah semikonduktor tipe khalkogenida yaitu unsur kimia dari golongan 16/VIA yang biasanya terdiri dari unsur oksida logam  $\text{TiO}_2$  (Suryani, dkk., 2019),  $\text{CuO}$  (Aroob, dkk., 2023),  $\text{ZnO}$  (Aprilia, dkk., 2020),  $\text{WO}_3$  (Liu, dkk., 2019),  $\text{BiVO}_4$  (Chen, dkk., 2020), dan  $\text{SrTiO}_3$  (Tian, dkk., 2023)). Beberapa alasannya karena memberikan kestabilan ikatan dan meningkatkan sifat konduktivitas material, kestabilan termal dan kimia yang baik, kemampuan konduktivitas yang dapat dimodifikasi (Nandiyanto, dkk., 2016). Semikonduktor yang mempunyai band gap lebar dapat meningkatkan jumlah elektron yang berpindah - pindah dari pita konduksi menuju pita valensi. Hal ini dapat mempengaruhi kelebaran dari spektrum karena reaksi fotokatalis dan proses absorpsi oleh pewarna sehingga meningkat jumlahnya, Yang dapat memberi beberapa pengaruh pada proses fotokatalisis dan aplikasi lain yang memanfaatkan

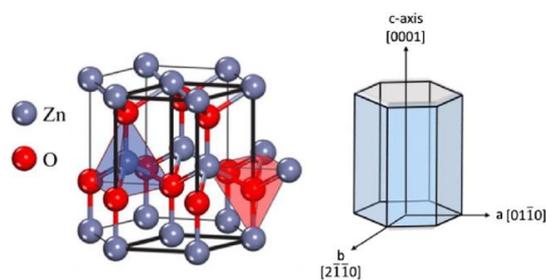
spektrum cahaya, seperti pada fotokatalis dan aplikasi yang melibatkan pewarna seperti kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas fotokatalis karena *band gap* lebar memungkinkan eksitasi elektron pada energi yang lebih tinggi, lebih banyak elektron yang dapat berpindah dari pita valensi ke pita konduksi saat semikonduktor tersebut terkena cahaya UV, lebar spektrum penyerapan, peningkatan transfer elektron yang membantu menciptakan lebih banyak pasangan elektron-hole, sehingga meningkatkan reaksi fotokatalitik dan memperluas spektrum absorpsi sistem secara keseluruhan (Okta S, dkk.,2024).



Gambar 2.4 Struktur Kristal ZnO: (a) Rocksalt, (b) Zinc Blend, (c) Wurtzite (Ashmalina, dkk., 2021)

Zinc Oxide (ZnO) merupakan bahan semikonduktor yang memiliki lebar band gap 3,20 - 3,37 eV sehingga sesuai untuk diaplikasikan pada fotokatalis dengan rentang panjang gelombang pendek. Panjang gelombang cahaya yang dibutuhkan oleh band gap ZnO tersebut sebesar 375 nm (Gunlazuardi, 2009). Struktur kristal ZnO terdiri atas tiga bentuk yaitu rocksalt, zinc blend dan wurtzite (Qin, dkk., 2017). Struktur Wurtzite muncul dalam kondisi tekanan normal dan fase termodinamika yang paling stabil (Amaliyah, dkk.,2023). Struktur Wurtzite terdiri dari susunan anion oksigen berbentuk heksagonal yang rapat dengan setengah rongga tetrahedral yang terisi kation seng (Malhotra, dkk., 2021). Sementara itu, struktur ZnO zinc blend hanya dapat stabil ketika terbentuk pada substrat kubik dan merupakan struktur metastabil yang hanya dapat distabilkan melalui pertumbuhan

heteroepitaksial pada substrat kubik, seperti ZnS dan GaAs. Pembentukan struktur rocksalt terjadi pada tekanan tinggi lebih dari 9 GPa (Morkoc, dkk., 2009), dan fase kubik tekanan tinggi ditemukan bersifat metastabil dalam jangka waktu yang panjang (Ozgur, dkk., 2013). Zinc Oksida (ZnO) dengan struktur wurtzite tergolong dalam semikonduktor direct-band (band gap 3,37 eV,  $K = 0$ ) pada suhu ruang dengan energi eksitasi 60 meV dan karakteristik ikatan ionik yang lebih dominan (Yang, 2008).



Gambar 2.5 Struktur unit sel hcp ZnO wurtzite ( Samadi, dkk.,2019)

Menurut (Sutanto, dkk., 2015), struktur wurtzite memiliki sel satuan heksagonal dengan dua parameter kisi  $a$  dan  $c$ , dan rasio  $c/a = 8/3 = 1,633$ , yang merupakan nilai ideal untuk struktur wurtzite dengan space grup  $P6_3mc$ . Struktur ZnO wurtzite terdiri dari dua subkisi heksagonal yang saling meresap (hcp) yang masing-masing terdiri dari satu tipe atom transisi dan bergabung ke masing-masing subkisi sepanjang tiga kali lipat sumbu  $c$  oleh jumlah  $u = 3/8 = 0,375$  (dalam struktur wurtzite ideal).

Struktur ini dapat digambarkan sebagai kombinasi berganti subkisi hcp, dimana tiap subkisi terdiri dari satu jenis atom (seperti  $Zn^{2+}$ ) bergantian dengan atom jenis lain ( $O^{2-}$ ) sepanjang sumbu  $c$ . Tiap subkisi mengandung empat atom per unit sel, dan setiap atom Zn dikelilingi oleh empat atom O dan sebaliknya. Struktur kristal wurtzite berbentuk hexagonal karena ada dua belas ion oksigen ( $O_2$ ) di setiap sudut atas dan bawah, membentuk prisma hexagonal. Setiap ion  $Zn^{2+}$  dan  $O_2$

memiliki pusat tetrahedral untuk keempat ion tetangganya ( Susanti, dkk.,2013). Parameter kisi ZnO untuk struktur wurtzite pada suhu 300k adalah  $a = 3,2495 \text{ \AA}$ ,  $c = 5,2069 \text{ \AA}$  dan  $Z = 2$  (Xie, dkk., 2012).

ZnO memiliki berbagai keunggulan, antara lain memiliki celah pita energi yang lebar, sifat optik yang menarik, struktur kimia yang stabil, tidak bersifat toksik, dan harga yang ekonomis (Kanade, dkk.,2006) (Muthirulan, dkk.,2013). Selain itu, ZnO menunjukkan ketahanan yang jauh lebih baik terhadap kerusakan akibat radiasi dibandingkan dengan material semikonduktor umum lainnya seperti Si, GaAs, dan CdS (Sauvik, dkk.,2022). Karena aktifitas ZnO sebagai fotokatalis yang baik dan ramah lingkungan, ZnO dapat digunakan sebagai fotokatalis untuk pengotor atau degradasi limbah dalam perairan (Reizada, dkk., 2019). Dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>, ZnO mampu menyerap spektrum matahari dan kuantum cahaya lebih banyak (Anisa, dkk., 2022) dan luas permukaan ZnO yang lebih besar memungkinkan lebih banyak molekul target untuk teradsorpsi, dalam peningkatan efektivitas reaksi fotokatalitik (Sutanto, dkk., 2015).

Dalam hal degradasi fenol, ZnO juga menunjukkan kemampuan untuk didegradasi 14% lebih efisien daripada TiO<sub>2</sub> dengan degradasi 7% dalam waktu dua jam (Anju, dkk., 2012). Neppolian, dkk., (1999) juga menunjukkan bahwa ZnO lebih baik daripada TiO<sub>2</sub> dalam mengurangi warna tekstil. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa ZnO memiliki ukuran partikel yang lebih kecil daripada TiO<sub>2</sub>, yang mengakibatkan penyerapan cahaya yang lebih besar dari ZnO. Menurut penelitian yang telah diuraikan, semikonduktor ZnO sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai fotokatalitis.

### 2.3 Modifikasi Semikonduktor

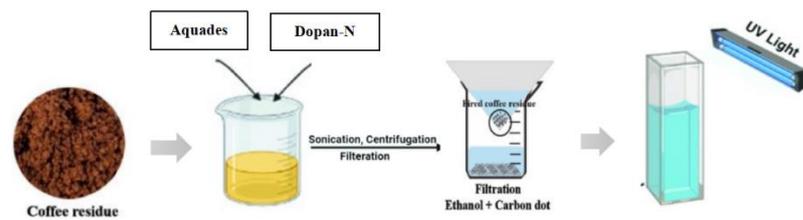
Banyaknya keuntungan ZnO sebagai material fotokatalis, selain dipilih karena memiliki kelebihan ZnO juga memiliki kelemahan seperti memiliki *band gap* lebar yaitu 3,2 eV, sehingga untuk memaksimalkan aktivasnya harus diturunkan energi *band gap*nya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalitik ZnO yaitu mengkomposisikan dengan bahan lain. Penelitian sebelumnya telah memodifikasi fotokatalis ZnO dengan Carbon Dot (CD) karena kemampuannya dalam membawa muatan energi foton. Selain itu ZnO juga memiliki luas permukaan yang kecil sehingga perlu untuk mengoptimalkannya dalam memperluas permukaan fotokatalis. Pada penelitian ini ZnO didapat pada toko bahan kimia terdekat.

#### 2.3.1 Input Carbon - Dot Ampas kopi Doping-N

Perkembangan pemanfaatan ZnO mulai meningkat pesat untuk memaksimalkan aktivitasnya fotokatalitik. Salah satunya yaitu pengomposisi dengan bahan lain dengan menggabungkan dua atau lebih material semikonduktor untuk membentuk bahan komposit. Salah satu material semikonduktor yang dapat digunakan adalah Carbon Dots (C-Dots) yang tergolong material baru dari keluarga karbon, memiliki ukuran lebih kecil dari 10 nm, dibentuk oleh polimerisasi rantai karbon (Saraswati, dkk.,2015). Cdot telah menjadi topik yang paling banyak dibicarakan para peneliti dalam dekade terakhir karena sifatnya yang unik, yaitu, fluoresensi yang kuat, tidak larut dalam air, dan tidak beracun. Atribut ini memungkinkan Cdot untuk memiliki berbagai aplikasi potensial, seperti

fotokatalis, optoelektronik, tinta, sensor, sensor kimia, pencitraan biologis, dan deteksi logam berat (M. P. Aji, dkk., 2016)(Y. Liu, dkk., 2016) (C. L. Li, dkk., 2014).

Salah satu parameter yang diukur dalam karakteristik sifat CDs adalah besarnya lebar celah pita energi (band gap), stabilitas yang tinggi dan ketahanan (resistansi) yang luar biasa terhadap cahaya dan degradasi kimia, high quantum yield, pergeseran Stokes yang besar, larut dalam air, dan low toxic (Liu, dkk., 2019). CDs dilihai karena memiliki karakteristik yang mirip dengan semikonduktor ZnO. Carbon dot berpotensi menjadi material semikonduktor lain karena memiliki struktur dan komposisi yang unik (Tuerhong, dkk., 2017). Peningkatan konsumsi kopi yang terjadi di Indonesia mengakibatkan limbah ampas kopi juga meningkat (ICO, 2022). Karena dampak buruknya terutama bagi lingkungan sehingga pada penelitian sebelumnya limbah ampas kopi dijadikan sebagai bahan utama pembuatan carbon dot. Ampas kopi berpotensi untuk dimanfaatkan kembali karena mengandung karbon 47,8-58,9%, nitrogen 1,9-2,3%, abu 0,43- 1,6%, dan selulosa 8,6% (Caetano, 2012). Ampas kopi memiliki sifat yang sedikit asam yaitu berkisar 6,2 pada skala pH (Cruz, dkk., 2012). Pemecahan limbah ampas kopi menjadi carbon dot dilakukan menggunakan metode sonikasi (Arum, 2018) dan dikombinasikan dengan metode pemasanan serta pengadukan (stirring) yang merujuk pada penelitian Sung Jung Park (2022) yang berhasil mendapatkan puncak emisi 460 nm (biru kehijauan/cyan) serta bentuk partikel seragam yang berukuran antara 6-7 nm dengan nilai quantum yield sebesar 11%.



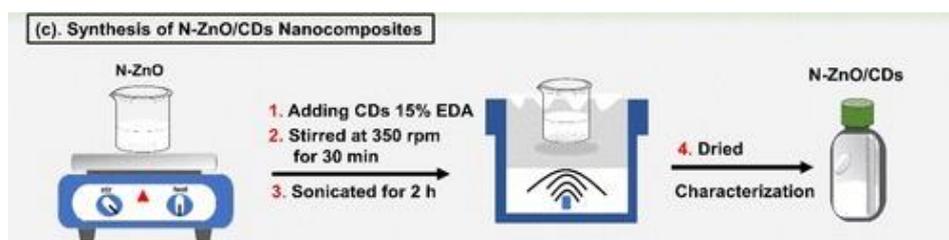
Gambar 2.6 Skema Pembuatan Karbon dot ampas kopi (Sung, dkk., 2022)

Salah satu untuk meningkatkan kualitas carbon dot yaitu doping. Tujuan doping adalah untuk memodifikasi struktur, sifat elektrik, dan sifat optik dari bahan tersebut (Wilson, 1965). Dalam meningkatkan efisiensi pada penelitian terdahulu di lakukan doping heteroatom seperti nitrogen (N) yang merupakan salah satu penentuan pemilihan doping yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu berdasarkan nilai band gap, Meskipun band gap terkecil diperoleh pada CD - B sebesar (3,27 eV) sedangkan CD - N sebesar (3,28 eV). Carbon dot doping N dipilih karena tingkat toksinitasnya.

### 2.3.2 Sintesis Nanokomposit ZnO/N-CDs Dari Ampas Kopi

Berdasarkan penjelasan diatas, ZnO/C-Dots disintesis menggunakan satu langkah yang mudah dengan memodifikasi rasio konsentrasi dari dua komponen material. Pertama, larutan N-CD yang sudah disiapkan sebelumnya dicampur dengan ZnO, didispersikan dalam 10 mL etanol, dan diaduk pada kecepatan 350 rpm selama 30 menit pada suhu ruangan, kemudian campuran tersebut disonikasi dalam bak ultrasonik selama 2 jam. Akhirnya, nanokomposit ZnO/N-CDs yang dihasilkan dikeringkan dan disimpan dalam wadah untuk digunakan dan dikarakterisasi lebih lanjut. Dengan adanya perubahan nilai band gap yang semakin mengecil, nanopartikel ZnO/N-CDs yang telah disintesis berpotensi untuk

dijadikan sebagai fotokatalis dalam proses degradasi zat warna pada limbah tekstil yang berbahaya bagi lingkungan perairan. Pada penelitian sebelumnya sintesis nanokomposit ZnO/N-CDs dilakukan dengan metode hidrotermal (Dinda et.al 2023) yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Kemudian dilakukan pengulangan yang sama dengan variasi komposisi.



Gambar 2.7 Skema sintesis ZnO/C-Dots (Dinda et.al 2023)

## 2.4 Karakterisasi

### 2.4.1 X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) digunakan untuk analisis komposisi fasa atau senyawa pada material dan juga karakterisasi kristal, parameter lainnya, seperti ukuran butir rata-rata, regangan dan cacat kristal. Prinsip dari XRD yaitu ada sinar - X yang terdifraksi oleh bidang kristal akan menghasilkan pola difraksi yang digunakan untuk menentukan susunan partikel pada pola padatan ( Goldberg, dkk., 2004).

Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, sebagian berkas akan diabsorpsi dan ditransmisikan, sementara sebagian lagi dihamburkan terdifraksi. Intensitas sinar-X yang ditransmisikan akan lebih kecil daripada intensitas sinar datang karena adanya penyerapan oleh bahan dan penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang ditransmisikan

mengalami fenomena saling menghilangkan atau menguatkan antara satu sama lain karena perbedaan atau kesamaan fasenya. Berkas sinar-X yang menguatkan disebut sebagai berkas difraksi. Difraksi cahaya oleh kisi atau kristal dapat terjadi apabila memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu  $1 \text{ \AA}$  (Sasti, 2011).

Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari penembakan logam dengan elektron berenergi tinggi. Elektron tersebut mengalami perlambatan saat masuk ke dalam logam sehingga menyebabkan elektron pada kulit logam terpelebar membentuk kekosongan. Elektron dengan energi yang lebih tinggi masuk ke tempat kosong dengan memancarkan kelebihan energinya sebagai foton sinar-X. Ilustrasi difraksi sinar-X pada bidang kristal dapat dilihat pada gambar 2.8 dimana sinar-X yang datang sama dengan sinar yang didifraksikan, hal ini sesuai dengan hukum Bragg yaitu:

$$n \lambda = 2d \sin \theta \dots \dots \dots (2.1)$$

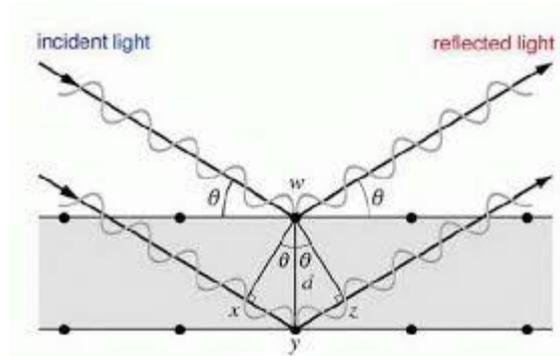
Keterangan:

$n$  : bilangan bulat sebagai orde pembiasan

$\lambda$  : panjang gelombang sinar-X yang digunakan

$d$  : jarak antara dua bidang kisi

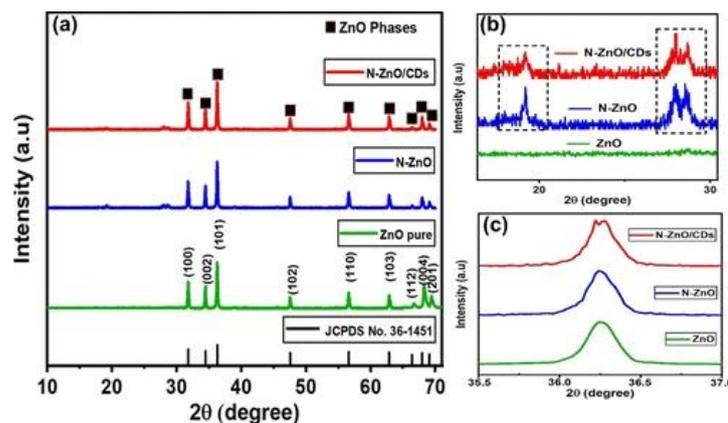
$\theta$ : sudut antara sinar datang dengan bidang norm



Gambar 2.8 Difraksi Sinar X pada bidang atom (Munasir, dkk., 2012)

Informasi yang diperoleh dari data sinar-X meliputi: lokasi puncak difraksi yang menggambarkan parameter kisi ( $a$ ), jarak antar bidang ( $d_{hkl}$ ), struktur kristal, serta orientasi sel satuan; intensitas relatif puncak difraksi yang menunjukkan posisi atom dalam sel satuan; dan profil puncak yang memberikan informasi mengenai ukuran kristal serta tingkat ketidaksempurnaan struktur (Munasir, dkk., 2012).

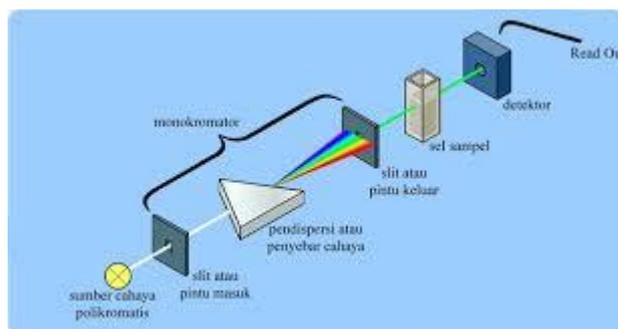
Pola difraktogram menampilkan rangkaian puncak-puncak dengan intensitas yang bervariasi sepanjang rentang  $2\theta$ . Setiap atom yang diiradiasi dengan sinar-X menghasilkan pola difraktogram yang khas dan berbeda satu sama lain. Penelitian (Dinda, dkk., 2023) yang mensintesis N-ZnO/C-Dots menghasilkan spektra XRD dengan kemunculan puncak yaitu (100), (002), (101), (102), (110), (103), (200), (112), dan (201). Sedangkan puncak difraksi terkuat pada nilai  $2\theta$  sebesar  $31,8^\circ$ ,  $34,4^\circ$ ,  $36,2^\circ$ ,  $47,5^\circ$ ,  $56,6^\circ$ ,  $62,8^\circ$ ,  $66,4^\circ$ ,  $67,9^\circ$ , dan  $69,1^\circ$ .



Gambar 2.9 Spektra XRD N-ZnO/CDs ( Dinda, dkk., 2023)

## 2.4.2 Spektrometer UV-Vis

Spektrometer UV-Vis digunakan untuk mengkaji sifat absorpsi material dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (mulai sekitar 200 nm) hingga mencakup seluruh rentang panjang gelombang cahaya tampak (hingga sekitar 700 nm). Spektrofotometri UV-Vis umumnya diaplikasikan dalam analisis kimia untuk mendeteksi berbagai senyawa (baik padat maupun cair) berdasarkan sifat absorbansi fotonya. Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah ketika cahaya monokromatik melewati suatu media (larutan), sebagian cahaya akan diserap ( $I$ ), sebagian dipantulkan ( $I_r$ ), dan sebagian lainnya diteruskan ( $I_t$ ). Data analitik dapat dinyatakan dalam bentuk transmitansi, absorbansi, atau kapasitas penyerapan energi (Abdullah, 2010).



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Spektrofotome UV-Vis (Owen, dkk.,2010)

Energi band gap ZnO murni adalah sebesar 2,3 eV. Penambahan komposisi C-Dots dilaporkan dapat memperkecil band gap ZnO karena terbentuknya tingkat energi baru yang memfasilitasi proses eksitasi elektron. Dasar pengukuran spektrofotometer ini mengacu pada hukum Lambert-Beer, yaitu ketika cahaya monokromatis dilewatkan melalui media transparan, maka intensitas cahaya yang ditransmisikan akan mengalami perubahan sebanding dengan tebal dan kepekaan media larutan yang digunakan berdasarkan persamaan berikut (Damayanti, 2020):

$$A = \log \frac{I_0}{I} \text{ atau } A = a \cdot b \cdot c \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$A$  = absorbansi

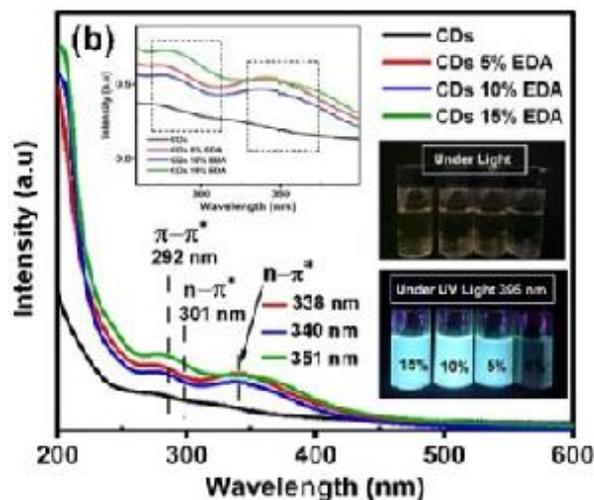
$a$  = koefisien serapan molar

$b$  = tebal media cuplikan yang dilewati sinar

$c$  = konsentrasi unsur dalam larutan cuplikan

$I_0$  = intensitas sinar mula-mula

$I$  = intensitas sinar yang diteruskan



Gambar 2.11 Absorbansi N-ZnO/C-Dots (Dinda, dkk., 2023)

Biasanya, absorbansi N-ZnO diamati pada rentang panjang gelombang sekitar 420 nm di wilayah ultraviolet (UV) dan 441 nm (N-ZnO/CDs). Dalam gambar 2.11 menunjukkan. Dalam studi spektroskopi UV-Vis, nanopartikel ZnO menunjukkan puncak serapan yang kuat pada panjang gelombang ini karena energi foton UV sesuai dengan energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi ZnO.

#### 2.4.3 Analisis Sifat Listrik ( Inductance, Capacitance, and Resistance Meter (LCRMeter)

LCR meter merupakan sebuah instrumen elektronik yang digunakan untuk mengukur induktansi (L), kapasitansi (C), dan resistansi (R). Selain menampilkan karakteristik listrik ini, meter LCR juga biasanya dapat menampilkan impedansi (Z), sudut fasa ( $\theta$ ), faktor disipasi (D), faktor kualitas (Q), dan equivalent series resistance (ESR). Beberapa LCR meter menampilkan penerimaan dan komponennya, konduktansi dan susceptansi. LCR meter mengukur impedansi komponen atau sirkuit pada terminalnya. Hal ini biasanya dilakukan dengan

menerapkan bentuk gelombang sinusoidal pada frekuensi tertentu dan mengukur arus sinusoidal yang dihasilkan bersama dengan perbedaan fasa antara tegangan yang diberikan dan arus yang dihasilkan. Meteran kemudian menghitung impedansi dari pengukuran ini.

Konduktivitas listrik suatu material dapat diketahui menggunakan alat uji LCR Meter. Konduktivitas listrik  $\sigma$  digunakan untuk menentukan karakter listrik suatu material. Ini hanyalah kebalikan dari resistivitas, atau dapat dinyatakan dalam persamaan (Callister Jr and Rethwisch 2018):

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots(2.2)$$

dan merupakan indikasi kemudahan bahan yang mampu menghantarkan arus listrik. Satuan untuk  $\sigma$  adalah ohm-meter  $[(\Omega\text{m})^{-1}]$ . Satuan SI untuk konduktivitas listrik adalah siemens per meter (S/m), di mana  $1\text{S/m}=1(\Omega\text{m})^{-1}$

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah eksperimen dengan variabel yang dikehendaki dan pengujian karakteristik. Sampel yang digunakan adalah komposisi ZnO/CDs terdoping nitrogen (N). Analisis fasa didasarkan hasil XRD. Analisis panjang gelombang serapan dan energi gap didasarkan hasil uji spektrofotometer UV-Vis. Analisis konduktivitas didasarkan hasil LCR Meter. Analisis kemampuan fotodegradasi methyl orange didasarkan pada hasil pengamatan perubahan warna pendaran mengguna.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dimulai pada bulan April 2024 di Laboratorium Riset Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.3.1 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Timbangan Digital
2. Magnetic stirrer bar
3. Hotplate magnetic stirrer
4. Oven

5. Saringan/filter membran
6. Spatula
7. Gelas ukur 100 ml
8. Gelas beaker 100 ml
9. Gelas beaker 250 ml
10. Gelas beaker 500 ml
11. Sonikasi
12. Ayakan 250 mesh
13. Cawan petri
14. Erlemeyer 250 ml
15. Corong kaca 90 ml
16. Mortal dan alu
17. Filter membran 0,2  $\mu\text{m}$
18. Sentrifuge Machine

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. ZnO
2. Ethanol
3. Ampas kopi
4. Urea (  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$  )

### 3.3.3 Alat Karakterisasi

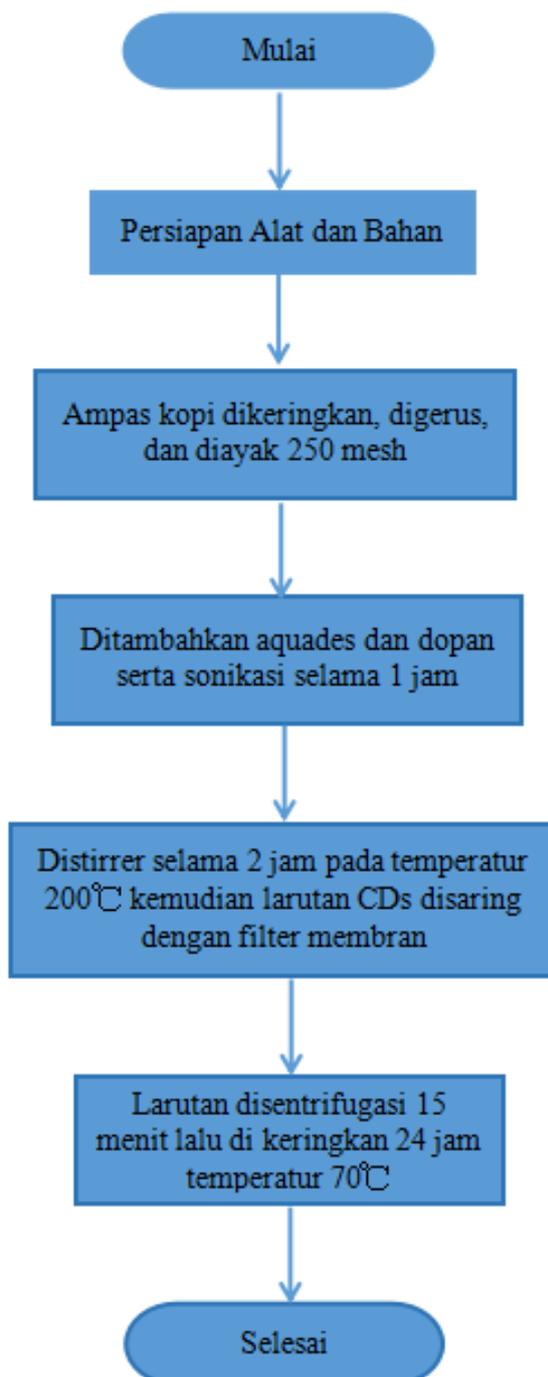
1. X-Ray Diffraction (XRD)

2. Spektrometer Ultra Violet - Visible (UV-vis)
3. Inductance, Capacitance, and Resistance Meter (LCR Meter)

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian dalam pembuatan nanokomposit ZnO/N-CDs adalah variasi komposisi dengan proses satu langkah yang mudah menggunakan sonikasi selama 2jam. Pengaruh komposisi ZnO/N-CDs dibuat berbeda dengan perbandingan (2:0, 2:1, 2:2, 2:3 (m/v)).

### 3.5 Prosedur Pembuatan N-CDs (Rikih.,2023)



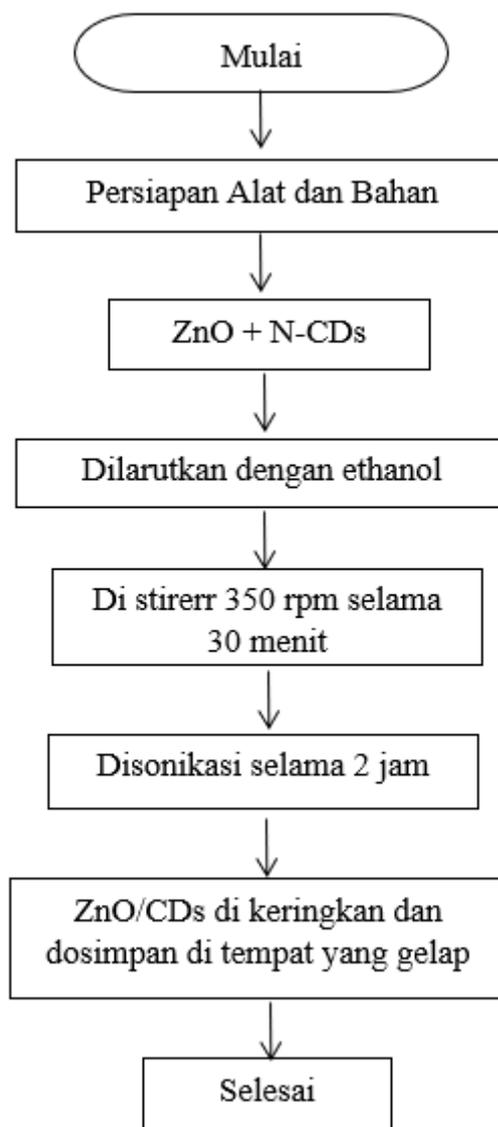
Gambar 3.1 Pembuatan N-CDs (Rikih.,2023)

### 3.5.1 Pembuatan N-CDs

Langkah - langkah yang dilakukan dalam pembuatan N-CDs adalah sebagai berikut :

1. Ampas kopi dikeringkan menggunakan oven selama 40 menit dengan temperatur 100°C.
2. Ditumpuk hingga merata kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 250 mesh.
3. Ampas kopi yang sudah diayak kemudian ditimbang 10 gr, kemudian ditambah variasi dopant sebesar 25% berupa nitrogen (N).
4. Ditambah aquades sebanyak 100ml lalu diaduk hingga merata lalu disonikasi selama 1 jam.
5. Dilakukan pengadukan (stirring) menggunakan magnetic stirrer selama 2 jam dengan temperatur 200°C.
6. Ditambah ethanol 70% sebesar 50ml.
7. Setelah tercampur, larutan disaring menggunakan filter membran agar residu dan Cds terpisah
8. Dilakukan sentrifugasi selama 15 menit untuk meminimalisir adanya bulk material pada larutan CDs.
9. Dikeringkan larutan CDs pada temperatur 70°C selama 21 jam.

### 3.6 Pembuatan Nanokomposit ZnO/N-CDs Ampas kopi



Gambar 3.2 Pembuatan ZnO/N-CDs (Dinda.,2022)

### 3.6.1 Pembuatan Nanokomposit ZnO/N-CDs

Langkah - langkah yang dilakukan dalam pembuatan ZnO/N-CDs adalah sebagai berikut :

1. Pada pembuatan perbandingan nanokomposit ZnO/N-CDs (2:1) dilakukan dengan menambahkan ZnO sebanyak 100mg yang didapat dari toko bahan kimia terdekat di campurkan dengan CD sebanyak 50  $\mu$ L yang sudah di buat sebelumnya.
2. Disiapkan Ethanol sebanyak 20ml. Kemudian dilakukan pengadukan selama 30 menit dengan 350 rpm pada suhu ruang.
3. Kemudian larutan dipindahkan ke ultrasonic bath untuk di sonikasi selama 2 jam.
4. Kemudian ZnO/N-CDs dikeringkan pada suhu 100°C.
5. Dilakukan pengulangan yang sama untuk dilakukan variasi komposisi dengan ZnO/N-CDs yang lain (2:2 , 2:3).
6. Masing-masing sampel diuji dengan beberapa karakterisasi seperti FTIR, spektrofotometer UV-Vis, dan XRD.

Tabel 3.1 Penamaan sampel

Perbandingan ZnO/N-CDs	Code
ZnO	ZnO
ZnO/N-CDs <sub>2:1</sub>	ZNC <sub>0,5</sub>
ZnO/N-CDs <sub>2:2</sub>	ZNC <sub>1</sub>
ZnO/N-CDs <sub>2:3</sub>	ZNC <sub>1,5</sub>

### 3.7 Karakterisasi

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengujian untuk mengetahui karakterisasi dari nanokomposit ZnO/N-CDs ampas kopi yang dihasilkan. Berikut beberapa pengujian yang dilakukan:

1. X-Ray Diffraction (XRD) Karakterisasi XRD dilakukan untuk menganalisis menganalisis struktur kristal sampel nanokomposit ZnO/N-CDs atau senyawa serta untuk mengetahui struktur kristal pada ZnO/N-CDs ampas kopi.
2. Spektrofotometer UV-Vis Karakterisasi spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan absorbansi dari sampel nanokomposit ZnO/N-CDs. Data hasil pengujian diolah menggunakan metode tauc plot agar diketahui nilai energy gap nanokomposit ZnO/N-CDs ampas kopi.
3. Inductance, Capacitance, and Resistance Meter (LCR Meter) Karakterisasi LCR - Meter digunakan untuk mengetahui konduktivitas listrik menggunakan LCR Meter Hioki 3532-50 LCR HiTESTER dengan bantuan HIOKI L2001 PINGKER PROBE.

#### 3.7.1 Rencana Analisis data

Data yang diporelah dari masing-masing pengujian kemudian dianalisis lebih lanjut. Data yang diperoleh berupa data hasil uji sifat fisis dan listrik dari nanokomposit ZnO/N-CDot. Pengujian sifat fisis dilakukan untuk mengetahui ukuran kristal. Pengujian listrik dilakukan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari sampel nanokomposit ZnO/N-CDot. Karakterisasi yang dilakukan antara lain: XRD, UV-Vis dan LCR meter.

1. Karakterisasi XRD

Dalam pembuatan sampel serbuk, sampel larutan hasil sintesis dipanaskan dalam oven selama dua jam agar sampel menjadi serbuk. Kemudian, serbuk ZnO/dot karbon diuji, dan pola XRD digunakan untuk menentukan fasa yang terbentuk. Ukuran kristal dapat ditentukan berdasarkan difraktogram yang diperoleh dari hasil XRD dengan persamaan Debye-Scherrer.

Tabel 3.2 Rencana Analisis XRD

No	Sampel	2 $\theta$	Intensitas a.u.
1.	ZnO		
2.	ZNC <sub>0,5</sub>		
3.	ZNC <sub>1</sub>		
4.	ZNC <sub>1,5</sub>		

## 2. Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis

Sampel larutan hasil sintesis diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil karakterisasi UV-Vis (spektrum absorbansi) dapat digunakan untuk menghitung energi gap. Besarnya energi gap dapat dihitung menggunakan metode Tauc Plot. Berikut langkah-langkah dalam menentukan nilai energi gap dengan metode Tauc Plot:

1. Nilai panjang gelombang ( $\lambda$ ) dari hasil uji spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menentukan energy foton ( $h\nu$ ) dengan menggunakan persamaan:

$$H\nu = \frac{1240}{\lambda} \dots\dots\dots(3.1)$$

2. Nilai absorbansi (A) dari hasil uji digunakan untuk mengetahui nilai  $\alpha$  pada persamaan:

$$\alpha = 2,303 \times A \dots\dots\dots(3.2)$$

3. Nilai energi gap dihitung dengan memasukkan nilai dan  $h\nu$  kedalam persamaan:

$$(\alpha h\nu)^2 \dots \dots \dots (3.3)$$

4. Dibuat plot grafik antara  $h\nu$  dan  $(\alpha h\nu)^2$  untuk mengetahui band gap direct. Dari masing-masing plot yang diperoleh akan menunjukkan garis lurus pada daerah tertentu. Ekstrapolasi dari garis lurus ini akan mengintersepsi pada sumbu  $h\nu$  untuk memberikan nilai energi gap.

Tabel 3.3 Rencana Analisis Data Spektrofotometer UV-Vis

No	Sampel	Energi Gap (eV)
1.	ZnO	
2.	ZNC <sub>0,5</sub>	
3.	ZNC <sub>1</sub>	
4.	ZNC <sub>1,5</sub>	

### 3. Uji Sifat Listrik Menggunakan LCR Meter

Karakterisasi pengujian LCR meter dalam penelitian ini untuk mengetahui sifat konduktivitas listrik dari sampel, setelah didapat nilai konduktivitas di buatlah grafik menggunakan software origin 2018. Berikut rencana analisis yang akan dilakukan:

Tabel 3.4 Rencana Analisis Data LCR Meter

No	Sampel	Konduktivitas Listrik (S/cm)
1.	ZnO	
2.	ZNC <sub>0,5</sub>	
3.	ZNC <sub>1</sub>	
4.	ZNC <sub>1,5</sub>	

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui nilai konduktivitas listrik dari sampel sebagai berikut (Callister & Rethwisch, 2018):

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{AR} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana,

$\sigma$  = konduktivitas (S/cm)

$\rho$  = resistivitas listrik ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )

A = luas sampel ( $\text{cm}^2$ )

$l$  = ketebalan sampel (cm)

R = resistansi ( $\Omega$ )

### 3.8 Uji Aktivitas Fotokatalis ZnO/C-Dots terhadap *Methyl Orange*

#### 3.8.1 Pembuatan Larutan Induk *Methyl Orange*

Pembuatan larutan induk *methyl orange* 100 ppm dibuat dengan cara melarutkan 0,01 gram serbuk *methyl orange* dilarutkan dalam 100 mL aquades dalam gelas kimia. Selanjutnya secara kualitatif larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditanda bataskan, sehingga diperoleh larutan induk 100 ppm dalam 100ml.

#### 3.8.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Zat Warna

Nilai absorbansi larutan zat warna 10 ppm diukur dengan spektrofotometer visible pada panjang gelombang 350-700 nm untuk menentukan panjang gelombang maksimum. Selanjutnya, grafik menunjukkan hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang.

### 3.8.3 Pembuatan Larutan Standart

Larutan standar dibuat dengan mengambil larutan induk dalam jumlah 0,6, 0,4, 1, 1,2, dan 1,4 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 10 ml dan diencerkan dengan aquades hingga ada tanda baca (tanda etsa). Konsentrasi larutan standar adalah 6, 8, 10, 12, dan 14 ppm, dan absorbansi masing-masing larutan diukur dengan Spektrofotometer Visible pada panjang gelombang maksimum. Kurva kalibrasi kemudian dibuat.

Tabel 3. 5 Data Hasil Pengukuran Larutan Standart

No	Konsentrasi Larutan Standart (ppm)	Absorbansi
1		
2		
3		
4		
5		

### 3.8.4 Pengukuran variasi komposisi

Larutan methyl orange 100 ppm dimasukkan ke dalam 100 mL erlenmeyer, dan kemudian ditambahkan komposisi sampel serbuk nanokomposit (ZnO), (ZNC<sub>(0,5)</sub>), (ZNC<sub>(1)</sub>), dan (ZNC<sub>(1,5)</sub>). Alat pengaduk magnet digunakan untuk mengaduk campuran selama sepuluh menit. Dilakukan penyaringan dengan kertas saring. Absorbansi fitrat diukur menggunakan Spektrofotometer Visible. Setiap tes diulang tiga kali. Untuk mengetahui kinetika degradasi dan kinetike degradasi fotokatalis.

$$\ln \frac{C_0}{C} = kt \dots \dots \dots (3.3)$$

$$\text{Efisiensi degradasi} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \dots \dots \dots (3.4)$$

Tabel 3.6 Hasil pengukuran variasi komposisi nanokomposit

Sampel	Konsentrasi ppm		
	1	2	3
Z			
ZNC <sub>0,5</sub>			
ZNC <sub>1</sub>			
ZNC <sub>1,5</sub>			

Tabel 3.7 Hasil pengukuran Efisiensi variasi komposisi nanokomposit

Sampel	Efisiensi Degradasi Fotokatalis		
	1	2	3
Z			
ZNC <sub>0,5</sub>			
ZNC <sub>1</sub>			
ZNC <sub>1,5</sub>			

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Data Hasil Penelitian**

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan material nanokomposit berbahan dasar ZnO dengan CD ampas kopi yang telah didoping Nitrogen (N) yang dilakukan di Laboratorium Riset Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penggunaan metode yang dilakukan dalam proses pembuatan ZnO/N-CDs yaitu metode sonikasi dengan variasi komposisi ZnO 100 mg dengan N-CDs 50 mg, N-CD100 mg, N-CDs 150 mg. Seluruh sampel akan digunakan sebagai material degradasi methyl orange. Seluruh sampel nanokomposit ZnO/N-CDs akan dikarakterisasi menggunakan UV-Vis, XRD dan LCR Meter.

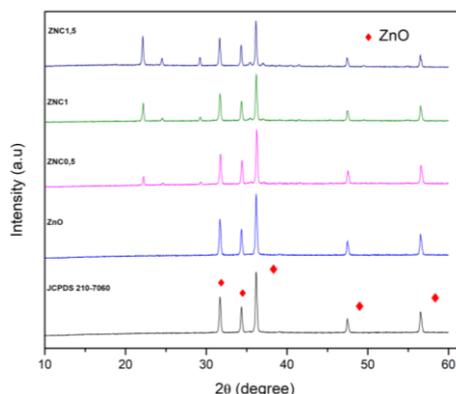
Tahap pertama yang dilakukan adalah pembuatan N-CDs yang berasal dari limbah ampas kopi yang dikeringkan dengan temperature 100°C selama 1 jam. Limbah ampas kopi yang sudah kering ditimbang sebesar 10 gr dan dicampur dengan 100 ml akuades serta ditambahkan variasi doping berupa nitrogen (N) sebesar 2,5 gr. Larutan ampas kopi disonikasi selama 1 jam kemudian diaduk (stirring) dengan kecepatan 350 rpm pada temperatur 200°C selama 2 jam (Sung, dkk. 2022) (Rikih, 2023). Selanjutnya larutan disaring menggunakan filter membran 0,2  $\mu\text{m}$ . Hasil penyaringan disentrifugasi selama 15 menit untuk menghilangkan adanya bulk material. Setelah disentrifugasi, larutan dikeringkan dengan temperatur 70°C selama 21 jam. Pembuatan penambahan perbandingan ZnO pada nanokomposit ZnO/N-CDs (2:1) dilakukan dengan menambahkan ZnO sebanyak 100 mg kemudian dicampurkan dengan CDs sebanyak 50 mg yang sudah

dibuat sebelumnya. Kemudian ditambahkan ethanol sebanyak 20ml sebelum dilakukan pengadukan selama 30 menit dengan 350 rpm pada suhu ruang. Kemudian larutan hasil pengadukan dipindahkan ke ultrasonic bath untuk di sonikasi selama 2 jam. Kemudian ZnO/N-CDs dikeringkan pada suhu 100°C. Proses yang sama dapat dilakukan dalam pengulangan yang sama untuk dilakukan variasi komposisi dengan ZnO/N-CDs yang lain (2:2, 2:3).

Zat warna yang digunakan dalam proses fotokatalis adalah methylene orange. Proses fotokatalis dilakukan dengan menggunakan reaktor fotokatalis sederhana, sedangkan untuk menganalisis penurunan konsentrasi degradasi sampel secara kuantitatif digunakan instrumen spektrofotometer UV.

#### 4.1.1 X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi dengan metode XRD dilaksanakan di Laboratorium Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Radiasi yang digunakan dalam pengujian ini adalah Cu K-alpha dengan panjang gelombang  $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$ . Tujuan dari karakterisasi XRD adalah untuk mengidentifikasi fase-fase yang terbentuk pada sampel ZnO, ZNC<sub>0,5</sub>, ZNC<sub>1</sub>, dan ZNC<sub>1,5</sub>. Data hasil karakterisasi XRD disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan korelasi antara intensitas dengan sudut difraksi  $2\theta$ . Pola difraksi XRD untuk nanokomposit ZnO/N-CDs yang dibuat dari ampas kopi dengan berbagai variasi komposisi N-CDs dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik XRD

Grafik berwarna hitam menunjukkan puncak difraksi dari ZnO pada  $2\theta = 31,847^\circ, 34,550^\circ, 36.354^\circ, 47.694^\circ, 56,745^\circ$  yang konsisten dengan struktur wurtzite heksagonal dicocokkan dengan data standar JCPDS No. 210-7060. Terlihat pada gambar 4.1 hasil analisis XRD pada sampel ZnO sesuai dengan data JCPDS yang memiliki struktur wurfzite. Pada penelitian sebelumnya fasa karbon dot berupa amorf pada puncak yang berkisar antara  $10-35^\circ$  (Rikih dkk., 2024). Berdasarkan gambar 4.1 terlihat bahwa hasil analisis XRD pada sampel CD memiliki struktur amorf pada rentang  $10-35^\circ$ . Sedangkan sampel CD-N, memiliki struktur kristal dengan ditandai adanya puncak yang menunjukkan kisi kristal dari bahan dopan yang digunakan pada proses sintesis.

Ukuran kristal pada sampel dapat dihitung menggunakan persamaan *scherrer*:

$$D = \frac{k \lambda}{\beta \cos \theta} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dengan D adalah ukuran kristal, k merupakan konstanta 0,94 dan  $\lambda$  bernilai 0,15418 nm. dengan  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X ( $\text{Cu} = 1,5406 \text{ \AA}$ ),  $\theta$  adalah

sudut difraksi Bragg dan  $\beta$  adalah FWHM merupakan nilai (*Full Widht Half Maximum*). Perhitungan ukuran kristal ditunjukkan pada perhitungan 4.1.

Tabel 4.1 Kualitas Ukuran kristal ZnO dan nanokomposit ZnO/N-CDs

No	Sampel	D (nm)
1.	ZnO	38.051
2.	ZNC <sub>0,5</sub>	41.873
3.	ZNC <sub>1</sub>	40.410
4.	ZNC <sub>1,5</sub>	37.140

Dengan menggunakan software Xpert dapat dihitung parameter kisinya yang ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.2 Parameter kisi ZnO dan variasi komposisi ZnO/N-CDs

No	Sampel	Parameter kisi a (Å)	Parameter kisi b (Å)	Vol (Å <sup>3</sup> )
1.	Z	3.2490	5.2060	47,601
2.	ZNC <sub>0,5</sub>	3.2490	5.2040	47,57
3.	ZNC <sub>1</sub>	3.2500	5.2070	47,64
4.	ZNC <sub>1,5</sub>	3.2490	5.2060	47,601

Tabel 4.3 menunjukkan nilai parameter kisi dari ZnO/N-CDs. Parameter kisi merupakan jarak antara sel unit dalam segala arah yang ada pada sampel. Nilai parameter kisi a dan b untuk ZnO murni adalah 3.24 Å dan 5.20 Å (a = 3.249 Å dan b = 5.207 Å dari ICDD 96-230-0451). Dengan penambahan komposisi berupa N-CDs, nilai parameter kisi a dan b meningkat menjadi 3.2490 Å dan 5.2060 Å. Tabel 4.3 juga menunjukkan bahwa nilai parameter kisi dari ZnO/N-CDs semakin turun ketika komposisi yang diberikan semakin tinggi.

#### 4.1.2 Spektrofotometer UV-Vis

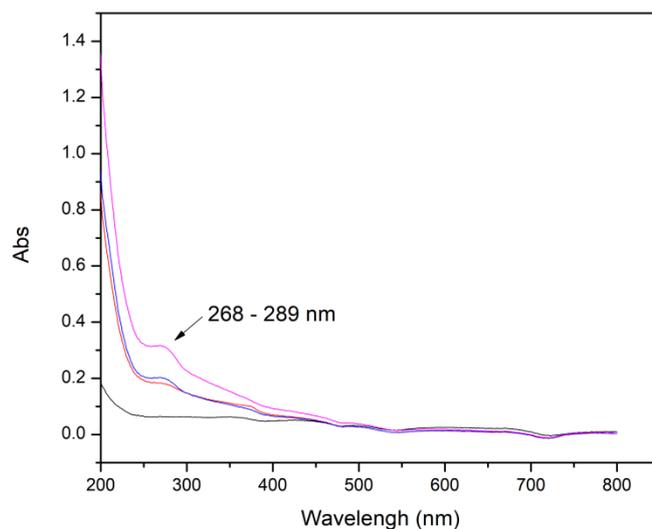
Analisi dari uji UV-Vis menghasilkan nilai panjang gelombang absorbansi sampel dan panjang gelombang yang dihasilkan pada sampel. Pengujian sampel ini

menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Kimia UIN Malang. Hasil uji uv-vis berupa spektrum hubungan panjang gelombang dan nilai absorbansi.

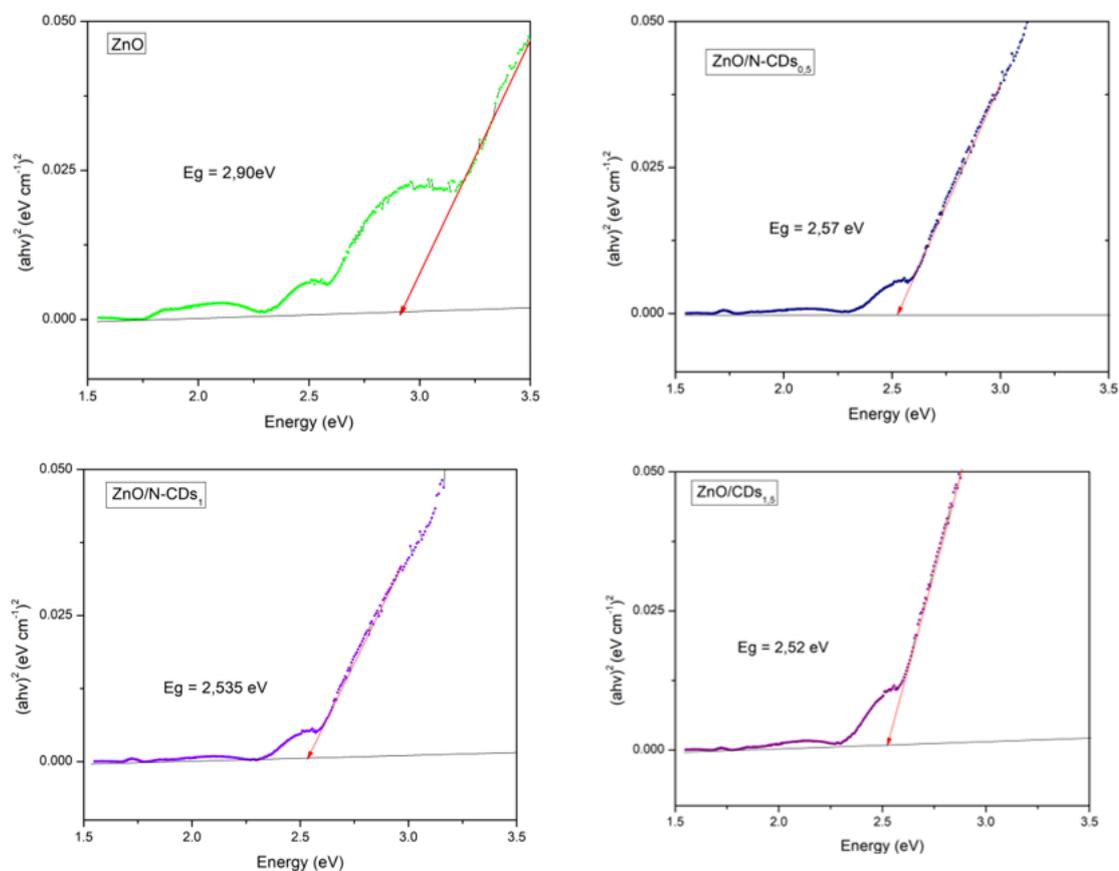
Penyerapan energi oleh nanopartikel terdapat pada rentang 200-800 nm yang di tunjukkan pada gambar 4.2. Pada penelitian ini, absorbansi sampel N-CDs mempunyai puncak absorbansi antara panjang gelombang 268 - 289 nm. Puncak pada panjang gelombang 268 - 289 nm mengindikasikan adanya transisi eksitasi dari  $\pi-\pi^*$ . Sedangkan garis merah merupakan garis ekstrapolasi untuk mengetahui bandgap yang dihasilkan menggunakan metode *tauc plot*. Nilai *band gap* juga dapat diketahui menggunakan persamaan:

$$E_g = \frac{h c}{\lambda} \dots\dots\dots(4.2)$$

dengan  $E_g$  adalah energi gap,  $h$  adalah konstanta Plack ( $6,626 \times 10^{-34}$  J.s),  $c$  adalah kecepatan cahaya ( $3 \times 10^8$  m<sup>2</sup>/s) dan  $\lambda$  adalah panjang gelombang yang ditunjukkan pada puncak emisi UV. Hasil perhitungan energi gap ditunjukkan pada tabel 4.4



Gambar 4.2 Grafik absorbansi UV-Vis



Gambar 4.3 Grafik band gap a) ZnO, b) ZnO/N-CDs<sub>0,5</sub>, c) ZnO/N-CDs<sub>1</sub>, d) ZnO/N-CDs<sub>1,5</sub>

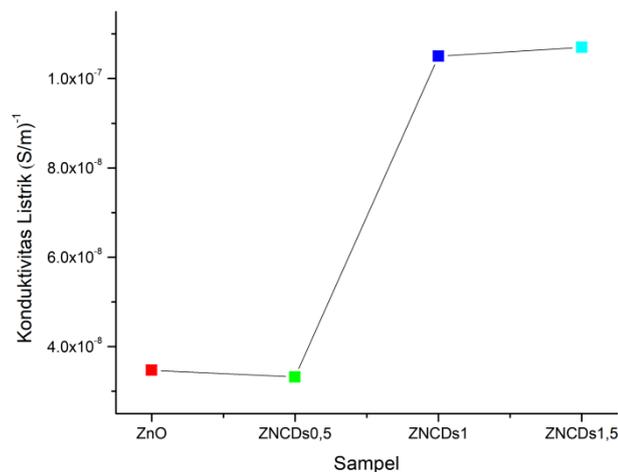
Tabel 4.3 Nilai energy Gap ZnO dan nanokomposite ZnO/N-CDs

Sampel	Energy Gap (eV)
Z	2,90
ZNC <sub>0,5</sub>	2,57
ZNC <sub>1</sub>	2,53
ZNC <sub>1,5</sub>	2,52

Pada tabel 4.3 menunjukkan hasil energi gap dari sampel ZnO dan nanokomposit ZnO/N-CDs. Data diperoleh dengan memasukkan nilai panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan absorbansi (A) pada persamaan. Sampel ZNC<sub>1,5</sub> menunjukkan nilai energi gap terkecil seiring dengan penambahan jumlah N-CDs terdapat adanya tren penurunan nilai band gap (Widiyandari, dkk., 2023).

### 4.1.3 Konduktivitas

Uji konduktivitas listrik menggunakan LCR Meter Hioki 3532-50 LCR HiTESTER dengan bantuan HIOKI L2001. Pengujian dilakukan di Laboratorium Termodinamika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengukuran sifat listrik nanopartikel ZnO dan nanokomposite ZnO/N-CDs dilakukan dengan menggunakan rentang frekuensi dari 5000 Hz hingga 3MHz. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui konduktivitas listrik pada sampel nanopartikel ZnO dan nanokomposit ZnO/N-CDs. Konduktivitas listrik nanokomposit ZnO/N-CDs dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.4 Grafik hubungan frekuensi konduktivitas AC pada sampel ZnO dan ZnO/N-CDs pada frekuensi 0,6MHz

Tabel 4.4 Nilai Konduktivitas ZnO dan nanokomposite ZnO/N-CDs

Sampel	Konduktivitas Listrik
Z	$3.47 \times 10^{-8}$
ZNC <sub>0,5</sub>	$3.32 \times 10^{-8}$
ZNC <sub>1</sub>	$1.07 \times 10^{-7}$
ZNC <sub>1,5</sub>	$1.05 \times 10^{-7}$

Berdasarkan tabel menunjukkan nilai konduktivitas listrik nanokomposit ZnO/N-CDs yang cenderung semakin meningkat dengan nilai konduktivitas tertinggi yaitu  $1,05 \times 10^{-7}$  yang diperoleh pada sampel ZNC<sub>1,5</sub>.

#### **4.2 Uji Aktivitas Fotokatalis Nanokomposit ZnO/N-CDs**

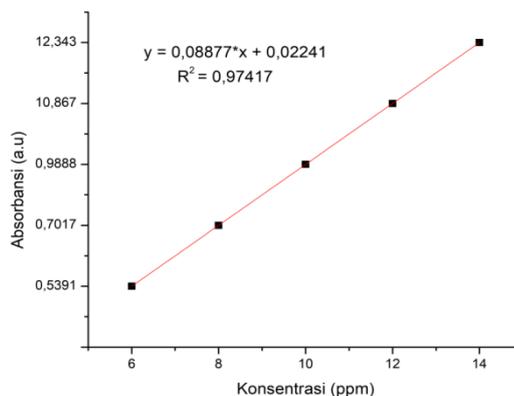
Pengujian aktivitas fotokatalis bertujuan untuk mengetahui kemampuan sampel untuk mendegradasi zat warna methylene orange. Langkah pertama yang dilakukan pada uji fotokatalis larutan methylene orange 10 ppm. Sampel nanokomposit ZnO/N-CDs ditambahkan ke dalam larutan methylene orange kemudian ditaruh pada reaktor fotokatalis yang diberi perlakuan keadaan terang dengan diberi paparan sinar UV. Sebelum dilakukan pengukuran, larutan disentrifugasi terlebih dahulu untuk memisahkan padatan katalis dari larutan. Selanjutnya, larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Tahap pengujian sampel standart yaitu pewarna tekstil methyl orange dengan lampu UV tanpa katalis (terang) dan pewarna tekstil methyl orange dengan katalis tanpa lampu UV (gelap). Hasil pengujian ini menunjukkan seberapa efektif nanokomposit ZnO/N-CDs dapat menguraikan zat warna methylene orange. Data ini penting untuk mengetahui potensi penggunaan material tersebut dalam pengolahan air limbah, terutama limbah yang mengandung zat warna dari industri.

##### **4.2.1 Pembuatan Kurva Standart Methyl Orange**

Pembuatan kurva standart dilakukan dengan membuat seri larutan standart methylene orange dengan konsentrasi 6, 8, 10, 12 dan 14 ppm. Semua variasi konsentrasi dari larutan standart tersebut diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 462 nm, kemudian dibuat grafik

hubungan antara konsentrasi larutan methylene blue dengan absorbansi seperti pada gambar 4.6.



Gambar 4.5 Kurva standart Methyl Orange

Penentuan kurva standart methyl orange dimulai dari pembuatan larutan induk methyl orange dengan 100 ppm. Kemudian dari larutan induk tersebut dibuat larutan standart dengan konsentrasi 6, 8, 10, 12, dan 14 ppm. Larutan standar diukur absorbansinya menggunakan panjang gelombang maksimu 462 nm dengan menggunakan aquades sebagai blanko.

Gambar 4.5 Menunjukkan bahwa hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan methylene orange berbanding lurus. Berdasarkan kurva standart diperoleh regresi linear ( $R^2$ ) = 0,9742 dan persamaan regresi linearnya yaitu  $y = 0,0888x - 0,0224$ . Dimana x adalah nilai konsentrasi dan y adalah nilai absorbansi yang diketahui dari pengukuran UV-Vis. Jika ditinjau dari nilai regresi linear yang hampir mendekati 1, hal ini merupakan tingginya linieritas hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi.

#### 4.2.2 Pengujian Aktivitas Fotokatalis ZnO/N-CDs terhadap methylene Orange

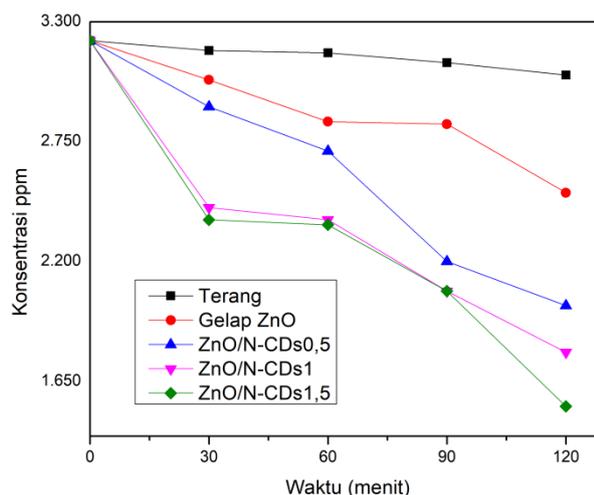
Uji aktivitas fotokatalitik dijalankan di Laboratorium Optik Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang menggunakan sistem reaktor fotokatalis dengan dimensi luas 0.16 m<sup>2</sup> yang digambarkan pada gambar 3.1. Iluminasi yang diterapkan berasal dari sumber lampu Ultraviolet (UV) dengan kekuatan intensitas 255 Lux atau sama dengan 40.8 watt dan panjang gelombang sebesar 365 nm. Parameter yang diamati dalam pengambilan data adalah absorbansi yang diukur menggunakan spektrofotometer (*Visible Spectrofotometer* AMTAST, AMV01). Kemudian dipapari sinar UV dengan beberapa rentang waktu yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit dengan pengambilan sampel setiap 30 menit. Hasil dari pengujian sampel aktivasi fotokatalis ditampilkan dalam tabel 4.6

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Konsentrasi Pewarna Tekstil methyl orange Setelah Difotokatalis.

Menit ke-	Hasil Perhitungan Konsentrasi (ppm)				
	Terang	Gelap ZnO	ZnO/N-CDs <sub>0,5</sub>	ZnO/N-CDs <sub>1</sub>	ZnO/N-CDs <sub>1,5</sub>
0	3,214	3,214	3,214	3,214	3,214
30	3,169	3,034	2,910	2,448	2,392
60	3,158	2,842	2,707	2,392	2,369
90	3,113	2,831	2,201	2,065	2,065
120	3,056	2,516	1,998	1,784	1,536

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa, ZnO dengan variasi komposisi N/CDs (0,5, 1, 1,5) dapat mendegradasi zat warna methyl orange mencapai 1,998 ppm, 1,784 ppm, dan 1,536 ppm secara berturut-turut, selain itu larutan standart yang dipapari

tanpa katalis dapat mendegradasi larutan yang ditunjukkan dengan menurunnya konsentrasi mencapai 2,516 ppm dan katalis ZnO tanpa pemaparan lampu UV juga dapat mendegradasi mencapai konsentrasi 3,056 ppm. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Waktu Fotokatalis Terhadap Nilai Konsentrasi ppm

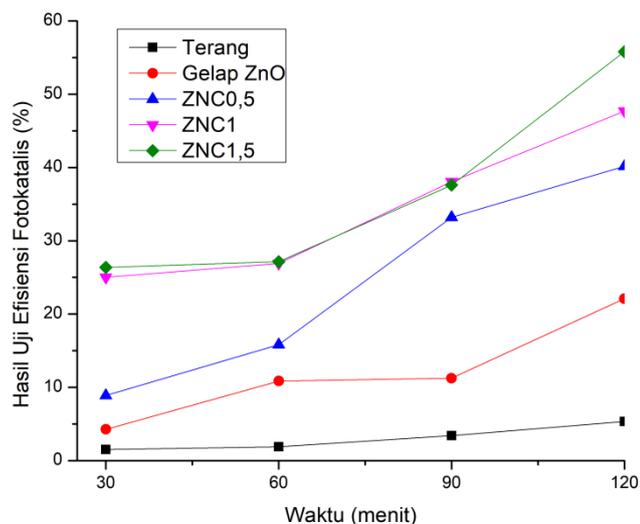
Data absorbansi juga dapat digunakan untuk menghitung nilai efisiensi fotodegradasi, dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{C_0 - C_t}{C_0} 100\% \quad (4.9)$$

Dengan  $\eta$  adalah efisiensi fotodegradasi (%),  $C_0$  adalah absorbansi awal sebelum diuji fotokatalis (ppm) dan  $C_t$  adalah absorbansi akhir setelah diuji fotokatalis.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan efisiensi fotodegradasi.

Menit ke-	Hasil Uji Efisiensi Fotokatalis (%)				
	Terang	Gelap ZnO	ZNC <sub>0,5</sub>	ZNC <sub>1</sub>	ZNC <sub>1,5</sub>
30	1,52	4,26	8,88	25,00	26,36
60	1,90	10,85	15,83	26,92	27,13
90	3,42	11,24	33,20	38,08	37,60
120	5,32	22,09	40,15	47,69	55,81



Gambar 4.7 Perbandingan Waktu Fotokatalis Terhadap Nilai Presentasi Degradasi

### 4.3 Pembahasan

Fotokatalis merupakan proses degradasi zat warna berbahaya yang banyak digunakan dalam pewarna kain dengan bantuan cahaya dan material semikonduktor ZnO sebagai katalis. Aktifitas fotokatalis ZnO dapat ditingkatkan dengan penambahan komposisi N-CDs. Pada penelitian ini CDs doping nitrogen (N) dibuat dari limbah ampas kopi dan ZnO. Setelah pembuatan N-CDs lalu dilakukan sintesis nanokomposite ZnO/N-CDs menggunakan metode sonikasi (Dinda, dkk., 2023) (Rikih 2023). Kemudian dilakukan variasi komposisi N-CDs dengan kode ZNC<sub>0,5</sub>, ZNC<sub>1</sub>, dan ZNC<sub>1,5</sub>.

Hasil pengujian XRD menunjukkan ZnO yang dibuat berbentuk *polycrystal* dan memiliki struktur *hexagonal wurtzite* dengan intensitas terletak pada bidang [110], [002], [101],[102] dan [110]. Penambahan komposisi N-CDs kedalam struktur ZnO menurunkan intensitas puncak ZnO yang berhubungan dengan pembentukan puncak nitrogen sehingga menghalangi pertumbuhan kristal ZnO dan menyebabkan kualitas kristal menurun. Kualitas material dipengaruhi oleh rendahnya nilai FWHM dan tingginya puncak intensitas yang menunjukkan

banyaknya kristal yang terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas ZnO menurun setelah dikompositkan dengan N-CDs, karena semakin tinggi nilai FWHM, maka kualitas kristal semakin rendah. Sedangkan nilai FWHM pada ZnO/N-CDs semakin menurun pada semua bidang dengan meningkatnya komposisi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan komposisi akan memperbaiki kristalisasi dari lapisan.

Pada penelitian sebelumnya fasa CDs berupa amorf pada puncak yang berkisar antara  $10-35^\circ$  sesuai dengan penelitian (Rikih., 2023). Berdasarkan gambar 4.3 terlihat bahwa hasil analisis XRD pada sampel Z,  $Zn_{0.5}$ ,  $Zn_1$ , dan  $Zn_{1.5}$  pada rentang  $20-60^\circ$  memiliki struktur kristal dengan puncak-puncak yang tajam. Hal ini mengindikasikan bahwa partikel-partikel N-CDs memiliki susunan atom yang sangat teratur atau bersifat kristal. Sedangkan sampel CD-N, memiliki struktur kristal dengan ditandai adanya puncak yang menunjukkan kisi kristal dari bahan dopan yang digunakan pada proses sintesis. Dengan menambahkan N, tingkat kekristalan dari N-CDs meningkat. Artinya, susunan atomnya menjadi semakin teratur (Ayan Pal, dkk 2018). Selain peningkatan tingkat kekristalan, penambahan nitrogen (N) juga menyebabkan perubahan parameter kisi pada struktur N-CDs. Perubahan ini terjadi karena substitusi atom karbon dengan atom nitrogen yang memiliki ukuran dan sifat elektronik berbeda, sehingga mengakibatkan distorsi struktur kristal. Parameter kisi yang berubah menunjukkan adanya modifikasi struktur kristal akibat doping nitrogen, yang dapat mempengaruhi sifat elektronik dan optik material. Pergeseran posisi puncak difraksi pada pola XRD mengkonfirmasi adanya perubahan parameter kisi ini,

dimana semakin tinggi konsentrasi nitrogen yang ditambahkan, semakin signifikan perubahan parameter kisi yang terjadi.

Berdasarkan hasil spektra UV-Vis yang ditunjukkan pada gambar 4.1 menghasilkan puncak yang menunjukkan absorbansi pada rentang antara 268-274 nm yang menandai adanya transisi eksitasi elektron dari *core state* ( $\pi \rightarrow \pi^*$ ) (Zhao, dkk., 2019). Dengan penambahan komposisi N-CDs, sampel dengan band gap terkecil ditunjukkan oleh sampel  $Zn_{1.5}C$  dengan nilai 2,52eV dan nilai energi gap tertinggi ditunjukkan oleh sampel  $Zn_{0.5}C$  dengan nilai 2,90eV. ZnO dengan penambahan komposisi N-CDs mempengaruhi besarnya energi gap. Energi gap yang kecil akan memudahkan elektron berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi, karena energi yang dibutuhkan untuk melakukan perpindahan tersebut semakin kecil. Dengan banyaknya jumlah elektron yang berpindah ke pita konduksi maka akan memperbanyak terjadinya arus listrik yang mengakibatkan besarnya konduktivitas material tersebut (Callister & Rethwisch, 2018).

Terlihat pada gambar 4.2 peningkatan nilai konduktivitas AC meningkat terutama pada frekuensi yang lebih tinggi. Perilaku semacam itu dapat dikaitkan dengan migrasi elektron yang ditingkatkan. Tampak bahwa penambahan N-CDs berperan dalam meningkatkan konduksi AC, pada daerah frekuensi tinggi (di atas  $10^4$  Hz), nilai konduktivitas AC meningkat secara linier dengan laju yang sama untuk semua sampel, yang menunjukkan mekanisme konduksi yang sama. Ketika frekuensi ditingkatkan, energi foton yang diterima material akan semakin besar, mendorong elektron untuk tereksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi, yang selanjutnya menciptakan pasangan elektron-hole. Selain itu, kehadiran N-CDs dalam ZnO menciptakan interface baru yang menginduksi pembentukan level

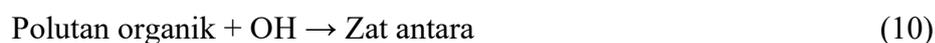
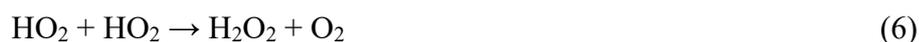
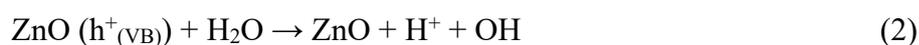
energi tambahan dalam band gap ZnO. N-CDs bertindak sebagai jembatan konduksi yang memfasilitasi transfer elektron antara partikel ZnO. Namun, interface ZnO/N-CDs juga dapat membentuk penghalang potensial lokal yang dapat menghambat aliran pembawa muatan pada kondisi tertentu, sehingga mempengaruhi konduktivitas keseluruhan.

Penambahan N-CDs mempertahankan struktur kristal wurtzite ZnO namun penambahan N-CDs berpengaruh pada perubahan ukuran kristal dan parameter kisi. Pengurangan ukuran kristal meningkatkan densitas grain boundary yang berperan sebagai jalur konduksi tambahan dan menciptakan defek kristal (vakasi oksigen dan interstisial seng) yang berfungsi sebagai donor elektron. Perubahan parameter kisi akibat interaksi interfisial ZnO/N-CDs menghasilkan strain kristal yang memodifikasi struktur pita elektronik material. Perubahan ini mempengaruhi langsung terhadap peningkatan konduktivitas AC yang diamati. Dapat dibuktikan pada penyempitan band gap yang di hasilkan pada penambahan komposisi N-CDs lebih banyak yaitu pada  $Zn_{1.5}C$  dengan nilai 2,52eV. Penyempitan band gap memfasilitasi eksitasi elektron pada energi yang lebih rendah, meningkatkan konsentrasi dan mobilitas pembawa muatan, Fenomena ini sangat terlihat pada frekuensi tinggi dimana efek polarisasi interfisial menjadi dominan dalam mekanisme konduksi.

Pengujian aktivasi fotokatalis dilakukan dengan kondisi yang berbeda, yaitu pada kondisi gelap dengan menggunakan katalis, dan kondisi terang tanpa adanya katalis. Hasil pengujian fotodegradasi pada reaksi terang tanpa katalis dan reaksi gelap dengan katalis tidak menunjukkan adanya perubahan. Fenomena ini terjadi karena fotokatalis merupakan kombinasi dari dua mekanisme, yaitu fotokimia dan

katalisis. Proses fotokimia melibatkan transformasi kimia yang dipicu oleh energi cahaya, sedangkan katalisis adalah substansi yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi kimia. Mekanisme fotokatalis berlangsung melalui eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi pada material semikonduktor saat terpapar radiasi foton. Perpindahan elektron ini menghasilkan lubang elektron (hole) yang kemudian bereaksi dengan molekul air untuk membentuk radikal hidroksil yang memiliki aktivitas tinggi dalam mendegradasi senyawa-senyawa berbahaya. Sehingga jika salah satu faktor terjadinya fotokatalis dihilangkan, maka reaksi fotokatalis tidak dapat berjalan maksimal dan proses degradasi terjadi dengan sangat lambat. Absorbansi maksimum larutan methyl orange pada kondisi terang (tanpa katalis) adalah 0,249 a.u atau setara dengan konsentrasi 3,056 ppm dan efisiensi fotodegradasi hanya mencapai 5,32%. Sedangkan absorbansi maksimum larutan methyl orange pada kondisi gelap (dengan katalis) 0,114 a.u dengan konsentrasi 1,536 ppm dan efisiensi fotodegradasi mencapai 55,81%. Presentase degradasi tertinggi ini dihasilkan pada menit ke 120 selama proses fotokatalis. Penurunan nilai absorbansi ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya dimana intensitas absorbansi menurun dengan bertambahnya waktu radiasi. Energi foton yang diserap oleh fotokatalis akan semakin banyak dengan waktu radiasi yang semakin lama. Nilai absorbansi yang meningkat menunjukkan semakin banyak senyawa organik yang terdegradasi, hal ini terjadi karena kontak antara methyl orange dan fotokatalis ZnO/N-CDs telah tercapai, sehingga dihasilkan lebih banyak radikal hidroksil (OH). Banyaknya OH yang dihasilkan menyebabkan zat warna yang akan terdegradasi semakin banyak. Di mana ZnO bertindak sebagai katalis untuk mendegradasikan methyl orange di bawah pengaruh cahaya. ZnO menyerap

energi cahaya dan menghasilkan elektron terhambur dan lubang ( hole ) yang kemudian bereaksi dengan air dan ion hidroksida, menghasilkan radikal hidroksil ( OH) yang kuat. Radikal reaksi inilah yang kemudian mendegradasikan molekul methyl orange. Mekanisme fotodegradasi senyawa organik dalam hal ini methyl orange dapat digambarkan dalam reaksi berikut :



Dengan menggunakan variasi komposisi menunjukkan bahwa efisiensi fotodegradasi semakin besar dengan meningkatnya komposisi dari nanocomposite ZnO/N-CDs pada hasil uji aktivasi fotokatalis methyl orange menggunakan kombinasi sinar UV. Hal ini disebabkan karena kristal yang terbentuk memiliki sifat yang semakin baik dengan meningkatnya temperatur seperti yang telah di tunjukkan dari berbagai macam pengujian, sehingga mempengaruhi aktivitas fotokatalisnya. efisiensi fotodegradasi maksimum terjadi pada nanocomposite ZnO/N-CDs dengan komposisi 1,5 yaitu mencapai 55,81%% pada menit ke-120.

Hal ini disebabkan karena nanocomposite ZnO/N-CDs memiliki kualitas kristal yang paling baik diantara yang lainnya yang ditunjukkan pada data XRD dan memiliki energi gap paling kecil sehingga elektron akan lebih mudah untuk bereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi untuk menghasilkan hole. Sehingga dapat disimpulkan bahwa yang mempengaruhi aktivitas fotokatalis bukan hanya daya serap yang dimiliki material tersebut tapi juga dapat dipengaruhi oleh adanya kualitas kristal, serta energi gap yang dimiliki. dan konduktivitas listrik tinggi senilai  $1.05 \times 10^{-7}$ .

#### 4.4 Fotokatalis Nanokomposit ZnO/N-CDs dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian menunjukkan telah berhasil disintesis material nanokomposit ZnO/N-CDs sebagai material fotokatalis terhadap polutan methylene orange. Adanya manfaat dari hasil komposit ini menjadikan kita sebagai manusia, khususnya umat islam harus senantiasa berpikir dan memahami mengenai sifat, karakteristik serta kemanfaatan nanokomposit ZnO/N-CDs karena Allah SWT tidak pernah menciptakan sesuatu dengan sia-sia. Hal ini sesuai dengan QS. Ali-Imran [3]: ayat [ 191 ] yang berbunyi:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا

خَلَقْتَ هٰذَا بٰطِلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah SWT sambil berdiri, duduk, atau dalam keadaan berbaring, dan memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia. Mahasuci Engkau. Lindungilah kami dari azab neraka”.

Menurut Shihab, Allah SWT menciptakan semua yang ada di langit dan bumi untuk kemashlahatan manusia. Sungguh nikmat yang diberikan Allah SWT

merupakan kekuasaan bagi orang-orang yang berpikir. Menurut Ahmad Mustafa al-Maragi Ulūl-albāb adalah orang-orang yang mau menggunakan pikirannya, mengambil faedah darinya, mengambil hidayah darinya, menggambarkan keagungan Allah SWT dan mau mengingat hikmah akal dan keutamaannya, di samping keagungan karunia-Nya dalam segala sikap dan perbuatan mereka. Salah satu implementasi dari berpikir adalah mengkajinya, termasuk mengkaji anokomposit ZnO/N-CDs yang dapat diambil manfaatnya untuk mendegradasi limbah zat warna. Pembuangan limbah pewarna secara sembarangan sangat berbahaya seiring dengan pesatnya evolusi industrialisasi. Hal tersebut dikarena dapat menimbulkan ancaman besar terhadap perlindungan kualitas air dan organisme hidup karena tingginya toksisitas sebagian besar limbah pewarna. Teknik degradasi zat warna menggunakan fotokatalis tergolong efisien karena kemampuan reduksinya yang kuat, efisiensi degradasi yang baik, dan penerapannya yang luas dalam mendegradasi molekul pewarna (Song et al., 2023). Seperti dalam firman Allah SWT QS Al-Baqarah ayat 60 yang berbunyi:

وَإِذِ اسْتَسْقَىٰ مُوسَىٰ لِقَوْمِهِ ۖ فَقُلْنَا اضْرِبْ بِعَصَاكَ الْحَجَرَ ۖ فَانفَجَرَتْ مِنْهُ اثْنَتَا عَشْرَةَ عَيْنًا قَدْ

عَلِمَ كُلُّ أَنَاسٍ مَّشْرَبَهُمْ ۖ كُلُوا وَاشْرَبُوا مِنْ رِزْقِ اللَّهِ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ

Artinya : “(Ingatlah) ketika Musa memohon (curahan) air untuk kaumnya. Lalu, Kami berfirman, “Pukullah batu itu dengan tongkatmu!” Maka, memancarlah darinya (batu itu) dua belas mata air. Setiap suku telah mengetahui tempat minumnya (masing-masing). Makan dan minumlah rezeki (yang diberikan) Allah SWT dan janganlah melakukan kejahatan di bumi dengan berbuat kerusakan”.

Menurut tafsir Wajiz, penjelasan QS Al-Baqarah ayat [13] : ayat [60] ketika Musa memohon air untuk kaumnya pada saat mereka sedang kehausan di gurun Sinai, lalu Kami berfirman kepadanya, " Pukullah batu yang ada di hadapanmu itu

dengan tongkatmu yang merupakan mukjizatmu!" Maka seketika itu memancarlah daripadanya, yaitu dari batu yang dipukul itu, dua belas mata air, sesuai dengan jumlah suku yang ada pada Bani Israil, yang merupakan keturunan dari dua belas anak Nabi Yakub. Karena itu, wahai Bani Israil, makanlah dari anugerah Allah.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Merujuk pada hasil kajian dan diskusi yang telah dijelaskan, kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Komposisi N-CDs dari ampas kopi berpengaruh signifikan terhadap struktur kristal dan energi gap nanokomposit ZnO/N-CDs. Peningkatan komposisi N-CDs menghasilkan kristal hexagonal wurtzite berkualitas tinggi dengan kualitas optimal pada  $Zn_{1,5}O$ , sambil menurunkan energi gap hingga 2,52 eV. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa variasi komposisi N-CDs dapat mengoptimalkan struktur kristal dan memodifikasi sifat elektronik material secara bersamaan.
2. Pengaruh komposisi N-CDs dari ampas kopi terhadap konduktivitas ZnO menunjukkan hasil yang signifikan, dimana konsentrasi N-CDs tertinggi (1,5) menghasilkan konduktivitas optimal sebesar  $1,05 \times 10^{-7}$  S/m. Peningkatan konduktivitas ini menunjukkan kemampuan material yang lebih baik dalam menghantarkan listrik, sehingga semakin efektif dalam memfasilitasi transfer elektron dan meningkatkan efisiensi fotokatalisis melalui pengurangan rekombinasi elektron-hole.
3. Komposisi N-CDs dari ampas kopi memberikan pengaruh positif terhadap kinerja nanokomposit ZnO/N-CDs sebagai fotokatalis dalam mendegradasi methyl orange. Komposisi optimum pada  $Zn_{1,5}O$  menghasilkan efisiensi degradasi tertinggi sebesar 55,81% dalam waktu 120 menit. Peningkatan aktivitas fotokatalitik ini terjadi karena komposisi N-CDs

mempengaruhi sifat fisik material, khususnya sifat optik yang menentukan efektivitas proses fotokatalisis.

## 5.2 Saran

Peneliti menyadari bahwa studi ini masih memiliki berbagai keterbatasan dan belum mencapai hasil yang optimal. Dengan demikian, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat disampaikan untuk pengembangan penelitian di masa mendatang, antara lain:

1. Proses aktivasi fotokatalis menggunakan lampu UV dengan panjang gelombang yang lebih rendah agar energi yang dipancarkan lebih besar serta posisi lampu UV pada reaktor fotokatalis ada yang diletakkan di atas larutan agar larutan terpapar optimum tidak terhalang dengan peralatan lain.
2. Pengujian absorbansi hasil degradasi pewarna tekstil, kuvet yang digunakan perlu dicuci bersih dengan Alkohol agar tidak mempengaruhi pengujian sampel.
3. Perlu ketelitian dan fokus pada saat melakukan sintesis serta pada penulisan laporan.

## DAFTAR PUSTAKA

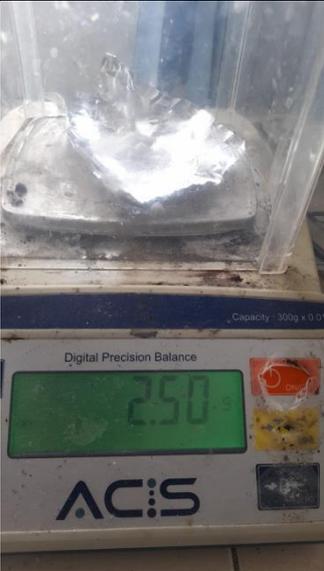
- Akhiruddin Maddu, None Zetria Zikri, & Irzaman Irzaman. (2023). Struktur dan Morfologi Nanopartikel ZnO yang Disiapkan dengan Metode Sonokimia. *TIME in Physics*, 1 (2), 51–58. <https://doi.org/10.11594/timeinphys.2023.v1i2p51-58>
- Alfian Hernowo, dan Iis Nurhasanah. “KRISTALINITAS DAN UKURAN NANOPARTIKEL ZnO YANG DIKALSINASI PADA TEMPERATUR 100°C Dan 200°C.” *BERKALA FISIKA*, vol. 22, tidak. 4, 12 Desember 2019, hlm.125–131. Diakses 25 Juni 2025.
- Anandan M, Dinesh S, Krishnakumar N, dan Balamurugan. Tuning the crystalline size of template free hexagonal ZnO nanoparticles via precipitation synthesis towards enhanced photocatalytic performane. *Journal of Materials Science: Material Electronics*. 2017; 28: 2574 2585.
- Costa, L.F., et al. 2012. Salmonellosis in cattle: Advantages of Being an Experimental Model. *Research in Veterinary Science* 93: 1-6
- Ejsmont, A., & Goscianska, J. (2023). Hydrothermal Synthesis of ZnO Superstructures with Controlled Morphology via Temperature and pH Optimization. *Materials*, 16(4), 1641. <https://doi.org/10.3390/ma16041641>
- Emin, S., Lisjak, D., Pitcher, M., & Valant, M. (2013). Structural and morphological transformations of textural porous zinc sulfide microspheres. *Microporous and Mesoporous Materials*, 165, 185–192. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2012.08.009>
- Goswami M, Adhikary NC, dan Bhattacharjee S. Effect of annealing temperatures on the structural and optical properties of zinc oxide nanoparticles prepared by chemical precipitation method. *Optik*. 2018; 158: 1006-1015
- Han, Z., Liao, L., Wu, Y., Pan, H., Shen, S., and Chen, J. 2012. Synthesis and photocatalytic application of oriented hierarchical ZnO flower-rod architectures. *Journal of Hazardous Materials*. 217-218: 100–106
- Mahendiran, M., Asha, A., Madhavan, J., & Raj, M. V. A. (2019). Structural and optical analysis of 1D zinc oxide nanoparticles synthesized via hydrothermal method. *Materials Today: Proceedings*, 8, 412–418. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.02.130>
- Kegel, J., Povey, IM, & Pemble, ME (2018). Seng oksida untuk pemisahan air tenaga surya: Tinjauan singkat tentang tantangan material dan peluang terkait. *Nano Energy*, 54, 409–428. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.10.043>

- Li, R., & Li, C. (2017). Pemisahan Air Fotokatalitik pada Fotokatalis Berbasis Semikonduktor. *Kemajuan dalam Katalisis*, 1–57. <https://doi.org/10.1016/bs.acat.2017.09.001>
- Liu, Y., Zhao, Y., & Zhang, Y. (2014). Karbon nanodot fluoresensi hijau yang disintesis dari daun bambu untuk deteksi ion tembaga(II). *Sensor dan Aktuator B: Kimia*, 196, 647–652. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.02.053>
- Li, P., & Li, SFY (2020). Kemajuan terbaru dalam probe fluoresensi berdasarkan titik karbon untuk penginderaan dan spesiasi logam berat. *Nanophotonics*, 10 (2), 877–908. <https://doi.org/10.1515/nanoph-2020-0507>
- Moussa, N. (2022). Influence of Aluminum Cations on the Structural, Optical and Electrical Properties of ZnO Nanopowder. *Egyptian Journal of Chemistry*, 0(0). <https://doi.org/10.21608/ejchem.2022.130786.5756>
- Mussatto, SI, Machado, EMS, Martins, S., & Teixeira, JA (2011). Produksi, Komposisi, dan Aplikasi Kopi dan Residu Industrinya. *Teknologi Pangan dan Bioproses*, 4 (5), 661–672. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
- Nurhasanah I. Dasar-Dasar Nanomaterial: Sintesis dan Aplikasi. 2017, Innosain, Yogyakarta
- Selim AA, Al-Sunaidi A dan Tabet N. Effect of the surface texture and crystallinity of ZnO nanoparticles on their toxicity, *Materials Science and Engineering C*. 2012; 32: 2356-2360.
- Wang JX, Sun XW, Yang Y, Huang H, Lee YC, Tan OK. dan Vayssieres L. Hydrothermally grown oriented ZnO nanorod arrays for gas sensing applications. *Nanotechnology*. 2006; 17 (19): 4995-4998
- Yuan, Z., Wang, W., Wu, H., Nie, F., & He, J. 2020. A solution-processed ZnO quantum dots ultraviolet photodetector with high performance driven by low operating voltage. *Materials Letters*, 278: 128413
- Yu, H., Zhao, Y., Zhou, C., Shang, L., Peng, Y., Cao, Y., Wu, L., Tung, C., & Zhang, T. (2014). Carbon quantum dots/TiO<sub>2</sub> composites for efficient photocatalytic hydrogen evolution. *Journal of Materials Chemistry.A*, 2(10), 3344. <https://doi.org/10.1039/c3ta14108j>
- Yu, H., Fan, H., Wang, X., Wang, J., Cheng, P., & Zhang, X. (2014). Template-free sonochemical synthesis of flower-like ZnO nanostructures. *Physics Letters. A*, 378(45), 3315–3318. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2014.09.030>
- Xu, J., Lu, Y., Tao, F., Liang, P., & Zhang, P. (2023). ZNO nanoparticles modified

by carbon quantum dots for the photocatalytic removal of synthetic pigment pollutants. *ACS Omega*, 8(8), 7845–7857. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07591>

Zou, Q., Li, H., Yang, Y., Miao, Y., Huo, Y., 2019. Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> photocatalytic film coated on floated glass balls for efficient removal of organic pollutant. *Appl. Surf. Sci.* 467–468, 354–360. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.10.182>.

## LAMPIRAN

 <p>Limbah ampas kopi</p>	 <p>Pengeringan ampas kopi pada 100 derajat Celcius.</p>
 <p>Ampas kopi kering yang dihaluskan</p>	 <p>Diayak dengan mesh 250</p>
 <p>10 gram ampas kopi ditimbang</p>	 <p>Dopan 2,5 gram ditambahkan.</p>



Perlakuan sonikasi selama 1 jam setelah ditambahkan aquades



Selama dua jam dengan suhu 200°C, campuran dengan mixer 250 rpm.



Penambahan ethanol 70% dalam 50 ml.



difilter menggunakan filter membran 0,2 µm



Sentrifugasi selama lima belas menit



Selama 21 jam, dikeringkan pada 70°C



ZnO 10 mg untuk di campurkan dengan N-CDs



Ditambahkan ethanol 70% 20 ml



Diaduk dengan stirrer pada kecepatan 250 rpm selama 30 menit



Disonikasi selama 2 jam



Dikeringkan pada temperatur 100°C



## Perhitungan Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD) ZnO

a. Ukuran Kristal (D)

$$D = \frac{0,9 \lambda}{\beta \cos \theta}$$

Pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) = 0,15406 nm

<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZnO (100)</li> </ul> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0.200736 \text{ deg} = \mathbf{0.003504 \text{ rad}}</math></p> <p><math>\theta = 31.67296 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003504 \times \cos(31.67297)}$ $D = \frac{1,386}{0,}$ <p>D = 44.17 nm</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZnO(002)</li> </ul> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0.133824 \text{ deg}</math>  <math>= 0.002335 \text{ rad}</math></p> <p><math>\theta = 34.32203 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.002335 \times \cos(34.32203)}$ $D = \frac{1,386}{0.002970}$ <p>D = 46.67 nm</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZnO (101)</li> </ul> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0.1632 \text{ deg} = \mathbf{0.002849 \text{ rad}}</math></p> <p><math>\theta = 36.17954 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.002849 \times \cos(36.17954^\circ)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ <p>D = 44.00 nm</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZnO(102)</li> </ul> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0.1632 \text{ deg} = \mathbf{0.002849 \text{ rad}}</math></p> <p><math>\theta = 47.47433 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.002849 \times \cos(47.47433^\circ)}$ $D = \frac{1,386}{0.002692}$ <p>D = 51.48 nm</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZnO(110)</li> </ul>	

<p>Diketahui:</p> $\beta = 0.1428^\circ \times \pi/180 = \mathbf{0.002492 \text{ rad}}$ $\theta = 56.52891 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.002492 \times (56.52891^\circ)}$ $D = \frac{1,386}{0.001905}$ $D = 72.76 \text{ nm}$	
---	--

### Ukurang D (ZNC<sub>0,5</sub>)

<p style="text-align: center;">• ZNC<sub>0,5</sub> (110)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.23133 \text{ deg}$ $= 0.004037 \text{ rad}$ $\theta = 22.23767 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.004037 \times \cos(22.23767)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 34.99875209 \text{ nm}$	<p style="text-align: center;">• ZNC<sub>0,5</sub> (101)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.43449 \text{ deg}$ $= 0.007585 \text{ rad}$ $\theta = 24.62739 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.007585 \times \cos(24.62739)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 18.71470883 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• ZNC<sub>0,5</sub> (111)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.33423 \text{ deg}$ $= 0.005834 \text{ rad}$ $\theta = 29.27312 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p>	<p style="text-align: center;">• ZNC<sub>0,5</sub> (200)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.23705 \text{ deg}$ $= 0.004137 \text{ rad}$ $\theta = 31.77981 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p>

<p><math>D = \dots \text{ nm}</math></p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,005834 \times \cos(29,27312)}$ $D = \frac{1,386}{0,003150}$ $D = 24,566146 \text{ nm}$	<p><math>D = \dots \text{ nm}</math></p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,004137 \times \cos(31,77981)}$ $D = \frac{1,386}{0,003150}$ $D = 34,84456245 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{0,5} \text{ (210)}</math></p> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0,23914 \text{ deg}</math>  <math>= 0,004173 \text{ rad}</math>  <math>\theta = 34,42019 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p><math>D = \dots \text{ nm}</math></p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,0041732 \times \cos(34,42019)}$ $D = \frac{1,386}{0,003150}$ $D = 34,77735621 \text{ nm}$	<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{0,5} \text{ (201)}</math></p> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0,24177 \text{ deg}</math>  <math>= 0,004219 \text{ rad}</math>  <math>\theta = 36,25843 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p><math>D = \dots \text{ nm}</math></p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,004219 \times \cos(36,25843)}$ $D = \frac{1,386}{0,003150}$ $D = 34,57528415 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{0,5} \text{ (221)}</math></p> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0,30322 \text{ deg}</math>  <math>= 0,005292 \text{ rad}</math>  <math>\theta = 47,52182 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p><math>D = \dots \text{ nm}</math></p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,005292 \times \cos(47,52182)}$ $D = \frac{1,386}{0,003150}$ $D = 28,62626449 \text{ nm}$	<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{0,5} \text{ (311)}</math></p> <p>Diketahui:</p> <p><math>\beta = 0,32363 \text{ deg}</math>  <math>= 0,005648 \text{ rad}</math>  <math>\theta = 56,59604 \text{ deg}</math></p> <p>Ditanya:</p> <p><math>D = \dots \text{ nm}</math></p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,005648 \times \cos(56,59604)}$ $D = \frac{1,386}{0,003150}$ $D = 27,87917971 \text{ nm}$

Ukurang D ( $ZnCl_2$ )

<p style="text-align: center;">• <math>ZnCl_2</math> (110)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.20383 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.003558 \text{ rad}}$ $\theta = 22.18754 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003558 \times \cos(22.18754)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 45.5369899 \text{ nm}$	<p style="text-align: center;">• <math>ZnCl_2</math> (101)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.35685 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.006228 \text{ rad}}$ $\theta = 24.56054 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.006228 \times \cos(24.56054)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 42.5582071 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• <math>ZnCl_2</math> (111)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.30732 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.005364 \text{ rad}}$ $\theta = 29.25641 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.005364 \times \cos(29.25641)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 50.472923 \text{ nm}$	<p style="text-align: center;">• <math>ZnCl_2</math> (200)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.2274 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.003969 \text{ rad}}$ $\theta = 31.69625 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> <p>D = .... nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003969 \times \cos(31.69625)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 38.90418571 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• <math>ZnCl_2</math> (210)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.23898 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.004171 \text{ rad}}$	<p style="text-align: center;">• <math>ZnCl_2</math> (201)</p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.22849 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.003988 \text{ rad}}$

$\theta = 34.37006 \text{ deg}$ Ditanya: $D = \dots \text{ nm}$ Jawab: $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.004171 \times \cos(34.37006)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 38.6104424 \text{ nm}$	$\theta = 36.20829 \text{ deg}$ Ditanya: $D = \dots \text{ nm}$ Jawab: $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003988 \times \cos(36.20829)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 38.25028538 \text{ nm}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{ZNC}_1 (221)</math></li> </ul> Diketahui: $\beta = 0.28491 \text{ deg}$ = <b>0.004973 rad</b> $\theta = 47.50511 \text{ deg}$ Ditanya: $D = \dots \text{ nm}$ Jawab: $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.004973 \times \cos(47.50511)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 34.98669308 \text{ nm}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{ZNC}_1 (311)</math></li> </ul> Diketahui: $\beta = 0.28905 \text{ deg}$ = <b>0.005045 rad</b> $\theta = 56.54591 \text{ deg}$ Ditanya: $D = \dots \text{ nm}$ Jawab: $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.005045 \times \cos(56.54591)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 33.92791663 \text{ nm}$

### Ukuran D ( $\text{ZNC}_{1,5}$ )

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{ZNC}_{1,5} (110)</math></li> </ul> Diketahui: $\beta = 0.20092 \text{ deg}$ = <b>0.003506 rad</b> $\theta = 22.13741 \text{ deg}$ Ditanya: $D = \dots \text{ nm}$ Jawab:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{ZNC}_{1,5} (101)</math></li> </ul> Diketahui: $\beta = 0.25065 \text{ deg}$ = <b>0.004374 rad</b> $\theta = 24.52712 \text{ deg}$ Ditanya: $D = \dots \text{ nm}$ Jawab:
---	---

$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003506 \times \cos(22.13741)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 40.28903283 \text{ nm}$	$D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.004374 \times \cos(24.52712)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 32.43488578 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{1,5} (111)</math></p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.21745 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.003795} \text{ rad}$ $\theta = 29.20627 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> $D = \dots \text{ nm}$ <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003795 \times \cos(29.20627)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 37.75347717 \text{ nm}$	<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{1,5} (200)</math></p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.22079 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.003853} \text{ rad}$ $\theta = 31.64612 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> $D = \dots \text{ nm}$ <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003853 \times \cos(31.64612)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 37.39828277 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{1,5} (210)</math></p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.2023 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.003530} \text{ rad}$ $\theta = 34.37006 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> $D = \dots \text{ nm}$ <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003530 \times \cos(34.37006)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 41.09754025 \text{ nm}$	<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{1,5} (201)</math></p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.21213 \text{ deg}$ $= \mathbf{0.003702} \text{ rad}$ $\theta = 36.14145 \text{ deg}$ <p>Ditanya:</p> $D = \dots \text{ nm}$ <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.003702 \times \cos(36.14145)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 39.39319163 \text{ nm}$
<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{1,5} (221)</math></p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.2476 \text{ deg}$	<p style="text-align: center;">• <math>\text{Zn}_{1,5} (311)</math></p> <p>Diketahui:</p> $\beta = 0.26754 \text{ deg}$

<p><math>= 0.004321</math> rad</p> <p><math>\theta = 34.30321</math> deg</p> <p>Ditanya:</p> <p><math>D = \dots</math> nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.004321 \times \cos(34.30321)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 35.04328414$ nm	<p><math>= 0.004668</math> rad</p> <p><math>\theta = 56.49578</math> deg</p> <p>Ditanya:</p> <p><math>D = \dots</math> nm</p> <p>Jawab:</p> $D = \frac{0,9 \times 1,5406}{0.004668 \times \cos(56.49578)}$ $D = \frac{1,386}{0.003150}$ $D = 33.70820881$ nm
--	--

No	Sampel	Bidang	$2\theta$	FWHM (deg)	D (nm)
1	Z	100	31.67296	0.200736	39.05827307
		2	34.32203	0.133824	39.88405478
		101	36.17954	0.1632	37.58468512
		102	47.47433	0.1632	36.50715715
		110	56.52891	0.1428	37.22288354
2	ZNC <sub>0,5</sub>	110	22.223583	0.23133	34.99875209
		101	24.6163	0.43449	18.71470883
		111	29.31712	0.33423	24.566146
		100	31.73353	0.23705	34.84456245
		2	34.38724	0.23914	34.77735621
		101	36.21423	0.24177	34.57528415
		102	47.4964	0.30322	28.62626449
		110	56.54419	0.32363	27.87917971
3	ZNC <sub>1</sub>	110	22.18807	0.20383	45.5369899
		101	24.53184	0.35685	42.5582071
		111	29.2389	0.30732	50.472923
		100	31.69091	0.2274	38.90418571

		2	34.44	0.23898	38.6104424
		101	36.17385	0.22849	38.25028538
		102	47.44858	0.28491	34.98669308
		110	56.52333	0.28905	33.92791663
4	ZNC <sub>1,5</sub>	110	22.12077	0.20092	40.28903283
		101	24.48964	0.25065	32.43488578
		111	29.18687	0.21745	37.75347717
		100	31.63894	0.22079	37.39828277
		2	34.29594	0.2023	41.09754025
		101	36.12733	0.21213	39.39319163
		102	47.42747	0.2476	35.04328414
		110	56.49597	0.26754	33.70820881

## Perhitungan Uji Aktivitas Nanokomposit ZnO/N-CDs terhadap Methyl Orange

### Menghitung nilai konsentrasi methyl orange sebelum

Menggunakan Persamaan Regresi Baku Standart:

$$y = 0,08877x + 0,02241$$

Dimana:

y = Absorbansi

x = Konsentrasi

Reaksi Pada Sampel:

a. Terang Tanpa Katalis

▪ Menit ke- 30

Diketahui: y = 0,259 a.u

Ditanya: x = ..... ppm

Jawab:

$$0,259 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,259 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 3,169 \text{ ppm}$$

▪ Menit ke- 60

Diketahui: y = 0,258 a.u

Ditanya: x = ..... ppm

Jawab:

$$0,258 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,258 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 3,158 \text{ ppm}$$

▪ Menit ke- 90

Diketahui: y = 0,254 a.u

Ditanya: x = ..... ppm

Jawab:

$$0,254 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,254-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 3,113 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 120

Diketahui:  $y = 0,249 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,249 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,249-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 3,056 \text{ ppm}$$

b. Gelap dengan Katalis ZnO

- Menit ke- 30

Diketahui:  $y = 0,247 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,247 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,247-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 3,034 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 60

Diketahui:  $y = 0,230 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,230 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,230-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,842 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 90

Diketahui:  $y = 0,229 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,229 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,229 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,831 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 120

Diketahui:  $y = 0,201 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,201 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,201 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,516 \text{ ppm}$$

c. ZnO/N-CDs<sub>0,5</sub>

- Menit ke- 30

Diketahui:  $y = 0,236 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,236 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,236 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,910 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 60

Diketahui:  $y = 0,218 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,218 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,218 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,707 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 90

Diketahui:  $y = 0,173 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,173 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,173-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,201 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 120

Diketahui:  $y = 0,155 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,155 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,155-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 1,998 \text{ ppm}$$

d. ZnO/N-CDs<sub>1</sub>

- Menit ke- 30

Diketahui:  $y = 0,195 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,195 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,195-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,448 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 60

Diketahui:  $y = 0,190 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots \text{ ppm}$

Jawab:

$$0,190 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,190-0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,392 \text{ ppm}$$

- Menit ke- 90

Diketahui:  $y = 0,161 \text{ a.u}$

Ditanya:  $x = \dots\dots$  ppm

Jawab:

$$0,161 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,161 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,065 \text{ ppm}$$

▪ Menit ke- 120

Diketahui:  $y = 0,136$  a.u

Ditanya:  $x = \dots\dots$  ppm

Jawab:

$$0,136 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,136 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 1,784 \text{ ppm}$$

e. ZnO/N-CDs<sub>1,5</sub>

▪ Menit ke- 30

Diketahui:  $y = 0,190$  a.u

Ditanya:  $x = \dots\dots$  ppm

Jawab:

$$0,190 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,190 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,392 \text{ ppm}$$

▪ Menit ke- 60

Diketahui:  $y = 0,188$  a.u

Ditanya:  $x = \dots\dots$  ppm

Jawab:

$$0,188 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,188 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,369 \text{ ppm}$$

▪ Menit ke- 90

Diketahui:  $y = 0,161$  a.u

Ditanya:  $x = \dots\dots$  ppm

Jawab:

$$0,161 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,161 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 2,065 \text{ ppm}$$

▪ Menit ke- 120

Diketahui:  $y = 0,144$  a.u

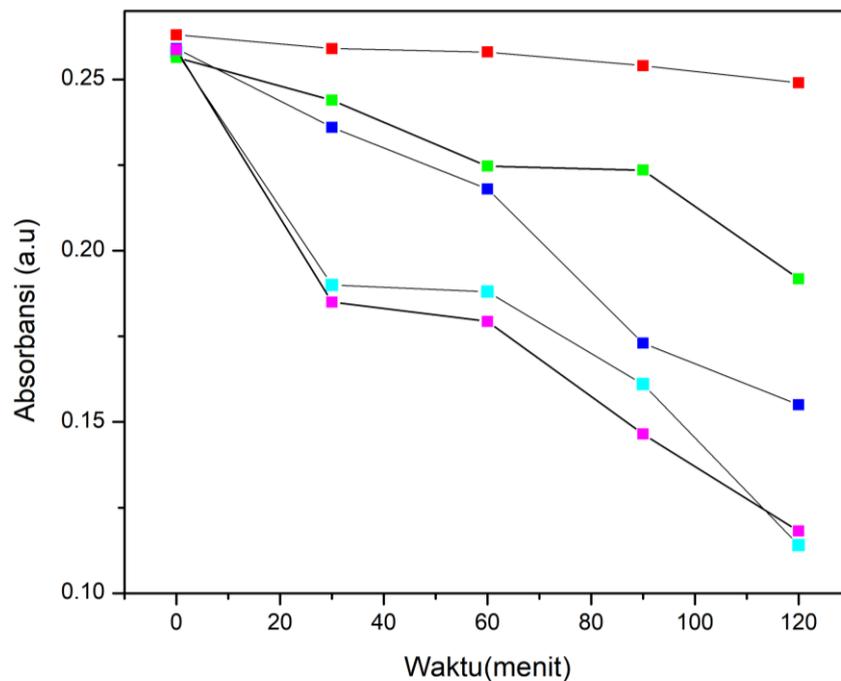
Ditanya:  $x = \dots\dots$  ppm

Jawab:

$$0,144 = 0,08877x + 0,02241$$

$$x = \frac{(0,144 - 0,02241)}{0,08877}$$

$$x = 1,536 \text{ ppm}$$



Perhitungan Efisiensi Fotokatalis Terhadap Pewarna Tekstil Methyl Orange

Menggunakan Persamaan:

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

Dengan absorbansi awal ( $C_0$ ) = 0,263 a.u

a. Terang Tanpa Katalis

▪ Menit ke- 30

Diketahui:  $C_t = 0,259$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots$  %

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,259}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,004}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 1,52 \%$$

▪ Menit ke- 60

Diketahui:  $C_t = 0,258$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots$  %

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,258}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,005}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 1,90 \%$$

▪ Menit ke- 90

Diketahui:  $C_t = 0,254$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots$  %

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,254}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,009}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 3,42 \%$$

▪ Menit ke- 120

Diketahui:  $C_t = 0,249$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots\%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,249}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,014}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 5,32\%$$

Dengan absorbansi awal ( $C_0$ ) = 0,258 a.u

**b. Gelap dengan Katalis ZnO**

- Menit ke- 30

Diketahui:  $C_t = 0,247$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots\%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,247}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,016}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 4,26\%$$

- Menit ke- 60

Diketahui:  $C_t = 0,230$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots\%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,230}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,033}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 10,85\%$$

- Menit ke- 90

Diketahui:  $C_t = 0,229$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,229}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,034}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 11,24 \%$$

- Menit ke- 120

Diketahui:  $C_t = 0,201$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,201}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,062}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 22,09 \%$$

Dengan absorbansi awal ( $C_0$ ) = 0,261 a.u

c. Gelap dengan Katalis ZnO/N-CDS<sub>0,5</sub>

- Menit ke- 30

Diketahui:  $C_t = 0,236$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,261 - 0,236}{0,261} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,027}{0,261} \times 100\%$$

$$\eta = 8,88 \%$$

- Menit ke- 60

Diketahui:  $C_t = 0,218$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,261 - 0,218}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,045}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 15,83 \%$$

- Menit ke- 90

Diketahui:  $C_t = 0,173$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,173}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,090}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 33,20 \%$$

- Menit ke- 120

Diketahui:  $C_t = 0,155$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,155}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,108}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 40,15 \%$$

**d.** Gelap dengan Katalis ZnO/N-CDs<sub>1</sub>

Dengan absorbansi awal ( $C_0$ ) = 0,263 a.u

- Menit ke- 30

Diketahui:  $C_t = 0,195$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,195}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,068}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 25,00 \%$$

- Menit ke- 60

Diketahui:  $C_t = 0,190$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,190}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,073}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 26,92 \%$$

- Menit ke- 90

Diketahui:  $C_t = 0,161$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,161}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,102}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 38,08 \%$$

- Menit ke- 120

Diketahui:  $C_t = 0,136$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots \%$

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,136}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,127}{0,258} \times 100\%$$

$$\eta = 47,69 \%$$

Dengan absorbansi awal ( $C_0$ ) = 0,263 a.u

e. Gelap dengan Katalis ZnO/N-CDs<sub>1,5</sub>

▪ Menit ke- 30

Diketahui:  $C_t = 0,190$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots$  %

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,190}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,073}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 26,36 \%$$

▪ Menit ke- 60

Diketahui:  $C_t = 0,188$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots$  %

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,188}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,075}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 27,13 \%$$

▪ Menit ke- 90

Diketahui:  $C_t = 0,161$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots$  %

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,161}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,102}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 37,60 \%$$

▪ Menit ke- 120

Diketahui:  $C_t = 0,114$  a.u

Ditanya:  $\eta = \dots\dots$  %

Jawab:

$$\eta = \frac{0,263 - 0,114}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,149}{0,263} \times 100\%$$

$$\eta = 55,81 \%$$

Freq. log:	Cp (pF)	D	Rp (k ohm)	theta	R (ohm/m)	Re-Z	Im-Z	Permit	permit riil	permit img	konduktivitas	Rata-Rata
5000	5.499	0.36983	15652	-69.7	1.204E+11	278.2955919	5788504.918	1.03E-01	9.65E-02	3.57E-02	1.38E-09	5.74E-08
6000	5.4177	0.39464	14667	-68.46	1.12823E+11	212.476017	4896141.13	1.01E-01	9.43E-02	3.72E-02	1.47E-09	
7000	5.3501	0.46101	9218.3	-65.25	70910000000	254.6905886	4249718.764	1.00E-01	9.09E-02	4.19E-02	2.34E-09	
8000	4.9497	0.45675	8799.7	-65.45	67690000000	238.6591113	4019307.8	9.26E-02	8.42E-02	3.85E-02	2.45E-09	
9000	8.3267	0.43924	4203.2	-66.29	32332307692	139.4995169	2123756.409	1.56E-01	1.43E-01	6.26E-02	5.12E-09	
10000	3.4957	0.74368	6122.1	-53.36	47093076923	440.1643685	4552877.581	6.54E-02	5.25E-02	3.90E-02	3.52E-09	
20000	5.039	0.5691	2775	-60.36	21346153846	116.8347188	1579231.417	9.42E-02	8.19E-02	4.66E-02	7.76E-09	
30000	3.8617	0.32223	4263.4	-72.14	32795384615	57.54769858	1373789.979	7.22E-02	6.87E-02	2.22E-02	5.05E-09	
40000	3.8457	0.27384	3778.3	-74.69	29063846154	36.83124416	1034629.215	7.19E-02	6.94E-02	1.90E-02	5.70E-09	
50000	3.3912	0.22076	4251.8	-77.55	32706153846	26.93791461	938634.9549	6.34E-02	6.19E-02	1.37E-02	5.06E-09	
60000	3.5468	0.21202	3527.3	-78.03	27133076923	20.61414452	747880.4508	6.63E-02	6.49E-02	1.38E-02	6.10E-09	
70000	3.4054	0.20565	3246.5	-78.38	24973076923	17.84990317	667657.85	6.37E-02	6.24E-02	1.28E-02	6.63E-09	
80000	3.067	0.16935	3830	-80.39	29461538462	14.28161481	648658.8809	5.74E-02	5.66E-02	9.58E-03	5.62E-09	
90000	6.3043	0.26631	1053.3	-75.09	8102307692	9.711197104	280505.0925	1.18E-01	1.14E-01	3.03E-02	2.04E-08	
100000	3.492	0.28588	1594.3	-74.05	12263846154	16.93811585	455770.1686	6.53E-02	6.28E-02	1.80E-02	1.35E-08	
200000	3.307	0.19211	1252.6	-79.13	9635384615	6.009562093	240633.4185	6.19E-02	6.07E-02	1.17E-02	1.72E-08	
300000	2.901	0.14745	1240.2	-81.61	9540000000	3.505531883	182873.6562	5.43E-02	5.37E-02	7.92E-03	1.74E-08	
400000	3.4599	0.1483	775.45	-81.57	5965000000	2.217087018	114999.6698	6.47E-02	6.40E-02	9.49E-03	2.78E-08	
500000	3.414	0.1502	620.74	-81.46	4774923077	1.820567733	93236.63915	6.39E-02	6.31E-02	9.48E-03	3.47E-08	
600000	3.2988	0.12892	620.75	-82.65	4775000000	1.354105228	80410.52456	6.17E-02	6.12E-02	7.89E-03	3.47E-08	
700000	3.3311	0.12502	542.47	-82.83	4172846154	1.116442779	68254.99215	6.23E-02	6.18E-02	7.73E-03	3.97E-08	
800000	3.1526	0.11053	570.9	-83.69	4391538462	0.906788192	63104.63707	5.90E-02	5.86E-02	6.48E-03	3.77E-08	
900000	3.3508	0.12829	411.38	-82.69	3164461538	0.880153477	52775.10613	6.27E-02	6.22E-02	7.98E-03	5.23E-08	
1000000	3.0973	0.10331	497.39	-84.1	3826076923	0.690112702	51385.05894	5.79E-02	5.76E-02	5.95E-03	4.33E-08	
2000000	3.7589	0.20975	100.93	-78.15	776384615.4	0.577273746	21170.41461	7.03E-02	6.88E-02	1.44E-02	2.13E-07	
3000000	3.3483	0.64989	24.38	-56.98	187538461.5	1.338624212	15844.35305	6.26E-02	5.25E-02	3.41E-02	8.83E-07	

Freq. log:	Cp (pF)	D	Rp (k ohm)	theta	R (ohm/m)	Re-Z	Im-Z	Permit	permit riil	permit img	konduktivitas
5000	6.0603	0.47585	11038	-64.55	84907692308	324.9114145	5252378.347	1.13E-01	1.02E-01	4.87E-02	1.95E-09
6000	6.4409	0.51659	7972	-62.68	61323076923	276.5799603	4118341.184	1.20E-01	1.07E-01	5.53E-02	2.70E-09
7000	6.0244	0.486	7764.4	-64.08	59726153846	238.4800385	3774055.566	1.13E-01	1.01E-01	4.93E-02	2.77E-09
8000	5.9874	0.50498	6579.8	-63.21	50613846154	218.1294984	3322705.649	1.12E-01	1.00E-01	5.05E-02	3.27E-09
9000	5.8178	0.48625	6251.1	-64.07	48085384615	192.143003	3039616.779	1.09E-01	9.79E-02	4.76E-02	3.44E-09
10000	5.753	0.47013	5884.6	-64.82	45266153846	169.0744248	2766468.668	1.08E-01	9.74E-02	4.58E-02	3.66E-09
20000	4.8233	0.41424	3982.8	-67.5	30636923077	88.84777871	1649855.313	9.02E-02	8.33E-02	3.45E-02	5.41E-09
30000	4.3983	0.36848	3273.4	-69.77	25180000000	57.7793072	1206185.289	8.23E-02	7.72E-02	2.84E-02	6.58E-09
40000	4.1905	0.35072	2707.3	-70.67	20825384615	43.29079474	949498.525	7.84E-02	7.40E-02	2.59E-02	7.95E-09
50000	3.825	0.30283	2548	-73.45	19600000000	35.33306428	832182.7075	7.15E-02	6.85E-02	2.07E-02	8.45E-09
60000	3.8188	0.29944	2319.6	-73.33	17843076923	27.04046691	694611.496	7.14E-02	6.84E-02	2.05E-02	9.28E-09
70000	3.6832	0.28361	2176.6	-74.17	16743076923	22.75926886	617300.7279	6.89E-02	6.63E-02	1.88E-02	9.89E-09
80000	3.5633	0.26621	2097.3	-75.09	16133076923	19.32138741	558313.0206	6.66E-02	6.44E-02	1.71E-02	1.03E-08
90000	3.347	0.23751	1724.5	-76.64	13265384615	21.04379065	528350.2401	6.26E-02	6.09E-02	1.45E-02	1.25E-08
100000	2.9234	0.19086	1426.2	-79.19	10970769231	27.01635144	544417.2631	5.47E-02	5.37E-02	1.03E-02	1.51E-08
200000	2.9461	0.19296	1399.8	-79.08	10767692308	6.775832578	270111.2369	5.51E-02	5.41E-02	1.04E-02	1.54E-08
300000	3.0565	0.19078	909.79	-79.2	6998384615	4.304781837	173569.9253	5.72E-02	5.62E-02	1.07E-02	2.37E-08
400000	2.9883	0.16807	792.22	-80.46	60940000000	2.909172281	133148.3979	5.59E-02	5.51E-02	9.26E-03	2.72E-08
500000	2.9298	0.151	719.48	-81.41	5534461538	2.132794104	108645.6025	5.48E-02	5.42E-02	8.18E-03	2.99E-08
600000	2.9109	0.14035	649.27	-82.01	4994384615	1.662651414	91125.85056	5.44E-02	5.39E-02	7.57E-03	3.32E-08
700000	2.8857	0.13298	592.48	-82.43	4557538462	1.362107806	78789.96581	5.40E-02	5.35E-02	7.11E-03	3.63E-08
800000	2.8917	0.12568	547.42	-82.84	4210923077	1.124026399	68798.17367	5.41E-02	5.37E-02	6.74E-03	3.93E-08
900000	2.9059	0.12251	496.27	-83.02	3817461538	0.97010612	60855.09674	5.44E-02	5.39E-02	6.61E-03	4.34E-08
1000000	2.9221	0.11837	460.12	-83.25	3539384615	0.83815117	54465.94677	5.47E-02	5.43E-02	6.42E-03	4.68E-08
2000000	3.293	0.21818	110.76	-77.69	8520000000	0.685420699	24165.64576	6.16E-02	6.02E-02	1.31E-02	1.94E-07
3000000	3.1989	0.65959	25.143	-56.69	193407692.3	1.422075583	16584.34065	5.98E-02	4.99E-02	3.29E-02	8.56E-07

V = 1 V

CA 8 mg

p = 20 mrl = 20 mm t = 0,26 mm

Freq. log:	Cp (pF)	D	Rp (k ohm)	theta	R (ohm/m)	Re-Z	Im-Z	Permit	permit riil	permit img	konduktivitas
5000	8.7461	0.8803	41343	-48.64	3.18023E+11	41.64978292	3639449.425	1.64E-01	1.23E-01	1.08E-01	5.21E-10
6000	13.398	0.82684	23945	-50.41	1.84192E+11	21.28072044	1979834.591	2.51E-01	1.93E-01	1.60E-01	8.99E-10
7000	13.605	0.69565	24024	-55.18	1.848E+11	15.11280658	1671181.216	2.54E-01	2.09E-01	1.45E-01	8.96E-10
8000	7.6945	0.5135	50351	-62.82	3.87315E+11	17.25975924	2585530.949	1.44E-01	1.28E-01	6.57E-02	4.28E-10
9000	8.4921	0.44383	46919	-66.07	3.60915E+11	12.01488588	2082392.172	1.59E-01	1.45E-01	6.44E-02	4.59E-10
10000	8.3956	0.48043	39458	-64.34	3.03523E+11	11.83981917	1895694.686	1.57E-01	1.42E-01	6.80E-02	5.46E-10
20000	7.6556	0.39571	26269	-68.41	2.02069E+11	5.347140753	1039467.469	1.43E-01	1.33E-01	5.27E-02	8.20E-10
30000	7.1562	0.39273	18877	-68.56	1.45208E+11	3.784802231	741338.2479	1.34E-01	1.25E-01	4.89E-02	1.14E-09
40000	6.3118	0.52241	12067	-62.42	92823076923	4.281124542	630386.5105	1.18E-01	1.05E-01	5.47E-02	1.78E-09
50000	6.0972	0.31705	16466	-72.41	1.26662E+11	2.151763884	522059.1192	1.14E-01	1.09E-01	3.45E-02	1.31E-09
60000	6.015	0.33112	13318	-71.68	1.02446E+11	1.898326196	440994.5777	1.13E-01	1.07E-01	3.54E-02	1.62E-09
70000	6.1452	0.33193	11146	-71.64	85738461538	1.596601206	369986.6634	1.15E-01	1.09E-01	3.62E-02	1.93E-09
80000	5.8574	0.31629	10738	-72.45	82600000000	1.396594979	339645.0283	1.10E-01	1.04E-01	3.30E-02	2.00E-09
90000	7.8411	0.44331	508.74	-66.09	3913384615	12.99716776	225258.0829	1.47E-01	1.34E-01	5.94E-02	4.23E-08
100000	4.7958	0.41748	794.91	-67.34	6114692308	18.01123643	331863.1774	8.97E-02	8.28E-02	3.46E-02	2.71E-08
200000	6.5459	0.35393	343.48	-70.51	2642153846	5.593497345	121568.419	1.22E-01	1.15E-01	4.09E-02	6.27E-08
300000	6.1517	0.29955	287.89	-73.32	2214538462	3.358336655	86239.00323	1.15E-01	1.10E-01	3.30E-02	7.48E-08
400000	5.9706	0.27328	243.85	-74.72	1875769231	2.367581399	66641.10093	1.12E-01	1.08E-01	2.94E-02	8.83E-08
500000	5.8519	0.24776	219.54	-76.08	1688769231	1.75200828	54394.27978	1.09E-01	1.06E-01	2.63E-02	9.81E-08
600000	5.7291	0.22972	201.55	-77.06	1550384615	1.382692179	46300.15853	1.07E-01	1.04E-01	2.40E-02	1.07E-07
700000	5.7262	0.22038	180.17	-77.57	1385923077	1.137554025	39705.94884	1.07E-01	1.05E-01	2.31E-02	1.19E-07
800000	5.7631	0.20895	165.21	-78.2	1270846154	0.937680748	34520.2545	1.08E-01	1.06E-01	2.20E-02	1.30E-07
900000	5.7519	0.19812	155.18	-78.79	1193692308	0.791845029	30744.41933	1.08E-01	1.06E-01	2.09E-02	1.39E-07
1000000	5.685	0.18835	148.63	-79.33	1143307692	0.685513796	27995.59244	1.06E-01	1.04E-01	1.97E-02	1.45E-07
2000000	5.1192	0.25698	60.491	-75.59	465315384.6	0.519312367	15544.90379	9.57E-02	9.27E-02	2.38E-02	3.56E-07
3000000	6.2886	0.2638	47.97	-75.22	3690000000	0.192869451	8436.161891	1.18E-01	1.14E-01	3.00E-02	4.49E-07

V = 1 V

CA 16 mg

p = 20 mrl = 20 mm t = 0,26 mm

Freq. log:	Cp (pF)	D	Rp (k ohm)	theta	R (ohm/m)	Re-Z	Im-Z	Permit	permit riil	permit img	konduktivitas
5000	4.2452	0.37917	19775	-69.23	1.52115E+11	369.5990128	7498112.819	7.94E-02	7.42E-02	2.82E-02	1.09E-09
6000	4.1351	0.38986	16454	-68.7	1.26569E+11	325.1154343	6414796.203	7.73E-02	7.21E-02	2.81E-02	1.31E-09
7000	4.2148	0.36577	14748	-69.91	1.13446E+11	256.5077333	5394424.502	7.88E-02	7.40E-02	2.71E-02	1.46E-09
8000	4.2447	0.36313	12097	-70.04	93053846154	236.0651934	4686872.532	7.94E-02	7.46E-02	2.71E-02	1.78E-09
9000	4.5209	0.42483	9207.4	-66.98	70826153846	216.0288646	3911584.532	8.46E-02	7.78E-02	3.31E-02	2.34E-09
10000	4.8954	0.47204	7084.9	-64.73	54499230769	193.9427379	3251112.116	9.16E-02	8.28E-02	3.91E-02	3.04E-09
20000	4.3054	0.3308	5467.1	-71.32	42054615385	81.2343281	1848317.726	8.05E-02	7.65E-02	2.53E-02	3.94E-09
30000	4.205	0.28225	4469.9	-74.24	34383846154	46.29257065	1261632.524	7.87E-02	7.57E-02	2.14E-02	4.82E-09
40000	4.0348	0.26148	3771.4	-75.35	29010769231	33.5210035	986138.984	7.55E-02	7.30E-02	1.91E-02	5.71E-09
50000	3.8841	0.22669	3615.1	-77.23	27808461538	24.15140974	819520.3159	7.26E-02	7.09E-02	1.61E-02	5.96E-09
60000	3.806	0.19948	3493.7	-78.72	26874615385	18.07415227	696947.552	7.12E-02	6.98E-02	1.39E-02	6.16E-09
70000	3.7662	0.19218	3141.4	-79.12	24164615385	15.08195143	603696.5755	7.04E-02	6.92E-02	1.33E-02	6.85E-09
80000	3.7067	0.17676	3036.4	-79.98	23356923077	12.33302985	536713.7312	6.93E-02	6.83E-02	1.21E-02	7.09E-09
90000	5.0131	0.31956	1103.9	-72.28	8491538462	14.65399796	352753.4367	9.38E-02	8.93E-02	2.85E-02	1.95E-08
100000	4.746	0.29811	1125	-73.4	8653846154	12.99498028	335345.4337	8.88E-02	8.51E-02	2.54E-02	1.91E-08
200000	8.4023	0.22461	421.66	-77.34	3243538462	2.765443895	94709.15282	1.57E-01	1.53E-01	3.44E-02	5.11E-08
300000	7.949	0.20747	321.69	-78.28	2474538462	1.800025059	66740.02725	1.49E-01	1.46E-01	3.02E-02	6.69E-08
400000	7.7	0.19283	267.97	-79.09	2061307692	1.295376476	51673.68279	1.44E-01	1.41E-01	2.73E-02	8.03E-08
500000	7.5512	0.18261	230.84	-79.65	1775692308	1.000692385	42153.5499	1.41E-01	1.39E-01	2.54E-02	9.33E-08
600000	7.4443	0.17308	205.87	-80.18	1583615385	0.801752489	35632.39503	1.39E-01	1.37E-01	2.37E-02	1.05E-07
700000	7.3888	0.16634	184.98	-80.56	1422923077	0.665449247	30771.4655	1.38E-01	1.36E-01	2.27E-02	1.16E-07
800000	7.3717	0.16107	1								



JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 200604110056  
 Nama : MADELINE MARETIKE AGUSTIA  
 Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
 Jurusan : FISIKA  
 Dosen Pembimbing 1 : Dr. ERNA HASTUTI, M.Si  
 Dosen Pembimbing 2 : Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA  
 Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH KOMPOSISI N-CDs DARI AMPAS KOPI PADA NANOKOMPOSIT ZnO/N-CDs SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	26 Februari 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Latar Belakang	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	12 Maret 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Pengajuan Judul	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	14 Mei 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	BAB I	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	30 Mei 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	BAB I	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	11 Juni 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	BAB II	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	10 Juli 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	BAB II	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
7	13 Agustus 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	BAB III METODOLOGI	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
8	25 September 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	BAB III METODOLOGO	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
9	29 November 2024	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Integrasi BAB IV	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
10	04 Desember 2024	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Integrasi Bab IV	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui  
 Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Malang, 23 Juni 2025

Dosen Pembimbing 1

Dr. ERNA HASTUTI, M.Si

Dosen Pembimbing 2

Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA

