

**SINTESIS NANOKOMPOSIT ZNO/CDS (*CDS*) DARI SEKAM PADI
UNTUK DEGRADASI LIMBAH SURFAKTAN *SODIUM LAURYL
SULFATE(SLS)***

SKRIPSI

Oleh:
IMELDA FIRDAUS MAHARANI
NIM. 210604110067



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

HALAMAN PENGAJUAN

**SINTESIS NANOKOMPOSIT ZnO/CDS DARI SEKAM PADI UNTUK
DEGRADASI LIMBAH SURFAKTAN *SODIUM LAURYL SULFATE (SLS)***

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:

**Imelda Firdaus Maharani
NIM. 210604110067**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

SINTESIS NANOKOMPOSIT ZnO/CDS DARI SEKAM PADI UNTUK
DEGRADASI LIMBAH SURFAKTAN *SODIUM LAURYL SULFATE (SLS)*

SKRIPSI

Oleh:

IMELDA FIRDAUS MAHARANI
NIM. 210604110067

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal, 22 Desember 2025

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Dr. Umayiyatus Svarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005



HALAMAN PENGESAHAN

SINTESIS NANOKOMPOSIT ZnO/CDS DARI SEKAM PADI UNTUK DEGRADASI LIMBAH SURFAKTAN *SODIUM LAURYL SULFATE (SLS)*

SKRIPSI

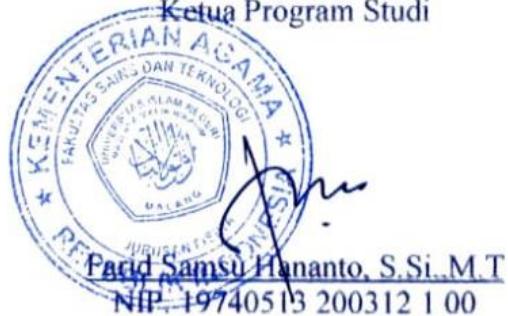
Oleh:

IMELDA FIRDAUSI MAHARANI
NIM. 210604110067

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Pengaji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal, 22 Desember 2025

Pengaji Utama	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Pengaji	<u>Naqiibatin Nadliriyah, S.Si M.Si</u> NIP. 19920221 201903 2 020	
Sekretaris Pengaji	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Pengaji	<u>Dr. Umaiyatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Imelda Firdaus Maharani
NIM : 210604110067
Jurusan : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Sintesis Nanokomposit ZnO/CDs dari Sekam Padi Untuk Degradasi Limbah Surfaktan *Sodium Louryl Sulfate (SLS)*.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian say aini tidak terdapat unsur penjiplakan karya penelitian orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar Pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Malang, 26 November 2025

Yang membuat pernyataan



No. 388ANX117617701
Imelda Firdaus Maharani
NIM. 210604110067

MOTTO

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”.

(QS. Al-Insyirah:5-6)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur selalu kupanjatkan kepada Allah AWT yang telah memberikan nikmat sehat, kelancaran rezeki dan segala kemudahan dalam setiap proses hingga saat ini. Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang selalu menjadi suri tauladan terbaik bagi seluruh umat manusia dan selalu dinantikan syafa'atnya di hari akhir nanti. Dengan penuh rasa syukur, hormat dan terima kasih karya sederhana ini kupersembahkan kepada:

1. Ibukku tercinta, Wanita hebat yang selalu mendoakan, mendukung dan meridhoi setiap langkahku. Menjadi motivasi untuk selalu menjadi Perempuan yang kuat,ikhlas dan selalu sabar, tak mampu rasanya aku membala semua pengorbanan dan kasih sayang dari ibu, senantiasa sehat selalu dan bahagia selalu ibuku.
2. Ayahku tercinta, untuk Alm ayahku terima kasih sudah memberikan segala cinta dan kasih, terima kasih selalu mengajarkan untuk selalu bersyukur, jujur, disiplin dan tanggung jawab. Meskipun ragamu tak lagi bisa kulihat namun segala nasehatmu tetap menjadi penyemangat. Selalu ditempatkan disisi terbaik-Nya laki-laki terhebatku
3. Adikku tersayang, laki-laki hebat setelah ayah yang masih dipinjamkan Allah SWT kepadaku, laki-laki yang masih kecil namun selalu menjadi penyemangat dalam setiap langkah, tumbuhlah lebih baik dan selalu diberikan segala kebahagian dan kemudahan.
4. Ibu Dr.Erna Hastuti M.Si, Dosen pembimbing sekaligus orang tua kedua dimasa perkuliahan. Wanita hebat, kuat yang bukan hanya sekedar membimbing, tetapi juga memberikan semangat dan nasihat agar selalu

mengusahakan apa yang menjadi cita-cita. Terima kasih banyak ibu, selalu dalam perlindungan Allah, dan dilimpahkan kesehatan serta rezekinya.

5. Imelda Firdaus Maharani, diriku sendiri yang telah berjuang dan berproses sampai saat ini, langkahmu mungkin lambat tapi bukan berarti tak sampai. Terima kasih sudah terus berjalan.
6. Ismatul jazilah dan Megah Dewi teman saya dari mahasiswa baru sampai saat ini, terima kasih selalu menemani dalam keadaan suka dan duka ku di tanah perantauan, yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk apapun, selalu dimudahkan dalam setiap langkahmu dan bahagia selalu temanku
7. Teman-teman labku, khususnya “Ngrujak Konco”, rumah kedua di masa-masa menjadi mahasiswa akhir,tempatku tumbuh sebagai peneliti kecil. Terima kasih untuk semua cerita, percobaan gagal, percobaan berhasil, bunyi suara alat sonikasi, agenda makan-makan dan hangatnya kebersamaan.
8. Teman-teman angkatan 2021, yang menjadi bagian dari masa-masa belajar, tumbuh, jatuh, dan bangkit bersama. Terima kasih untuk tiap perjalanan yang kita lalui dengan cara terbaik yang kita bisa
9. Rekan kerja tersayang, khususnya mba Nella, mba Alif, Kisa, dan Fyadella mereka bukan orang yang menempuh pendidikan perkuliahan namun mereka yang selalu menemani, memberikan semangat dan keyakinan untuk menyelesaikan skripsi ini, sehat selalu dimanapun kalian berada dan selalu dilimpahkan rezekinya.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah hirabbil alamin puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmandan rahimnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis Nannokomposit ZnO/CDs dari Sekam Padi Untuk Degradasi Limbah Surfaktan Sodium Louryl Sulfate (SLS)”** dengan baik. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW yang selalu dirindukan syafaatnya di hari akhir nanti. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu dengan penuh rasa syukur,tulus dan cinta penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua beserta keluarga tercinta yang selalu mendoakan, memberikan semangat, motivasi dan mendukung penulis sampai saat ini
2. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nurdiana, M.Si., CAHRM., CRMP, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Agus Mulyono, M.Kes, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
4. Farid Samsu Hananto, M.T, selaku Ketua Program Studi Fisika yang telah memberikan bimbingan, dan arahan selama masa perkuliahan.
5. Dr. Erna Hastusi, M.Si, selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan ikhlas dalam memberikan bimbingan, nasihat, arahan dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh dosen, laboran, dan staf program studi fisika, yang telah memberikan ilmu, semangat dan motivasi selama masa proses penyusunan skripsi.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2021, atas kebersamaan, doa, dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini

Penulis menyadari kurang sempurnya penulisan skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dimasa mendatang. Semoga karya sederhana ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca dan menjadi amal kebaikan bagi penulis dan semua pihak yang terlibat di dalamnya.

Malang, 27 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGAJUAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Manfaat Penelitian	9
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 10
2.1 Limbah Surfaktan <i>Sodium Louryl Sulfat (SLS)</i>	10
2.2 Nanokomposit ZnO/CDs (<i>CDs</i>)	13
2.2.1 ZnO	13
2.2.2 CDs (<i>CDs</i>)	16
2.3 Karakterisasi	19
2.3.1 Spektrofotometer UV-VIS/DRS(<i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i>)	19
2.3.2 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	21
2.3.3 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	23
 BAB III METODE PENELITIAN	 25
3.1 Jenis Penelitian	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.3.1 Alat Penelitian	25
3.3.2 Bahan Penelitian	26
3.4 Diagram Alir	27
3.4.1 Prosedur Penelitian	27
3.4.2 Sintesis <i>CDs</i> dari Limbah Sekam Padi	28
3.4.3 Nanokomposit ZnO/ <i>CDs</i>	29
3.4.4 Nanokomposit ZnO/ <i>CDs</i> Sebagai Material Fotokatalis	30
3.5 Prosedur Penelitian	30

3.5.1 Langkah Percobaan	31
3.5.2 Uji Karakterisasi.....	32
3.5.3 Nanokomposit ZnO/CDS Sebagai Material Fotokatalis	33
3.6 Rencana Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data Hasil Penelitian.....	39
4.1.1 Sintesis Nanokomposit ZnO/CDS	39
4.1.2 Hasil Pengujian FTIR	41
4.1.3 Hasil Pengujian XRD(<i>X-Ray Diffraction</i>).....	43
4.1.4 Hasil Pengujian UV-VIS DRS(<i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i>).....	45
4.1.5 Pengukuran Fotodegradasi SLS	48
4.2 Pembahasan.....	53
4.3 Kajian Keislaman	59
BAB VPENUTUP.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Sodium Louryl Sulfate (SLS).	11
Gambar 2.2 Grafik Uji Fotokatalis Surfaktan SLS.	13
Gambar 2.3 Mekanisme ZnO sebagai fotokatalis	15
Gambar 2.4 Mekanisme komposit CQDs/ZnO untuk fotodegradasi	18
Gambar 2.5 Grafik (a) UV-Vis DRS dan (b) Band gap.....	20
Gambar 2.6 Grafik XRD dari (a) ZnO, dan Komposit ZnO/CQDs.....	23
Gambar 2.7 Grafik FTIR ZnO dan Komposit CQDs/ZnO.	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis CDs dari Limbah Sekam Padi.	28
Gambar 3.3 Diagram Alir Sintesis Nanokomposit ZnO/CDs.....	29
Gambar 3.4 Diagram Alir Uji Aktivitas Fotokatalis.....	30
Gambar 4.1.(a) Larutan CDs pada Cahaya tampak dan (b) Larutan CDs pada UV-light.....	40
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara transmitansi dengan bilangan gelombang sampel ZnO dan Nanokomposit ZnO/CDs.	41
Gambar 4.3 Grafik XRD ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs.....	44
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara Panjang gelombang dengan absorbansi (a) ZnO murni, (b) ZnO/CDs 10 ml, (c) ZnO/CDs 20 ml dan (d) ZnO/CDs 30 ml	46
Gambar 4.5 Grafik nilai energi celah pita sampel (a) ZnO murni, (b) ZnO/CDs 10 ml, (c) ZnO/CDs 20 ml dan (d) ZnO/CDs 30 ml	47
Gambar 4.6 Grafik kurva kalibrasi SLS.....	49
Gambar 4.7 Hubungan antara konsentrasi SLS dengan lama waktu penyinaran .	51
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara presentase degradasi dengan waktu.....	53
Gambar 4. 9 Mekanisme Fotodegradasi SLS dengan Nanokomposit ZnO/CDs..	58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Spektrofotometer UV-Vis.....	36
Tabel 3.2 Rancangan Percobaan Menggunakan XRD.....	37
Tabel 3.3 Rancangan Percobaan Menggunakan FTIR.....	37
Tabel 3.4 Rancangan Percobaan Uji Fotokatalis	38
Tabel 4.1 Kode sampel nanokomposit	41
Tabel 4. 2 Gugus Fungsi ZnO dan Nanokomposit ZnO/CDs	42
Tabel 4. 3 Rata-rata Ukuran Kristal	45
Tabel 4.4 Nilai energi celah pita	48
Tabel 4.5 Hasil Konsentrasi SLS	50
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Efisiensi Degradasi.....	52

ABSTRAK

Maharani, Imelda Firdaus. 2025. **Sintesis Nanokomposit ZnO/CDs dari Sekam Padi Untuk Degradasi Limbah Surfaktan Sodium Louryl Sulfate (SLS)**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sain dan Teknologi, Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Dr.Erna Hastuti M.Si; Pembimbing II: Dr.Umaiyyatus Syarifah M.A.

Kata kunci: ZnO, CDs, Sekam Padi, SLS, Fotokatalis

Sodium Lauryl Sulfate (SLS) merupakan surfaktan anionik yang banyak digunakan dalam industri rumah tangga dan kosmetik, yang bersifat sulit terdegradasi sehingga berpotensi mencemari lingkungan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengetahui efisiensi nanokomposit ZnO/CDs sebagai material fotokatalis SLS. Nanokomposit ZnO/CDs disintesis menggunakan metode sol-gel dengan variasi penambahan CDs 10, 20 dan 30 ml. karakterisasi FTIR menunjukkan keberadaan gugus fungsi nanokomposit ZnO/CDs, XRD menunjukkan adanya perubahan ukuran kristal dan UV-Vis mengindikasikan adanya pergeseran nilai energi celah pita akibat penambahan CDs. Pengujian fotodegradasi menunjukkan bahwa nanokomposit ZnO/CDs memiliki aktivitas fotodegradasi SLS lebih tinggi dibandingkan ZnO murni. Variasi terbaik adalah ZnO/CDs 20 mL dengan efisiensi degradasi mencapai lebih dari 80% sedangkan ZnO murni memiliki nilai efisiensi sebesar 65% dalam waktu 120 menit.

ABSTRACT

Maharani, Imelda Firdaus. 2025. **Synthesis of ZnO/CDs Nanocomposites from Rice Husk for the Degradation of Sodium Lauryl Sulfate (SLS) Surfactant Waste.** Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisor I: Dr.Erna Hastuti M.Si; Advisor II: Dr.Umaiyyatus Syarifah M.A.

Kata kunci: ZnO, CDs, Rice Husk, *Sodium Lauryl Sulfate (SLS)*, Photocatalyst

Sodium Lauryl Sulfate (SLS) is an anionic surfactant widely used in household and cosmetic industries, but it is difficult to degrade and therefore has the potential to pollute aquatic environments. This study aims to synthesize and evaluate the efficiency of ZnO/CDs nanocomposites as photocatalytic materials for SLS degradation. The ZnO/CDs nanocomposites were synthesized using the sol-gel method with variations of CDs (CDs) addition of 10, 20, and 30 mL. FTIR characterization confirmed the presence of functional groups in the ZnO/CDs nanocomposites, XRD analysis showed changes in crystal size, and UV-Vis results indicated a shift in the band gap energy due to the incorporation of CDs. Photodegradation tests revealed that ZnO/CDs nanocomposites exhibited higher SLS degradation activity compared to pure ZnO. The best performance was achieved by the ZnO/CDs with 20 mL CDs, reaching a degradation efficiency of more than 80%, whereas pure ZnO showed an efficiency of 65% within 120 minutes.

مستخلص البحث

ماهاراني، إيميلدا فرداوس. 2025. تخلق نانو مركب ZnO/CDs من قش الأرز لتحليل نفاثات المواد الخافضة للتلوث السطحي لوريل سلفات الصوديوم (SLS). بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفة الأولى: الدكتورة. إيرنا هستوني، الماجستير؛ والمشرفة الثانية: الدكتورة أممية الشريفة، الماجستير.

الكلمة الرئيسية: CDs، ZnO، نفاثات قش الأرز، SLS، التحفيز الضوئي

كحول لوريل سلفات الصوديوم (SLS) هو عامل سطح أنيوني يُستخدم على نطاق واسع في صناعة المستلزمات المنزليه ومستحضرات التجميل، ويتميز بصعوبة تحلله، مما يجعله يتحمل أن يلوث البيئة المائية. تهدف هذه الدراسة إلى تخلق ومعرفة كفاءة نانوكومبوزيت CDs/ZnO كمادة تحفيز ضوئي لـ SLS. تم تخلق نانوكومبوزيت CDs/ZnO باستخدام طريقة الـ Gel-Sol. مع تغيير كمية إضافة الـ CDs بمقدار 10، 20، و30 مل. أظهر التحليل الطيفي FTIR وجود مجموعات وظيفية في نانوكومبوزيت CDs/ZnO، وأظهر تحليل XRD وجود تغير في حجم البلورات، وأشار تحليل UV-Vis إلى حدوث تحول في قيمة فجوة الطاقة نتيجة إضافة الـ CDs . أظهرت اختبارات التحلل الضوئي أن نانوكومبوزيت CDs/ZnO يمتلك نشاط تحلل ضوئي لـ SLS أعلى مقارنة بـ ZnO النقي. أفضل تغيير كان 20CDs/ZnO 20 مل حيث بلغت كفاءة التحلل أكثر من 80% في حين أن ZnO النقي كانت كفاءة تحلله 65% خلال 120 دقيقة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri saat ini berkembang sangat pesat hal ini menyebabkan peningkatan yang signifikan terhadap limbah yang dihasilkan. Limbah yang berasal dari kegiatan industri dapat mencakup berbagai jenis bahan kimia yang berpotensi mencemari lingkungan, salah satu jenis limbah yang menjadi perhatian adalah limbah surfaktan seperti, *Sodium Lauryl Sulfat* (SLS), yang banyak digunakan dalam produk kebersihan.

Surfaktan (*surface active agent*) merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu hydrophile (suka air) dan hydrophobe (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan, memiliki daya bersih yang sangat baik, dan biasanya berbusa banyak (Zanuba, 2023). Surfaktan dimanfaatkan sebagai salah satu kandungan dalam perawatan kebersihan rumah tangga seperti deterjen, sabun, shampo, dan lainnya. Penggunaan produk-produk kebersihan dapat menyebabkan banyaknya limbah surfaktan yang dihasilkan. Jenis-jenis surfaktan dibagi menjadi empat yaitu surfaktan anionik, surfaktan non-ionik, surfaktan kationik dan surfaktan amfoterik. Salah satu jenis surfaktan yang sering digunakan untuk perawatan kebersihan yaitu *Sodium Lauryl Sulfat* (SLS).

Sodium Lauryl Sulfat (SLS) merupakan salah satu jenis surfaktan anionik sangat kuat dan umum digunakan dalam produk-produk pembersih noda pada minyak dan kotoran. SLS (*Sodium lauryl sulfate*) memiliki nama lain *Natrium Lauryl Sulfate*, SLS, *Dodecyl sodium sulfat*, *Sodium monolauril sulfat* (Aini, 2023).

SLS dalam konsentrasi tinggi ditemukan di beberapa produk industri seperti pembersih mesin (*engine degreaser*), pembersih lantai, dan shampo mobil. SLS dalam kadar rendah digunakan pada pasta gigi, sampo dan busa pencukur. SLS dimanfaatkan dalam produk kebersihan karena dapat menghasilkan busa dan memiliki kemampuan dalam membersihkan yang baik.

Penggunaan SLS dalam produk perawatan kebersihan pribadi dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan, terutama pada ekosistem air. Konsentrasi tinggi SLS dalam limbah air dapat mengganggu ekosistem air dan organisme hidup di dalamnya (Hartono dkk.,2024). Penggunaan SLS sebagai surfaktan dari produk perawatan kebersihan pribadi seperti sabun dan shampo dapat meningkatkan tingkat kebersihannya. Namun, dengan adanya SLS pada suatu sabun juga dapat membuat iritasi kulit di badan dan kepala hal ini karena SLS dapat menarik minyak-minyak alami yang ada di kulit kepala kita atau pun di badan kita sehingga membuat badan kita tidak lembab dan berpotensi tinggi untuk mudah tergores.

Penelitian Hartono (2024) menyatakan bahwa SLS dapat memberikan dampak buruk terhadap kulit tubuh manusia apabila kadar SLS tidak diperhatikan. SLS juga berdampak buruk terhadap lingkungan karena menghasilkan limbah yang bisa merusak ekosistem khusunya di perairan. Sebagaimana Allah SWT telah memerintahkan manusia menjadi khalifah dibumi yang dianugerahi akal untuk memperoleh ilmu pengetahuan yang terus dikembangkan dan dapat menciptakan solusi bagi permasalahan yang ada lingkungan seperti pencemaran air.

Allah SWT berfirman dalam QS.Al-Baqarah [2]:30.

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلِكَةِ أَيْنَ جَاعِلُونَ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً قَالُوا أَجْعَلْنَا فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا
وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ نُسَيْخُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي آعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ ﴿٣٠﴾

Artinya: “*Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu berfirman kepada para malaikat, “Aku hendak menjadikan khalifah di muka bumi.” Mereka berkata, “Apakah Engkau hendak menjadikan orang yang merusak dan menumpahkan darah disana, sedangkan kami bertasbih memuji-Mu dan menyucikan nama-Mu”.* Dia berfirman “*Sungguh, Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui.*” (*Q.S. al-Baqarah [2]: 30*).

Menurut Tafsir Al-Mishbah karya M. Quraish Shihab, Surah Al-Baqarah ayat 30 menjelaskan dialog antara Allah SWT dan para malaikat ketika Allah menyampaikan kehendak-Nya untuk menjadikan manusia sebagai khalifah di bumi. Kata *khalifah* dipahami bukan sekadar penguasa, tetapi pengelola, pemakmur, dan penjaga keseimbangan bumi sesuai dengan kehendak Allah. Keraguan malaikat muncul karena mereka melihat potensi manusia untuk berbuat kerusakan dan pertumpahan darah, namun Allah menegaskan bahwa manusia dianugerahi ilmu, akal, dan kemampuan berpikir yang tidak dimiliki malaikat. Menurut Quraish Shihab, penegasan “Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui” menunjukkan bahwa potensi kebaikan, inovasi, dan perbaikan pada diri manusia jauh lebih besar apabila ilmu dan akalnya digunakan secara benar. Keterkaitan ayat ini dengan penelitian terletak pada peran manusia sebagai khalifah dalam menjaga lingkungan. Pencemaran air akibat limbah surfaktan seperti SLS merupakan bentuk kerusakan lingkungan yang timbul dari aktivitas manusia. Melalui ilmu pengetahuan dan riset material, manusia menjalankan amanah kekhilafahan dengan mencari solusi ilmiah yang ramah lingkungan. Pemanfaatan sekam padi sebagai sumber CDs mencerminkan upaya pengelolaan sumber daya dan limbah secara bijak, sedangkan pengembangan nanokomposit ZnO/CDs sebagai fotokatalis menunjukkan penerapan akal dan ilmu untuk mengurangi dampak pencemaran.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam mendegradasi polutan atau limbah di perairan seperti biodegradasi, fotokatalis dan absorpsi. Metode biodegradasi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendegradasi polutan yang melibatkan mikroorganisme. Metode biodegradasi merupakan metode ramah lingkungan dan hemat energi tetapi efektivitasnya bergantung pada jenis surfaktan, kondisi lingkungan (Ph, suhu dan oksigen), serta kemampuan mikroorganisme yang digunakan. Metode fotokatalis merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendegradasi polutan dengan material semikonduktor, material berbasis karbon dan nanomaterial. Fotokatalis adalah proses berubahnya energi cahaya menjadi energi kimia yang dalam prosesnya akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi dengan senyawa organik (polutan), sehingga air akan kembali jernih karena terpisahkan dari limbah cair (Zanuba, 2023). Namun, proses ini membutuhkan sumber cahaya dan material fotokatalis yang spesifik. Metode absorpsi merupakan metode yang digunakan untuk mendegradasi polutan yang menggunakan material penyerap, seperti karbon aktif, dan zeolit. Proses ini sederhana dan cepat, tetapi hanya memindahkan polutan dari limbah cair ke material penyerap, sehingga material penyerap harus dikelola lebih lanjut.

Fotokatalis digunakan dalam penelitian ini karena merupakan salah satu cara yang efisien,murah dan mudah dalam pengolahan limbah cair dibandingkan dengan metode absorpsi dan biodegradasi. Material yang digunakan untuk proses fotokatalis yaitu material semikonduktor, material berbasis karbon dan nanomaterial. Material semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , ZnS , CdS , Fe_2O_3 , dan SnO_2 . Material ZnO dipilih karena menurut penelitian Alkaim,dkk. (2014) menunjukkan bahwa degradasi fotokatalis ZnO lebih efisien dibandingkan dengan

TiO₂, CdS, dan CO₃O₄ dalam mendegradasi senyawa metilen biru. ZnO sebagai salah satu material semikonduktor fotokatalis golongan II-VI dengan direct band gap lebar (3,3 eV) dan memiliki energi ikat eksiton bebas tertinggi (60 meV) (Ali dkk., 2014).

ZnO dapat disintesis menggunakan metode sol-gel, solvotermal, hidrotermal, presipitasi dan biosintesis. Kelebihan metode sol-gel adalah kemudahan dalam pengendalian ukuran partikel namun membutuhkan waktu proses yang lama. Metode hidrotermal dan solvotermal menghasilkan partikel berkualitas tinggi,tetapi memerlukan peralatan khusus dan biaya tinggi. Metode presipitasi sederhana dan murah, namun partikel yang dihasilkan dapat mengalami penggumpalan dan memerlukan proses tambahan untuk menghilangkan ion-ion sisa reagen. Metode biosintesis merupakan metode ramah lingkungan, namun partikel yang dihasilkan memerlukan karakterisasi lebih lanjut untuk memastikan kualitas sehingga memerlukan waktu yang lama dan biaya yang tinggi. Berdasarkan kelebihan dan kekurangan metode sintesis ZnO, metode sol-gel dipilih dalam penelitian ini karena merupakan metode yang sederhana, murah, dan mudah dalam pengendalian ukuran partikelnya.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam mendegradasi limbah deterjen surfaktan (SLS) diantaranya; Maretta dan Helmy (2015) menyatakan bahwa untuk mendegradasi surfaktan SLS menggunakan fotokatalis ZnO agar dapat bekerja secara optimal yaitu pada konsentrasi sebesar 0,4% dengan waktu optimum 60 menit yang menghasilkan persen degradasi sebesar 57,03%. Penelitian lain oleh Jefry (2015) menyatakan bahwa dengan penggunaan fotokatalis TiO₂-

fenton dan sinar UV 8watt selama waktu optimum 3 jam dapat menghasilkan degradasi sebesar 59,62%.

Nanomaterial merupakan material berukuran nano yang bisa digunakan sebagai salah satu material fotokatalis. Material berukuran nano dapat memiliki sifat fisika dan kimia yang lebih baik daripada ukuran besarnya (bulk). Sifat-sifat fisika dan kimia ini dapat berubah melalui pengontrolan ukuran material, komposisi bahan yang digunakan, modifikasi permukaan, dan interaksi antar partikelnya. Salah satu nanomaterial yang dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis adalah *CDs*.

Menurut penelitian Zhang (2018), modifikasi komposit ZnO dengan CDs (*CDs*) dapat meningkatkan efisiensi fotokatalis dan memberikan sifat antibakteri yang tinggi. *CDs* pada fotokatalis mampu mengubah penyerapan cahaya bahan ZnO dari penyerapan cahaya UV menjadi cahaya tampak sehingga modifikasi ZnO dengan CDs cocok untuk aplikasi fotokatalis.

CDs (*CDs*) merupakan salah satu nanomaterial berbasis karbon. Pada penelitian Sun (2017) beberapa sifat unggul CDs (*CDs*), diantaranya adalah material ini memiliki biokompatibilitas yang tinggi, kelarutan yang baik, sintesis yang relatif mudah dan murah, sifat optik yang luar biasa, toksisitas yang rendah, serta stabilitas kelarutan yang baik. CDs dapat diaplikasikan dalam kemajuan teknologi seperti bioimaging, biosensor, pembuatan LED, penghantar obat dan fotokatalis (Nazanin Hashemi, 2021). CDs disintesis dari berbagai material biomassa berbasis karbon, salah satunya limbah sekam padi.

Sintesis *CDs* menggunakan prekursor karbon alami, seperti sekam padi lebih disukai karena biaya rendah dan persediaan bahan yang melimpah(Wongso dkk., 2019). CDs (*CDs*) dari limbah sekam padi memancarkan warna biru yang

bersesuaian dengan posisi puncak intensitas fluoresensnya pada panjang gelombang 430 nm, material CDs (*CDs*) ini juga memiliki darerah serapan maksimum pada 276 nm yang merupakan karakteristik dari material CDs (*CDs*) umumnya. Nilai celah energi dan koefisien serapan dari matrial Cds ini masing-masing adalah 3,81 eV dan 13,1 m⁻¹ (Maria, 2021).

Metode pengolahan karbon menjadi CDs adalah dengan metode sonikasi audiosonik (Arum, 2018) dan hidrotermal. Metode hidrotermal merupakan salah satu metode yang digunakan dalam sintesis *CDs*. Metode hidrotermal menghasilkan *CDs* dengan kualitas tinggi dan dapat digunakan untuk pembuatan skala besar, tetapi memerlukan peralatan yang mahal dan waktu proses yang lama. Sedangkan metode sonikasi merupakan metode sederhana yang digunakan dalam sintesis nanomaterial dalam fase cair karena mudah dilakukan, efisien, sederhana, dan murah. Namun, metode ini memiliki keterbatasan skala produksi sehingga hanya bisa digunakan untuk pembuatan *CDs* dalam skala kecil. Metode sonikasi dipilih dalam penelitian ini karena lebih efisien dibandingkan metode hidrotermal. Metode yang digunakan adalah sonikasi yaitu dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang dapat memecah senyawa atau sel dengan menggunakan getaran fisik. Kemudian sintesis nanokomposit ZnO/CDs menggunakan metode sol gel.

Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi nanokomposit ZnO/CDs untuk degradasi limbah surfaktan dan dikarakterisasi menggunakan *spectrophotometer* UV-VIS, *spectrometer* FTIR, dan XRD(*X-Ray Diffraction*). Uji efisiensi fotodegradasi akan dilakukan menggunakan nanokomposit ZnO/CDs dengan variasi konsentrasi sampel CDs dan variasi lama penyinaran untuk melihat pengaruhnya terhadap efisiensi degradasi limbah

surfaktan SLS. Penggabungan nanokomposit ZnO/CDs berbasis limbah sekam padi diharapkan dapat menjadi nanokomposit yang murah, ramah lingkungan dan efektif dalam fotokatalis limbah surfaktan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan CDs terhadap sifat fisis (struktur kristal, gugus fungsi, dan bandgap) nanokomposit ZnO/CDs?
2. Bagaimana efisiensi nanokomposit ZnO/CDs berbasis limbah sekam padi sebagai fotokatalis limbah surfaktan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik sifat fisis (struktur kristal, gugus fungsi, dan bandgap nanokomposit ZnO/CDs).
2. Mengetahui efisiensi nanokomposit ZnO/CDs sebagai fotokatalis limbah surfaktan.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. CDs (*CDs*) disintesis dari limbah sekam padi.
2. Limbah Surfaktan *Sodium Louryl Sufate* (SLS) yang digunakan adalah serbuk SLS dengan konsentrasi 1 gram dalam 1000 ml aquades.
3. Variasi waktu penyinaran yang digunakan yaitu 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 menit dengan 3 kali pengulangan.
4. Variasi volume larutan *CDs* yang digunakan yaitu 10 ml, 20 ml dan 30 ml.

5. Karakterisasi nanokomposit ZnO/CDs menggunakan *spectrophotometer* UV-VIS, *spectrometer* FTIR, dan XRD(*X-Ray Diffraction*).
6. Pengukuran kosentrasi fotodegradasi menggunakan metode MBAS (*Methylen Blue Active Substance*) dan *spectrophotometer* UV-VIS.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Manfaat Umum

1. Memberikan inovasi terhadap perkembangan nanoteknologi yang ramah lingkungan.
2. Memanfaatkan limbah sekam padi untuk aplikasi yang bernilai tambah.

B. Manfaat Khusus

1. Memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman dalam sintesis nanokomposit ZnO/CDs sebagai salah satu material fotokatalis.
2. Memberikan ilmu pengetahuan baru tentang manfaat limbah sekam padi sebagai prekursor CDs.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Surfaktan *Sodium Louryl Sulfat (SLS)*

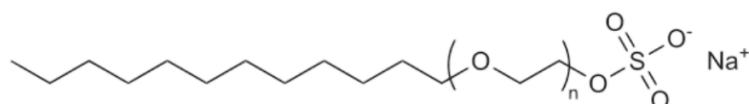
Limbah surfaktan merupakan salah satu limbah di perairan yang dapat menyebabkan rusaknya ekosistem di perairan. Surfaktan (*surface active agent*) merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu hydrophile (suka air) dan hydrophobe (suka lemak). Surfaktan yang banyak digunakan sebagai detergen umumnya bersifat anionik, toksik dan dapat menyebabkan destabilisasi bagi makhluk hidup. Selain itu surfaktan yang memiliki gugus polar dan non polar dapat mempersatukan campuran minyak dan air (Dewi, 2017).

Bahan aktif ini berfungsi melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan, memiliki daya bersih yang sangat baik, dan biasanya berbusa banyak. Surfaktan dimanfaatkan sebagai salah satu kandungan dalam perawatan kebersihan rumah tangga seperti deterjen, sabun, shampo, dan lainnya. Penggunaan produk-produk kebersihan dapat menyebabkan banyaknya limbah surfaktan yang dihasilkan. Jenis-jenis surfaktan dibagi menjadi empat yaitu surfaktan anionik, surfaktan nonionik, surfaktan kationik dan surfaktan amfoterik. Kelompok surfaktan yang paling banyak diproduksi dan diaplikasikan secara luas pada berbagai industri adalah surfaktan anionik (Hambali, 2018).

Surfaktan anionik adalah zat yang menghasilkan ion muatan negatif dalam larutan, terdiri dari grup sulfonate atau alkil sulfonate. Kebanyakan deterjen konvensional menggunakan surfaktan dalam bentuk fosfat, alkil benzena sulfonat, dietanolamin, alkil fenoksi. Semua senyawa tersebut merupakan senyawa yang berasal dari sumber daya tak terbarukan (minyak bumi), beracun, dan berbahaya

bagi lingkungan (Tien dkk., 2022). Peningkatan penggunaan deterjen akan membuat semakin banyak limbah surfaktan yang dihasilkan dari pencucian oleh deterjen yang dalam jumlah tertentu dapat menimbulkan busa yang dapat mengganggu kehidupan organisme perairan (Tanjung dkk., 2019). Salah satu jenis surfaktan yang sering digunakan yaitu Sodium Lauryl Sulfat (SLS).

SLS (*Sodium Lauryl Sulfate*) memiliki nama lain Natrium Lauryl Sulfate, SLS, Dodecyl sodium sulfat, Sodium monolauril sulfat. Salah satu jenis surfaktan anionik yang terdapat pada sabun, sampo, deterjen, dan produk pembersih lainnya adalah sodium lauryl sulfate (Maretta & Helmy, 2015). SLS sebagai salah satu surfaktan anionic yang memiliki rumus kimia $C_{12}H_{25}SO_4Na$, dengan molekul 288,38 gr/mol, memiliki range pH 6-9, berbentuk serbuk berwarna putih atau kuning pucat dengan bau yang khas.



Gambar 2.1 *Struktur Sodium Louryl Sulfate (SLS)* (Saranya dkk., 2017).

SLS merupakan bahan aktif yang kuat dan umum digunakan dalam produk-produk ini untuk menciptakan busa dan membersihkan. Namun, adanya kontroversi terkait efek samping SLS, seperti iritasi kulit dan mata, serta potensi dampak pada lingkungan, menjadikan isu ini sangat relevan (Hartono dkk., 2024).

Degradasi Limbah surfaktan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti biodegradasi, fotokatalis dan absorpsi. Metode biodegradasi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendegradasi polutan yang melibatkan mikroorganisme. Metode biodegradasi merupakan metode ramah lingkungan dan hemat energi tetapi efektivitasnya bergantung pada jenis

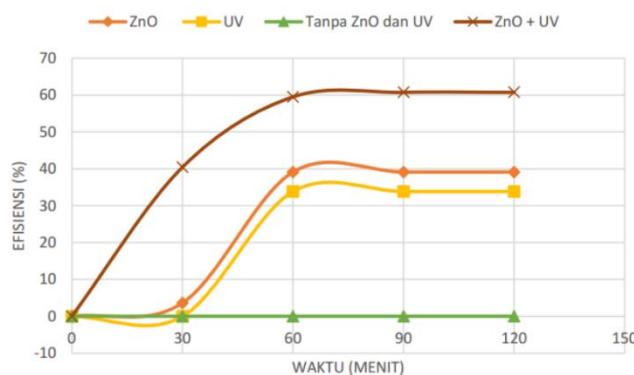
surfaktan, kondisi lingkungan (Ph, suhu dan oksigen), serta kemampuan mikroorganisme yang digunakan. Metode fotokatalis merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mendegradasi polutan dengan material semikonduktor, material berbasis karbon dan nanomaterial. Metode fotokatalis merupakan metode yang sederhana dan ramah lingkungan.

Fotokatalis adalah proses berubahnya energi cahaya menjadi energi kimia yang dalam prosesnya akan menghasilkan radikal hidroksil yang akan bereaksi redoks dengan senyawa organik (polutan), sehingga air akan kembali jernih karena terpisahkan dari limbah cair (Zanuba, 2023). Prinsip fotokatalis didasarkan pada penguraian polutan dari senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti CO₂, H₂O, asam atau basa mineral serta senyawa lain yang lebih sederhana. Senyawa yang sederhana tersebut memiliki karakteristik yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Oktapiani dkk., 2021).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Maretta dan Helmy (2015) menyatakan bahwa dalam mendegradasi surfaktan SLS menggunakan fotokatalis ZnO pada konsentrasi 0,4% dengan waktu optimum 60 menit dapat menghasilkan persen degradasi sebesar 57,03%.

Penelitian Maretta dan Helmy (2015) menyatakan bahwa hasil uji fotokatalis nano partikel ZnO, diperoleh hasil seperti pada Gambar 2.2, dapat dilihat bahwa proses menggunakan fotokatalis nano partikel ZnO saja memiliki efisiensi penyisihan surfaktan SLS sebesar 39,12%, pada proses yang menggunakan UV memiliki efisiensi penyisihan surfaktan SLS sebesar 33,85%, pada proses yang tidak menggunakan fotokatalis nano partikel dan sinar UV memiliki efisiensi sebesar 0%, sedangkan pada proses yang menggunakan fotokatalis nano partikel

ZnO dan sinar UV memiliki efisiensi sebesar 57,03%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan surfaktan paling tinggi adalah pada saat kondisi proses menggunakan nano partikel ZnO dan sinar UV, karena pada proses yang menggunakan fotokatalis nano partikel ZnO dan UV menghasilkan OH* yang dapat mengoksidasi senyawa organik khususnya surfaktan SLS, sedangkan pada variasi proses lain yaitu dengan menggunakan fotokatalis nano partikel ZnO saja dan sinar UV saja terbukti dapat menyisihkan surfaktan namun efisiensinya tidak terlalu besar dibandingkan dengan proses fotokatalisis menggunakan fotokatalis nano partikel ZnO dan sinar UV secara bersamaan.



Gambar 2.2 Grafik Uji Fotokatalis Surfaktan SLS (Aini, 2023).

2.2 Nanokomposit ZnO/CDs (CDs)

2.2.1 ZnO

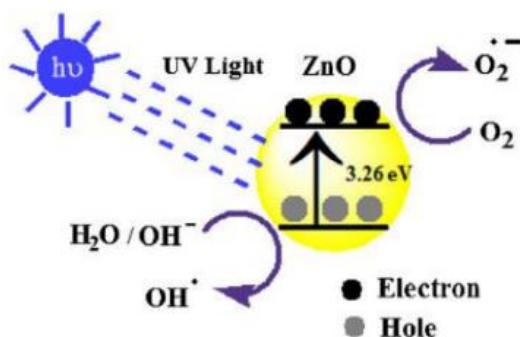
ZnO adalah material semikonduktor fotokatalis golongan II-IV dengan direct band gap lebar (3,3 eV) dan memiliki energi ikat eksiton bebas tertinggi (60 meV) (Ali dkk., 2014). ZnO dikenal sebagai fotokatalis yang efektif karena memiliki aktivitas fotokatalitik yang tinggi dimana ZnO mampu menghasilkan radikal bebas yang cukup untuk mendegradasi senyawa organik kompleks. ZnO memiliki stabilitas kimia yang baik dan ketersediaan dia alam yang melimpah.

ZnO dapat disintesis menggunakan metode sol-gel, solvotermal, hidrotermal, presipitasi dan biosintesis. Kelebihan metode sol-gel adalah kemudahan dalam pengendalian ukuran partikel namun membutuhkan waktu proses yang lama. Metode hidrotermal dan solvotermal menghasilkan partikel berkualitas tinggi,tetapi memerlukan peralatan khusus dan biaya tinggi. Metode presipitasi sederhana dan murah, namun partikel yang dihasilkan dapat mengalami penggumpalan dan memerlukan proses tambahan untuk menghilangkan ion-ion sisa reagen. Metode biosintesis merupakan metode ramah lingkungan, namun partikel yang dihasilkan memerlukan karakterisasi lebih lanjut untuk memastikan kualitas sehingga memerlukan waktu yang lama dan biaya yang tinggi. Berdasarkan kelebihan dan kekurangan metode sintesis ZnO, metode sol-gel dipilih dalam penelitian ini karena merupakan metode yang sederhana, murah, dan mudah dalam pengendalian ukuran partikelnya.

ZnO digunakan sebagai material fotokatalis untuk mendegradasi limbah atau pengotor dalam perairan. Hal ini dikarenakan aktifitas ZnO sebagai fotokatalis yang baik, dan ramah lingkungan (Marsalek, 2014). dibandingkan dengan TiO₂ ZnO mampu menyerap kuaritum Cahaya lebih banyak (Hutabarat, 2012) dan juga luas permukaan ZnO yang lebih besar membuat lebih banyak molekul targer yang teradsorpsi sehingga akan meningkatkan efisiensi reaksi fotokatalitik (Susanto dkk., 2014).

Mekanisme Fotokatalis menurut penelitian (Rakibuddin & Ananthakrishnan, 2016) yang ditunjukkan pada Gambar adalah ketika struktur nano ZnO terkena Cahaya tertentu, pasangan elektron-hole dihasilkan dari serapan energi yang cukup. Elektron dari pita valensi (VB) tereksitasi melintasi celah energi

menuju pita konduksi (CB). Elektron pada pita konduksi ZnO kemudian bereaksi dengan oksigen terlarut, membentuk radikal superoksida. Radikal superoksida ini selanjutnya akan bereaksi dengan molekul air untuk menghasilkan radikal hidroksil. Radikal hidroksil yang terbentuk berperan dalam mendegradasi molekul pewarna organic. Selain itu, lubang (hole) pada VB ZnO juga bereaksi langsung dengan molekul air untuk menghasilkan radikal hidroksil tambahan. Sehingga melalui reaksi-reaksi ini ZnO mampu mendegradasi pewarna organik secara efektif.



Gambar 2.3 Mekanisme ZnO sebagai fotokatalis (Rakibuddin & Ananthakrishnan, 2016)

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Maretta dan Helmy (2015) menyatakan bahwa dalam mendegradasi surfaktan SLS menggunakan fotokatalis ZnO pada konsentrasi 0,4% dengan waktu optimum 60 menit dapat menghasilkan persen degradasi sebesar 57,03%.

ZnO memiliki keterbatasan berupa rekombinasi pasangan elektron-hole yang cepat, yang menyebabkan kurangnya efisiensi proses fotokatalis. Selain itu ZnO hanya dapat menyerap cahaya di daerah ultraviolet, yang merupakan bagian kecil dari spektrum cahaya matahari, yang dapat membatasi aktifitas ZnO dibawah pencahayaan alami. Sehingga untuk mengatasi hal ini, dilakukan penambahan material atau modifikasi permukaan. Salah satunya sengan mengkompositkan

nanomaterial CDs yang juga termasuk salah satu material yang dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis.

2.2.2 CDs (*CDs*)

CDs merupakan salah satu nanomaterial berbasis karbon yang memiliki sifat fotoluminesensi, stabilitas kimia tinggi, dan kemampuan transfer elektron yang baik untuk fotokatalis. Pada penelitian Sun dkk. (2017) beberapa sifat unggul CDs diantaranya adalah material ini memiliki biokompatibilitas yang tinggi, kelarutan yang baik, sintesis yang relatif mudah dan murah serta toksitas yang rendah. CDs dapat diaplikasikan dalam kemajuan teknologi seperti bioimaging, biosensor, pembuatan LED, penghantar obat dan fotokatalis (Nazanin Hashemi, 2021). CDs dapat disintesis dari berbagai material biomasa berbasis karbon, salah satunya limbah sekam padi.

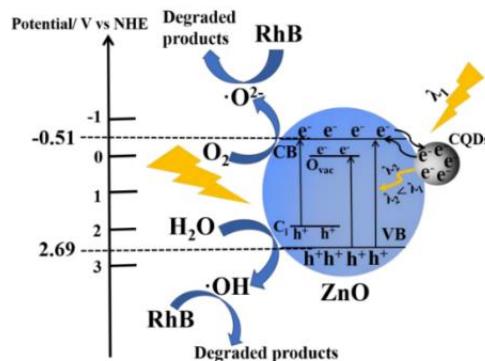
Limbah sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian yang melimpah dan masih sedikit dalam pemanfaatannya. Kandungan karbon pada limbah sekam padi yang dimanfaatkan sebagai sumber CDs memberikan solusi dalam pengelolaan limbah organik. Keunggulan CDs dari limbah sekam padi sebagai material fotokatalis adalah ketersediaan yang melimpah, dan ramah lingkungan. CDs (*CDs*) dari limbah sekam padi memancarkan warna biru yang bersesuaian dengan posisi puncak intensitas fluoresensnya pada panjang gelombang 430 nm, material CDs (*CDs*) ini juga memiliki darerah serapan maksimum pada 276 nm yang merupakan karakteristik dari material CDs (*CDs*) umumnya. Nilai celah energi dan koefisein serapan dari matrial Cds ini masing-masing adalah 3,81 eV dan $13,1 \text{ m}^{-1}$ (Maria, 2021).

Metode pengolahan karbon menjadi nanomaterial CDs adalah dengan metode sonikasi audiosonik (Arum, 2018) dan hidrotermal. Metode hidrotermal merupakan salah satu metode yang digunakan dalam sintesis *CDs*. Metode hidrotermal menghasilkan CDs dengan kualitas tinggi dan dapat digunakan untuk pembuatan skala besar, tetapi memerlukan peralatan yang mahal dan waktu proses yang lama. Sedangkan metode sonikasi merupakan metode sederhana yang digunakan dalam sintesis nanomaterial dalam fase cair karena mudah dilakukan, efisien, sederhana, dan murah. Namun, metode ini memiliki keterbatasan skala produksi sehingga hanya bisa digunakan untuk pembuatan CDs dalam skala kecil. Metode sonikasi dipilih dalam penelitian ini karena lebih efisien dibandingkan metode hidrotermal. Metode yang digunakan adalah sonikasi ultarsonik yaitu dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik yang dapat memecah senyawa atau sel dengan menggunakan getaran fisik.

CDs digunakan untuk degradasi berbagai polutan organik termasuk pewarna tekstil dan surfaktan. Dalam aplikasi ini, CDs meningkatkan transfer elektron selama proses fotokatalitik, sehingga mempercepat degradasi senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dan ramah lingkungan (Rahman dkk., 2021). Sifat fotoluminesensi kuat dan kemampuan transfer elektron menjadikan CDs berperan penting dalam meningkatkan efisiensi fotokatalitik. CDs dapat memperluas spektrum serapan cahaya pada material fotokatalis, termasuk ke wilayah Cahaya tampak. Hal ini meningkatkan produksi pasangan elektron-hole, sehingga efisiensi degradasi senyawa organik menjadi lebih tinggi (Li dkk., 2018).

Penelitian (Xu dkk., 2023) menyatakan bahwa komposit CQDs (*CQDs*)/ZnO menunjukkan penyerapan cahaya yang kuat dan peningkatan

fotodegradasi RhB karena keberadaan CQDs pada struktur ZnO. Pertama, atom karbon dari CQDs masuk ke dalam kisi ZnO menciptakan Tingkat energi baru diatas pita valensi(VB) ZnO melalui hibridasi orbital O 2p dan C 2p, yang menyebabkan penyempitan celah pita energi. Penyempitan ini meningkatkan penyerapan cahaya dan mempercepat degradasi RhB. Kedua, elektron yang dihasilkan oleh paparan Cahaya tampak pada CQDs dapat melompat ke pita konduksi (CB) ZnO. Elektron-elektron ini, bersama dengan tingkat energi oksigen vakansi (Ovac), bereaksi dengan oksigen untuk membentuk radikal superoksida ($\cdot\text{O}_2^-$) yang mampu mendegradasi molekul RhB. Ketiga, CQDs bertindak sebagai penampung elektron, menangkap elektron dari ZnO sehingga meningkatkan pemisahan muatan. Keempat, CQDs dengan sifat luminesensi up-conversion mampu memanfaatkan Panjang gelombang dibawah 400 nm, yang kemudian digunakan untuk mengaktifkan ZnO untuk menghasilkan lebih banyak elektron. Tingkat energi dopan karbon bereaksi dengan H_2O untuk menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$). ($\cdot\text{OH}$) digunakan untuk mendegradasi RhB. Sehingga komposit CQDs/ZnO mampu menghasilkan lebih banyak elektron dan lubang fotogenerasi, menghambat rekombinasi muatan dan dapat meningkatkan efisiensi fotodegradasi RhB.



Gambar 2.4 Mekanisme komposit CQDs/ZnO untuk fotodegradasi (Xu dkk., 2023)

2.3 Karakterisasi

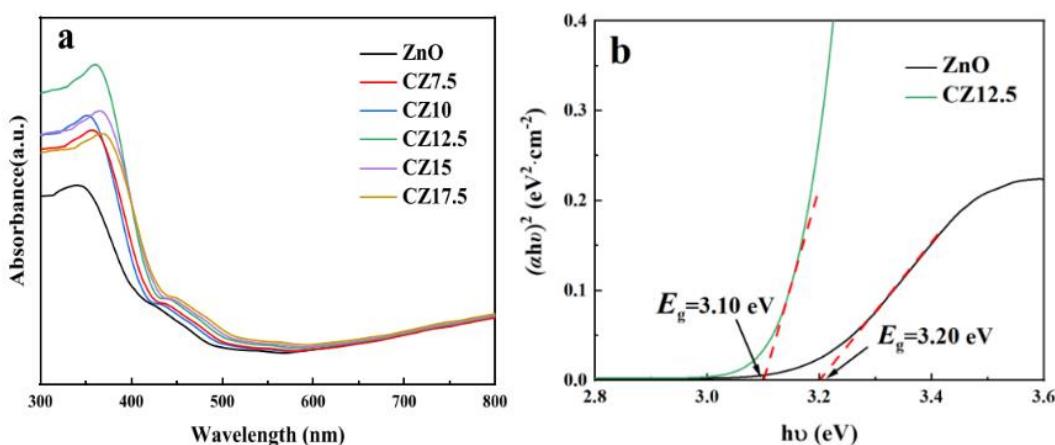
2.3.1 Spektrofotometer UV-VIS/DRS(*Diffuse Reflectance Spectroscopy*)

Analisis karakterisasi dengan DRS (*Diffuse Reflectance Spectroscopy*) digunakan untuk mengetahui lebar celah pita material hasil sintesis. Spektrofotometer UV-VIS merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis sifat absorpsi suatu material dalam menyerap cahaya UV dan tampak. Prinsip Kerja spektrofotometer UV-VIS yaitu sebuah sinar akan ditembakkan ke sampel yang akan diuji, kemudian sinar yang menembus sampel akan ditangkap oleh detektor. Rentang panjang gelombang yang digunakan yaitu 200 nm-800 nm. Sinar yang tidak diteruskan menembus sampel diserap oleh beberapa molekul dalam sampel mengindikasikan struktur dan ikatan kimiawi yang akan diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang gelombang tertentu.

Energi celah pita merupakan besaran energi yang dibutuhkan oleh suatu elektron untuk dapat tereksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Semakin besar energi celah pita, maka elektron semakin sulit untuk tereksitasi karena energi yang dibutuhkan semakin besar. Partikel semikonduktor akan menjadi oksidator yang mampu mendegradasi sejumlah polutan bila dikenai cahaya dengan panjang gelombang yang sesuai dengan energi celah pita semikonduktor tersebut (Hidryawat, 2020).

Pada penelitian (Xu dkk., 2023) menyatakan bahwa kemampuan penyerapan cahaya dan pemisahan pembawa muatan fotogenerasi merupakan faktor penting yang menentukan terjadinya fotokatalis suatu material. Pada Gambar 2.5a terlihat bahwa partikel nano ZnO hanya dapat menyerap cahaya dengan panjang gelombang kurang dari 400 nm, yang berarti respons cahaya ZnO berada

di wilayah UV. Sementara, komposit CQDs (*CQDs*)/ZnO menunjukkan tepi serapan kontinu di wilayah cahaya tampak seiring dengan meningkatnya kandungan CQDs (*CQDs*). Hal ini menunjukkan bahwa CQDs dapat memperluas respons cahaya ke wilayah cahaya tampak, sehingga mampu menyerap lebih banyak foton. CQDs tidak hanya memanfaatkan cahaya tampak, tetapi juga memiliki sifat luminesensi yang dapat up-conversion. Oleh karena itu, komposit CQDs/ZnO memiliki kapasitas penyerapan cahaya yang lebih baik. Namun, jika terlalu banyak CQDs yang ditambahkan, akan terjadi aglomerasi internal pada CQDs yang dapat mengurangi kemampuan penyerapan cahaya. Pada penelitian ini sampel komposit CZ 7,5 menunjukkan kapasitas penyerapan cahaya yang paling kuat. Pada Gambar 2.5b menunjukkan nilai celah pita (E_g) untuk partikel nano ZnO dan komposit CZ 12,5. Band gap nano ZnO yang dihasilkan sebesar 3,20 eV dan bangap komposit CZ 12,5 sebesar 3,10 eV. Celah pita yang lebih rendah menunjukkan bahwa energi cahaya dapat dimanfaatkan dengan lebih maksimal. Penambahan komposit CQDs dalam ZnO dapat menyebabkan peningkatan efisiensi dalam memanfaatkan energi cahaya.



Gambar 2. 5 Grafik (a) UV-Vis DRS dan (b) Band gap (Xu dkk., 2023)

2.3.2 XRD (*X-Ray Diffraction*)

XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan teknik non destruktif yang digunakan untuk suatu kristal. XRD juga dapat memberikan informasi tentang struktur, fase, orientasi kristal dan parameter lainnya seperti ukuran butir rata-rata, kristalinitas, regangan dan cacat kristal. Analisis XRD dilakukan dengan sumber sinar-X dengan panjang gelombang sinar-X diatur ke 1,54184Å (Cu K α), dan rentang 2 θ adalah 0 hingga 90. Dimana 2 θ merupakan sudut antara sinar dating dan sinar yang tersebar (Suzuki dkk.2020).

Prinsip dasar XRD yaitu didasarkan pada cahaya manokromatik berupa sinar-X yang difokuskan atau diteruskan pada sampel untuk mengetahui informasi struktural material kristal (Tiwari dan Talreja, 2020). Sinar-X dihasilkan dalam tabung sinar katoda dengan memanaskan filamen untuk menghasilkan elektron, mempercepat elektron menuju target dengan menerapkan tegangan, dan membombardir bahan target dengan elektron. Ketika elektron memiliki energi yang cukup untuk melepaskan elektron kulit bagian dalam dari bahan target, karakteristik spektrum sinar-X dihasilkan. Sinar-X yang telah mengenai sampel dan memenuhi hukum bragg akan menghasilkan interferensi konstruktif dan terbentuk puncak intensitas. Detektor akan merekam dan memproses sinyal sinar-X tersebut dan mengubah sinyal menjadi pola difraktogram, yang kemudian dikeluarkan ke perangkat seperti komputer dan printer (Bunaci dkk., 2015).

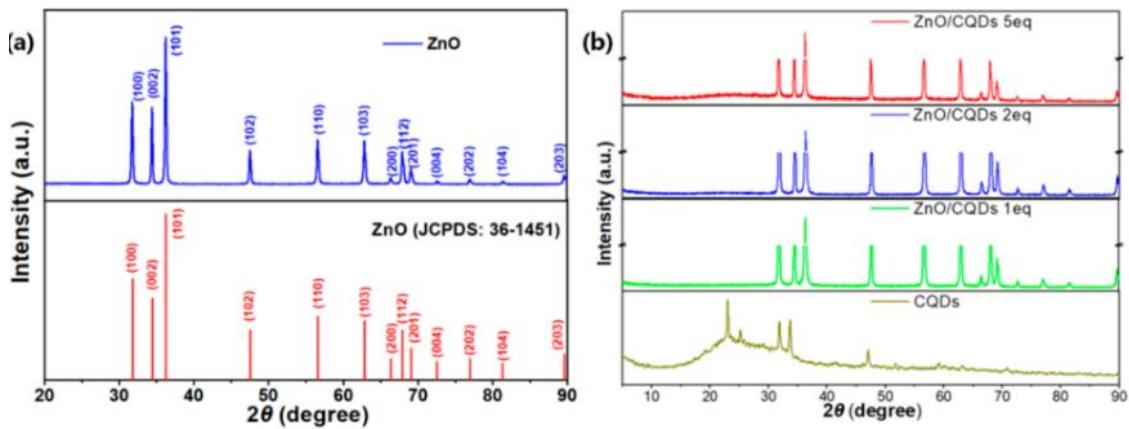
Data hasil uji XRD digunakan untuk mencari ukuran kristal dan jarak antar lapisan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ukuran kristal adalah dengan persamaan Scherrer (Persamaan 2.1) (Callister Jr and Rethwisch, 2018):

$$D = \frac{0,9 x \lambda}{L \cos\theta} \quad (2.1)$$

Berdasarkan persamaan 2.1 λ adalah 0,154 nm, L adalah lebar penuh pada intensitas puncak setengah maksimum (FWHM) (dalam radian), dan θ adalah sudut difraksi. Persamaan Bragg digunakan untuk menghitung jarak antar lapisan, seperti yang dinyatakan dibawah ini (Callister Jr and Rethwisch, 2018):

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} = \frac{0,154 \text{ nm}}{2 \sin \theta} \quad (2.2)$$

Pada penelitian Yu (2020), menyatakan bahwa karakterisasi material menunjukkan bahwa pola XRD bubuk ZnO berbentuk mikrosfer (Gambar 2.6a) menampilkan puncak karakteristik yang jelas pada sudut $2\theta = 31,7^\circ$, $34,4^\circ$, dan $36,2^\circ$ yang masing-masing sesuai dengan bidang kristal (100), (002), dan (101). Dibandingkan dengan nilai standar ZnO (JCPDS No. 36-1451), mikrosfer ZnO memiliki struktur heksagonal wurtzit dengan konstanta kisi $a = b = 3,243 \text{ \AA}$ dan $c = 5,195 \text{ \AA}$. Pada Gambar 2.6b ditampilkan pola XRD dari CQDs (*CQDs*) yang disintesis dan komposit ZnO/CQDs dengan berbagai rasio doping CQDs. Pola difraksi CQDs menunjukkan banyak puncak difraksi lebar dan tajam. Puncak difraksi lebar pada $2\theta = 20\text{--}30^\circ$ biasanya menunjukkan keberadaan karbon amorf dan bahan organik, sedangkan puncak difraksi tajam menunjukkan bahwa material tersebut bukan partikel karbon biasa, melainkan CQDs dengan kristalinitas yang lebih baik. Puncak difraksi lebar pada $2\theta = 20\text{--}30^\circ$ juga dapat diamati pada pola difraksi XRD dari sampel komposit ZnO/CQDs dengan berbagai rasio doping CQDs, di mana intensitas puncak difraksi lebar ini menjadi lebih jelas dengan meningkatnya rasio doping CQDs.



Gambar 2.6 Grafik XRD dari (a) ZnO, dan Komposit ZnO/CQDs (Yu dkk., 2020).

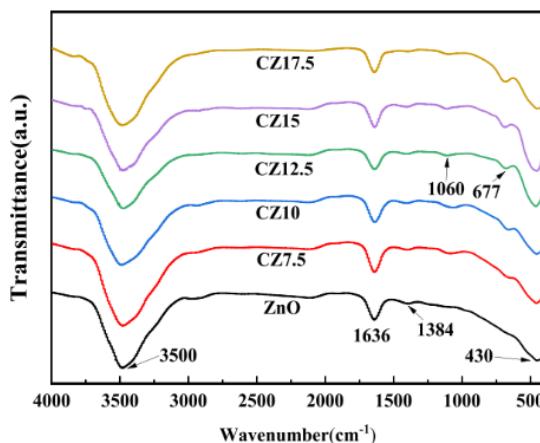
2.3.3 FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

FTIR (*Fourier Transformed Infrared*) adalah salah satu alat atau instrumen yang digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Analisis dengan spektroskopi inframerah didasarkan pada fakta bahwa molekul memiliki frekuensi pada getaran internal tertentu. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 1 cm^{-1} . Daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah berdasarkan panjang gelombang, yaitu IR dekat ($14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$) yang peka terhadap vibrasi *overtone*, IR sedang ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi molekul tersebut, dan IR jauh ($400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$) digunakan untuk menganalisis atom-atom berat seperti senyawa anorganik namun membutuhkan teknik khusus.

Prinsip kerja instrumen ini yaitu ketika sampel diletakkan di berkas radiasi inframerah, sampel akan menyerap radiasi pada frekuensi yang sesuai dengan frekuensi getaran molekul. Frekuensi radiasi yang diserap diukur dengan

spektrometer inframerah dan hasil plot dari energi yang diserap vs frekuensi disebut spektrum inframerah material (Patel, 2015).

Pada penelitian Xu (2023) menunjukkan pola FT-IR seperti pada Gambar 2.7. Pada partikel nano ZnO menunjukkan puncak pada 430 cm^{-1} dan 1384 cm^{-1} masing -masing berhubungan dengan *stretching vibration* Zn-O dan *bending vibration* gugus fungsi hidroksil di permukaan ZnO. Pada puncak 1636 cm^{-1} menunjukkan *bending vibration* O-H, sementara pada 3500 cm^{-1} berasal darai mode ulur gugus hidroksil pada molekul air yang teradsorpsi di permukaan sampel. Semua puncak yang muncul pada ZnO murni juga terlihat dalam spektrum komposit CQDs/ZnO. Selain itu, komposit CQDs/ZnO terdapat penyerapan pada 1060 cm^{-1} dan 667 cm^{-1} yang masing-masing berkaitan dengan gugus fungsi C-O-C dan C=C. Intensitas puncak dari ikatan C=C meningkat seiring bertambahnya kandungan CQDs, yang menjadikan salah satu bukti berhasilnya CQDs sebagai komposit yang ditambahkan pada ZnO.



Gambar 2.7 Grafik FTIR ZnO dan Komposit CQDs/ZnO (Xu dkk., 2023).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis Penlitian ini adalah eksperimen, yaitu dilakukan beberapa proses seperti sintesis CDs dari limbah sekam padi menggunakan metode sonikasi, dan sintesis nanokomposit ZnO/CDs dengan variasi volume larutan CDs menggunakan metode sol-gel selanjutnya, dilakukan karakterisasi CDs menggunakan UV-Light 395 nm dan UV-Vis, FTIR dan XRD, kemudian dilakukan karakterisasi pada ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs dengan menggunakan UV-Vis, XRD, FTIR. Setelah itu, dilakukan uji aktivitas fotokatalis pada sampel ZnO dan nanokomposit untuk mendegradasi SLS.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Januari 2025 di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Neraca digital
2. Gelas beker
3. Gelas ukur
4. Labu ukur
5. Cawan petri
6. Spatula

7. Blender
8. Ayakan 200 Mesh
9. Pipet
10. Vial
11. Wadah Sentrifugasi
12. Alat Sentrifugasi
13. Kertas membran 0,22 μm
14. Oven
15. Furnace
16. Ultrasonic sonication bath
17. Spektrofotometer Ultra Violet-Visible (UV-vis)
18. Spektrofotometer XRD (*X-Ray Diffraction*)
19. Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)
20. Reaktor Fotokatalis
21. Magnetic stirrer

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

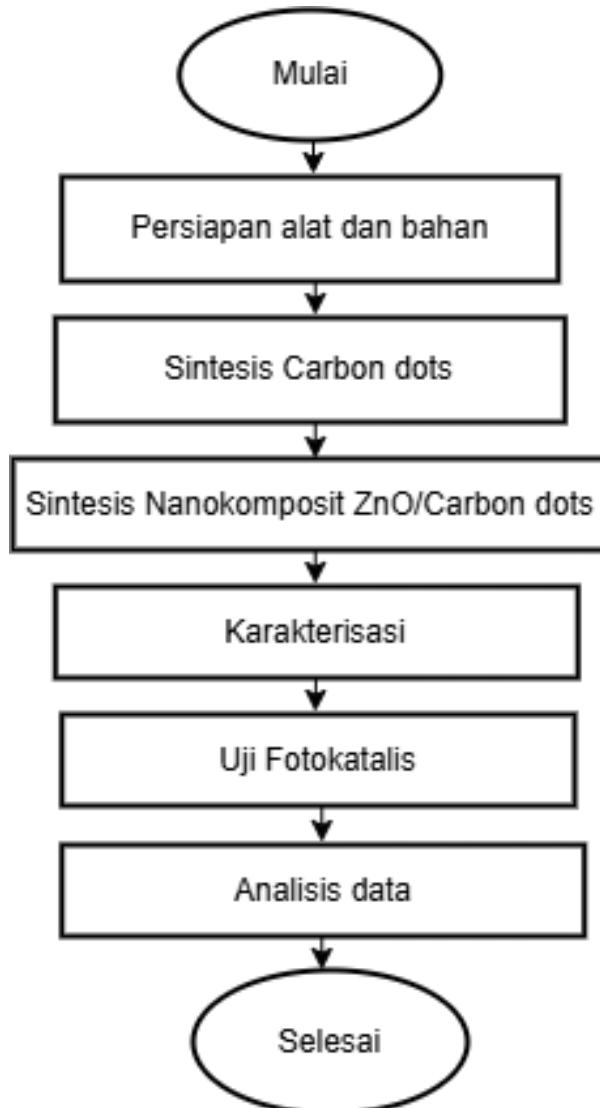
1. Limbah Sekam Padi
2. Aquades
3. Zinc Asetat Dyhidrate (CH_3CO_2)
4. Ethanol 98%
5. NaOH (*Natrium Hidroksida*)
6. Alkohol
7. Detergen

8. Kloroform

9. *Methylen blue*

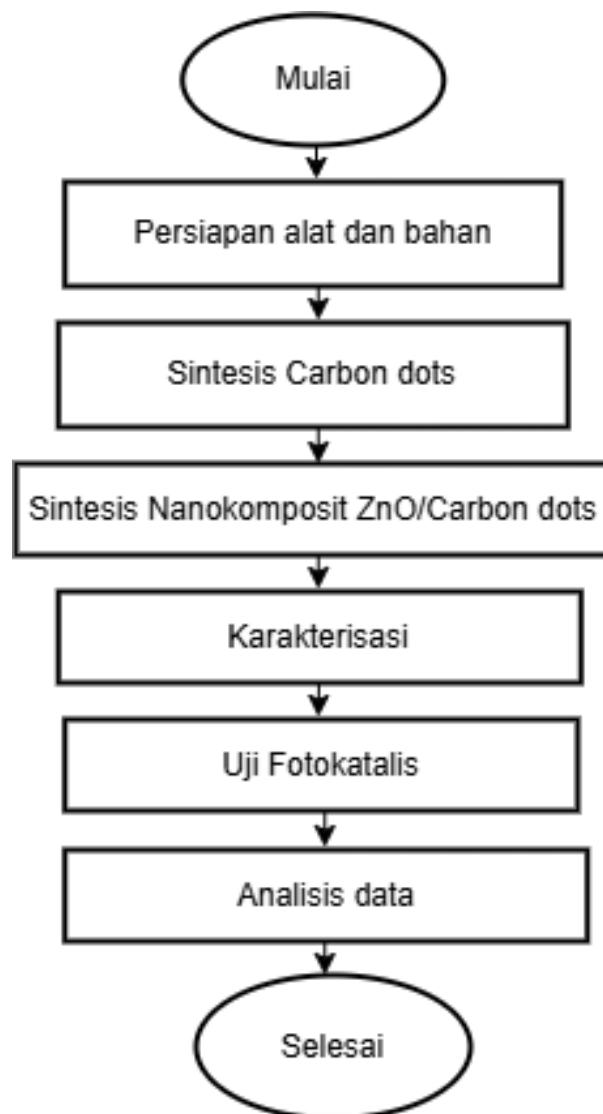
3.4 Diagram Alir

3.4.1 Prosedur Penelitian



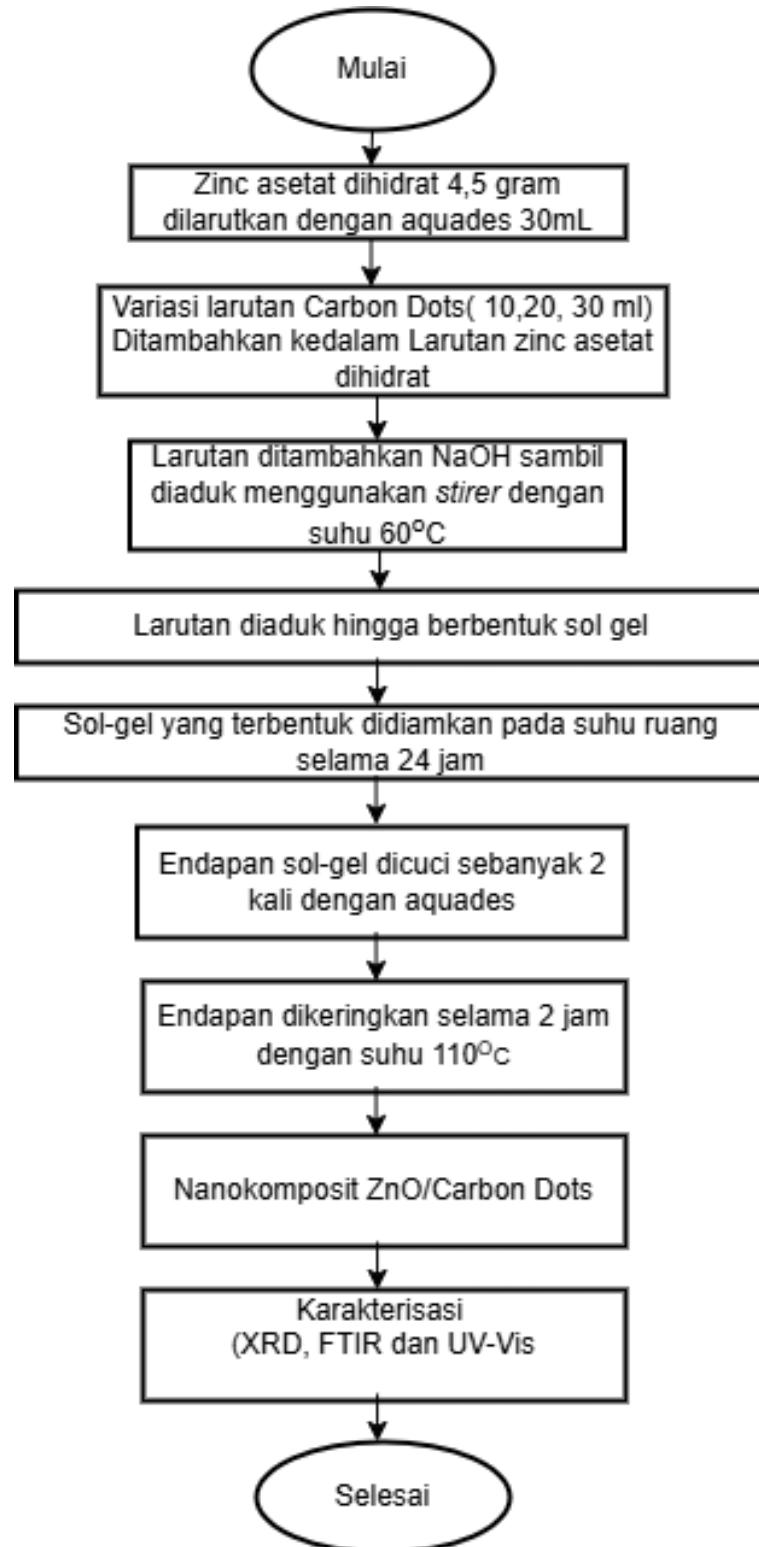
Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.4.2 Sintesis CDs dari Limbah Sekam Padi



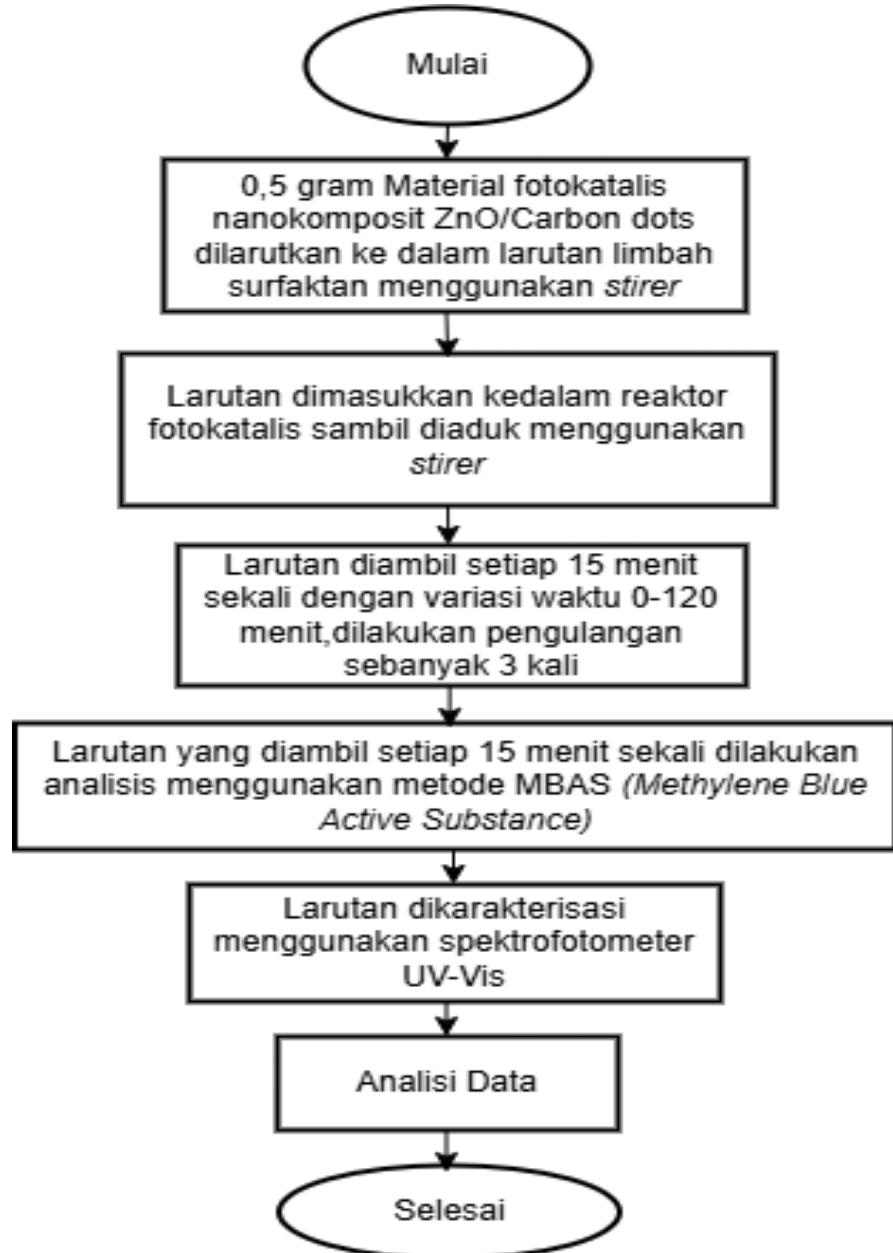
Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis CDs dari Limbah Sekam Padi.

3.4.3 Nanokomposit ZnO/CDs



Gambar 3.3 Diagram Alir Sintesis Nanokomposit ZnO/CDs

3.4.4 Nanokomposit ZnO/CDs Sebagai Material Fotokatalis



Gambar 3.4 Diagram Alir Uji Aktivitas Fotokatalis

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu, sintesis CDs dari limbah sekam padi menggunakan metode sonikasi, sintesis nanokomposit ZnO/CDs menggunakan metode sol-gel, karakterisasi sampel, pengujian efisiensi fotokatalis dan analisis data.

3.5.1 Langkah Percobaan

Adapun langkah percobaan yang dilakukan untuk sintesis *CDs* dari limbah sekam padi adalah sebagai berikut (Mercy.2023):

1. Limbah sekam padi dibersihkan menggunakan aquades dan dikeringkan.
2. Limbah sekam padi dikarbonisasi selama 2 jam dengan suhu 250°C.
3. Arang hasil karbonisasi dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh.
4. Arang limbah sekam padi ditimbang sebanyak 1,5 gram, kemudian ditambahkan ethanol 50 mL dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 15 menit.
5. Larutan arang limbah sekam padi kemudian disonikasi selama 1 jam dan disentrifugasi dengan kecepatan 1000 rpm selama 15 menit.
6. Larutan kemudian disaring menggunakan kertas membran berukuran 0,22 μm .
7. *CDs* yang dihasilkan dikarakterisasi UV Light dan UV-Vis.

Adapun Langkah percobaan yang dilakukan untuk sintesis ZnO/*CDs* adalah sebagai berikut (Bozatine.2016):

1. Zinc asetat dyhidrate ditimbang sebanyak 4,5 gram, dilarutkan dalam aquades 30 ml kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 5 menit.
2. Variasi larutan *CDs* (10 ml, 20 ml, dan 30 ml) kemudian ditambahkan dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 5 menit.
3. Larutan NaOH 1M sebanyak 10 ml ditambahkan kedalam larutan menggunakan pipet tetes.
4. Larutan diaduk selama 1 jam dengan suhu 60°C sampai berwarna putih dan berbentuk sol-gel.

5. Sol-gel kemudian didiamkan selama 24 jam.
6. Sol-gel yang sudah didiamkan, kemudian dicuci menggunakan aquades. sebanyak 20 ml dengan 2 kali pengulangan.
7. Sol-gel yang telah dicuci dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 110°C selama 2 jam.
8. Nanokomposit ZnO/*CDs* dikarakterisasi menggunakan UV-Vis, FTIR dan XRD.

3.5.2 Uji Karakterisasi

Adapun karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. UV Light 395 nm digunakan untuk melihat pendaran cahaya yang dihasilkan oleh *CDs* dari limbah sekam padi. Pengujian ini dilakukan di dalam ruang gelap, laboratorium Optik jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
2. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang *CDs* dan Nanokomposit ZnO/*CDs* dengan $\lambda_{\text{max}} = 200\text{-}800$ nm. Spektrofotometer UV-Vis juga digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum untuk larutan SLS yang bertujuan untuk mengetahui pada panjang gelombang berapa sampel dapat terserap secara optimum sehingga dapat mengurangi kesalahan pembacaan serapan menjadi minimum. dengan rentang panjang gelombang 400-700 nm. Pengujian ini dilakukan di laboratorium jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

3. XRD (X-Ray Diffraction) digunakan untuk mengidentifikasi fasa dan menentukan ukuran kristal senyawa yang dihasilkan. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Rentang 2θ yang digunakan adalah $0-80^0$.
4. FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dan mengetahui komposisi ikatan kimia yang terbentuk didalam nanokomposit ZnO/CDs. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang. Rentang pindai gelombang yang digunakan $4000-400 \text{ cm}^{-1}$.
5. Uji Fotokatalis digunakan untuk mendegradasikan limbah surfaktan dan digunakan sebagai spektrometer untuk mengetahui penurunan konsentrasi limbah surfaktan. Pengujian ini dilakukan dilaboratorium jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

3.5.3 Nanokomposit ZnO/CDs Sebagai Material Fotokatalis

Adapun langkah kerja yang dilakukan untuk mendegradasi limbah surfaktan SLS adalah sebagai berikut (Sumarwanto & Hartati, 2018):

1. Sebanyak 25 mL larutan SLS ditambahkan 1 mg nanokomposit ZnO/CDs.
2. Setelah penambahan, campuran dimasukkan kedalam reaktor fotokatalis sambil diaduk menggunakan *stirrer*.
3. Dilakukan sentrifugasi 10 menit untuk memisahkan antara larutan dengan katalis.
4. Dilakukan prosedur MBAS.

5. Pengukuran dilakukan pada setiap 15 menit sekali. Hasil larutan diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada waktu 0,15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, dan 120 menit.

Adapun langkah perlakuan MBAS (*Methylen Blue Active Substance*) adalah sebagai berikut(Sumarwanto & Hartati, 2018):

1. Diambil 10 mL sampel air limbah detergen dan dimasukkan dalam labu ukur 50 mL, kemudian ditambahkan aquades sampai tanda tera.
2. Larutan kemudian dikocok selama 1 menit sampai homogen.
3. Larutan yang sudah homogen diambil sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian ditambahkan 5 mL larutan biru metilen, dan 10 mL kloroform pa.
4. Larutan kemudian dikocok kuat-kuat selama 1 menit, kemudian diamkan sebentar sampai terjadi 2 lapisan.
5. Lapisan bawah diambil dan dimasukkan ke dalam corong pisah yang lain, selanjutnya ditambah 10 mL dan dikocok dengan kuat selama 1 menit. Ditunggu sampai terjadi 2 lapisan.
6. Lapisan larutan yang bawah diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer.

Adapun langkah kerja pembuatan larutan standar menggunakan metode MBAS adalah sebagai berikut(Sumarwanto & Hartati, 2018):

1. 25 mL larutan baku SLS 2, 4, 6 dan 8 ppm dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan aquades sampai tanda tera.
2. Larutan kemudian dikocok sampai homogen.

3. Larutan baku SLS dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian ditambahkan 5 mL larutan biru metilen dan 10 mL kloroform pro analis.
4. Larutan kemudian dikocok selama 1 menit dan didiamkan sebentar sampai terjadi lapisan atas dan bawah.
5. Lapisan bawah diambil dan dimasukkan ke dalam corong pisah. Selanjutnya ditambahkan 10 mL larutan pencuci ke dalam corong pisah tersebut.
6. Larutan kemudian dikocok selama 1 menit, dan didiamkan sampai terjadi dua lapisan. Lapisan yang bawah diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer. Dibuat kurva regresi hubungan konsentrasi dengan absorbansi.

Adapun Langkah kerja pembuatan larutan pencucian adalah sebagai berikut (Sumarwanto & Hartati, 2018):

1. 4,1 mL larutan H_2SO_4 3 M kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL yang berisi aquadest 50 mL.
2. Larutan ditambahkan dengan 5 gram $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$, kemudian dikocok hingga larut sempurna.
3. Larutan ditambahkan aquades sampai tanda tera, dan dihomogenkan.

3.6 Rencana Analisis Data

Data hasil pengujian dari penelitian ini berupa data uji sifat fisis dari nanokomposit ZnO/CDs. Pengujian sifat fisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui struktur kristal, gugus fungsi dan band gap sampel. Karakterisasi yang dilakukan yaitu UV-Vis, XRD, dan FTIR. Adapun rencana analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakterisasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Hasil data yang diperoleh berupa spektrum absorbansi dan Panjang gelombang. Kemudian akan dicari band gap menggunakan metode Touc plot dengan *software origin 2024*. Nilai energi gap pada sampel dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut (Agustina & Putri, 2018):

$$Eg = \frac{1240}{\lambda} \quad (3.1)$$

$$\alpha h\nu = (h\nu - Eg) \quad (3.2)$$

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan Spektrofotometer UV-Vis

No	Sampel	Wavelength(nm)	Bandgap(eV)
1	ZnO Murni		
2	ZnO/CDs 10 ml		
3	ZnO/CDs 20 ml		
4	ZnO/CDs 30 ml		
5	CDs Murni		

2. Karakterisasi menggunakan XRD

Hasil data XRD yang diperoleh untuk mengetahui ukuran kristal (D) dari sampel nanokomposit ZnO/CDs kemudian dianalisis menggunakan referensi pendukung. Persamaan yang digunakan untuk menghitung ukuran kristal menggunakan persamaan Debye-Scherrer (Saputri dkk., 2022):

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3.3)$$

D: Ukuran rata-rata kristal(nm).

K: Konstanta(0,9).

λ : Panjang gelombang sinar-X(nm).

β : Luas setengah puncak Full Width at Half Maximum (FWHM, radian).

θ : Sudut Bragg.

Tabel 3.2 Rancangan Percobaan Menggunakan XRD

No	Sampel	FWHM	Peak(2θ)	D (nm)
1	ZnO			
2	ZnO/CDs 10 ml			
3	ZnO/CDs 20 ml			
4	ZnO/CDs 30 ml			

3. Karakterisasi menggunakan FTIR

Hasil data FTIR berupa grafik gugus fungsi sampel yang dianalisis menggunakan *software* origin 2024. Kemudian puncak gugus fungsi yang terbentuk pada grafik dianalisis menggunakan referensi literatur.

Tabel 3.3 Rancangan Percobaan Menggunakan FTIR

No	Sampel	Wavenumber	Gugus Fungsi
1	ZnO Murni		
2	ZnO/ CDs 10 ml		
3	ZnO/ CDs 20 ml		
4	ZnO/ CDs 30 ml		

4. Uji Fotokatalis

Hasil data yang diperoleh dari uji fotokatalis kemudian akan dianalisis konsentrasi dan efisiensi fotodegradasi dari limbah surfaktan. Konsentrasi limbah surfaktan SLS setelah disinari UV dihitung menggunakan persamaan (Maretta & Helmy.2015).

$$y = ax + b \quad (3.5)$$

x: Konsentrasi surfaktan

y: nilai absorbansi yang diukur pada waktu yang ditentukan

a dan b: nilai yang diperoleh dari regresi linear kurva standar

Efisiensi fotodegradasi dihitung berdasarkan absorbansi limbah surfaktan menggunakan persamaan(Marettea & Helmy.2015):

$$\%Degradasi = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \quad (3.6)$$

C₀: Konsentrasi awal surfaktan

C_t: Konsentrasi akhir surfaktan

Tabel 3.4 Rancangan Percobaan Uji Fotokatalis

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

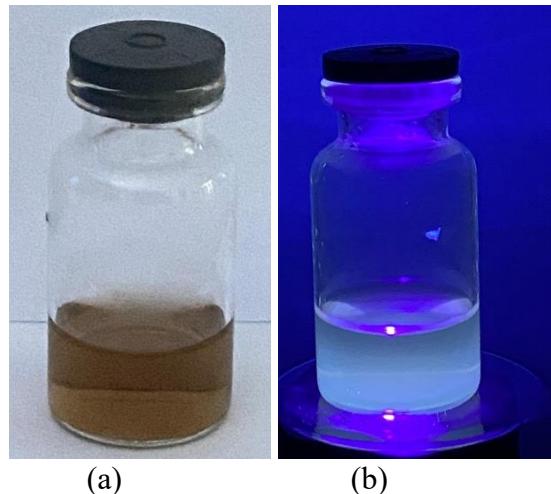
4.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan sintesis *CDs* dari sekam padi menggunakan metode sonikasi dan sintesis nanokomposit ZnO/CDs menggunakan metode sol-gel. Variasi yang digunakan adalah variasi larutan CDs 10 ml, 20 ml, dan 30 ml. Nanokomposit ZnO/CDs diaplikasikan sebagai material fotokatalis pada limbah detergen. Karakterisasi untuk CDs dilakukan menggunakan UV light, spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometer FTIR, dan XRD sebelum dikompositkan dengan ZnO. Kemudian karakterisasi nanokomposit ZnO/CDs menggunakan spektrofotometer FTIR, spektrofotometer UV-Vis dan XRD.

4.1.1 Sintesis Nanokomposit ZnO/CDs

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sintesis CDs dari sekam padi. Sekam padi diberi pretreatment sebelum disintesis seperti dicuci dengan aquades dan dikeringkan dioven kemudian dikarbonisasi, hasil karbonisasi dihaluskan menggunakan mortar dan alu dan disaring menggunakan ayakan 200 mesh. Serbuk karbon sekam padi sebanyak 1 gram dilarutkan dengan ethanol 100 ml, kemudian disonikasi selama 1 jam. Proses sintesis CDs kemudian diuji UV Light untuk mengetahui sifat yang dihasilkan seperti pada Gambar 4.1b. Larutan CDs disinari menggunakan lampu UV(365 nm), dan menunjukkan warna biru seperti pada Gambar 4.1b. Sifat ini merupakan salah satu ciri material CDs, dimana partikel karbon mampu menyerap energi foton dari cahaya UV dan kemudian memancarkannya kembali dalam bentuk cahaya tampak dengan warna tertentu. Hasil ini sesuai dengan penelitian Xu (2023) yang menyatakan bahwa sifat

fotoluminesensi yang muncul menjadi parameter utama bahwa CQDs telah berhasil disintesis dengan baik.



Gambar 4.1.(a) Larutan CDs pada Cahaya tampak dan (b) Larutan CDs pada UV-light

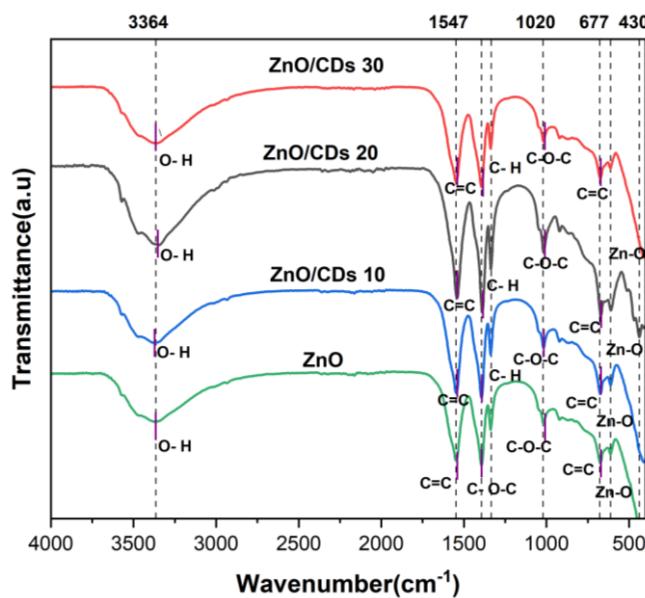
Tahap kedua yang dilakukan pada penelitian ini yaitu sintesis nanokomposit ZnO/CDs. Langkah pertama yang dilakukan adalah 4 gram *zinc asetat dyhidrate* dilarutkan dalam 30 ml aquades, kemudian ditambahkan variasi larutan CDs 10 ml, 20 ml, dan 30 ml dan diaduk menggunakan magnetic stirer selama 5 menit, kemudian ditambahkan NaOH 1 M sebanyak 10 ml menggunakan pipet tetes sambil diaduk menggunakan magnetic stirer selama 1 jam dengan suhu 60°C. Larutan yang dihasilkan didiamkan selama 24 jam dan membentuk endapan. Endapan yang dihasilkan dicuci menggunakan aquades kemudian dikeringkan dengan suhu 110°C dioven selama 2 jam. Sampel ZnO yang dikompositkan dengan CDs diberi kode agar memudahkan saat pengujian dan analisis data yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kode sampel nanokomposit

No	Sampel	Kode
1	ZnO/CDs 10 ml	ZnO/CDs 10
2	ZnO/CDs 20 ml	ZnO/CDs 20
3	ZnO/CDs 30 ml	ZnO/CDs 30

4.1.2 Hasil Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dengan range bilangan gelombang 400 cm^{-1} - 4000 cm^{-1} dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel Nanokomposit ZnO/CDs. Hasil karakterisasi FTIR berupa grafik hubungan bilangan gelombang dan transmitansi seperti pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara transmitansi dengan bilangan gelombang sampel ZnO dan Nanokomposit ZnO/CDs.

Berdasarkan Gambar 4.2 hasil karakterisasi FTIR pada ZnO nanopartikel menunjukkan adanya pita serapan pada beberapa bilangan gelombang tertentu yang mengindikasikan vibrasi ikatan atom maupun gugus fungsi pada sampel. Seluruh sampel menunjukkan adanya puncak serapan yang hampir serupa dengan beberapa

pergeseran intensitas yang menandakan terjadinya interaksi antara ZnO dan CDs.

Pembacaan spektrum FTIR disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Gugus Fungsi ZnO dan Nanokomposit ZnO/CDs

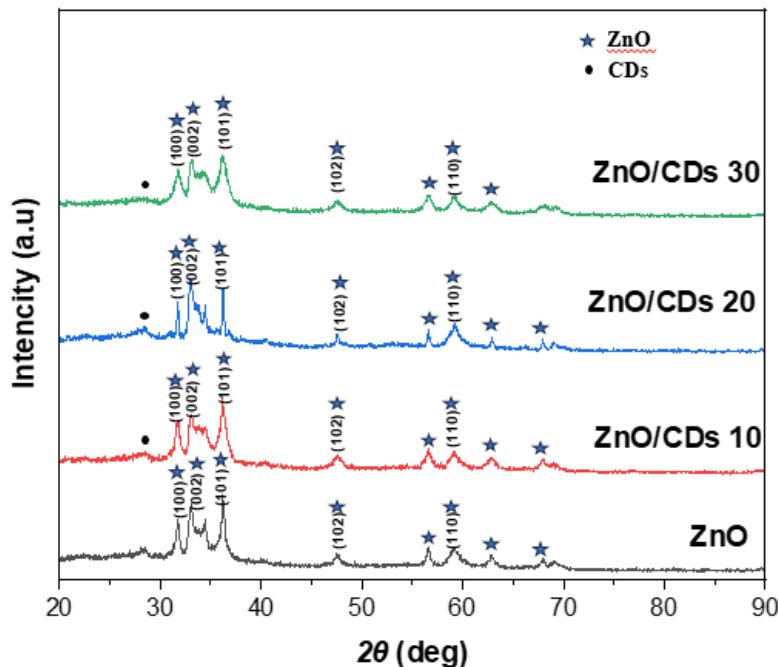
Rentang bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi			
	ZnO	ZnO/CDs 10	ZnO/CDs 20	ZnO/CDs 30
3000-3500	O-H	O-H	O-H	O-H
1500-1800	C=C	C=C	C=C	C=C
1000-1400	C-O-C	C-H	C-H	C-H
600-900	C-O-C	C-O-C	C-O-C	C-O-C
500-600	C=C	C=C	C=C	C=C
400-500	Zn-O	Zn-O	Zn-O	Zn-O

Berdasarkan Tabel 4.2 sampel ZnO murni dan nanokomposit ZnO/CDs memiliki gugus fungsi dan puncak-puncak transmitansi yang hampir sama. Pada sampel ZnO murni rentang bilangan gelombang 3364-3500 terdapat gugus fungsi O-H dari molekul air teradsorpsi di permukaan ZnO (Xu,dkk.2024). Pada rentang bilangan gelombang 1547 cm⁻¹ dan 1393 cm⁻¹ sampel ZnO terdapat gugus fungsi C=C (Yang,dkk.2018). Rentang bilangan gelombang 1333 cm⁻¹ dan 1020 cm⁻¹ menunjukkan gugus C-O-C (Xu,dkk.2020) dan rentang bilangan gelombang 432 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi Zn-O yang menunjukkan puncak khas dari ZnO. Pada sampel nanokomposit ZnO/CDs 10, 20 dan 30 ml rentang bilangan gelombang 3338-3392 cm⁻¹ terdapat gugus O-H (Nabila,dkk.2024). Pada rentang bilangan gelombang 1547 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi C=C (Nabila,dkk.2024) menunjukkan getaran regangan dari gugus C=C aromatik yang berasal dari struktur karbon dalam CDs. Pada rentang bilangan gelombang 1339 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus fungsi C-H (Nabila,dkk.2024). Pada rentang bilangan gelombang 1060 cm⁻¹ dan 677 cm⁻¹ terdapat gugus C-O-C dan C=C (Xu,dkk.2020) dan rentang bilangan gelombang 432 cm⁻¹ menunjukkan gugus fungsi Zn-O (Xu,dkk.2020).

Perbedaan antara ZnO murni dan nanokomposit ZnO/CDs terletak pada munculnya pita tambahan di daerah rentang bilangan gelombang 1500-1000 cm⁻¹ yang menandakan adanya gugus organik dari CDs. Munculnya gugus C=C, dan C-O-C pada ZnO murni bukan berarti ZnO tidak terbentuk, melainkan mengindikasikan adanya molekul organik sisa sintesis atau hasil adsorpsi lingkungan, pita khas Zn-O(<1000 cm⁻¹) tetap menunjukkan bahwa struktur ZnO berhasil terbentuk dan munculnya gugus C=C, dan C-O-C pada ZnO/CDs 10, ZnO/CDs 20 dan ZnO/CDs 30 ml menunjukkan bahwa CDs berhasil sebagai komposit yang ditambahkan pada ZnO. Peningkatan intensitas pada puncak-puncak tersebut terlihat seiring bertambahnya volume larutan CDs hal ini menunjukkan bahwa gugus karbon berhasil berinteraksi dengan permukaan ZnO yang dapat meningkatkan efisiensi fotokatalik melalui peningkatan transfer elektron dan pengurangan rekombinasi pasangan elektron-hole(Xu,dkk.2020).

4.1.3 Hasil Pengujian XRD(*X-Ray Diffraction*)

Pengujian menggunakan XRD dilakukan di Laboratorium Analisis Greenlabs Bandung. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan CDs dalam ukuran struktur kristal ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs. Hasil dari karakterisasi XRD ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara intensitas dan sudut difraksi 2θ. Pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik XRD ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs

Hasil analisis XRD pada sampel ZnO murni dan nanokomposit ZnO/CDs menggunakan *software* match menunjukkan puncak-puncak difraksi dengan intensitas tinggi pada sudut 2θ sebesar 31.76° , 33.14° , 36.2° yang berkaitan dengan bidang-bidang [100], [002] dan [101]. Puncak-puncak lainnya dengan intensitas yang lebih rendah terletak pada 47.5° dan 59.08° yang berkaitan dengan bidang-bidang [102] dan [110]. Puncak-puncak difraksi yang dilambangkan dengan bintang menunjukkan puncak-puncak difraksi struktur Kristal heksagonal *wurtzite* (Yu, dkk.2020) seperti yang ditunjukkan pada lampiran. Puncak difraksi dari CDs terdapat pada rentang puncak $2\theta = 25^\circ$ - 30° namun pada Gambar 4.9 keberadaan CDs tidak terlihat jelas dikarenakan CDs memiliki struktur yang amorf (Bozetine.2016).

Hasil XRD juga mendukung keberhasilan pembentukan nanokomposit karena pola difraksi masih menunjukkan puncak ZnO yang jelas. Kemudian ukuran kristal ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs dihitung menggunakan Persamaan Debye-Scherrer seperti salah satu ukuran kristal pada ZnO murni di $2\theta = 31.76^\circ$ berikut ini:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} = \frac{0,9 \times 1,5406}{0,00506 (0,4468)} = 61,03 \text{ nm}$$

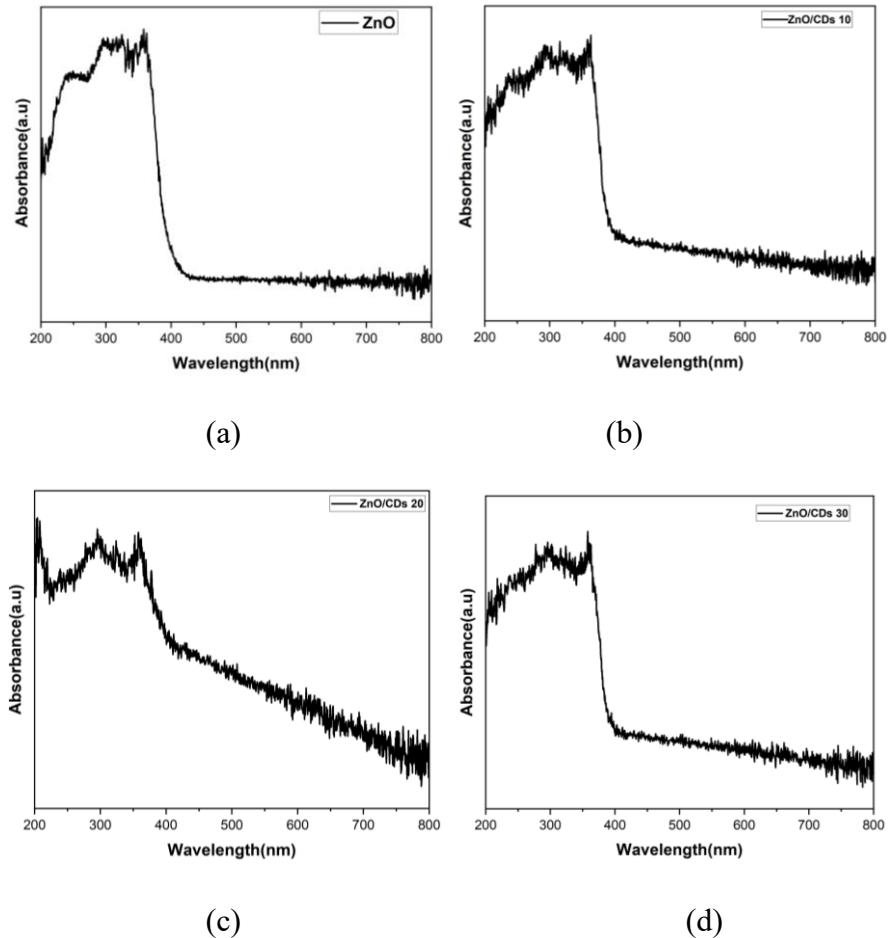
Perhitungan ukuran kristal ZnO murni dan ZnO/CDs dilampirkan pada lampiran yang dihitung dari puncak dominan dan kemudian dirata-rata ditunjukkan pada Tabel 4.3. Pada ZnO murni, ukuran kristal sekitar 15 nm, menunjukkan kristal yang baik setelah dikompositkan dengan CDs, struktur kristal ZnO mengalami beberapa perubahan seperti pada variasi penambahan CDs 10 ml ukuran kristalit ZnO mengalami kenaikan menjadi 30 nm. Pada penambahan CDs 20 ml menunjukkan penurunan ukuran kristal menjadi 15 nm dan pada penambahan CDs 30 ml ukuran kristal menjadi 6 nm.

Tabel 4. 3 Rata-rata Ukuran Kristal

No	Sampel	Rata-rata Ukuran Kristal D (nm)
1	ZnO	20
2	ZnO/CDs 10 ml	30
3	ZnO/CDs 20 ml	15
4	ZnO/CDs 30 ml	6

4.1.4 Hasil Pengujian UV-VIS DRS(*Diffuse Reflectance Spectroscopy*)

Pengujian UV-Vis dilakukan di Laboratorium jurusan kimia Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis DRS bertujuan untuk mengetahui nilai energi celah pita sampel hasil sintesis. Nilai celah pita sangat penting karena dapat mempengaruhi kinerja dari semikonduktor dalam mengeksitasi elektron. Hasil data yang diperoleh dari pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis berupa panjang gelombang dan absorbansi yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara Panjang gelombang dengan absorbansi (a) ZnO murni, (b) ZnO/CDs 10 ml, (c) ZnO/CDs 20 ml dan (d) ZnO/CDs 30 ml.

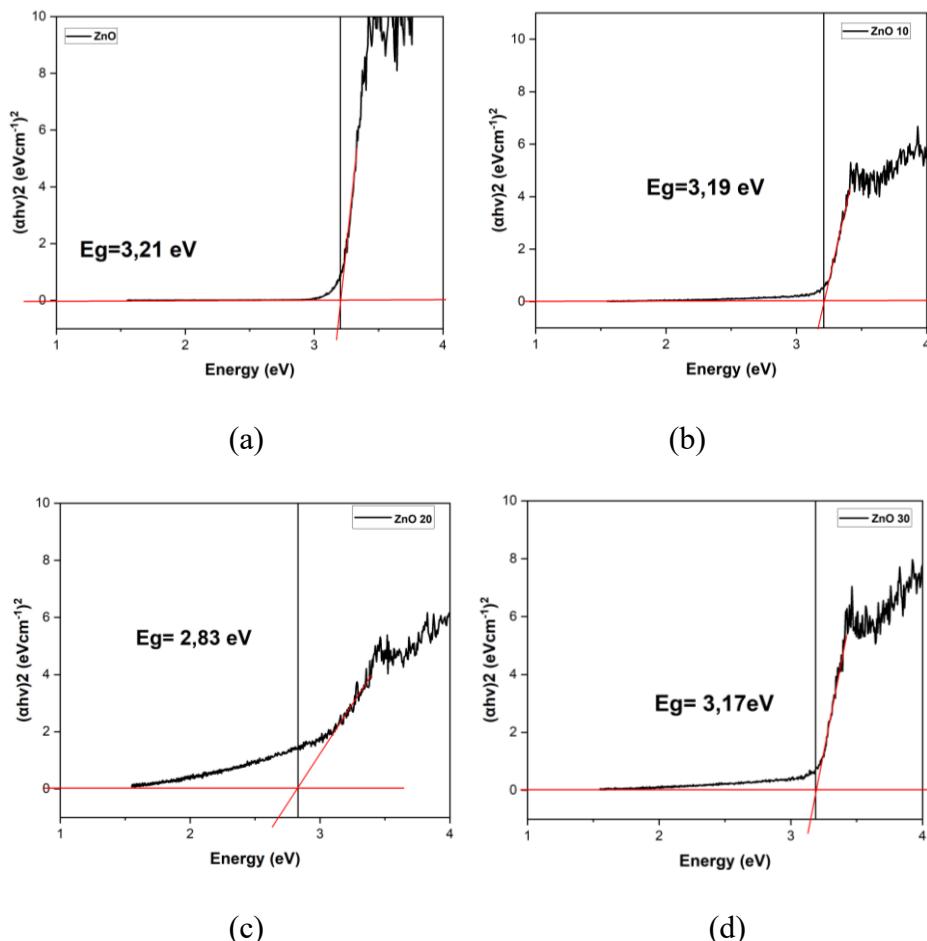
Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa partikel nano ZnO dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang kurang dari 400 nm, yang berarti respon cahaya ZnO berada diwilayah UV (Xu dkk., 2023). Penambahan CDs pada ZnO menunjukkan perluasan serapan sampai di wilayah cahaya tampak(400-700 nm). Penambahan CDs juga dapat mempengaruhi nilai energi celah pita yang dihasilkan.

Nilai energi celah pita ZnO murni dan nanokomposit ZnO/CDs dapat diketahui dengan data panjang gelombang (λ) dan absorbansi (A) yang telah didapatkan dan kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Eg = \frac{1240}{\lambda} \quad (4.1)$$

$$\alpha h\nu = (h\nu - E_g) \quad (4.2)$$

Dari hasil perhitungan energi direct, dibuat plot grafik hubungan antara hv dengan $(\alpha hv)^2$. plot band gap direct dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik nilai energi celah pita sampel (a) ZnO murni, (b) ZnO/CDs 10 ml, (c) ZnO/CDs 20 ml dan (d) ZnO/CDs 30 ml

Hasil engukuran celah pita energi ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs dapat dilihat pada Tabel 4.4. Pada ZnO murni memiliki nilai energi celah pita sebesar 3,21 eV, pada variasi penambahan CDs 10 ml nilai energi celah pita yaitu 3,19 eV, pada penambahan 20 ml CDs nilai energi celah pita mengalami penurunan yaitu 2,83 eV dan pada penambahan CDs 30 ml nilai energi celah pita mengalami kenaikan kembali yaitu 3,17 eV. Pada penelitian yang dilakukan oleh Xu (2023)

menyatakan bahwa penurunan band gap akibat penambahan CQDs pada ZnO menyebabkan peningkatan aktivitas fotokatalitik dan penambahan CQDs apabila terlalu banyak juga dapat menyebabkan aglomerasi internal yang menyebabkan menurunnya kemampuan penyerapan cahaya sehingga nilai band gap mengalami kenaikan kembali. CQDs bertindak sebagai material yang mampu menyerap cahaya tampak dan mentransfer elektron ke ZnO, serta meningkatkan efisiensi pemisahan muatan dengan menghambat rekombinasi pasangan elektron-hole.

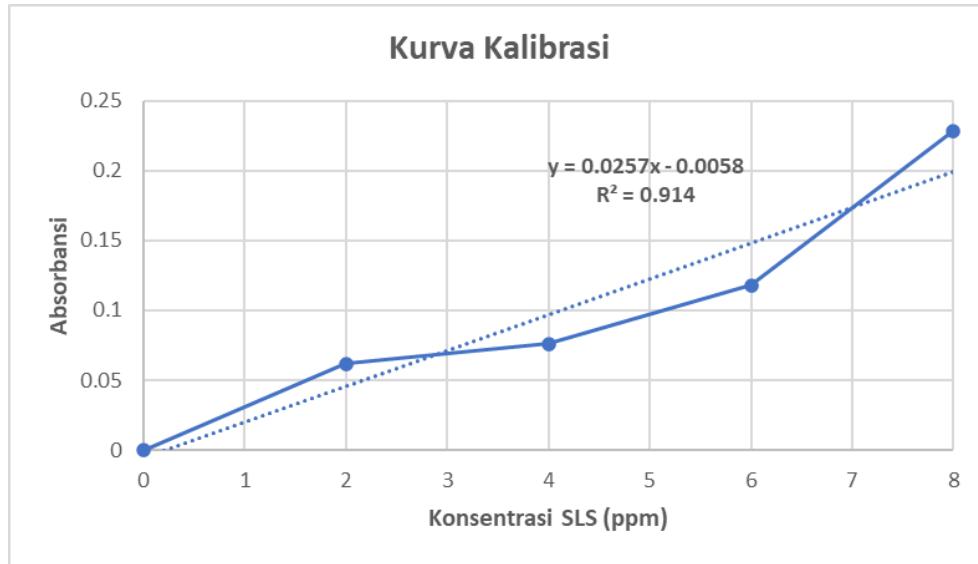
Tabel 4.4 Nilai energi celah pita

No	Sampel	Bandgap(eV)
1	ZnO Murni	3,21 eV
2	ZnO/CDs 10 ml	3,19 eV
3	ZnO/CDs 20 ml	2,83 eV
4	ZnO/CDs 30 ml	3,17 eV

4.1.5 Pengukuran Fotodegradasi SLS

1. Penentuan Kurva Standar

Penentuan kurva standar SLS dilakukan dengan mengukur nilai absorbansi dengan variasi konsentrasi 0, 2, 4, 6, dan 8 ppm. Penentuan konsentrasi SLS yang digunakan untuk mengetahui larutan standar diukur menggunakan metode MBAS dan diukur absorbansi masing-masing larutan pada panjang gelombang 591 nm menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis di Laboratorium jurusan kimia Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil data yang diperoleh dibuat kurva baku dan diukur nilai regresi dari nilai konsentrasi terhadap absorbansi (Sumarwanto dan Hartati, 2018).



Gambar 4.6 Grafik kurva kalibrasi SLS

Berdasarkan hasil dari pengukuran dan perhitungan absorbansi larutan SLS dan kurva kalibrasi larutan standar didapatkan grafik kurva standar yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan diperoleh hasil nilai regresi yang menghasilkan persamaan $y=0.0257x-0.0058$, Dimana y adalah absorbansi, x adalah konsentrasi SLS dan nilai koefisien korelasi (R^2) didapatkan 0.914. Nilai R^2 yang dihasilkan sudah mendekati 1 atau mendekati garis lurus. Pada penelitian Ratri (2017) menyatakan bahwa nilai R dari kurva kalibrasi semakin mendekati 1 maka metode analisis semakin reliabel.

2. Uji Aktivitas Fotokatalis Nanokomposit ZnO/CDs Terhadap Degradasi SLS.

Pengujian aktivitas fotokatalis dilakukan di Ruang Gelap Laboratorium Optik Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang menggunakan reaktor UV sebagai sumber energi untuk mengaktifkan katalis ZnO/CDs. Pengujian aktivasi fotokatalis dilakukan dengan variasi waktu penyinaran 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, dan 120 menit untuk menentukan kondisi

optimum dalam mendegradasi surfaktan SLS. Variasi waktu penyinaran mengartikan lamanya interaksi fotokatalis dengan larutan sampel. Semakin panjang waktu penyinaran semakin besar peluang terjadinya interaksi fotokatalis dengan foton, sehingga meningkatkan efektivitas proses degradasi. Larutan SLS dengan konsentrasi 8 ppm dicampurkan dengan sampel ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs kemudian diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui efisiensi fotodegradasinya. Nilai absorbansi SLS yang didapatkan kemudian dihitung menggunakan persamaan (4.3) untuk mengetahui konsentrasi SLS (ppm)

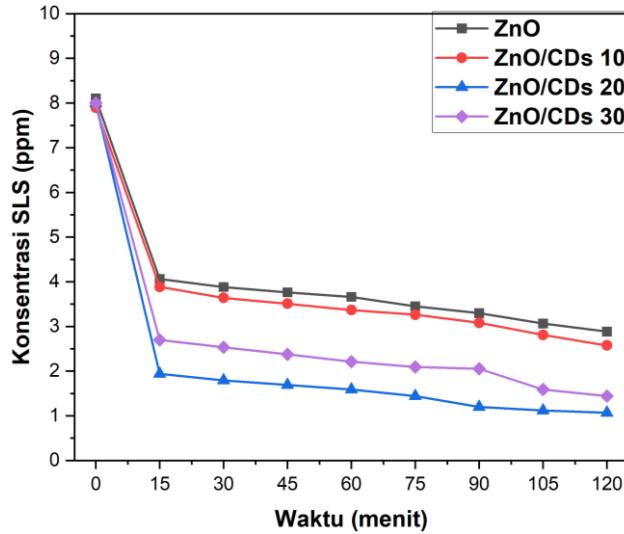
$$y = ax + b \quad (4.3)$$

Hasil perhitungan nilai konsentrasi SLS ditunjukkan pada Tabel 4.6

Tabel 4.5 Hasil Konsentrasi SLS

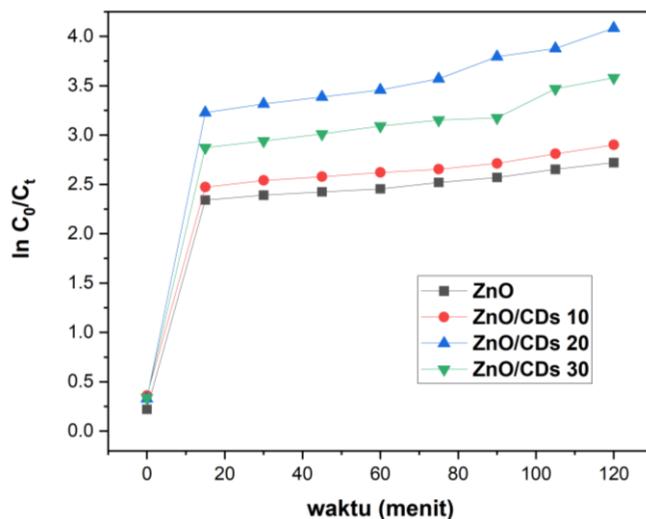
Nama Sampel	Konsentrasi SLS (ppm)								
	0 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit	75 menit	90 menit	105 menit	120 menit
ZnO murni	8	3,961	3,779	3,662	3,559	3,350	3,195	2,962	2,780
ZnO/CDs 10 ml	8	3,987	3,740	3,610	3,468	3,364	3,183	2,910	2,677
ZnO/CDs 20 ml	8	1,938	1,794	1,688	1,587	1,443	1,198	1,120	1,066
ZnO/CDs 30 ml	8	2,700	2,533	2,377	2,210	2,093	2,054	1,587	1,443

Data hasil yang diperoleh pada Tabel 4.6 dibuatkan grafik hubungan antara konsentrasi SLS terhadap waktu penyinaran.



Gambar 4.7 Hubungan antara konsentrasi SLS dengan lama waktu penyinaran

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa sampel ZnO dan nanokomposit ZnO/CDs mengalami penurunan konsentrasi seiring bertambahnya waktu penyinaran. Kemudian dianalisis nilai laju degradasi SLS yang ditunjukkan pada gambar 4.8. Garis kemiringan (slope) pada menit ke-0 hingga 15 menit pada grafik menunjukkan penurunan konsentrasi SLS yang sangat tajam untuk semua variasi fotokatalis, terutama pada ZnO/CDs 20 dan 30 ml. nilai slope yang semakin curam menandakan bahwa laju reaksi berlangsung lebih cepat.



Gambar 4. 8 Kinetika Laju Degradasi SLS

Kinetika laju degradasi dihitung untuk mengetahui cepat reaksi degradasi SLS yang terjadi. Laju degradasi sendiri merupakan ukuran perubahan konsentrasi reaktan per satuan waktu. Konstanta laju fotodegradasi dinyatakan sebagai nilai slope (kemiringan garis) pada kurva regresi linier antara $\ln(C_0/C_t)$ dengan waktu degradasi. Nilai konstanta laju degradasi dapat dilihat lampiran. kemudian, nilai efisiensi fotodegradasi SLS menggunakan ZnO murni dan nanokomposit ZnO/CDs dihitung menggunakan Persamaan 4.4 untuk mengetahui presentase efisiensi degradasi.

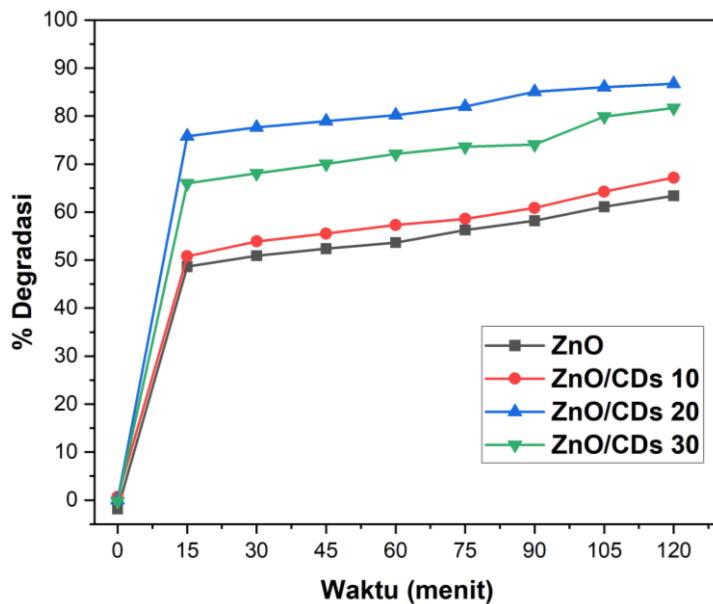
$$\% \text{Degradasi} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\% \quad (4.4)$$

Dengan % degradasi adalah nilai efisiensi, C_0 adalah konsentrasi awal SLS sebelum diuji aktivitas fotokatalis dan C_t adalah konsentrasi akhir SLS setelah diuji aktivitas fotokatalis. Perhitungan nilai efisiensi fotodegradasi SLS terhadap waktu penyinaran dilampirkan pada lampiran dan hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Efisiensi Degradasi

Nama Sampel	% Degradasi								
	0 menit	15 menit	30 menit	45 menit	60 menit	75 menit	90 menit	105 menit	120 menit
ZnO murni	0	50.48	52.75	54.21	55.51	58.12	60.05	62.97	65.23
ZnO/CDs 10 ml	0	50.16	53.24	54.86	56.64	57.94	60.21	63.61	66.53
ZnO/CDs 20 ml	0	75.77	77.57	78.89	80.15	81.95	85.01	85.99	86.67
ZnO/CDs 30 ml	0	66.24	68.33	70.28	72.37	73.83	74.31	80.15	81.95

Data hasil yang diperoleh pada Tabel 4.7 dibuatkan grafik hubungan antara % degradasi terhadap waktu penyinaran.



Gambar 4.9 Grafik hubungan antara presentase degradasi dengan waktu

Grafik pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa presentase degradasi SLS meningkat seiring bertambahnya waktu penyinaran pada semua sampel fotokatalis. Nilai presentase degradasi yang paling tinggi ditunjukkan oleh nanokomposit ZnO/CDs 20, dengan nilai degradasi sebesar 86.67% setelah 120 menit. Disusul oleh ZnO/CDs 30 dengan degradasi sekitar 81.9%, ZnO/CDs 10ml sekitar 66.5% dan ZnO murni sekitar 65%.

4.2 Pembahasan

Pada penelitian ini telah berhasil disintesis nanokomposit ZnO/CDs menggunakan sekam padi sebagai sumber karbon. Sekam padi dipilih karena memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga berpotensi dalam menghasilkan

CDs. Penggabungan ZnO dan CDs bertujuan untuk meningkatkan efisiensi fotokatalis dalam mendegradasi limbah surfaktan SLS. Beberapa uji karakterisasi seperti FTIR, XRD dan UV Vis dilakukan untuk memastikan terbentuknya material nanokomposit.

Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa keberadaan gugus-gugus fungsi khas baik dari ZnO maupun CDs. Pita serapan pada 432 cm^{-1} menunjukkan getaran regangan Zn–O, sedangkan pita di sekitar 3360 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus O-H yang berasal dari air yang teradsorpsi. Selain itu, munculnya pita serapan di sekitar 1547 cm^{-1} dan 1020 cm^{-1} yang masing-masing berkaitan dengan gugus C=C dan C–O–C menunjukkan keberhasilan integrasi CDs ke dalam struktur ZnO. Gugus fungsional ini berperan penting dalam meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul polutan dan transfer muatan selama proses fotokatalis.

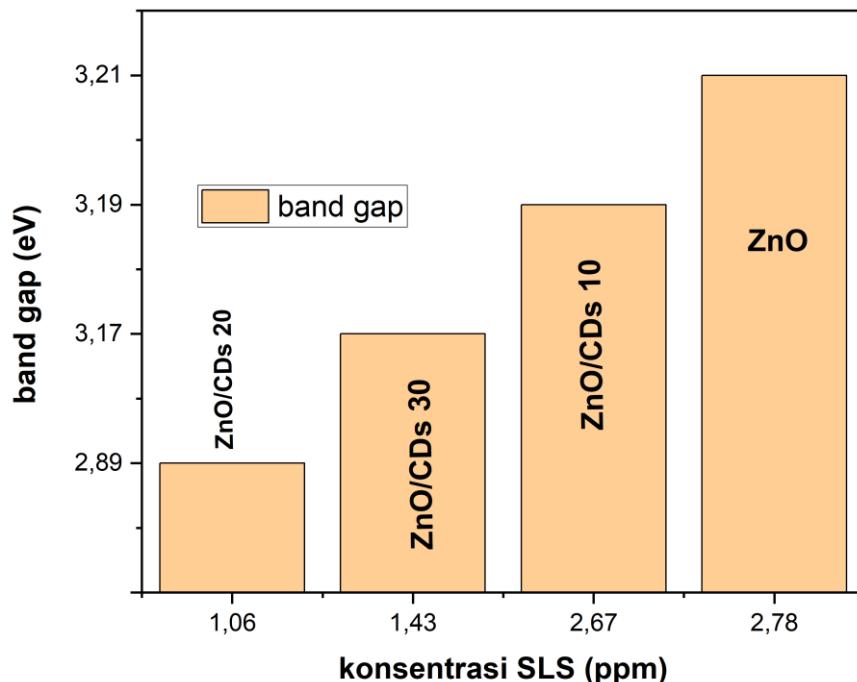
Hasil XRD menunjukkan keberhasilan pembentukan nanokomposit karena pola difraksi masih menunjukkan puncak ZnO yang jelas, tetapi dengan perubahan intensitas yang menandakan adanya modifikasi permukaan. Hal ini sesuai dengan penelitian Tao,dkk (2023) yang menjelaskan bahwa dalam nanokomposit CQDs/ZnO, CQDs berperan memperbaiki aktivitas fotokatalis tanpa menurunkan stabilitas struktur ZnO, sehingga hasil XRD ini menunjukkan bahwa komposit ZnO/CDs berhasil disintesis dengan baik, di mana ZnO tetap mempertahankan struktur kristalnya sementara CDS terdispersi pada permukaannya dan meningkatkan potensi aktivitas fotokatalik. Penurunan ukuran kristal pada ZnO/CDs 20 ml dan 30 ml CDs menunjukkan bahwa penambahan partikel karbon mampu menghambat pertumbuhan kristal ZnO selama proses pembentukan. CDs bertindak sebagai agen penghambat pertumbuhan (*growth inhibitor*) dengan

menempel pada permukaan ZnO dan membatasi proses aglomerasi partikel. Menurut penelitian Nabila, dkk., (2024) menyatakan hal ini terjadi karena interaksi antara gugus hidroksil dan karboksil dari CDs dengan permukaan ZnO dapat mengontrol ukuran kristal sehingga menghasilkan partikel yang lebih halus dan homogen. Ukuran kristal yang lebih kecil memiliki luas permukaan yang lebih besar, sehingga baik digunakan sebagai adsorpsi molekul SLS dan efisiensi fotokatalis. Namun ukuran Kristal yang terlalu kecil juga dapat meningkatkan rekombinasi elektron-hole karena jarak antar partikel yang terlalu dekat (Torkamani.2024).

Hasil UV-Vis menunjukkan bahwa penambahan CDs menyebabkan terjadinya pergeseran tepi serapan ke arah panjang gelombang lebih tinggi yang menunjukkan perluasan daerah penyerapan ke wilayah cahaya tampak. Berdasarkan analisis grafik Tauc plot, nilai band gap untuk ZnO murni adalah 3,2 eV, sementara pada ZnO/CDs 20 ml mengalami penurunan hingga 2,8 eV. Penurunan band gap ini sangat penting karena elektron lebih mudah tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi, menghasilkan lebih banyak pasangan elektron-hole (e^-/h^+) yang berperan dalam reaksi fotodegradasi SLS. Xu (2023) menyebutkan bahwa penambahan CDs pada ZnO dapat mempersempit band gap, meningkatkan pemisahan muatan, dan memperluas penyerapan cahaya.

Penurunan nilai band gap menyebabkan meningkatkan jumlah foton jumlah yang dapat dimanfaatkan untuk eksitasi elektron. Akibatnya, lebih banyak pasangan elektron–hole yang terbentuk. Elektron pada pita konduksi dan hole pada pita valensi kemudian berperan dalam pembentukan spesies reaktif seperti radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) dan radikal superoksid ($\bullet\text{O}_2^-$), yang merupakan agen utama dalam

proses degradasi senyawa organik seperti surfaktan Sodium Lauryl Sulfate (SLS). Dengan meningkatnya jumlah spesies reaktif ini, laju dan efisiensi fotodegradasi SLS menjadi lebih tinggi, yang ditunjukkan oleh penurunan konsentrasi SLS yang lebih cepat selama proses penyinaran seperti gambar 4.10

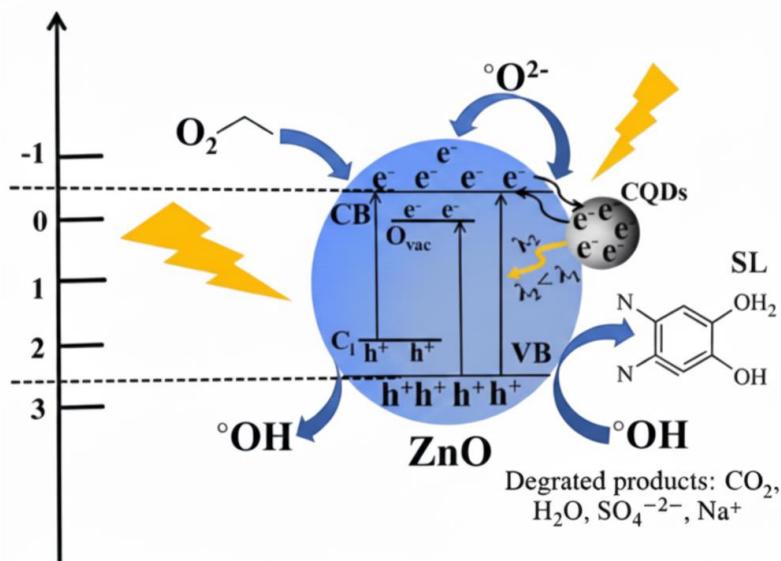


Gambar 4. 10 Hubungan antara nilai bandgap dengan konsentrasi SLS

Uji fotokatalitis terhadap degradasi (SLS) menggunakan variasi waktu setiap 15 menit banyak penelitian fotokatalitik yang melaporkan bahwa perubahan konsentrasi polutan organik paling signifikan terjadi pada 15–30 menit awal penyinaran, sehingga pengambilan data setiap 15 menit dianggap ideal untuk menggambarkan laju degradasi secara akurat. Dengan demikian, penggunaan variasi waktu setiap 15 menit memungkinkan evaluasi aktivitas fotokatalis SLS yang lebih representatif, baik dari sisi efisiensi degradasi maupun analisis kinetika reaksi. Hasil fotokatalis terhadap konsentrasi SLS menunjukkan bahwa nanokomposit ZnO/CDs memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan ZnO murni. Grafik pada Gambar 4.9 menunjukkan bahwa presentase degradasi SLS

meningkat seiring bertambahnya waktu penyinaran pada semua sampel fotokatalis. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama interaksi antara fotokatalis dengan sinar UV, semakin besar terbentuknya pasangan elektron hole yang kemudian menghasilkan radikal hidroksil maupun radikal superoksida yang berperan aktif dalam proses oksidasi molekul SLS menjadi senyawa sederhana dan ramah lingkungan.

Nilai presentase degradasi yang paling tinggi ditunjukkan oleh nanokomposit ZnO/CDs 20, yang memiliki nilai degradasi sebesar 86.67% setelah 120 menit. Disusul oleh ZnO/CDs 30 dengan degradasi sekitar 81.9%, ZnO/CDs 10ml sekitar 66.5% dan ZnO murni sekitar 65%. Peningkatan efisiensi fotokatalitik pada nanokomposit ZnO/CDs dibandingkan ZnO murni disebabkan oleh penambahan CDs yang memiliki beberapa keunggulan, seperti kemampuan transfer elektron yang efisien, dan penyerapan cahaya yang lebih luas di wilayah tampak (visible light). Efisiensi tertinggi yang diperoleh pada ZnO/CDs 20 ml menunjukkan bahwa penambahan CDs dapat memberikan kinerja yang baik dalam fotodegradasi limbah surfaktan. Hasil ini sesuai dengan penelitian oleh Xu,dkk. (2023), yang menyatakan bahwa ZnO yang dikompositkan dengan *CDs* dapat meningkatkan penyerapan cahaya dan efisiensi degradasi polutan organik dibandingkan ZnO murni.



Gambar 4. 11 Mekanisme Fotodegradasi SLS dengan Nanokomposit ZnO/CDs

Berdasarkan Gambar 4.9 proses fotodegradasi SLS diawali dengan penyerapan energi cahaya oleh sampel. Ketika sampel terkena cahaya, elektron pada pita valensi(VB) ZnO tereksitasi menuju pita konduksi (CB), sehingga terbentuk pasangan elektron-hole. CDs mampu menyerap cahaya tampak dan mengubahnya menjadi cahaya UV yang kemudian mengaktifkan ZnO, sehingga menghasilkan lebih banyak pasangan elektron-hole untuk mendukung proses degradasi SLS. Selain itu, penambahan CDs juga membantu menghambat rekombinasi antara elektron dan hole pada ZnO, sehingga meningkatkan pembawa muatan dan memperbesar peluang terbentuknya radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) dan superoksida ($\bullet\text{O}_2^-$) yang berperan dalam proses oksidasi senyawa organik, termasuk SLS. Elektron yang berhasil ditransfer dari ZnO menuju CDs kemudian bereaksi dengan oksigen terlarut (O_2) di permukaan katalis, membentuk radikal superoksida ($\text{O}_2\bullet^-$), lubang positif (h^+) di pita valensi ZnO bereaksi dengan molekul air (H_2O) atau ion hidroksida (OH^-) membentuk radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Radikal hidroksil

yang sangat reaktif menyerang rantai alkil dan gugus sulfat dari SLS, memutus struktur molekul secara bertahap melalui proses oksidasi. Pada saat yang sama, radikal superoksida membantu menguraikan sisa molekul organik hingga akhirnya SLS terdegradasi menjadi produk akhir yang lebih sederhana dan tidak berbahaya, seperti CO_2 , H_2O , ion SO_4^{2-} , dan Na^+ .

4.3 Kajian Keislaman

Limbah sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian yang melimpah dan masih sedikit dalam pemanfaatannya. Limbah sekam padi memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai material fotokatalis yang ramah lingkungan dan menjadi solusi dalam pengelolaan limbah organik agar tidak mencemari lingkungan. Allah menciptakan alam semesta terdiri atas tiga elemen penting antara lain materi, ruang dan waktu. Proses sintesis sekam padi menjadi CDs merupakan perubahan bentuk material biomassa yang memiliki ukuran makro menjadi ukuran nano yang jauh lebih kecil dan teratur yang kemudian di sintesis kembali dengan ZnO membentuk nanokomposit ZnO/CDs. Perubahan ukuran dan bentuk ini mencerminkan bagaimana Allah menciptakan materi yang tersusun dari atom-atom yang sangat kecil sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an Q.S.Yunus(10):61.

مَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَشْتُرُو مِنْهُ إِنْ قُرْبًا وَلَا تَعْمَلُو نَمِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شَهُودًا إِذْ تُفِيضُو نَفِيَّةً وَمَا يَعْرُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِتْقَالٍ ذَرَّةٌ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْعَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتْبٍ مُّبِينٍ ﴿٦١﴾

Artinya : "Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)".

Al-Qur'an menyebut kata ﴿نَّرٌ﴾ sebanyak empat kali yaitu pada Q.S. al-Nisa {3}: 40, Q.S. Yunus {10}: 61, Saba {34}: 3 &22, dan pada Q.S. al-Zalzalah {99}: 7 & 8. Menurut al Jazairi dan al-Baghawi, kata ﴿نَّرٌ﴾ bermakna semut merah dengan ukuran yang paling kecil, dikatakan pula sebagai aerosol di alam semesta, dan setiap bagiannya adalah atom yang tidak memiliki berat (al-Baghawi, 2005: 339). Sedangkan menurut Jamal, lafadz ﴿نَّرٌ﴾ merupakan bagian terkecil dari sebuah materi, inti dari electron dan proton (Jamal, 2005:139). Para penafsir klasik memaknai ﴿نَّرٌ﴾ sebagai semut, kepala semut, atau debu yang biterangan. Sedangkan penafsir kontemporer mendekatkan makna ﴿نَّرٌ﴾ dengan kata atom, meskipun pada saat al-Quran turun, istilah atom belum dikenal. Pada dasarnya kata ﴿نَّرٌ﴾ lebih merujuk pada sesuatu yang terkecil (Shihab, 2005: 109-110). Dari beberapa definisi tersebut dapat dipahami bahwa kata ﴿نَّرٌ﴾ tidak hanya dipahami sebagai semut, namun juga bisa dianalogikan sebagai atom atau partikel (Hastuti.2023).

Penelitian mengenai nanokomposit ZnO/CDs (CDs) berfokus pada penggabungan dua material berskala nanometer untuk menghasilkan sifat baru seperti peningkatan aktivitas fotokatalis terhadap limbah surfaktan (SLS). Fenomena ini menunjukkan bahwa perubahan sifat suatu bahan tidak hanya bergantung pada jenis unsur, tetapi juga pada susunan dan ukuran partikelnya di skala nano. Konsep ini sejalan dengan ayat Q.S. Yunus [10]: 61 yang menekankan bahwa setiap partikel sekecil apa pun memiliki makna dan peran dalam tatanan ciptaan Allah. Dalam konteks nanoteknologi, semakin kecil ukuran partikel bahkan hingga skala nanometer maka semakin unik sifat fisis dan kimia yang dimilikinya. Hal ini membuktikan betapa detail dan kompleksnya ciptaan Tuhan yang tidak terlihat oleh mata manusia.

Penggunaan nanokomposit ZnO/CDs sebagai material yang digunakan dalam mendegradasi SLS mencerminkan bagaimana ilmu pengetahuan dapat menjadi alat untuk menjalankan amanah kekhilafahan. Amanah ini menempatkan manusia sebagai pengelola lingkungan yang harus menggunakan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menciptakan kemaslahatan dan mecegah kerusakan. Teknologi ramah lingkungan seperti menggunakan metode fotokatalis dalam proses degradasi SLS merupakan inovasi dalam mendegradasi limbah maupun polutan yang memanfaatkan cahaya sebagai sumber terjadinya reaksi yang akan memecah molekul SLS menjadi senyawa yang kebih aman. Sebagaimana Allah telah menciptakan segala sesuatu dari langit dan bumi dengan banyak hikmah dalam Q.S.

Al-Imron [3] 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاحْتِلَافِ الَّيلِ وَالنَّهَارِ لَا يَتِي لِأُولَى الْأَلْبَابِ ١٩٠
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَى جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ رَبَّنَا مَا
خَلَقْتَ هَذَا بِاطِّلاً ۚ سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ١٩١

Artinya: Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (190), (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka 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 (191). (Q.S. Al- Imron 190-191).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa tidak ada segala sesuatu yang Allah ciptakan yang tidak berarti dan sia-sia, bahkan semua ciptaan-Nya adalah hak, yang mengandung hikmah-hikmah yang agung dan maslahat. Walau demikian, manusia masih tidak mensyukuri dengan merusak dan mencemari lingkungan tanpa memperdulikan dampak negatif yang ditimbulkan. Dengan demikian proses fotodegradasi SLS menggunakan nanokomposit ZnO/CDs bukan hanya kegiatan

ilmiah, yang memanfaatkan limbah menjadi material yang bermanfaat tetapi juga merupakan bentuk implementasi nilai-nilai keislaman terkait dengan tanggung jawab dalam pelestarian lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil karakterisasi FTIR, XRD dan UV-Vis menunjukkan bahwa penambahan CDs memberikan perubahan pada sifat fisis ZnO, seperti adanya ketajaman intensitas gugus fungsi khas CDs C=C dan C-O-C, perubahan ukuran kristal yaitu pada ZnO murni sebesar 20 nm dan ZnO/CDs 20 ml ukuran kristal sebesar 15 nm serta penurunan energi celah pita dari 3,21 eV pada ZnO Murni menjadi 2,83 eV pada ZnO/CDs 20 ml. Penambahan CDs ke dalam struktur ZnO dapat meningkatkan kemampuan material dalam menyerap cahaya dan memperbaiki proses transfer elektron.
2. Uji fotokatalis terhadap SLS menunjukkan bahwa nanokomposit ZnO/CDs memiliki aktivitas degradasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ZnO murni yang memiliki nilai degradasi sebesar 65%. Variasi terbaik diperoleh pada ZnO/CDs 20 ml dengan nilai degradasi sebesar 86,67% setelah 120 menit. Sehingga penambahan material ini berpotensi besar sebagai solusi alternatif ramah lingkungan dalam pengolahan limbah surfaktan.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menguji rasio campuran ZnO dan CDs yang lebih bervariasi untuk mendapatkan komposisi paling optimal. Disarankan juga untuk melakukan karakterisasi tambahan dan melakukan

pengujian pada limbah asli dengan menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi juga penting untuk menilai efektivitas material ini dilingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusriyanti, S., dan Artsanti, P. 2015. *Pemanfaatan Zeolit Alam Ciamis Sebagai Pengembangan Fotokatalis TiO₂ Untuk Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B.* Jurnal Sains Dasar, 4(1), 92-99.
- Aini, A. Q. 2023. *Fotodegradasi Surfaktan (sodium lauryl sulfate) Menggunakan TiO₂-Zeolit Alam.* etheses.uin-malang.ac.id, Malang : UIN Malang.
- Ali, A. M., Ismail, A. A., Najmy, R., dan Al-Hajry, A. 2014. *Preparation and characterization of ZnO-SiO₂ thin films as highly efficient photocatalyst.* Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 275, 37-46.
- Arum, S. C. 2018. *Sintesis Graphene Oxide Berbahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon dalam Fase Cair menggunakan Frekuensi Audiosonik dan Ultrasonik.* Yogyakarta: FMIPA UNY
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. Gabriela, dan Aboul-Enein, H. Y. 2015. *X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications.* Critical Reviews in Analytical Chemistry, 45(4), 289–299
- Callister, W. D., dan Rethwisch, D. G. 2018. *Materials science and engineering: An introduction* (10th edition). John Wiley and Sons, Inc.
- Dewi Fernianti, Mardwita , Linda Suryati. 2017. *Pengaruh Jenis Detergen dan Rasio Pengenceran Terhadap Proses Penyerapan Surfaktan Dalam Limbah Detergen Menggunakan Karbon Aktif dari Ampas Teh.* Distilasi Vol.2 No.2, 10-14.
- Hartono, G. A., Margaretha, G. T., Ramadhani, N. F., Aqmar, M., dan Dharmawan, I. M. S. 2024. *Pengaruh Sodium Lauril Sulfat Pada Kemaksimalan cara membersihkan suatu Sampo anti ketombe dan Sabun Badan.* Jurnal Analis. Vol. 03, No. 1. Hal 057-065.
- Hindryawati, N. 2020. *Fotokatalis dalam Pengolahan Limbah Tekstil.* Yogyakarta: Deepublish.
- Hutabarat, R. 2012. *Synthesis and Characteristic of Photocatalyst Fe²⁺-ZnO on Natural Zeolite Based.* Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Jefri, F.P. 2015. *Degradasii Fotokatalitik Surfaktan NaLS (Natrium Lauryl Sulfat) dengan Kombinasii Reagen Fenton dan TiO₂.* Skripsi. Universitas Airlangga.
- Maretta, A., dan Helmy, Q. 2015. *Degradasii Surfaktan Sodium lauryl Sulfat dengan Proses Fotokatalis Menggunakan Nano Partikel ZnO.* Jurnal Teknik Lingkungan. 21(1). Hal 1-8.

- Maria A. Jaya, A. Z. 2021. *Analisis Spektrum dan Photoluminesens Karbon Nanodots(K-Dots) Berbasis Sekam Padi Asal*. Seminar Nasional Ilmu Fisika dan Terapannya , 1-8.
- Marsalek, R. 2014. *Particle Size and Zeta Potensial of ZnO*. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 9:13-17.
- Nazanin Hashemi, M. H. 2021. *Preparation of fluorescent nitrogen-doped CDs for highly selective on-off detection of Fe³⁺ ions in real samples*. elshevier, 1-10.
- Oktapiani, N. K. A., Simpen, I. N., dan Negara, I. M. S. 2021. *Fotodegradasi Rhodamin B Oleh Katalis Zeolit Alam-TiO₂/ZnO dan Irradiasi Sinar Tampak*. Jurnal Kimia, 15(1), 94.
- Patel, Ashish; Arti Panchal; Viral Patel; Akhil Nagar. 2015. *FTIR Spectroscopic Method for Quantitative Analysis of Cilnidipine in tablet dosage form*. International Journal of Pharma Science and Researc. Vol. 6 No. 7.
- Purnamasari, E. N. 2014. *Karakteristik Kandungan Linear Alkyl Benzene Sulfonat (Las) Pada Limbah Cair Laundry*. Jurnal Media Teknik Vol. 11, No. 1: 2014, hal : 32 – 36.
- Rahman, M. A., Alam, M. J., dan Akter, N. 2021. *CDs for Environmental Applications*. Nanotechnology Reviews, 9(3), 327-341.
- Rakibuddin, M., dan Ananthakrishnan, R. 2016. *Novel nano coordination polyme based synthesis of porous ZnO hexagonal nanodisk for higher gas sorption and photocatalytic activities*. Applied Surface Science, 362, 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.11.206>.
- Rusdiana, I.A., Hambali, E. and Rahayuningsih, M., 2018. *Pengaruh Sonikasi Terhadap Sifat Fisik Formula Herbisida yang Ditambahkan Surfaktan Dietanolamida*. AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian, 1(2), pp.34-41.
- Rustam Ibrahim, A. M. 2017. *Konsep Ramah Lingkungan Dalam Perspektif Al-Qur'an, Hadis, dan Kitab Kuning di Pesantren*. Madania, 209-220.
- Saranya, J., Sounthari, P., Zarrouk, A., dan Chitra, S. 2017. *Synergistic effect of halides and surfactants on the corrosion inhibition of thiazolo thiadiazole derivative for mild steel in acid medium*.
- Sutanto, H., Wibowo, Singgih., 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi)*. Semarang: Telescope.
- Suzuki, Y., Hino, H., Hawai, T., Saito, K., Kotsugi, M., dan Ono, K. 2020. *Symmetry prediction and knowledge discovery from X-ray diffraction patterns using an interpretable machine learning approach*. Scientific Reports, 10(1), 21790. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77474-4>.

- Syarifah, U., & Hastuti, E. (2023). *Pendahuluan Fisika Zat Padat*. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Tanjung, R.H.R., Hamuna, B dan Alianto, 2019. *Assessment of Water Quality and Pollution Index in Coastal Waters of Mimika, Indonesia*. Journal of Ecological Engineering, 20(2):87–94.
- Tiwari, S., dan Talreja, S. 2020. *Powder X-Ray Crystallography a Powerful Tool of Analysis and Powder X-Ray Crystallography a Powerful Tool of Analysis*. The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis, 12(12), 109–116.
- Hartono, G. A., Margaretha, G. T., Ramadhani, N. F., Aqmar, M., dan Dharmawan, I. M. S. (t.t.). *Pengaruh Sodium Lauril Sulfat Pada Kemaksimalan cara membersihkan suatu Sampo anti ketombe dan Sabun Badan*.
- Rakibuddin, M., dan Ananthakrishnan, R. (2016). Novel Nano Coordination Polymer Based Synthesis of Porous Zno Hexagonal Nanodisk for Higher Gas Sorption and Photocatalytic Activities. *Applied Surface Science*, 362, 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.11.206>
- Saputri, E. D., Munir, R., dan Natalisanto, A. I. (2022). Investigasi pola XRD dan ukuran kristal pada TiO₂ terdoping vanadium menggunakan aplikasi VESTA. *Progressive Physics Journal*, 3(1), 125. <https://doi.org/10.30872/ppj.v3i1.909>
- Saranya, J., Sounthari, P., Zarrouk, A., dan Chitra, S. (2017). *Synergistic effect of halides and surfactants on the corrosion inhibition of thiazolo thiadiazole derivative for mild steel in acid medium*.
- Sumarwanto, P., dan Hartati, Y. (2018). Penanganan Air Limbah Cucian Alat Gelas Laboratorium dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Pereaksi Biru Metilen. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i1.40964>
- Wongso, V., Sambudi, N. S., Sufian, S., Isnaeni, dan Abdullah, B. (2019). The Effect of Ph in the Synthesis of CQDs From Rice Husk on Their Photoluminescence Properties. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 268(1), 012087. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/268/1/012087>
- Xu, J.-J., Lu, Y.-N., Tao, F.-F., Liang, P.-F., dan Zhang, P.-A. (2023). ZnO Nanoparticles Modified by CQDs for the Photocatalytic Removal of Synthetic Pigment Pollutants. *ACS Omega*, 8(8), 7845–7857. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07591>
- Yu, Z., Zhang, L., Wang, X., He, D., Suo, H., dan Zhao, C. (2020). Fabrication of ZnO/CQDs Composite Sensor for Detecting NO Gas. *Sensors*, 20(17), 4961. <https://doi.org/10.3390/s20174961>

Zanuba, B. R. 2023. *Fotodegradasi Sodium Lauryl Sulfat (SLS) Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Fe(III) Dengan Variasi Lama Penyinaran dan Konsentrasi SLS*. ethesis.uin-malang, 1. Malang : UIN Malang.

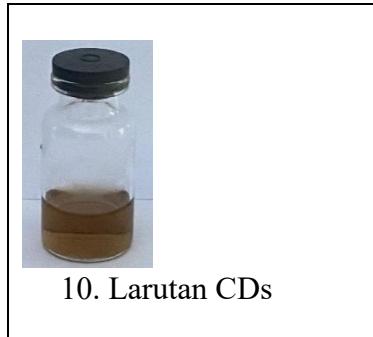
LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Sintesis Nanokomposit ZnO/CDs dan uji Aktivitas Fotokatalis

1. Sintesis CDs (CDs)

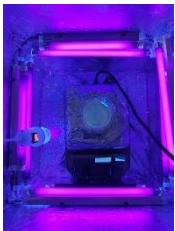
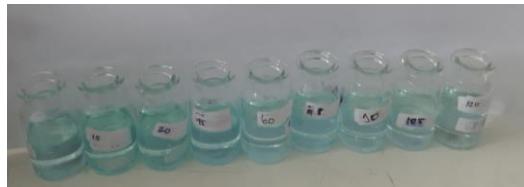
 <p>1. Limbah Sekam padi</p>	 <p>2. Hasil Karbonisasi</p>	 <p>3. Penghalusan Karbon sekam padi menggunakan mortar dan alu</p>
 <p>4. Pengayakan serbuk karbon menggunakan ayakan 200 mesh</p>	 <p>5. Penimbangan karbon sekam padi</p>	 <p>6. Karbon dilarutkan dengan Ethanol</p>
 <p>7. Proses Sonikasi</p>	 <p>8. Proses sentrifugasi</p>	 <p>9. Proses penyaringan larutan menggunakan kertas membran</p>



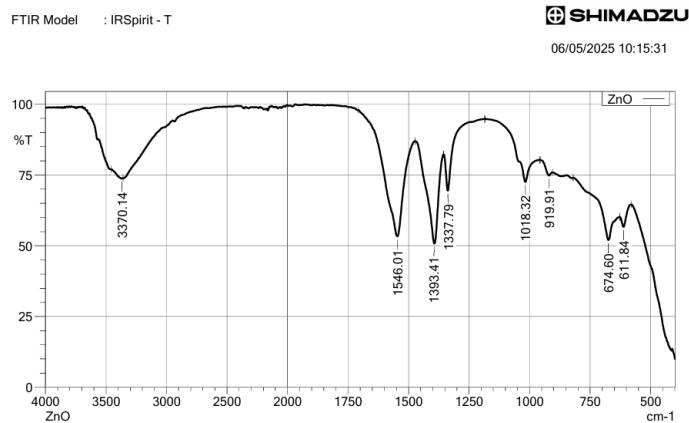
2. Sintesis Nanokomposit ZnO/CDs

<p>1.ZincAcetat dihidrat ditambahkan dengan 10 ml NaOH</p>	<p>2.Pengadukan larutan sampai homogen dengan suhu 60°</p>	<p>3.Penambahan Larutan CDs kedalam larutan ZnO</p>
<p>4.Pengadukan larutan sampai berbentuk sol-gel kemudian didiamkan selama 24 jam</p>	<p>5. Pencucian Endapan sol-gel menggunakan aquades,kemudian dikeringkan menggunakan oven suhu 110°C</p>	<p>6. Serbuk Nanokomposit ZnO/CDs</p>

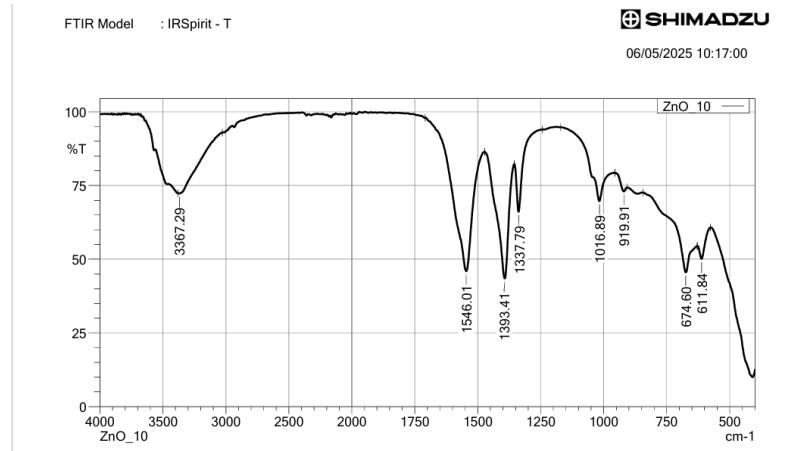
3. Fotodegradasi SLS

 <p>1. Proses fotokatalis SLS menggunakan reaktor fotokatalis di ruang gelap</p>	 <p>2. Metode MBAS untuk analisis SLS</p>	 <p>3. Hasil fotodegradasi SLS menggunakan metode MBAS</p>
---	--	--

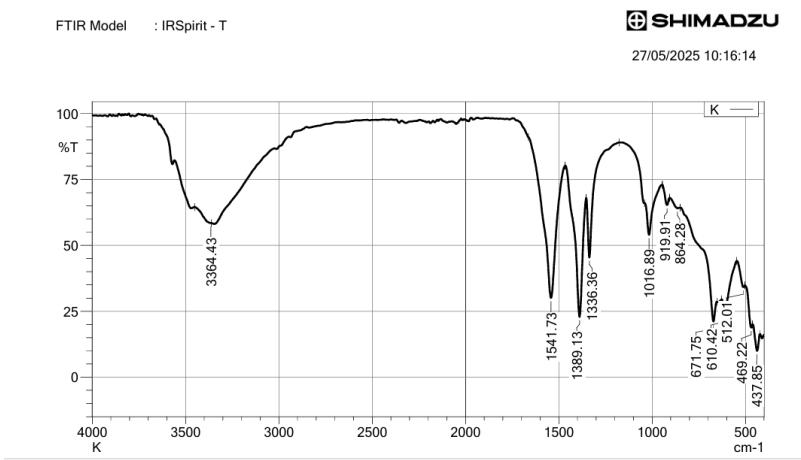
Lampiran 3. Karakterisasi FTIR



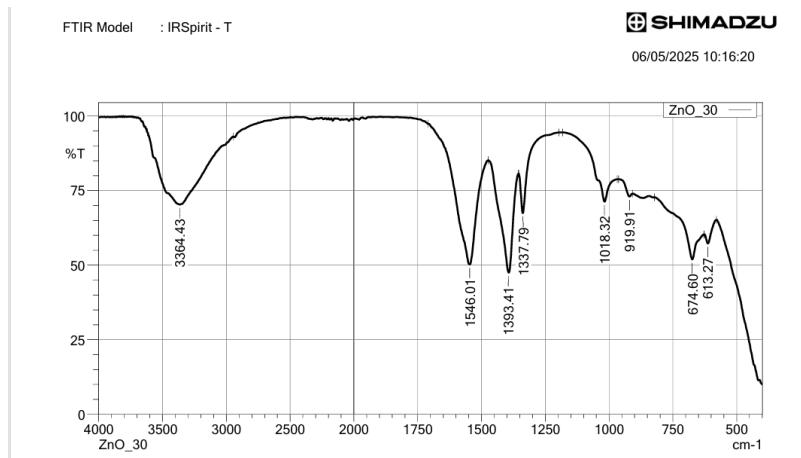
Gambar L 4.1 FTIR ZnO Murni



Gambar L 4.2 FTIR ZnO/CDs 10ml

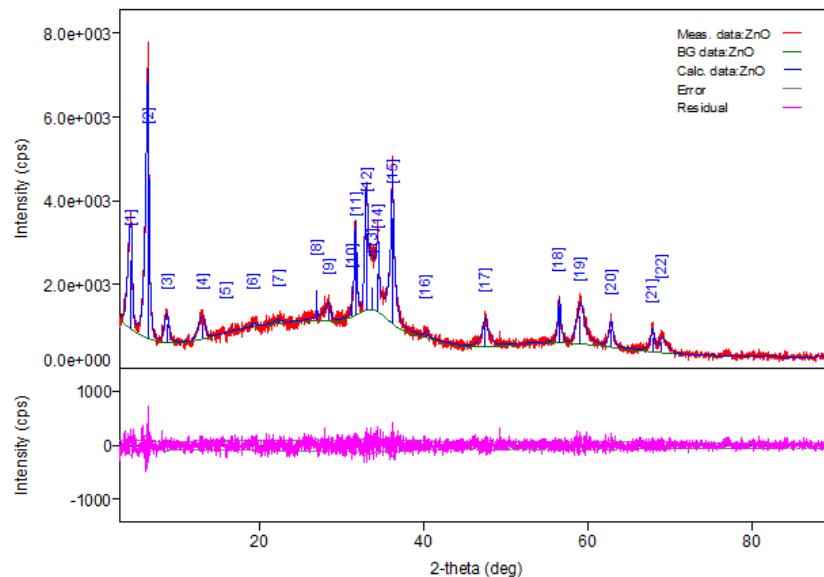


Gambar L 4.3 ZnO/CDs 20 ml



Gambar L 4.4 ZnO/CDs 30 ml

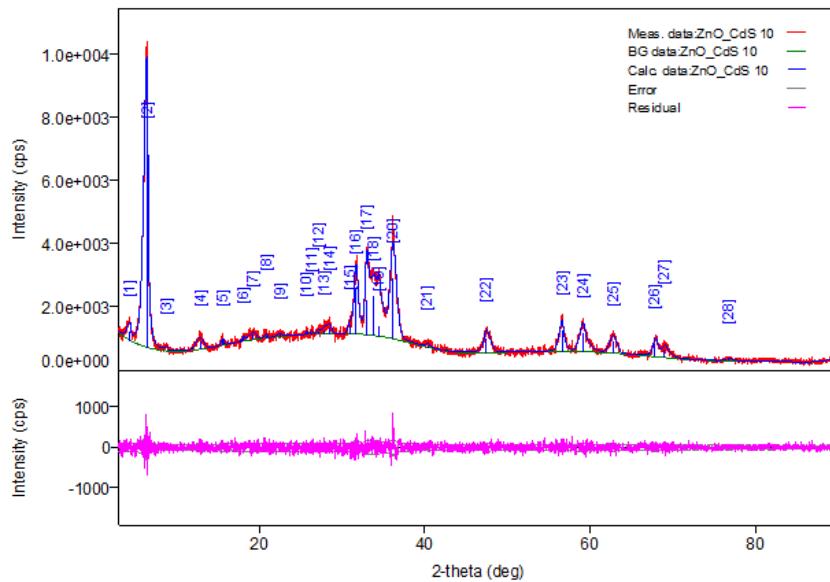
Lampiran 4. Karakterisasi XRD



Gambar L 4.5 Difraktogram ZnO Murni

Tabel L 4.1 ZnO Murni

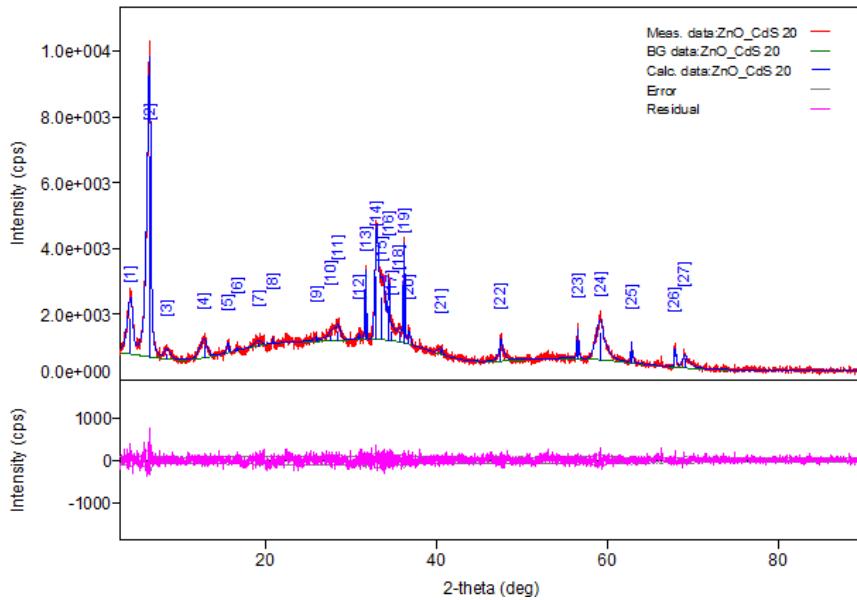
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)
1	4.319(13)	20.44(6)	1644(117)	0.628(12)
2	6.442(6)	13.709(13)	4307(189)	0.461(7)
3	8.73(3)	10.12(4)	458(62)	0.64(3)
4	13.04(5)	6.78(2)	362(55)	0.94(4)
5	16(277871)	6(6)	0.00(2)	3(826110)
6	19.25(10)	4.61(2)	58(22)	0.5(3)
7	22.38(10)	3.970(17)	65(23)	0.9(3)
8	27.0288(12)	3.29623(14)	707(77)	0.01(2)
9	28.41(5)	3.139(6)	281(48)	0.82(10)
10	31.338(14)	2.8521(12)	348(54)	0.15(3)
11	31.770(8)	2.8143(7)	1523(113)	0.290(17)
12	33.035(13)	2.7094(11)	1851(124)	0.45(4)
13	33.71(6)	2.657(4)	531(67)	0.9(3)
14	34.43(3)	2.6030(19)	915(87)	0.44(5)
15	36.206(12)	2.4790(8)	2534(145)	0.38(2)
16	40.29(4)	2.237(2)	101(29)	0.44(10)
17	47.52(4)	1.9120(15)	490(64)	0.73(7)
18	56.538(16)	1.6264(4)	859(85)	0.29(3)
19	59.15(4)	1.5606(10)	661(74)	1.07(4)
20	62.93(2)	1.4758(4)	441(61)	0.49(3)
21	67.92(6)	1.3790(10)	349(54)	0.44(6)
22	68.96(4)	1.3607(7)	267(47)	1.15(7)



Gambar L 4.6 Difraktogram ZnO Murni

Tabel L 4.2 ZnO/CDs 10 ml

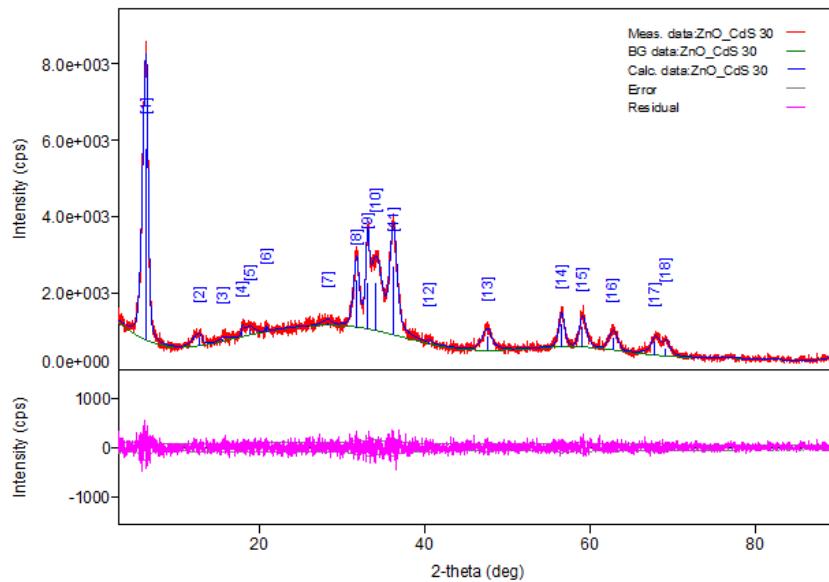
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)
1	4.36(5)	20.3(2)	283(49)	0.51(5)
2	6.434(6)	13.726(14)	6163(227)	0.608(6)
3	8.89(14)	9.94(15)	67(24)	0.50(14)
4	12.90(6)	6.86(3)	249(46)	1.03(5)
5	15.66(2)	5.654(8)	150(35)	0.36(7)
6	18.15(4)	4.884(12)	79(26)	0.28(11)
7	19.30(11)	4.59(3)	153(36)	1.13(14)
8	20.91(6)	4.245(12)	88(27)	0.43(12)
9	22.60(12)	3.93(2)	61(23)	0.8(2)
10	25.75(4)	3.457(5)	85(27)	0.19(10)
11	26.37(5)	3.377(6)	73(25)	0.26(14)
12	27.16(16)	3.281(19)	76(25)	0.5(3)
13	27.86(11)	3.199(12)	137(34)	0.7(3)
14	28.5(3)	3.13(3)	198(41)	0.60(9)
15	31.06(6)	2.877(5)	298(50)	0.71(13)
16	31.704(11)	2.8200(9)	1413(109)	0.55(2)
17	32.998(9)	2.7123(7)	1119(97)	0.42(2)
18	33.87(3)	2.645(3)	1265(103)	2.05(6)
19	34.458(16)	2.6006(12)	325(52)	0.22(5)
20	36.167(11)	2.4816(7)	1942(127)	0.881(13)
21	40.4(2)	2.230(11)	65(23)	0.71(18)
22	47.40(4)	1.9162(16)	499(64)	0.91(5)
23	56.66(3)	1.6233(7)	676(75)	0.66(4)
24	59.21(2)	1.5593(5)	617(72)	0.88(3)
25	62.78(5)	1.4788(10)	375(56)	0.96(4)
26	67.86(5)	1.3800(9)	401(58)	0.62(6)
27	69.03(8)	1.3594(13)	247(45)	1.01(14)
28	76.8(3)	1.240(4)	41(19)	0.8(2)



Gambar L 4.7 Difraktogram ZnO/CDs 20 ml

Tabel L 4.3 ZnO/CDs 20 ml

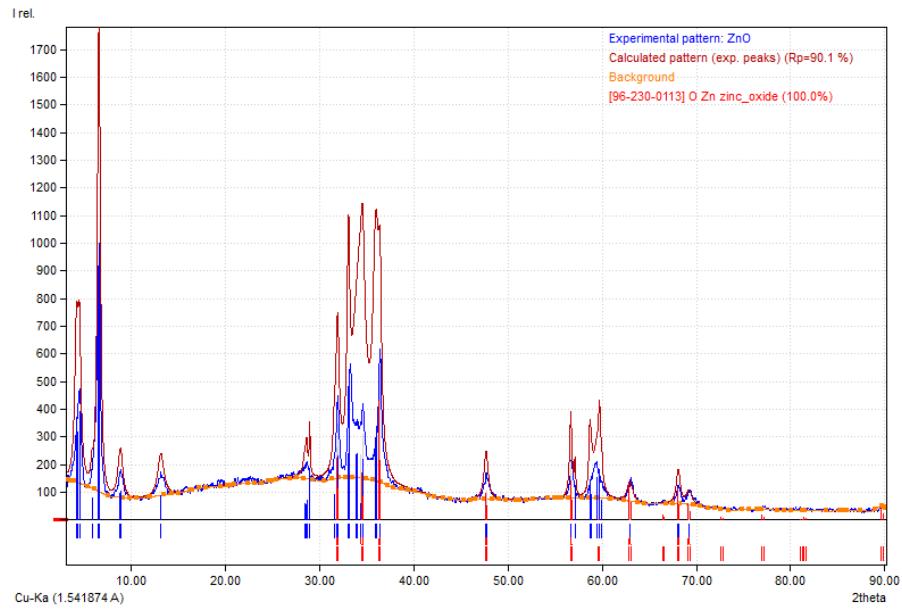
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)
1	4.21(2)	20.97(11)	1077(95)	0.72(2)
2	6.451(6)	13.691(13)	6101(225)	0.509(6)
3	8.43(7)	10.48(9)	190(40)	0.82(7)
4	12.82(4)	6.90(2)	385(57)	0.99(4)
5	15.641(17)	5.661(6)	189(40)	0.35(5)
6	16.73(4)	5.295(12)	71(24)	0.19(11)
7	19.17(7)	4.626(16)	99(29)	0.95(18)
8	20.87(4)	4.254(8)	122(32)	0.11(11)
9	26.00(3)	3.424(4)	98(29)	0.21(16)
10	27.67(5)	3.221(6)	176(38)	1.00(11)
11	28.44(3)	3.135(3)	289(49)	0.62(6)
12	30.97(3)	2.885(3)	124(32)	0.21(10)
13	31.762(10)	2.8150(8)	1568(114)	0.156(10)
14	32.990(9)	2.7130(7)	1936(127)	0.43(2)
15	33.63(3)	2.663(2)	1278(103)	0.97(9)
16	34.426(6)	2.6030(5)	1053(94)	0.20(2)
17	34.81(6)	2.575(4)	304(50)	0.6(2)
18	35.68(5)	2.514(3)	304(50)	0.73(19)
19	36.224(5)	2.4778(3)	2243(137)	0.191(8)
20	36.793(19)	2.4408(12)	282(48)	0.40(5)
21	40.59(3)	2.2207(16)	133(33)	0.54(8)
22	47.54(3)	1.9112(12)	503(65)	0.37(7)
23	56.595(13)	1.6249(4)	751(79)	0.180(14)
24	59.257(16)	1.5581(4)	835(83)	1.00(2)
25	62.904(6)	1.47627(14)	553(68)	0.165(14)
26	67.910(7)	1.37912(13)	577(69)	0.134(14)
27	69.10(3)	1.3583(5)	292(49)	0.63(5)



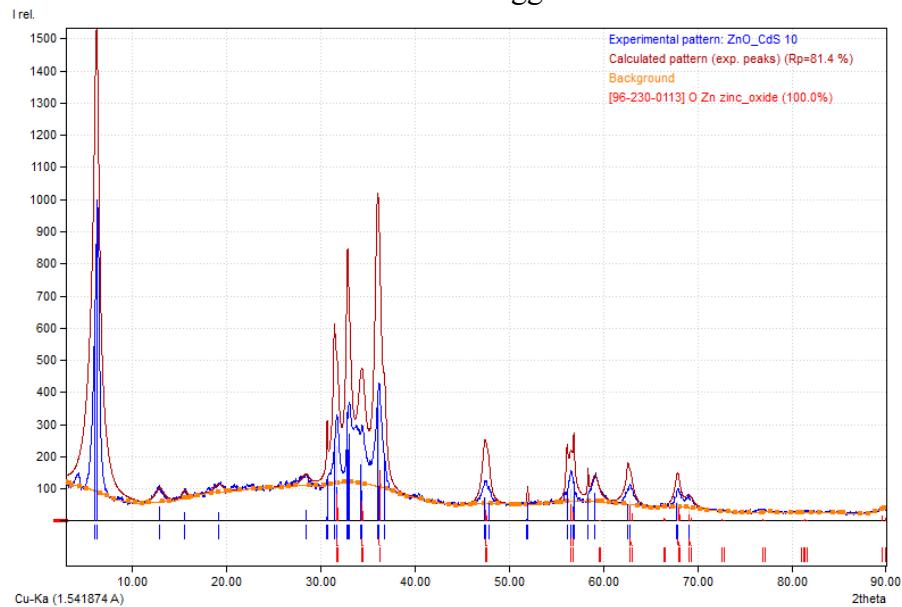
Gambar L. 8 Difraktogram ZnO/CDs 30ml

Tabel L 4.4 ZnO/CDs 30 ml

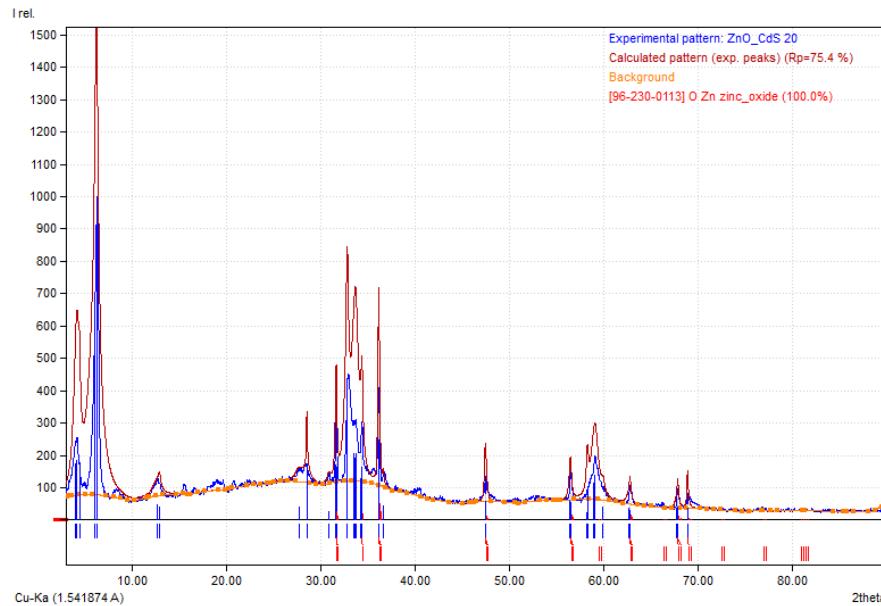
No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)
1	6.288(7)	14.045(16)	5005(204)	0.784(6)
2	12.78(9)	6.92(5)	213(42)	1.25(9)
3	15.55(7)	5.69(3)	79(26)	0.8(3)
4	17.96(3)	4.936(8)	134(33)	0.37(10)
5	18.81(9)	4.71(2)	146(35)	1.4(2)
6	20.81(3)	4.264(7)	93(28)	0.29(10)
7	28.30(9)	3.151(9)	88(27)	1.4(2)
8	31.80(3)	2.812(2)	1237(102)	0.81(3)
9	33.080(12)	2.7058(9)	1214(101)	0.45(2)
10	34.16(3)	2.623(2)	1254(102)	1.86(8)
11	36.232(10)	2.4773(6)	1781(122)	0.987(18)
12	40.6(2)	2.220(12)	54(21)	0.40(19)
13	47.68(6)	1.906(2)	381(56)	1.32(7)
14	56.63(4)	1.6241(10)	614(72)	0.78(3)
15	59.139(13)	1.5610(3)	539(67)	0.96(3)
16	62.83(6)	1.4779(12)	336(53)	1.21(5)
17	67.86(9)	1.3800(16)	343(53)	1.56(17)
18	69.22(3)	1.3563(5)	191(40)	0.80(13)



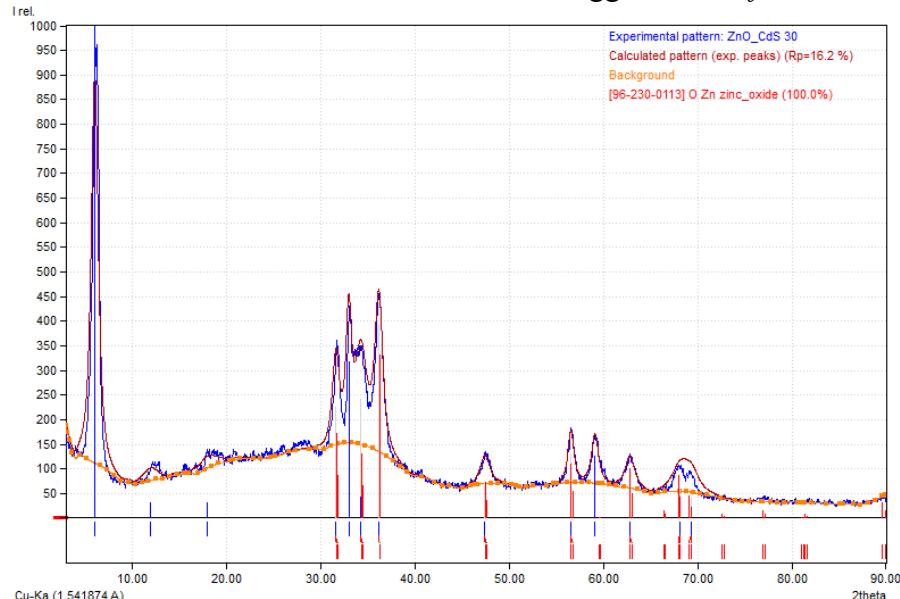
Gambar L 4. 9 Analisis ZnO Menggunakan Software Match



Gambar L 4.10 Analisis ZnO/CDs 10 ml Menggunakan Software Match



Gambar L 4.11 Analisis ZnO/CDs 20 ml Menggunakan Software Match



Gambar L 4.12 Analisis ZnO/CDs 10 ml Menggunakan Software Match

Tabel L 4. 5 Perhitungan Ukuran Kristal ZnO Murni

2θ	FWHM	K	λ (Sinar-X Alat)	D (Ukuran Kristal) nm
31,770	0,29	0,9	1,5406	38,74
33,035	0,45	0,9	1,5406	23,94
40,29	0,44	0,9	1,5406	19,23
47,52	0,73	0,9	1,5406	11,89
59,15	1,07	0,9	1,5406	8,53

Tabel L 4.6 Perhitungan Ukuran Kristal ZnO/CDs 10 ml

2θ	FWHM	K	λ (Sinar-X Alat)	D (Ukuran Kristal) nm
31,704	0,55	0,9	1,5406	14,766
32,998	0,42	0,9	1,5406	39,015
36,167	0,881	0,9	1,5406	79,656
47	0,91	0,9	1,5406	9,534
59	0,88	0,9	1,5406	10,383

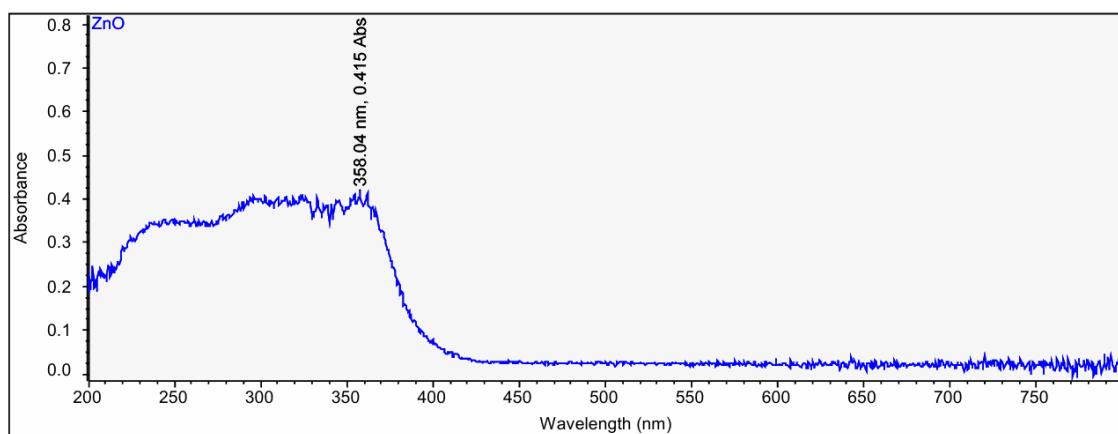
Tabel L 4.7 Perhitungan Ukuran Kristal ZnO/CDs 20 ml

2θ	FWHM	K	λ (Sinar-X Alat)	D(Ukuran Kristal) nm
30,97	0,21	0,9	1,5406	39,254
32,990	0,43	0,9	1,5406	43,715
36,793	0,40	0,9	1,5406	24,706
47,54	0,37	0,9	1,5406	23,461
56,595	0,18	0,9	1,5406	9,51

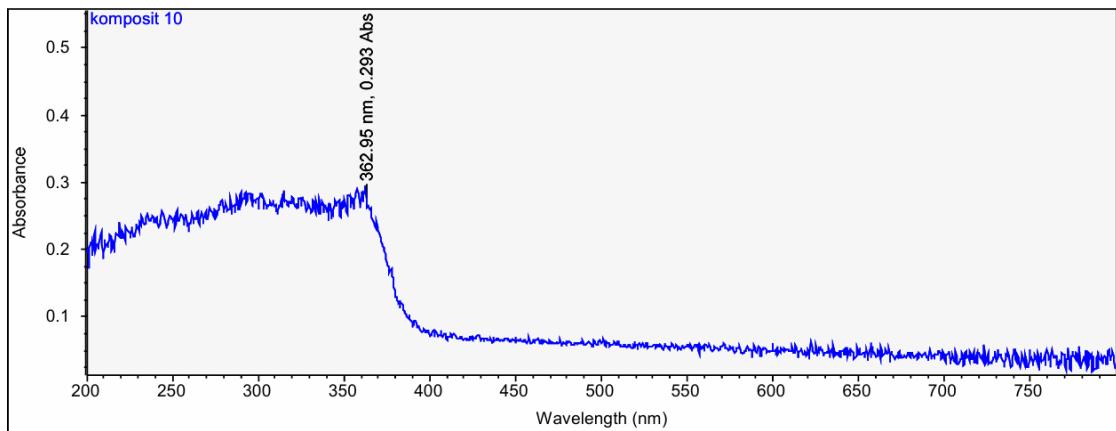
Tabel L 4.8 Perhitungan Ukuran Kristal ZnO/CDs 30 ml

2θ	FWHM	K	λ (Sinar-X Alat)	D(Ukuran Kristal) nm
31,8	0,81	0,9	1,5406	10,197
33,080	0,45	0,9	1,5406	18,786
36,232	0,987	0,9	1,5406	8,47
47,68	1,32	0,9	1,5406	6,579
59,139	0,96	0,9	1,5406	12,742

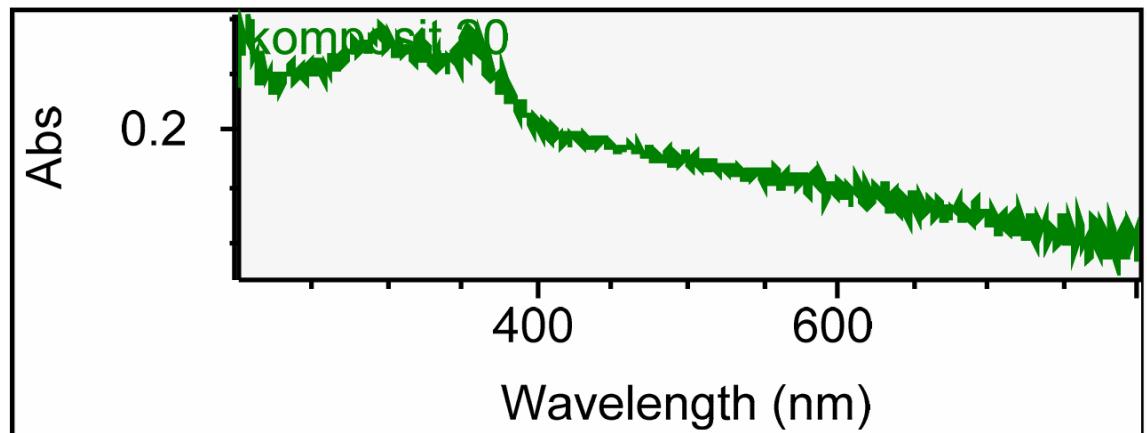
Lampiran 5. Karakterisasi UV-VIS DRS



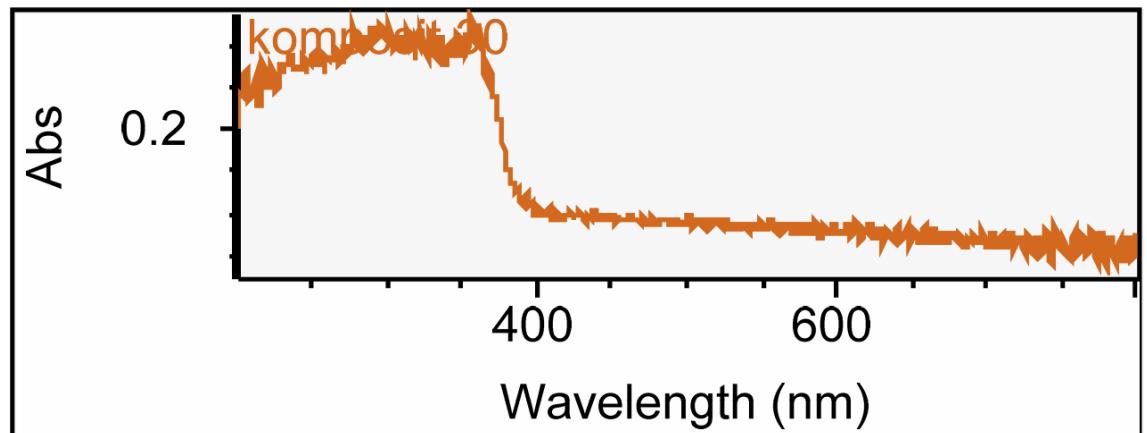
Gambar L 5.1 UV-Vis DRS ZnO Murni



Gambar L 5.2 UV-Vis DRS ZnO/CDs 10 ml



Gambar L 5.3 UV-Vis DRS ZnO/CDs 20 ml



Gambar L 5.4 UV-Vis ZnO/CDs 30 ml

Lampiran 6. Uji Aktivitas Fotodegradasi SLS

Tabel L 6. 1 Data Hasil Uji Fotokatalis

WAKTU	ZnO	ZnO 10	ZnO 20	ZnO 30
0	0.8	0.8	0.8	0.8
15	0.096	0.096667	0.044	0.0636
30	0.091333	0.090333	0.0403	0.0593
45	0.088333	0.087	0.0376	0.0553
60	0.085667	0.083333	0.035	0.051
75	0.0803	0.080667	0.0313	0.048
90	0.076333	0.076	0.025	0.047
105	0.070333	0.069	0.023	0.035
120	0.065667	0.063	0.0187	0.0313

Lampiran 7. Perhitungan Uji Aktivitas Fotodegradasi SLS

$$\%Degradasi = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\%$$

C₀: Konsentrasi awal surfaktan

C_t: Konsentrasi akhir surfaktan

Tabel L 7. 1 Perhitungan Pada ZnO Murni

ZnO (15 menit)	ZnO Murni (75 menit)
$\%Degradasi = \frac{(8 - 3,961)}{8} \times 100$ $= 49,51\%$	$\%Degradasi = \frac{(8 - 3,350)}{8} \times 100$ $= 58,12\%$
ZnO Murni (30 menit)	ZnO Murni (90 menit)
$\%Degradasi = \frac{(8 - 3,779)}{8} \times 100$ $= 52,75\%$	$\%Degradasi = \frac{(8 - 3,195)}{8} \times 100$ $= 60,05\%$
ZnO Murni (45 menit)	ZnO Murni (105 menit)
$\%Degradasi = \frac{(8 - 3,662)}{8} \times 100$ $= 54,21\%$	$\%Degradasi = \frac{(8 - 2,962)}{8} \times 100$ $= 62,97\%$

ZnO Murni (60 menit)	ZnO Murni (120 menit)
$\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 3,559)}{8} \times 100$ $= 55,51\%$	$\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,780)}{8} \times 100$ $= 65,23\%$

Tabel L 7. 2 Perhitungan Pada ZnO/CDs 10 ml

ZnO/CDs 10 ml (15 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 3,987)}{8} \times 100$ $= 50,16\%$	ZnO/CDs 10 ml (75 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 3,364)}{8} \times 100$ $= 57,94\%$
ZnO/CDs 10 ml (30 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 3,740)}{8} \times 100$ $= 53,24\%$	ZnO/CDs 10 ml (90 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 3,183)}{8} \times 100$ $= 60,21\%$
ZnO/CDs 10 ml (45 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 3,610)}{8} \times 100$ $= 54,86\%$	ZnO/CDs 10 ml (105 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,962)}{8} \times 100$ $= 63,61\%$
ZnO/CDs 10 ml (60 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 3,468)}{8} \times 100$ $= 56,64\%$	ZnO/CDs 10 ml (120 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,677)}{8} \times 100$ $= 66,53\%$

Tabel L 7. 3 Perhitungan Pada ZnO/CDs 20 ml

ZnO/CDs 20 ml (15 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,938)}{8} \times 100$ $= 75,77\%$	ZnO/CDs 20 ml (75 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,443)}{8} \times 100$ $= 81,95\%$
ZnO/CDs 20 ml (30 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,794)}{8} \times 100$ $= 77,57\%$	ZnO/CDs 20 ml (90 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,198)}{8} \times 100$ $= 85,01\%$

ZnO/CDs 20 ml (45 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,688)}{8} \times 100$ $= 78,89\%$	ZnO/CDs 20 ml (105 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,120)}{8} \times 100$ $= 85,99\%$
ZnO/CDs 20 ml (60 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,587)}{8} \times 100$ $= 80,15\%$	ZnO/CDs 20 ml (120 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,066)}{8} \times 100$ $= 86,67\%$

Tabel L 7. 4 Perhitungan Pada ZnO/CDs 30 ml

ZnO/CDs 30 ml (15 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,700)}{8} \times 100$ $= 66,24\%$	ZnO/CDs 30 ml (75 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,093)}{8} \times 100$ $= 73,83\%$
ZnO/CDs 30 ml (30 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,533)}{8} \times 100$ $= 68,33\%$	ZnO/CDs 30 ml (90 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,054)}{8} \times 100$ $= 74,31\%$
ZnO/CDs 30 ml (45 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,377)}{8} \times 100$ $= 70,28\%$	ZnO/CDs 30 ml (105 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,587)}{8} \times 100$ $= 80,15\%$
ZnO/CDs 30 ml (60 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 2,210)}{8} \times 100$ $= 72,37\%$	ZnO/CDs 30 ml (120 menit) $\% \text{Degradasi} = \frac{(8 - 1,443)}{8} \times 100$ $= 81,95\%$

Tabel L. 5 Nilai Laju Degradasi SLS

Sampel	Laju Degradasi (min^{-1})
ZnO Murni	$1,27 \times 10^{-3} \pm 0,37 \times 10^{-3}$
ZnO/CDs 10 ml	$1,28 \times 10^{-3} \pm 0,38 \times 10^{-3}$
ZnO/CDs 20 ml	$1,69 \times 10^{-3} \pm 0,49 \times 10^{-3}$
ZnO/CDs 30 ml	$1,48 \times 10^{-3} \pm 0,43 \times 10^{-3}$



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341) 551354, Fax. (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM	:	210604110067
Nama	:	IMELDA FIRDAUS MAHARANI
Fakultas	:	SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan	:	FSIKA
Dosen Pembimbing 1	:	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si
Dosen Pembimbing 2	:	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	:	SINTESIS NANOKOMPOSIT ZnO/CDs (CARBON DOTS) DARI SEKAM PADI UNTUK DEGRADASI LIMBAH SURFAKTAN SODIUM LAURYL SULFATE(SLS)

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	14 November 2024	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Konsultasi judul skripsi	Ganjil 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	15 Januari 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Pengajuan judul skripsi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	23 Januari 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Bimbingan bab 1, 2 dan 3	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	14 Februari 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Persetujuan bab 1, 2 dan 3	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	14 Maret 2025	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Bimbingan integrasi bab 1 dan 2	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	17 April 2025	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Revisi Integrasi bab 1 dan 2	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
7	10 September 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Bimbingan Bab 4 analisis data	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	26 September 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Persetujuan bab 4 dan 5	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	10 Oktober 2025	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Bimbingan integrasi bab 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
10	22 Oktober 2025	Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA	Persetujuan integrasi bab 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui

Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Malang, 27 Oktober 2025

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Dr. UMAIYATUS SYARIFAH, MA

Dr. ERNA HASTUTI, M.Si

