

**PEMBUATAN MATERIAL FOTOKATALIS *CARBON DOTS* (CDs) DARI
LIMBAH BULU AYAM MENGGUNAKAN METODE HIDROTHERMAL**

SKRIPSI

Oleh:

CHICHA SALSADILLA
NIM. 18640049



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

**PEMBUATAN MATERIAL FOTOKATALIS *CARBON DOTS* (CDs) DARI
LIMBAH BULU AYAM MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL**

SKRIPSI

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

Oleh:

**CHICHA SALSADILLA
NIM. 18640049**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMBUATAN MATERIAL FOTOKATALIS *CARBON DOTS* (CDs) DARI
LIMBAH BULU AYAM MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL

SKRIPSI

Oleh:

CHICHA SALSADILLA
NIM. 18640049

Telah Diperiksa dan Disetujui
Pada Tanggal 15 Juni 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II



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

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Izzati Tazi, M.Si
NIP. 19730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

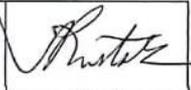
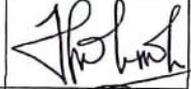
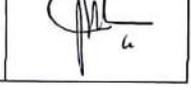
PEMBUATAN MATERIAL FOTOKATALIS *CARBON DOTS* (CDs) DARI
LIMBAH BULU AYAM MENGGUNAKAN METODE HIDROTHERMAL

SKRIPSI

Oleh

CHICHA SALSADILLA
NIM. 18640049

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada tanggal: 15 Juni 2023

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

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Hudaib Tazi, M.Si
NIP. 40730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Chicha Salsadilla

NIM : 18640049

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Pembuatan Material Fotokatalis *Carbon Dots* (Cds) Dari Limbah Bulu Ayam Menggunakan Metode Hidrotermal

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur penjiplakan karya penelitian yang dibuat oleh 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 peraturan yang berlaku.

Malang, 30 Mei 2023

Yang Membuat Pernyataan,


METERAI
TEMPER
18AJX775901765
Chicha Salsadilla
NIM. 18640049

MOTTO

“Rasa Syukur Mengubah Apa Yang Kita Miliki Menjadi Cukup”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya Persembahkan Tulisan ini untuk:

- Yang Pertama untuk Kedua Orang Tua, Bapak Muhammad Bawon dan Ibu Harna Wati yang selalu mendoakan, mendukung, dan terimakasih atas kerja keras dan kasih sayang Bapak dan Ibu sampai saat ini.
- Kedua untuk Suami saya Fathan Nuril Muhtadi dan kedua mertua saya Bapak Zainul Hilmi dan Ibu Halimi yang selalu mendoakan, mendukung, dan membantu saya sampai saat ini.
- Ketiga untuk diri saya sendiri Chicha Salsadilla yang telah kuat sehingga bisa sampai di titik ini.
- Keempat untuk kakak saya dan saudara-saudara saya yang telah mendoakan dan memberikan semangat.
- Kelima untuk Dosen Pembimbing saya, Ibu Dr. Erna Hastuti, M.Si dan Ibu Dr. Umayyatus Syarifah, M.A yang dengan sabar membimbing serta meluangkan waktunya selama penulisan skripsi ini, Ibu-ibu Dosen bidang minat material, dan seluruh Dosen yang selalu membimbing dan mendampingi saya dalam menuntut ilmu di UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Keenam untuk Teman-teman bidang minat Material Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu dan memberikan support selama pengerjaan skripsi ini.
- Ketujuh untuk ponakan-ponakan saya yang dirumah maupun ponakan online saya Ebrahim Narayana Wiratama yang telah memberikan semangat kepada saya ketika saya sedang merasa buruk.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi **“Pembuatan Material Fotokatalis *Carbon Dots* (CDs) Dari Limbah Bulu Ayam Menggunakan Metode Hidrotermal”** yang berjalan dengan lancar. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat, dan segenap orang yang mengikuti jejaknya.

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

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

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

6. Dr. Umayyatus Syarifah, M.A., selaku Dosen Pembimbing Integrasi yang selalu memberikan ilmu dan tenaga dalam penulisan skripsi ini.
7. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Program Studi yang selalu memberikan ilmu dan pengetahuan bagi penulis.
8. Orang tua, suami, dan keluarga yang selalu mendo'akan, mendukung, memberikan semangat, serta memfasilitasi dalam penulisan skripsi.
9. Teman dekat serta sahabat-sahabat yang membantu, memberikan dukungan dan doa serta bantuan dalam penulisan skripsi ini.
10. Serta semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung demi kesuksesan dalam penulisan skripsi ini.

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

Malang, 30 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
مستخلص البحث.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 Carbon Dots (CDs).....	7
2.2 Proses Pembuatan CDs.....	12
2.3 Limbah Biomassa Bulu Ayam	16
2.4 Fotokatalis	21
2.5 Methylene Blue	24
2.6 Spektrofotometer Ultra Violet Visible (UV-Vis).....	25
2.7 <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i> (FTIR)	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Jenis Penelitian	29
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.3 Alat dan Bahan	29
3.3.1 Alat	29
3.3.2 Bahan.....	30
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1 Pembuatan Material CDs	30
3.4.2 Karakterisasi Sampel.....	31
3.5 Diagram Alir Penelitian	33
3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Material CDs	33
3.6 Teknik Pengumpulan Data	34
3.6.1 Analisis FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i>)	34

3.6.2 Analisis UV-Vis	34
3.6.3 Lampu UV	35
3.6.4 Degradasi Zat <i>Methylene Blue</i> .Warna.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Data Hasil Penelitian.....	37
4.2 Pembahasan.....	49
4.3 Kajian Keislaman	53
BAB V PENUTUP	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur nanopartikel karbon.....	8
Gambar 2.2	Struktur CDs yang Umum.....	9
Gambar 2.3	Macam-macam warna CDs saat disinari lampu UV.....	11
Gambar 2.4	Aplikasi CDs	11
Gambar 2.5	Metode Pembuatan CDs	12
Gambar 2.6	Autoclave hidrotermal untuk pembuatan CDs	14
Gambar 2.7	Diagram lamer dari nukleasi dan pertumbuhan.....	15
Gambar 2.8	Ilustrasi Pembuatan CDs.....	16
Gambar 2.9	Komponen dari Bulu Ayam.....	19
Gambar 2.10	Struktur α -helix dan β -lipit bulu ayam.....	20
Gambar 2.11	Proses fotokatalis dari CDs	23
Gambar 2.12	Struktur Methylene Blue	24
Gambar 2.13	Spektrum Absorbansi <i>Methylene Blue</i>	25
Gambar 2.14	Spektrofotometri UV-Vis	26
Gambar 2.15	Spektrum serapan UV-Vis CDs dalam air.	26
Gambar 2.16	Spektrum FTIR dari CDs	28
Gambar 4.1	Nilai yield sampel CDs bulu ayam.....	38
Gambar 4.2	Grafik FTIR CDs Bulu Ayam	39
Gambar 4.3	Grafik UV-Vis dan uji UV Light CDs Bulu Ayam.....	41
Gambar 4.4	Energi gap sampel CDs bulu ayam	43
Gambar 4.5	Reaktor fotokatalis sederhana	44
Gambar 4.6	Grafik konsentrasi akhir MB.....	46
Gambar 4.7	Grafik persentase efisiensi degradasi	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Asam Amino Pada Serat Keratin Dari Bulu Ayam.	21
Tabel 2. 2	Gugus Fungsi Dari CDs	28
Tabel 3. 1	Hasil Pengujian Menggunakan FTIR.....	34
Tabel 3. 2	Data Analisa Spektrofotometer UV-Vis	34
Tabel 3. 3	Hasil Perhitungan Konsentrasi Keadaan Gelap	36
Tabel 3. 4	Hasil Perhitungan Konsentrasi Keadaan Terang.....	36
Tabel 4. 1	Gugus Fungsi CDs Bulu Ayam Variasi Waktu dan Temperatur	40
Tabel 4. 2	Nilai Energy Gap Sampel CDs Bulu Ayam.....	44
Tabel 4. 3	Konsentrasi Methylene Blue dalam Keadaan Gelap.....	45
Tabel 4. 4	Konsentrasi Methylene Blue dalam Keadaan Terang	45
Tabel 4. 5	Persentase Efisiensi Degradasi MB Keadaan Gelap	47
Tabel 4. 6	Persentase Efisiensi Degradasi MB KeadaanTerang	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Selama Pelaksanaan Penelitian.....	65
Lampiran 2 (Data FTIR).....	68
Lampiran 3 (Data UV-Vis).....	72
Lampiran 4 (Data UV Light).....	75
Lampiran 5 (Hasil Fotokatalis)	77
Lampiran 6 (Perhitungan Konsentrasi CDs Bulu Ayam).....	78

ABSTRAK

Salsadilla, Chicha. 2023. **Pembuatan Material Fotokatalis *Carbon Dots* (CDs) dari Limbah Bulu Ayam Menggunakan Metode Hidrotermal**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
Pembimbing: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si. (II) Dr. Umaiatus Syarifah, M.

Kata Kunci: Limbah Bulu Ayam, CDs, Hidrotermal, Fotokatalis.

Limbah bulu ayam merupakan salah satu limbah biomassa di Indonesia yang sulit untuk terurai dan pengolahan yang masih kurang. Kandungan protein atau keratin bulu ayam berpotensi untuk pembuatan material baru, seperti *carbon dots* (CDs). CDs adalah karbon berdimensi nol yang sebagian besar terdiri dari karbon dengan ukuran di bawah 10nm. CDs sangat menarik perhatian karena perluasan diberbagai aplikasi salah satunya fotokatalis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu dan temperatur hidrotermal terhadap sifat fisis dan aktivitas fotokatalis. Metode hidrotermal digunakan untuk membuat CDs dari bahan limbah bulu ayam. Variasi waktu dan temperatur hidrotermal yang digunakan yaitu 160°C, 180°C, 200°C selama 5 jam dan 7 jam. Karakteristik hasil sintesis diketahui melalui analisis spektroskopi inframerah (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi, lampu UV untuk mengetahui warna fluoresensi sampel, dan spektrofotometri *Ultraviolet Visible* (UV-Vis) untuk mengetahui panjang gelombang absorbansi dan energi gap. Hasil proses fotokatalis menunjukkan bahwa sampel CDs dapat menurunkan konsentrasi *methylene blue* (MB). Persentase efisiensi fotokatalis tertinggi dalam keadaan gelap sebesar 5%, sedangkan dalam keadaan terang memiliki nilai efisiensi sebesar 12,3%.

ABSTRACT

Salsadilla, Chicha. 2023. **Making Carbon Dots (CDs) Photocatalyst Material from Chicken Feather Waste Using the Hydrothermal Method**. Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang.
Supervisors: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si. (II) Dr. Umayatus Syarifah, M.

Keywords: Chicken Feather Waste, CDs, Hydrothermal, Photocatalyst.

In Indonesia, one of the biomass wastes is chicken feather waste, which has undergone minimal processing. Chicken feathers' protein or keratin content has the potential to be used to create novel materials, such carbon dots (CDs). CDs are zero-dimensional carbon materials that mostly contain 10nm-sized carbon. Due to its proliferation in numerous applications, including photocatalyst, CDs are of tremendous interest. The purpose of this study is to ascertain how changes in hydrothermal time and temperature affect the photocatalyst's physical characteristics and activity. Chicken feather waste is used to create CDs using the hydrothermal process. 160°C, 180°C, and 200°C for 5 hours and 7 hours are the different hydrothermal time and temperature variations. Infrared spectroscopy (FTIR) analysis is used to identify the functional groups of the synthesized products, UV light is used to identify the sample's fluorescence color, and ultraviolet visible (UV-Vis) spectrophotometry is used to identify the absorbance wavelength and energy gap. The photocatalyst method' results demonstrate that the CDs sample can lower the concentration of methylene blue (MB). The photocatalyst's efficiency is at its highest in the dark, when it is 5%, and at its highest in the light, where it is 12.3%.

مستخلص البحث

سالساديللا، جيجا. ٢٠٢٣. صنع مادة محفز ضوئي لنقاط الكربون (*carbon dots*) من نفايات ريش الدجاج باستخدام الطريقة الحرارية المائية. البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج.
المشرف الأول: د. إرنا هاستوتي، الماجستير. المشرف الثاني: د. أمية الشريفة، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: نفايات ريش دجاج، نقاط كربون، حرارية مائية، محفز ضوئي.

نفايات ريش الدجاج هي من إحدى نفايات الكتلة الحيوية في إندونيسيا التي يصعب تحللها ولا تزال الاستفادة منها غير متوفرة. كانا محتوى البروتين أو الكيراتين في ريش الدجاج لديه القدرة على صنع مواد جديدة، مثل نقاط الكربون (CDS). وهي عبارة عن كربون صفري الأبعاد يتكون في الغالب من الكربون بأحجام أقل من ١٠ نانومتر. تجذب نقاط الكربون الانتباه بسبب توسعها في تطبيقات مختلفة، أحدها المحفزات الضوئية. يهدف هذا البحث إلى معرفة تأثير اختلافات الوقت ودرجة الحرارة للحرارية المائية على الخصائص الفيزيائية ونشاط المحفز الضوئي. تستخدم الطريقة الحرارية المائية لصنع نقاط الكربون من نفايات ريش الدجاج. الاختلافات المستخدمة في الوقت ودرجة الحرارة للحرارية المائية هي ١٦٠°C، ١٨٠°C، ٢٠٠°C لمدة ٥ ساعات و٧ ساعات. تعرف خصائص نتائج التوليف من خلال تحليل التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) لمعرفة المجموعة الوظيفية، ومصباح الأشعة فوق البنفسجية لمعرفة لون التآلق للعينة، وقياس الطيف الضوئي المرئي بالأشعة فوق البنفسجية (UV-Vis) لمعرفة الطول الموجي للامتصاص وفجوة الطاقة. أظهرت نتائج عملية المحفز الضوئي أن عينات نقاط الكربون يمكن أن تقلل من تركيز الميثيلين الأزرق (*methylene blue*). أعلى قيمة كفاءة المحفز الضوئي في الحالة المظلمة هي ٥%، بينما في الحالة المضيئة لها قيمة الكفاءة تبلغ ١٢,٣%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia ialah salah satu negara berkembang yang memiliki populasi penduduk semakin bertambah. Hal ini menyebabkan kebutuhan dalam bidang pangan semakin meningkat, diantaranya protein nabati dan hewani. Salah satu sumber pangan protein hewani yang digemari masyarakat yaitu daging ayam karena harganya yang lebih terjangkau dan mampu dimasak menjadi macam-macam olahan yang lezat. Usaha industri rumah potong ayam rata-rata per tahun mencapai sekitar 3,5 juta ton dan meningkat tiap tahunnya (Latifah et al., n.d.). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), banyaknya populasi ayam ras pedaging di Indonesia pada tahun 2021 sebanyak 3.107.183.054 ekor. Melalui hasil pemotongan ayam yang diperoleh, rata-rata bulu ayam sebanyak 6% dari bobot hidup (Erlita, Puspitasari, and Isbandi 2016).

Bulu ayam memiliki kandungan kurang lebih 91% protein (keratin), 1% lipid, dan 8% air (Tesfaye, Sithole, and Ramjugernath 2017). Keratin adalah protein berserat struktural yang ditemukan pada rambut, kulit, bulu, tanduk, kuku, serta bulu burung atau unggas (Sinkiewicz et al. 2017). Keratin merupakan kombinasi dari asam amino seperti sistein, serin, asam glutamat, dll. Keratin mengandung 51% karbon, 17% nitrogen, 21% oksigen, 6% hidrogen, 5 % belerang, dan sejumlah kecil Fe, Mg, dan elemen lainnya (Sinha et al. 2020). Kandungan keratin dari bulu ayam dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif (Wang et al. 2013), karbon nanotube (Tesfaye, Sithole, and Ramjugernath 2017),

graphene oxide (GO) (Jimene Cervantes Amieva et al. 2015), dan *graphene* (grafen) (Nandi, Parameswaranpillai, and Siengchin 2021). Limbah biomassa dari keratin bulu juga dapat dimanfaatkan untuk bahan pembuatan karbon dot (CDs) (R. Liu et al. 2015).

Para ilmuwan berusaha menemukan cara baru guna mengimplementasikan ilmu pengetahuan serta teknologi yang sudah ada pada memanfaatkan limbah atau biomassa dari bulu ayam. Dengan harapan limbah dari bulu ayam tersebut dapat menghasilkan produk yang lebih produktif dan memiliki manfaat untuk masyarakat. Al-Quran mengajarkan umat muslim melakukan inovasi baru untuk menemukan sesuatu yang berguna. Hal itu tertuang dalam Q.S. al-Ra'd (13):11.

إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ ۗ

Artinya: “*Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan sesuatu kaum sehingga mereka merubah keadaan-keadaan yang ada pada diri mereka sendiri (QS. al-Ra'd: 11)*”.

Q.S. al-Ra'd (13): 11, mampu menjadi motivasi bahwa manusia harus selalu berusaha untuk melakukan upaya perubahan yang dapat mengubah kondisi manusia tersebut menjadi lebih baik. Pada hakikatnya Allah SWT telah menetapkan takdir manusia, namun apa yang diusahakan manusia itu sendiri dapat merubah nasibnya. Artinya Allah SWT tidak akan mengubah nasib manusia menjadi lebih baik kecuali melalui jerih payah dan usahanya sendiri (Bachtiar, Erniati., dkk. 2021). Penggunaan kata *qowm* pada ayat itu menunjukkan bahwa proses perubahan di sana bukan perubahan personal, melainkan perubahan secara komunal yang mengarah pada gerakan sosial dan mampu menggerakkan masyarakat menuju sebuah tata nilai yang ideal (Shihab 1995). Dalam hal ini adalah adanya upaya-upaya yang maksimal dalam penemuan material baru. Salah

satu upaya tersebut adalah dengan menjadikan limbah biomassa bulu ayam sebagai bahan karbon dots (CDs) yang bermanfaat untuk masyarakat.

Karbon dot (CDs) adalah karbon berdimensi nol yang sebagian besar terdiri dari karbon dengan ukuran di bawah 10nm. CDs umumnya dibentuk dengan menggabungkan atom karbon dengan atom karbon sekitarnya, seperti atom oksigen atau heteroatom lain melalui hibridisasi sp^2 atau sp^3 . CDs merupakan nanopartikel yang berpendar atau memancarkan cahaya, tidak beracun (Putro and Roza 2019), inert dan memiliki sifat fluorescence yang bagus sehingga mampu digunakan dalam bidang kimia analitis (Qurrata, Tahir, and Ramlan 2018).

CDs memiliki panjang gelombang absorpsi UV-Vis (*Ultraviolet-Visible*) antara 220–600 nm. Puncak serapan dalam rentang panjang gelombang 220~270 nm dianggap berasal dari transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan C=C dan C=N. Puncak yang terletak pada rentang panjang gelombang 280~350 nm sesuai dengan transisi $n-\pi^*$ dari ikatan C-O dan C=O. Puncak serapan yang terletak di wilayah 350~600 nm umumnya terkait dengan transisi gugus fungsi pada permukaan CDs (Cui et al. 2021). Gugus fungsi dari CDs secara umum yaitu O-H, C-H, C=O, C=C, C-OH dan C-O-C dengan masing-masing puncaknya 3440 cm^{-1} , 2922 cm^{-1} dan 2972 cm^{-1} , 1731 cm^{-1} , 1650 cm^{-1} , 1382 cm^{-1} dan $1050/1278\text{ cm}^{-1}$ (Ma et al. 2019). CDs juga memiliki sifat fluoresensi (dapat berpendar) dengan gradient warna biru hingga ke merah (H. Liu et al. 2019) dan secara umum warna dasar dari CDs saat diberi sinar UV adalah warna biru.

Karbon dot (CDs) sangat menarik perhatian karena perluasan CDs diberbagai aplikasi seperti diagnosis medis, deteksi logam, perangkat elektronik,

bioimaging dan fotokatalis (Atchudan et al. 2021). Priyanto dkk (2017) telah meneliti bahwa CDs dari minyak jelantah dapat diaplikasikan untuk fotokatalis dalam mendegradasi limbah batik (Priyanto et al. 2017). Haryadi dkk (2018) juga meneliti bahwa aktivitas fotokatalitik CDs dari kotoran sapi untuk mendegradasi methylene blue (MB) berkurang hingga 40% setelah 12 jam dalam kondisi cahaya tampak (*visible*) (Haryadi, Purnama, and Wibowo 2018).

Metode pembuatan CDs ada beberapa macam diantaranya yaitu metode eksfoliasi kimia, metode berbasis laser, metode ultrasonik, metode gelombang mikro, metode solvothermal, karbonisasi dan metode hidrotermal (Goryacheva, Sapelkin, and Sukhorukov 2017). Metode hidrotermal banyak digunakan dalam proses pembuatan CDs karena ramah lingkungan, mudah dibuat, ukuran partikel beserta wujudnya bisa dikendalikan melalui penggunaan material awal dan melalui keadaan hidrotermal yang berbeda. Metode hidrotermal merupakan suatu proses pemanasan didalam system yang tertutup dengan tekanan tinggi dan temperature rendah ($< 300^{\circ}\text{C}$) menggunakan medium air.

Faktor yang mempengaruhi proses hidrotermal yaitu waktu dan temperatur yang digunakan. Temperatur yang digunakan dalam proses hidrotermal mempengaruhi diameter partikel dan ukuran kristal, yang mana bila temperatur sintesis yang dipergunakan kian meningkat maka besarnya kristal yang terbentuk dan diameter partikel kian mengecil (Famia and Muldarisnur 2019). Temperatur proses hidrotermal juga menunjukkan adanya pengaruh pada homogenitas dan ukuran partikel, semakin tinggi temperatur yang digunakan maka sampel yang diperoleh lebih homogen dan ukuran partikelnya juga menjadi lebih kecil (Oktaviani and Muttaqin 2015). Saputra dkk meneliti bahwa jika waktu yang

digunakan dalam proses hidrotermal sedikit maka sampel yang terbentuk masih mempunyai aglomerasi (penggumpalan). Namun jika waktu hidrotermal kian bertambah maka semakin tinggi tingkat homogenitasnya (Sapputra dkk, 2014).

Pada penelitian ini dibuat karbon dot (CDs) dari limbah biomassa bulu ayam menggunakan metode hidrotermal dengan variasi waktu dan temperatur. CDs dari bulu ayam dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*) yang digunakan untuk analisis gugus fungsi secara kualitatif, spektrofotometer UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*) untuk mengukur panjang gelombang absorbansi dan menganalisis energy gap sampel CDs, UV light digunakan untuk mengetahui warna fluoresensi dari sampel CDs yang digunakan dalam penelitian ini. Material karbon dot (CDs) kemudian diaplikasikan untuk material fotokatalis yaitu proses degradasi zat warna *methylene blue*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana gugus fungsi, panjang gelombang absorbansi dan band gap material CDs dari limbah bulu ayam yang dibuat dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal?
2. Bagaimana pendaran warna fluoresensi saat diberi sinar UV light pada material CDs dari limbah bulu ayam yang dibuat dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu dan temperatur hidrotermal material CDs terhadap proses degradasi zat warna *Methylene Blue*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui gugus fungsi, panjang gelombang absorbansi dan band gap material CDs dari limbah bulu ayam yang dibuat dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal.
2. Untuk mengetahui pendaran warna fluoresensi saat diberi sinar UV light pada material CDs dari bulu ayam yang dibuat dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu dan temperatur hidrotermal material CDs terhadap proses degradasi zat warna *Methylene Blue*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Metode pembuatan CDs yang digunakan dalam penelitian ini yaitu hidrotermal, dengan variasi temperatur 160°C, 180°C dan 200°C selama 5 dan 7 jam.
2. Reaktor hidrotermal yang digunakan yaitu ukuran 100ml.
3. Analisa yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan hasil pengukuran FTIR (*Fourier Transform Infrared*), spektroskopi UV-Vis, pendaran warna lampu UV.

Zat warna yang digunakan dalam proses fotokatalis adalah zat warna *Methylene Blue*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi baru tentang sintesis dan karakterisasi bulu ayam sebagai material CDs menggunakan metode hidrotermal dengan variasi waktu dan temperatur tertentu.
2. Memberikan informasi mengenai aplikasi material CDs dari bulu ayam sebagai fotokatalis.

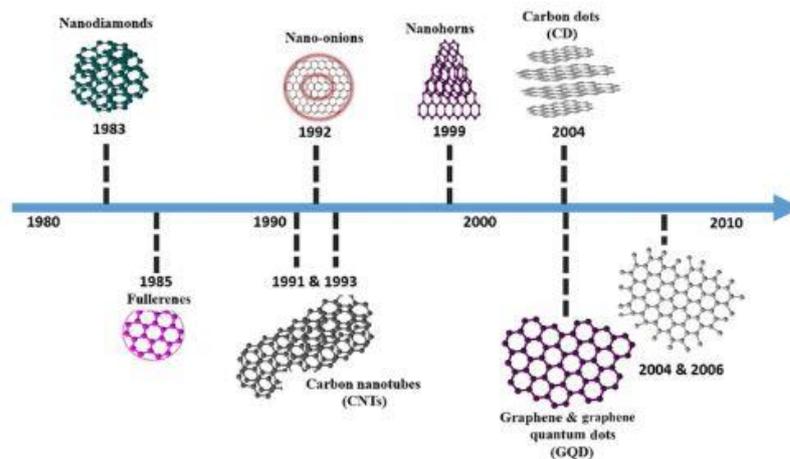
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Carbon Dots (CDs)

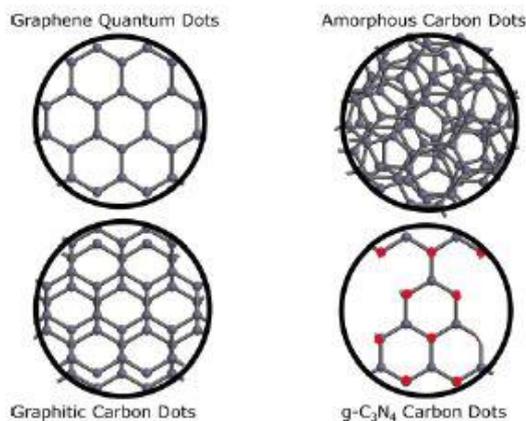
Karbon (*Carbon*) merupakan salah satu material yang memiliki beragam morfologi diantaranya seperti karbon koloidal, nanotube, grafit, grafen, nanofiber, *fullerenese*, *colloidal sphere*, *nanowire*, karbon aktif dan karbon dot (Hu, dkk, 2010). Karbon ditemukan bebas di alam dalam tiga bentuk alotropi yaitu amorf, grafit, dan berlian. Alotropi adalah bahan yang terbuat dari unsur yang sama tetapi atom mereka yang berbeda. Setiap alotropi karbon memiliki sifat fisik yang berbeda. Dalam alotropi karbon, berlian adalah zat yang paling sulit ditemukan di alam dan berwarna transparan. Hal ini juga memiliki konduktivitas termal tinggi dari setiap elemen. Grafit adalah salah satu bahan yang paling lembut dan berwarna hitam abu-abu serta merupakan konduktor listrik yang baik. Karbon amorf yaitu istilah untuk bentuk yang tidak murni dari unsur karbon, seperti arang, batu bara, dan jelaga (Anggraini 2017).

Pengembangan bentuk alotrop karbon berstruktur nano dimulai dengan penemuan grafit tiga dimensi kemudian karbon tabung nano (CNT) satu dimensi pada tahun 1991 oleh S. Iijima dan penemuan karbon alotrop lain, seperti grafena dua dimensi oleh Novoselov, Geim, dkk pada tahun 2004. Karbon Dots (CDs) bahan nano berbasis karbon berdimensi nol, secara bertahap menjadi bahan yang diminati karena potensinya sebagai alternatif (Jamaludin, Rashid, and Tan 2019).



Gambar 2. 1 Struktur nanopartikel karbon yang berbeda menurut tahun penemuan (Jamaludin, Rashid, and Tan 2019).

Carbon dot (CDs) pertama kali ditemukan pada tahun 2004 karbon berdimensi nol yang sebagian besar terdiri dari karbon dengan ukuran di bawah 10nm. CDs umumnya dibentuk dengan menggabungkan atom karbon dengan atom karbon sekitarnya, atom oksigen atau heteroatom lain melalui hibridisasi sp^2 atau sp^3 . Struktur morfologi CDs kebanyakan berbentuk quasi-sferis dan strukturnya dapat menjadi amorphous, graphitic, atau mencirikan inti kristalin C_3N_4 (Sciortino, Cannizzo, and Messina 2018) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Adapun inti dan struktur CDs dapat bergantung pada proses sintesisnya.



Gambar 2. 2 Struktur CDs yang Umum. Titik Hitam dan Merah masing-masing Menunjukkan Atom Karbon dan Nitrogen (Sciortino, Cannizzo, and Messina 2018).

Secara teknis, CDs hanya terdiri dari unsur-unsur C dan H. Meskipun demikian, unsur tersebut dapat berubah diakibatkan oleh metode pembuatan seperti metode (*exfoliation*) pengelupasan yang diturunkan dari oksidasi. CDs yang telah dilaporkan selalu teroksidasi sebagian dengan gugus hidroksil, epoksi/eter, karbonil, dan asam karboksilat pada struktur permukaannya. Fourier transform infrared (FTIR) biasanya digunakan untuk menganalisis unsur-unsur di dalam CDs yaitu adanya ikatan C=O, C–O, C=C, dan COOH yang menunjukkan fungsionalisasi CDs dengan gugus hidroksil, karbonil, dan asam karboksilat. Fungsionalisasi ini memungkinkan CDs menjadi lebih larut dalam air dan memudahkan untuk memodifikasi struktur permukaan CDs (Jamaludin, Rashid, and Tan 2019).

Carbon dots (CDs) memiliki panjang gelombang absorbansi UV-Vis antara 220 nm sampai 600 nm. Puncak serapan dalam rentang panjang gelombang 220-270 nm dianggap berasal dari transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan C=C dan C=N. Puncak serapan yang terletak dalam rentang panjang gelombang 280-350 nm sesuai dengan transisi $n-\pi^*$ dari ikatan C-O dan C=O. Puncak serapan yang

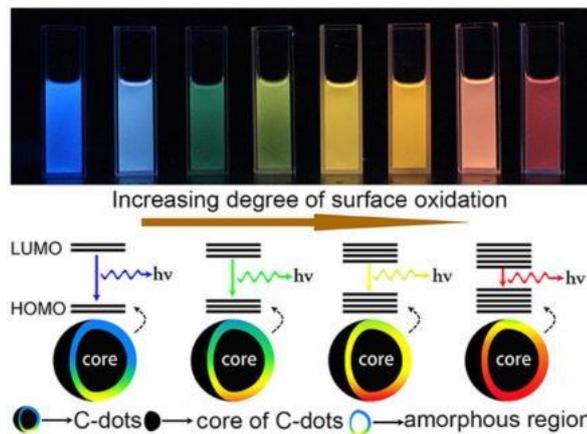
terletak di wilayah 350-600 nm umumnya terkait dengan transisi gugus fungsi pada permukaan CDs (Cui et al. 2021).

Carbon dots (CDs) memiliki sifat fluoresensi atau dapat berpendar dengan gradient warna biru hingga ke merah (Liu et al. 2019). Fluoresensi merupakan peristiwa terpancarnya cahaya oleh suatu zat yang telah menyerap cahaya lain. Fluoresensi terjadi ketika cahaya berinteraksi dengan suatu materi, dimana ketika atom atau partikel menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu menyebabkan sinar yang dipancarkan kembali memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dan energinya lebih rendah daripada energy cahaya yang diserap (Aliyah 2019).

Carbon dots (CDs) merupakan salah satu jenis bahan nano fluoresen yang baru ditemukan dan menjadi semakin populer dalam dekade terakhir karena sifat optiknya yang unik, biokompatibilitas yang baik, toksisitas rendah, stabilitas air yang besar, mudah disintesis, dll. Khususnya, emisi CDs dapat diatur dengan mengontrol reaksi kondensasi, manipulasi kimia, atau paling umum dengan doping unsur lain. Du dkk, melaporkan bahwa asal usul pendaran dikaitkan dengan adanya ligan karboksilat pada permukaan CDs (Sun and Lei 2017).

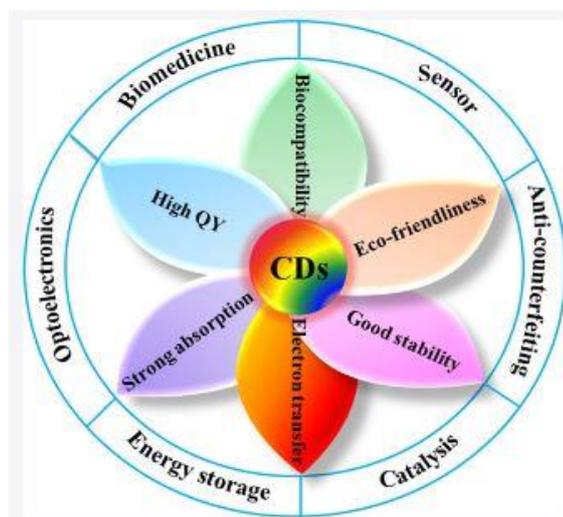
Menurut Li, et al (2019) emisi fluoresensi yang dihasilkan dari biomassa biasanya memiliki daerah panjang gelombang pendek (biru dan hijau). CDs pun memiliki banyak gugus karbonil ($C=O$) pada permukaannya karena prekursor biomassa kaya akan karbon dan oksigen. Warna biru dari fluoresensi dihasilkan dari rekombinasi radiasi elektron yang tereksitasi dari transisi $n-\pi^*$ gugus $C=O$, namun ada yang menyebutkan bahwa warna biru berasal dari transisi $n-\pi^*$ pada keadaan inti karbon. Warna fluoresensi CDs juga mempengaruhi nilai energi gap

dari sampel CDs yang diperoleh. Urutan nilai energi gap dari terbesar hingga terkecil yaitu warna biru, hijau, kuning dan merah. Semakin rendah nilai energy gap yang diperoleh maka CDs memiliki sifat konduktifitas yang bagus (Kang et al. 2020a).



Gambar 2. 3 Macam-macam warna CDs saat disinari lampu UV (Kang et al. 2020a).

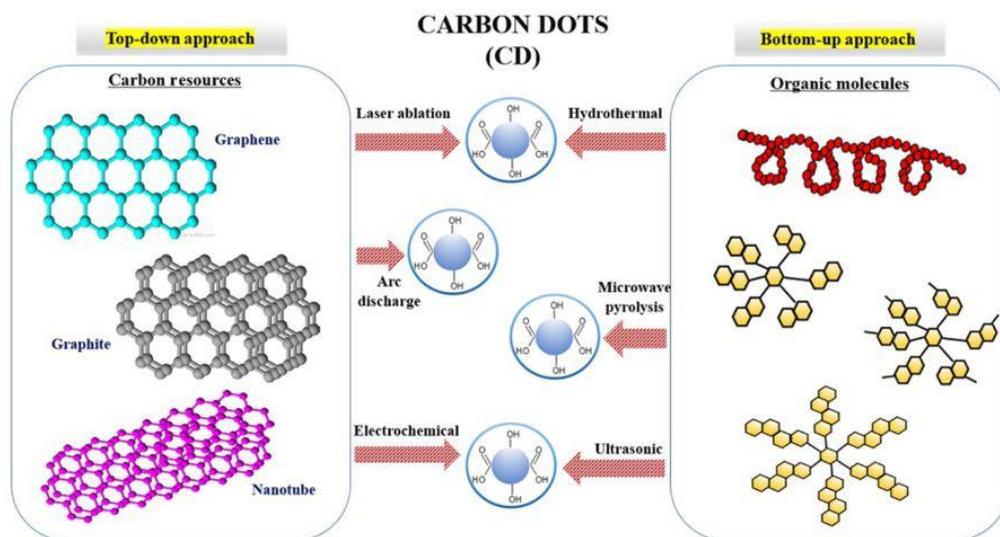
Carbon dot (CDs) sangat menarik perhatian karena perluasan CDs diberbagai aplikasi seperti diagnosis medis, deteksi logam, perangkat elektronik, bioimaging dan fotokatalis (Atchudan et al. 2021).



Gambar 2. 4 Aplikasi CDs (J. Liu, Li, and Yang 2020).

2.2 Proses Pembuatan CDs

Metode pembuatan carbon dots (CDs) terbagi menjadi dua macam, yaitu metode top-down dan metode bottom-up. Metode top-down adalah cara memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer (Abdullah and Virgus 2008). Metode top-down mensintesis CDs dari bahan karbon yang lebih besar, seperti: nanodiamonds, grafit, karbon nanotube, grafen, karbon aktif, grafit oksida (Dong et al. 2012). Metode top-down terdiri dari metode elektrokimia oksidasi, *arc discharge*, dan metode berbasis laser.



Gambar 2. 5 Metode Pembuatan CDs (Jamaludin, Rashid, and Tan 2019)

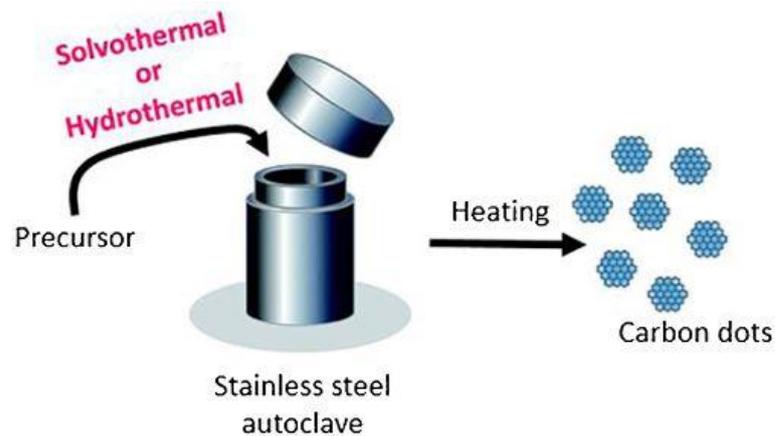
Sedangkan metode bottom-up adalah metode yang berasal dari atom-atom, molekul-molekul atau kluster-kluster yang diassembli membentuk partikel berukuran nanometer (Abdullah and Virgus 2008). CDs pada metode bottom-up disintesis dari berbagai prekursor molekuler. Metode bottom-up memungkinkan untuk mendapatkan CDs dengan gugus fungsi dalam prosedur satu langkah. Adapun metode bottom-up terdiri dari metode gelombang mikro, metode ultrasonik, metode pirolisis atau karbonisasi, dan metode hidrotermal (Goryacheva, Sapelkin, and Sukhorukov 2017). Metode bottom-up memiliki

tahapan yang lebih mudah dibandingkan dengan metode top-down. Metode bottom-up yang sering digunakan adalah metode hidrotermal.

Metode hidrotermal secara umum dapat diartikan sebagai metode pemanasan reaktan dalam wadah tertutup menggunakan medium air dengan tekanan yang tinggi dan temperatur yang rendah ($< 300^{\circ}\text{C}$). Sistem yang tertutup ini memungkinkan tekanan dan suhu yang meningkat dengan cepat. Sehingga memperoleh hasil kemurnian dan kristalinitas yang tinggi dengan hanya memanfaatkan aquades dalam metode hidrotermal (Putri et al. 2018).

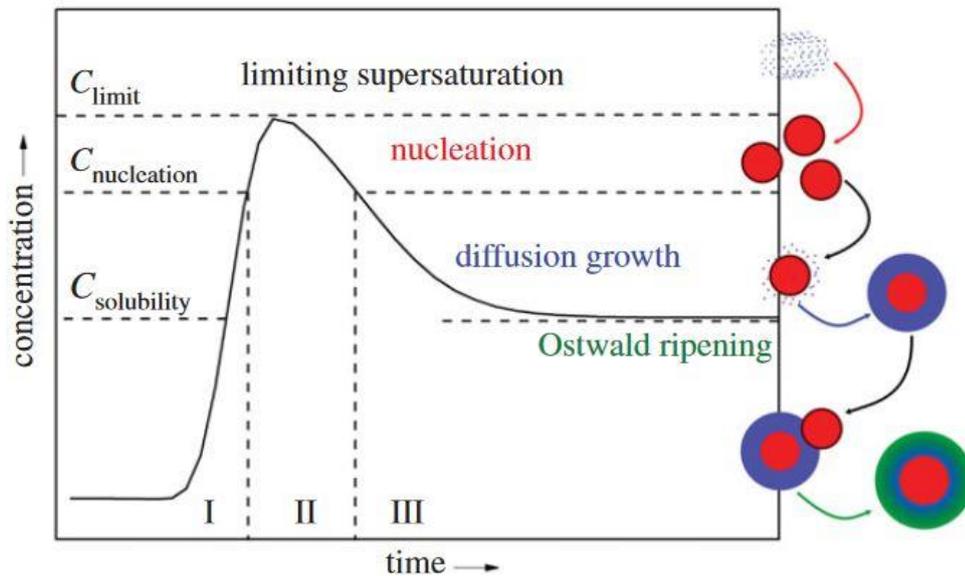
Prosedur dalam metode hidrotermal yaitu larutan dari sumber karbon ditempatkan ke dalam autoclave dengan pemanasan pada suhu konstan selama beberapa jam. Lapisan atas larutan yang mengandung produk (CDs) dipisahkan dengan sentrifugasi. Sumber karbon biomassa yang biasa digunakan seperti glukosa, sukrosa, pati, xilosa, maltosa, sakarosa, selulosa dan turunan biomassa (Goryacheva, n.d.).

Metode hidrotermal untuk pembentukan CDs memanfaatkan sepenuhnya bahan biomassa, sehingga menghindari produksi limbah dalam proses sintesisnya. Metode hidrotermal memiliki banyak keuntungan, seperti operasi alat yang sederhana, tidak membutuhkan temperatur yang tinggi, tidak ada produksi zat beracun dan sebagainya. Namun, ukuran partikel CDs tidak homogen, dan produk yang dihasilkan seringkali memiliki beberapa pengotor (H. Liu et al. 2019).



Gambar 2. 6 Autoclave hidrotermal untuk pembuatan CDs (Ehtesabi et al. 2020).

Faktor yang mempengaruhi proses hidrotermal yaitu waktu dan temperature yang digunakan. Temperatur yang digunakan dalam proses hidrotermal mempengaruhi diameter partikel dan ukuran kristal, dimana semakin tinggi temperatur sintesis yang digunakan maka semakin kecil diameter partikel dan ukuran kristal yang terbentuk (Famia and Muldarisnur 2019). Temperatur dalam proses hidrotermal juga menunjukkan adanya pengaruh pada homogenitas dan ukuran partikel, semakin tinggi temperature yang digunakan maka sampel yang diperoleh lebih homogen dan ukuran partikelnya juga menjadi lebih kecil (Oktaviani and Muttaqin 2015). Ketika waktu yang digunakan dalam proses hidrotermal sedikit maka sampel yang terbentuk masih terdapat aglomerasi (penggumpalan). Namun semakin bertambahnya waktu hidrotermal maka semakin tinggi tingkat homogenitasnya (Sapputra dkk, 2014).



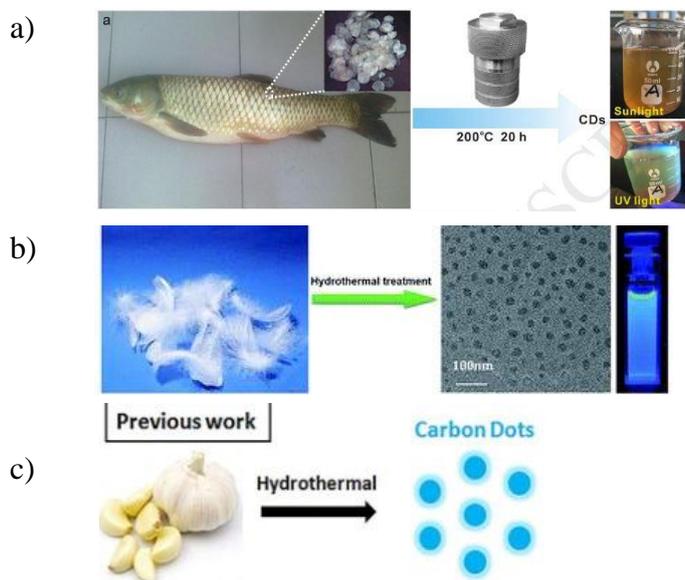
Gambar 2. 7 Diagram lamer dari nukleasi dan pertumbuhan (Dunne et al. 2015).

Model diagram lamer (gambar 2.7) merupakan hubungan antara waktu hidrotermal dengan konsentrasi. Diagram lamer sebagai kerangka konseptual sederhana yang dapat digunakan untuk mempertimbangkan pembentukan nanopartikel. Awal reaksi ada penumpukan prekursor (tahap I; gambar 2.7) yang menciptakan tingkat jenuh. Ketika tingkat supersaturasi melampaui ambang nukleasi kritis maka terbentuklah nukleasi (tahap II), dan mengurangi derajat dari supersaturasi. Jika laju nukleasi melebihi laju pembentukan prekursor, konsentrasi prekursor akan turun kembali di bawah ambang nukleasi. Inti kecil yang tidak dibutuhkan akan larut kembali dan disimpan ke inti yang lebih besar sehingga menguntungkan secara termodinamika di mana beberapa nanopartikel berkumpul dan melebur seperti tahap (III). Kerangka kerja ini memungkinkan kita untuk mempertimbangkan metode yang dapat digunakan untuk distribusi ukuran dan ukuran dapat dikendalikan (Dunne et al. 2015).

Dalam sebagian besar proses reaksi hidrotermal, pembentukan prekursor terjadi selama periode waktu yang lama karena pemanasan yang lambat. Nukleasi

terjadi terus menerus dan bersamaan dengan pertumbuhan. Hal ini menimbulkan distribusi ukuran partikel yang luas. Jika reaksi yang digunakan cukup lama maka ukuran partikel akan semakin besar (Dunne et al. 2015).

Metode hidrotermal adalah metode yang ramah lingkungan dan tidak beracun untuk menyiapkan CDs biomassa dari berbagai precursor (Lu et al. 2016). Seperti yang dilakukan Zhang dkk telah berhasil memproduksi CDs dari sisik ikan menggunakan metode hidrotermal (Zhang et al. 2018). Liu dkk telah berhasil memproduksi CDs dari biomassa bulu angsa (R. Liu et al. 2015). Song dkk telah berhasil memproduksi CDs dari bawang putih menggunakan metode hidrotermal (Song and Cui 2018), seperti tampak pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Ilustrasi Pembuatan CDs dari (a) sisik ikan, (b) bulu angsa, dan (c) bawang putih (Zhang et al. 2018, R. Liu et al. 2015, Song and Cui 2018).

2.3 Limbah Biomassa Bulu Ayam

Pengertian limbah secara sederhana adalah setiap hal yang tidak memberikan nilai tambah pada suatu proses apa pun dan tidak membantu menciptakan kesesuaian dengan spesifikasi pelanggan. Merriam Webster mendefinisikan pengertian limbah sebagai “*refuse from places of human or*

animal habitation". Kamus *Word Book* mendefinisikan pengertian limbah sebagai material yang tidak berguna atau berharga yang harus dibuang. Semua definisi diatas bersifat luas dan lebih mencerminkan tidak mengakui limbah sebagai sebuah sumber daya. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan senyawa anorganik. Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negative terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah (Nasir 2012).

Biomasa adalah semua material biologis berasal dari tanaman atau hewan yang bisa digunakan untuk menghasilkan panas atau tenaga, bahan bakar (termasuk bahan bakar transportasi), atau pengganti produk dan material berbasis fosil. Pengertian lain biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Wujud nyata biomassa antara lain tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan termasuk juga kotoran ternak. Biomassa dapat digunakan sebagai sumber energi. Materialnya mengandung unsur karbon yang dapat menghasilkan panas saat dioksidasi. Apabila digunakan sebagai sumber energi, biomassa mempunyai beberapa keunggulan atau kelebihan diantaranya dapat diperbarui (*renewable*) sehingga dapat digolongkan energi yang berkesinambungan (Suganal and Hudaya 2019).

Limbah biomassa merupakan sumber karbon organik alami, terutama terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, protein dan beberapa bahan lainnya. Sebagai contoh limbah biomassa dari tanaman, diantaranya 30-60% selulosa, 20-40% hemiselulosa, 15-25% lignin. Limbah biomassa adalah sumber karbon terbarukan, ramah lingkungan, tersedia berlimpah dan tidak berbahaya untuk

produksi CDs. Namun, sebagian besar limbah biomassa saat ini dibuang, ditimbun atau dibakar secara terbuka, yang tidak hanya menyebabkan pemborosan sumber daya tetapi juga menyebabkan beberapa masalah lingkungan yang mengancam kesehatan manusia (Kang et al. 2020a).

Pencemaran lingkungan terjadi karena rendahnya kesadaran masyarakat dan kalangan industri dalam pengelolaan sampah. Allah SWT telah menegaskan bahwa alam diciptakan untuk kemaslahatan manusia, sehingga manusia diperintahkan untuk berbuat baik dan menjaga lingkungan sekitar, seperti yang tertulis dalam Q.S. Al-A'raf (7):56.

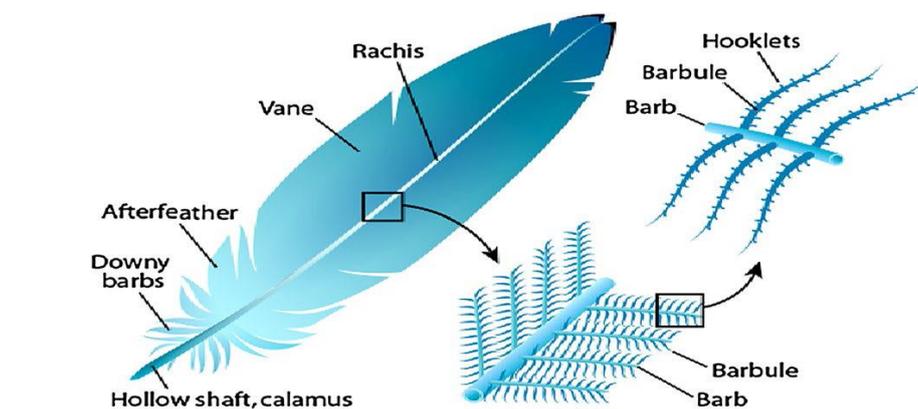
وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya ...” (QS. Al-A'raf (7):56).

Pengrusakan adalah salah satu bentuk pelampauan batas, merusak setelah diperbaiki, jauh lebih buruk daripada merusaknya sebelum diperbaiki. Karena itu, Q.S. Al-A'raf (7):56 secara tegas menggaris bawahi larangan tersebut, walaupun tentunya memperparah kerusakan atau merusak yang baik juga amat tercela (Shihab 2002). Allah SWT melarang perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestariannya sesudah diperbaiki. Pada dasarnya segala sesuatu berjalan sesuai dengan kelestariannya, jika terjadi pengrusakan, hal tersebut akan membahayakan manusia (Amin 2016). Oleh karena itu, manusia seharusnya menjaga lingkungan dengan tidak membuang sampah atau limbah dalam bentuk apapun.

Indonesia menjadi negara penghasil limbah bulu ayam yang cukup tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah populasi ayam ras pedaging di Indonesia pada tahun 2021 sebanyak 3.107.183.054 ekor. Dari hasil pemotongan

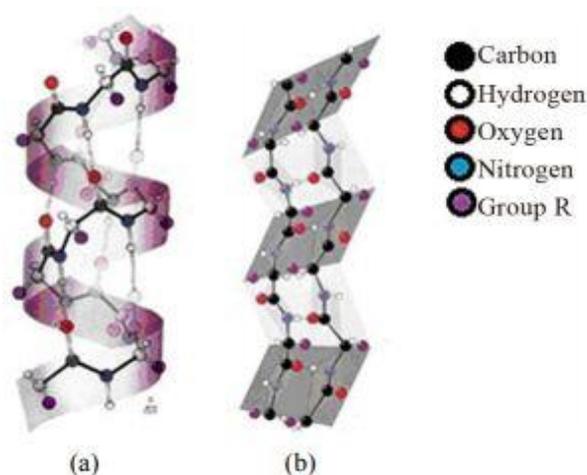
setiap ekor ayam yang didapatkan rata-rata bulu ayam sebanyak 6% dari bobot hidup (Erlita, Puspitasari, and Isbandi 2016) dan bobot potong setiap ekor $\pm 1,5$ kg, maka diperkirakan pada tahun 2021 dihasilkan sekitar 279.636 ton limbah bulu ayam. Jumlah ayam yang dipotong terus meningkat dari tahun ke tahun sehingga bulu ayam yang dihasilkan juga semakin bertambah (Latifah et al., n.d.). Banyaknya limbah bulu ayam ini perlu diolah menjadi sesuatu yang bermanfaat untuk masyarakat sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.



Gambar 2.9 Komponen dari Bulu Ayam (Tesfaye, Sithole, and Ramjugernath 2017)

Bulu ayam terdiri dari tiga bagian, yaitu (*rachis*) pena bulu atau batang tengah dengan panjang sekitar 7 inci, (*barbs*) duri diantara *rachis* dengan panjang sekitar 1- 4,5 cm dan *barbules* dengan panjang sekitar 0,3–0,5 mm (Gambar 2.1). Bulu ayam mengandung sekitar 91% protein (keratin), 1% lipid, dan 8% air (Tesfaye, Sithole, and Ramjugernath 2017). Keratin mengandung 51% karbon, 17% nitrogen, 21% oksigen, 6% hidrogen, 5 % belerang, dan sejumlah kecil dari Fe, Mg, dan elemen lainnya (Sinha et al. 2020). Bulu ayam berpotensi dapat dimanfaatkan menjadi produk bermanfaat yang berasal dari protein keratin (Tesfaye, Sithole, and Ramjugernath 2017).

Keratin adalah protein semi-kristal, memiliki kekuatan dan kekokohan yang dihasilkan dari konfigurasi struktur α -helix (41–67%) dan lembaran β -lipit (33–38%) yang padat (Bhari, Kaur, and Sarup Singh 2021). Pada dasarnya, bulu ayam terdiri dari α heliks dan beberapa komformasi lembar β (Tesfaye et al. 2017b). Rachis (batang tengah) bulu ayam bagian luar hampir seluruhnya terdiri dari konformasi β sheet dan sedikit konformasi α heliks (Tesfaye et al 2017).



Gambar 2.10 (a) struktur α -helix dan (b) struktur lembaran β -lipit (Belarmino et al. 2012).

Keratin di definisikan oleh sejumlah besar asam amino sistein. Dimana sistein adalah asam amino yang mengandung sulfur (s) dan dapat membentuk sulfur-sulfur (s-s). Keratin serat protein yang banyak terdapat pada lapisan pelindung pada manusia atau hewan, seperti kulit, rambut atau bulu (Mirdayanti 2018). Keratin β -sheet yang keras memiliki kandungan sistein yang lebih tinggi daripada keratin α -helix lunak dan dengan demikian lebih banyak terdapat ikatan disulfida (S-S) yang menghubungkan protein keratin yang berdekatan. Adanya ikatan kovalen yang kuat menstabilkan struktur protein tiga dimensi dan sangat sulit untuk diputuskan (Tesfaye, Sithole, and Ramjugernath 2017). Alpha (α -) keratin ditemukan dalam serat protein jaringan lunak wol domba, rambut dan

kulit. Beta (β -) keratin terdapat pada jaringan keras serat protein seperti bulu burung, kuku, sisik ikan dan lain-lain. Urutan asam amino beta-keratin banyak glisin dan alanin kecil yang tidak bermuatan dan sedikit sistein, prolin, dan hidroksiprolin (Gupta et al 2012).

Tabel 2. 1 Kandungan Asam Amino Pada Serat Keratin Dari Bulu Ayam (Diadaptasi Dari Saravanan Dan Dhurai 2012).

Functional group	Amino acid	Per cent content
Positively charged	Arginine	4.30
Negatively charged	Aspartic acid	6.00
	Glutamine	7.62
Hydrophobic	Tyrosine	1.00
	Leucine	2.62
	Isoleucine	3.32
	Valine	1.61
	Cystein	8.85
	Alanine	3.44
	Phenylalanine	0.86
Hygroscopic	Methionine	1.02
	Threonine	4.00
	Serine	16.00
Special	Proline	12.00
	Asparagine	4.00

Pemanfaatan limbah biomassa dari bulu ayam sangat beragam, diantaranya yaitu dapat digunakan sebagai karbon aktif (Wang et al. 2013), karbon nanotube (Tesfaye, Sithole, and Ramjugernath 2017), *graphene oxide* (GO) (Jimenez-Cervantes Amieva et al. 2015), dan *graphene* (grafen) (Nandi, Parameswaranpillai, and Siengchin 2021). Limbah biomassa dari bulu juga dapat dimanfaatkan untuk bahan pembuatan karbon dot (CDs) (R. Liu et al. 2015).

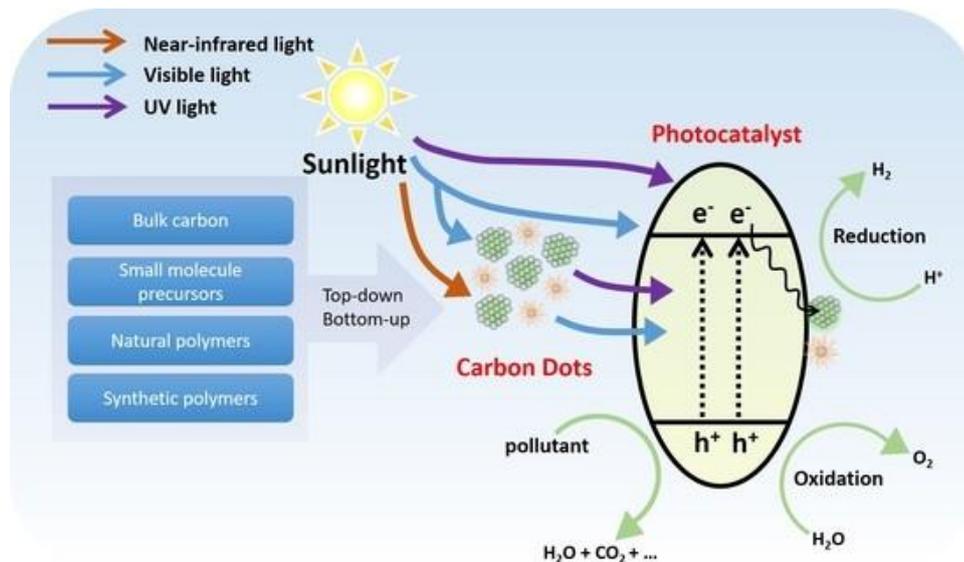
2.4 Fotokatalis

CDs dari biomassa merupakan material semikonduktor yang dapat diaplikasikan sebagai katalis dalam reaksi fotokatalis. Reaksi fotokatalis adalah suatu proses reaksi kimia yang melibatkan cahaya dan katalis. Cahaya berperan

sebagai sumber energi dan katalis untuk mempercepat reaksi. Apabila cahaya dengan energy tertentu mengenai suatu material fotokatalis, maka akan terjadi perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi.

Pada semikonduktor dikenal istilah pita konduksi dan pita valensi. Pita konduksi dan pita valensi ini memegang peran penting dalam semikonduktor. Jarak antara pita konduksi dan pita valensi ini dinamakan energy celah pita (E_g) atau *band gap*. E_g merupakan besaran energi yang diperlukan suatu electron untuk dapat tereksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Semakin besar E_g dari suatu senyawa atau unsur maka semakin sulit elektron untuk dapat tereksitasi karena semakin besar energi yang dibutuhkan untuk eksitasi elektron (Hindryawati, Noor. 2020).

Reaksi fotokatalis akan membentuk pasangan elektron dan hole (e^- dan h^+). Kebanyakan dari elektron dan hole ini akan bertahan di permukaan semikonduktor. Elektron akan bereaksi dengan oksigen dalam air membentuk anion superoksida (O_2^-), sedangkan hole akan bekerja menginisiasi reaksi oksidasi hidroksil yang terlarut dan mengubahnya menjadi radikal dengan energi yang besar. Hasil dari reaksi fotokatalis tersebut dapat digunakan untuk mendegradasi senyawa organik dalam zat cair menjadi gas yang selanjutnya menguap atau menjadi zat lain yang tidak berbahaya. Mekanisme reaksi fotokatalitik dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Proses fotokatalis dari CDs (Chu et al. 2019)

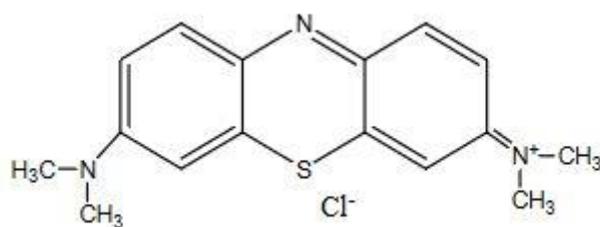
Penggunaan fotokatalis dianggap sebagai metode yang efisien memisahkan senyawa polutan. Katalis semikonduktor untuk proses fotokatalis terdiri dari jenis oksida dan sulfida. Katalis semikonduktor yang termasuk jenis oksida contohnya TiO_2 , ZnO , WO_3 , SnO_2 dan Fe_2O_3 , sedangkan yang termasuk jenis sulfida contohnya CdS , CuS , dan ZnS (Aliah et al. 2012). Beberapa karbon dot memiliki aktivitas fotokatalitik yang sangat baik atau kemampuan untuk meningkatkan fotokatalitik aktivitas katalis lainnya. Karbon dot yang disintesis dari kulit limbah jeruk dimasukkan ke dalam ZnO menghasilkan komposit katalis karbon dots/ ZnO (Kang et al. 2020b).

Para ilmuwan juga memanfaatkan CDs sebagai material fotokatalis. Seperti Priyanto dkk (2017) telah meneliti bahwa CDs dari minyak jelantah dapat diaplikasikan untuk fotokatalis dalam mendegradasikan limbah batik (Priyanto et al. 2017). Haryadi dkk (2018) juga meneliti bahwa aktivitas fotokatalitik CDs dari kotoran sapi untuk mendegradasi methylene blue (MB) berkurang hingga 40% setelah 12 jam dalam kondisi cahaya tampak (*visible*) (Haryadi, Purnama, and

Wibowo 2018). Keuntungan dari CDs adalah dapat dibuat tanpa doping apapun (Chunduri et al., n.d.).

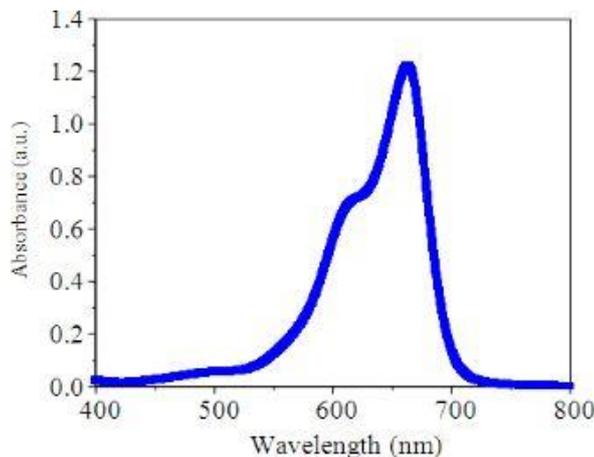
2.5 Methylene Blue

Methylene blue (MB) merupakan senyawa kimia aromatik heterosiklik dengan rumus molekul : $C_{16}H_{18}N_3SCl$ (MW = 319,65 g/mol) (Fajarwati, Sugiharto, and Siswanta 2016). Senyawa MB mempunyai struktur benzene yang sulit untuk diuraikan secara alami, bersifat toksik, karsinogenik dan mutagenic. Dalam industry tekstil, MB merupakan salah satu zat warna *thiazine* yang sering digunakan karena harganya yang ekonomis dan mudah diperoleh. Zat warna MB merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan kulit, kain mori, kain katun, dan tannin. Penggunaan MB dapat menimbulkan beberapa efek, seperti iritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit (Raganata, Aritonang, and Suryanto 2020).



Gambar 2.12 Struktur Methylene Blue (Fajarwati, Sugiharto, and Siswanta 2016).

MB memiliki panjang gelombang absorbansi sekitar 664 nm seperti tampak pada gambar 2.13.



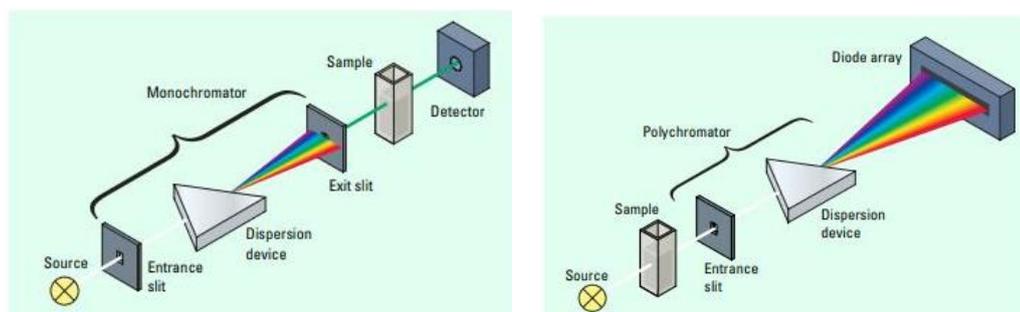
Gambar 2.13 Spektrum Absorbansi *Methylene Blue* (Aliah et al. 2012)

2.6 Spektrofotometer Ultra Violet Visible (UV-Vis)

Spektrofotometri UV-Vis adalah anggota teknik analisis spektroskopi memakai sumber radiasi elektromagnetik ultra violet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer. Spektrofotometri UV-Vis melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga spektrofotometri UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif daripada kualitatif. Spektrofotometer terdiri atas spektrometer dan fotometer. Spektrometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometer tersusun atas sumber spectrum tampak yang kontinyu, monokromator, sel pengabsorpsi untuk larutan sampel atau blangko dan suatu alat untuk mengukur perbedaan absorbsi antara sampel dan blangko ataupun pembanding (Noviyanto, Fajrin. 2020).

Menurut Owen (2000), terdapat dua jenis spektrofotometer UV-Vis, yaitu spektrofotometer konvensional dan spektrofotometer *dioda array*. Spektrofotometer konvensional menggunakan cahaya polikromatis sebagai sumber cahaya yang didispersikan menjadi cahaya monokromatis menggunakan

monokromator. Cahaya monokromatis ini dilewatkan pada sampel dan sinar transmisinya akan terdeteksi oleh detector. Sedangkan pada spektrofotometer *dioda array* cahaya polikromatis dilewatkan pada sampel kemudian diteruskan pada polikromator. Disperse cahaya dari polikromator akan terdeteksi oleh dioda.

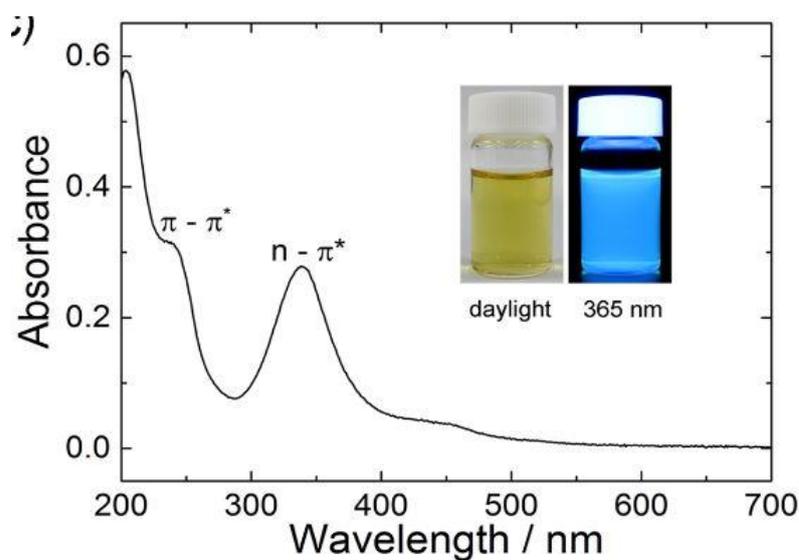


(a)

(b)

Gambar 2.14 Spektrofotometri UV-Vis (a) konvensional, (b) dioda array (Owen, 2000)

Contoh sampel CDs dalam air yang diuji menggunakan UV-Vis menurut (Suzuki et al. 2017) seperti gambar dibawah ini (gambar 2.15).



Gambar 2. 15 Spektrum serapan UV-Vis CDs dalam air (Suzuki et al. 2017).

Gambar 2.15 menunjukkan spektrum penyerapan UV-Vis dari CDs dalam air pada kisaran 200-700 nm. Penyerapan puncak pita terjadi pada panjang

gelombang 240 nm disebabkan oleh transisi π - π^* dari ikatan C=C aromatik. Pada panjang gelombang 338 nm merupakan transisi n- π^* dari ikatan C=O. Grafik UV-Vis di atas terdapat puncak yang rendah dan lebar memanjang jauh di atas 400 nm, hal tersebut seperti yang diamati pada banyak CDs pada umumnya (Suzuki et al. 2017). Adapun untuk energy gap CDs secara umum yaitu 3,7 eV (Safavi et al. 2012).

2.7 Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)

FTIR merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam, 2007). Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Chusnul, 2011). Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom. FTIR juga digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati, 2010).

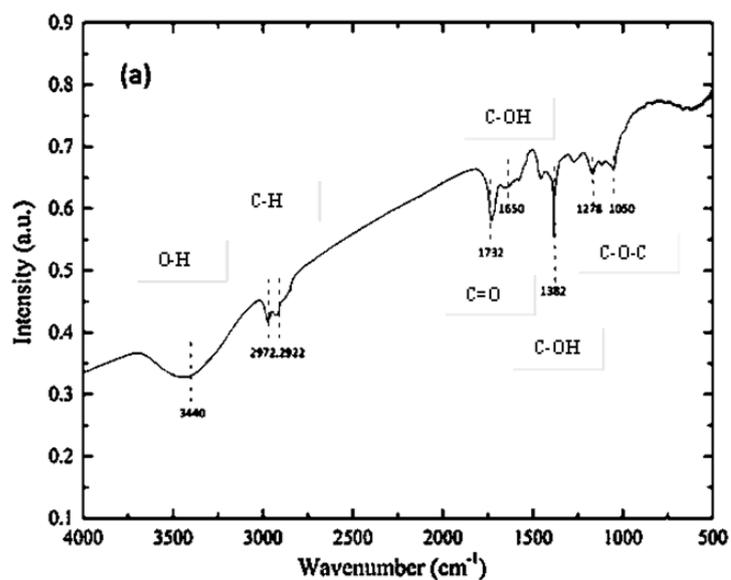
Identifikasi pita absorbansi khas yang disebabkan oleh berbagai gugus fungsi merupakan dasar penafsiran spektrum inframerah. Hadirnya sebuah puncak serapan dalam daerah gugus fungsi dalam sebuah spektrum inframerah hampir selalu menunjukkan beberapa gugus fungsi tertentu terdapat dalam senyawa cuplikan. Demikian pula, tidak adanya puncak dalam bagian tertentu dari daerah gugus fungsi sebuah spektrum inframerah biasanya berarti gugus fungsi tersebut yang menyerap pada daerah itu tidak ada (Pine, 1980).

FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi sampel CDs secara kualitatif. CDs secara umum memiliki gugus fungsi seperti yang ditunjukkan pada table 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. 2 Gugus Fungsi Dari CDs (Ma et al. 2019, Zhou et al, 2018)

Panjang Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
1012	C – N
1050 / 1278	C – O – C
1250	C – O
1382	C – OH
1549	C = N
1658-1648	C = C
1731-1629	C = O
2300	C \equiv O
3000-2840	C – H
3550-3200	O – H

Gambar 2.16 berikut ini merupakan contoh hasil FTIR sampel CDs (Ma et al. 2019).



Gambar 2. 16 Spektrum FTIR dari CDs (Ma et al. 2019)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan eksperimen menggunakan bahan dasar bulu ayam untuk pembuatan material karbon dots (CDs). Proses yang dilakukan yaitu meliputi pemanasan, penghalusan, proses hidrotermal dan karakterisasi. Karakterisasi sampel menggunakan FITR (*Fourier Transform Infrared*), spektrofotometer UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*), UV light dan untuk fotokatalis menggunakan reaktor sederhana beserta alat spektrometer.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai Januari 2022, di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Beaker glass
2. Gelas ukur
3. Spatula
4. Oven
5. Blender
6. Membran 0,22 mikro
7. Neraca digital

8. Alumunium voil
9. Gunting
10. Autoclave hidrotermal
11. Centrifuge
12. Botol aquades
13. Corong
14. Hotplate
15. Magnetik bar
16. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)
17. UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*)
18. UV light
19. Spektrometer

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bulu ayam
2. Aquades
3. Zat warna *Methylene Blue* (MB)

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap kegiatan yaitu pembuatan material karbon dots (CDs) menggunakan metode hidrotermal, karakterisasi material CDs.

3.4.1 Pembuatan Material CDs

1. Limbah bulu ayam dibersihkan menggunakan detergen dan air supaya kotoran yang menempel hilang.

2. Limbah bulu ayam dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 100°C selama 3 jam.
3. Limbah bulu ayam yang kering diblender untuk menghasilkan serbuk bulu ayam.
4. Bulu ayam hasil blender tersebut diayak menggunakan saringan dengan ukuran 50 mesh.
5. Serbuk bulu ayam ditimbang dengan massa 1 gram untuk setiap sampel.
6. Serbuk tersebut dicampur dengan 60 ml aquades menggunakan magnetik stirer, kemudian larutan dimasukkan ke dalam autoclave hidrotermal.
7. Proses hidrotermal dengan variasi temperatur 160°C, 180°C dan 200°C selama 5 jam dan 7 jam.
8. Larutan hasil hidrotermal (CDs) *dicentrifuge* selama 15 menit untuk memisahkan antara CDs dengan endapannya.
9. Larutan CDs tersebut kemudian disaring menggunakan ayakan 0,22 mikrometer.

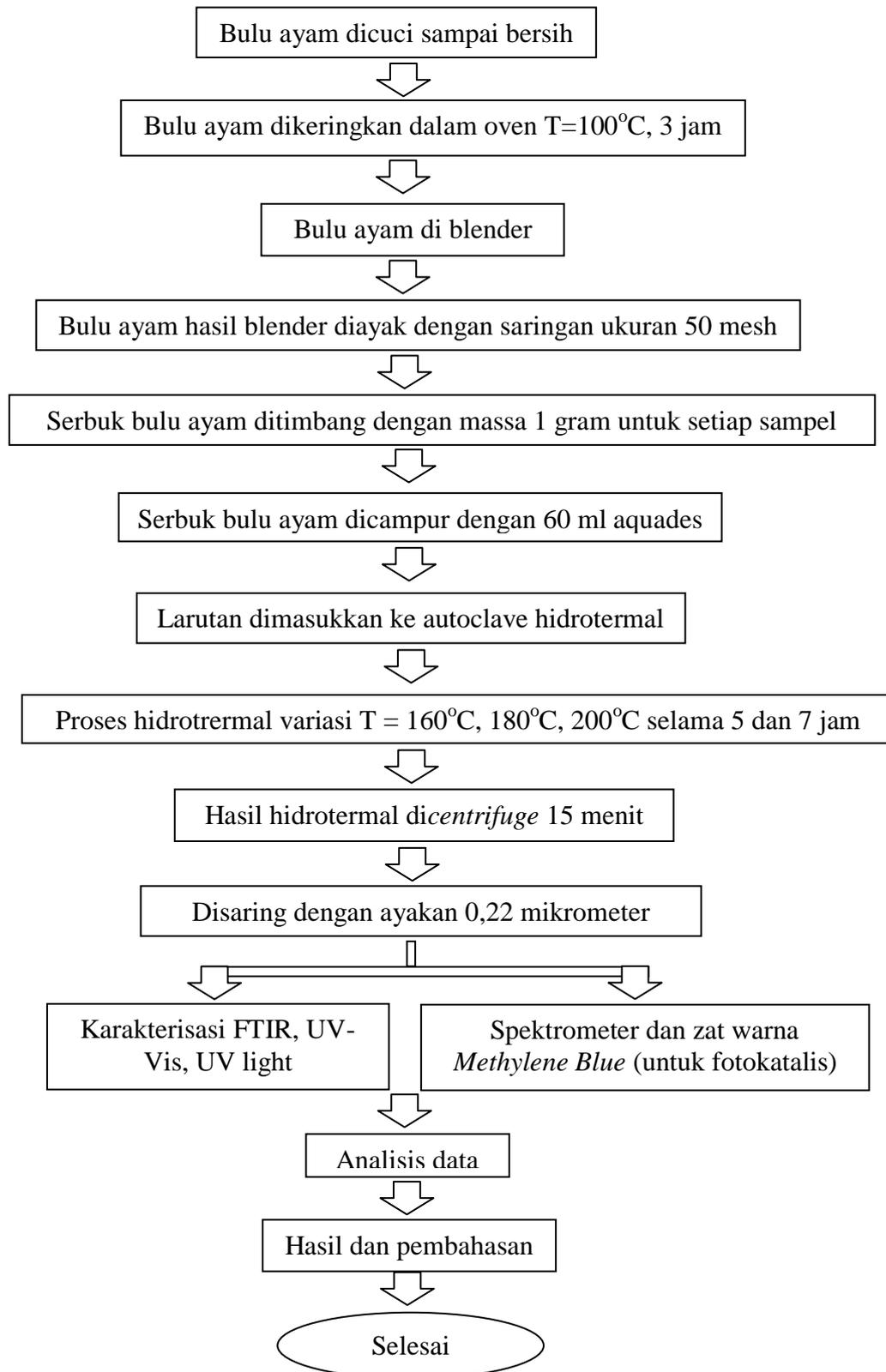
3.4.2 Karakterisasi Sampel

1. sampel diuji menggunakan Spektrofotometer FTIR untuk identifikasi gugus fungsi.
2. sampel diuji menggunakan spektrofotometri UV-Vis untuk menghitung nilai energi gap sampel.
3. sampel diuji menggunakan lampu UV untuk mengetahui warna fluoresensi sampel.

4. sampel diuji menggunakan alat fotokatalis sederhana untuk mendegradasikan zat warna metilen blue dan spektrometer untuk mengetahui penurunan konsentrasi ppm.

3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Material CDs



3.6 Teknik Pengumpulan Data

3.6.1 Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy*)

Analisis dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel. Data yang diperoleh berupa grafik yang menginformasikan data gugus fungsi secara kualitatif. Berikut tabel analisa FTIR:

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian Menggunakan FTIR

No	Sampel	Bilangan Gelombang	Gugus Fungsi
1	CDs 160°C, 5 jam		
2	CDs 180°C, 5 jam		
3	CDs 200°C, 5 jam		
4	CDs 160°C, 7 jam		
5	CDs 180°C, 7 jam		
6	CDs 200°C, 7 jam		

3.6.2 Analisis UV-Vis

Sampel diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*) untuk mengukur panjang gelombang absorbansi pada sampel dengan panjang gelombang tertentu. Berikut contoh tabel analisa data UV-Vis:

Tabel 3. 2 Data analisa spektrofotometer UV-Vis

No	Sampel	Panjang Gelombang (nm) Absorbansi	Energi Band Gap
1	CDs 160°C, 5 jam		
2	CDs 180°C, 5 jam		
3	CDs 200°C, 5 jam		
4	CDs 160°C, 7 jam		
5	CDs 180°C, 7 jam		
6	CDs 200°C, 7 jam		

1. Hasil uji spektrometer UV-Vis berupa spektrum absorpsi dan panjang gelombang

2. Data panjang gelombang (λ) digunakan untuk mencari photon energi ($h\nu$) dengan menggunakan persamaan (Kazmi et al, 2017):

$$h\nu = 1240/\lambda \quad (3.1)$$

3. Data absorbansi (A) digunakan untuk mengetahui nilai α pada persamaan (Kazmi et al, 2017):

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

4. Data α dan $h\nu$ kemudian dimasukkan kedalam persamaan band gap direct (Kazmi et al, 2017):

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

5. Kemudian dibuat plot grafik hubungan $h\nu$ dan $(\alpha h\nu)^2$ untuk band gap direct.
6. Hasil plot akan memberikan garis yang lurus pada daerah tertentu. Ekstrapolasi dari garis lurus ini akan mengintersepsi pada sumbu $h\nu$ untuk memberikan nilai energi gap.

3.6.3 Lampu UV

Lampu UV dengan panjang gelombang 395 nm dapat digunakan untuk mengetahui pendaran warna fluoresensi dari sampel CDs.

3.6.4 Degradasi Zat *Methylene Blue*.Warna

Proses yang dilakukan untuk mendegradasikan zat warna *Methylene Blue* menggunakan reaktor fotokatalis sederhana. Sedangkan untuk mengetahui konsentrasi (warna pudar) degradasi dari zat warna dilakukan uji kuantitatif menggunakan alat spektrometer dengan mengukur nilai absorbansinya menggunakan variasi waktu pengambilan (0 menit, 15 menit, 45 menit, 75 menit

dan 105 menit). Berikut contoh tabel data analisa degradasi zat warna *Methylene Blue* (MB):

Tabel 3. 3 Hasil perhitungan konsentrasi keadaan gelap

Menit ke-	Efisiensi Degradasi (%)						
	MB Gelap	160°C 5 j	180°C 5 j	200°C 5 j	160°C 7 j	180°C 7 j	200°C 7 j
0							
15							
45							
75							
105							

Tabel 3. 4 Hasil perhitungan konsentrasi keadaan terang

Menit ke-	Efisiensi Degradasi (%)						
	MB Terang	160°C 5 j	180°C 5 j	200°C 5 j	160°C 7 j	180°C 7 j	200°C 7 j
0							
15							
45							
75							
105							

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan bahan utama limbah atau biomassa bulu ayam yang dimanfaatkan untuk pembuatan material carbon dot (CDs). Metode yang digunakan dalam proses pembuatan CDs yaitu metode hidrotermal dengan variasi temperatur 160°C, 180°C, 200°C dan waktu selama 5 dan 7 jam.

Tahap pertama yang dilakukan yaitu bulu ayam dibersihkan menggunakan sabun dan air sampai bersih. Bulu ayam dioven dengan temperatur 100°C selama 3 jam. Bulu ayam yang kering diblender dan disaring menggunakan ayakan 50 mesh. Serbuk bulu ayam yang digunakan sebanyak 1 gram dan dicampur dengan aquades 60 ml, kemudian dimasukkan ke dalam autoclave hidrotermal dengan variasi temperatur dan waktu yaitu 160°C, 180°C, 200°C selama 5 dan 7 jam. Hasil hidrotermal yaitu sampel karbon dot (CDs) bulu ayam dicentrifuge selama 15 menit untuk memisahkan antara CDs dengan endapannya. Setelah itu sampel CDs disaring menggunakan membran 0,22 mikro. Sampel CDs bulu ayam dikarakterisasi menggunakan UV-Vis, FTIR, dan UV light.

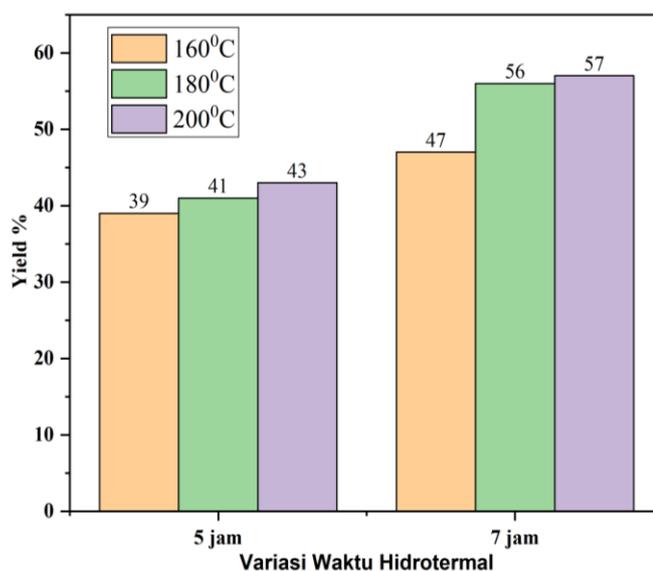
Zat warna yang digunakan dalam proses fotokatalis yaitu zat warna *methylene blue*. Adapun proses fotokatalis menggunakan reaktor fotokatalis sederhana dan untuk mengetahui penurunan konsentrasi degradasi sampel secara kuantitatif menggunakan alat UV spektrofotometer.

4.1 Data Hasil Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu dan temperatur hidrotermal. Didapatkan nilai yield yang dihasilkan dari sampel CDs setelah proses

hidrotermal. Serbuk CDs bulu ayam ditimbang untuk mendapatkan yield masing-masing sampel. Persamaan yield yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 4.1:

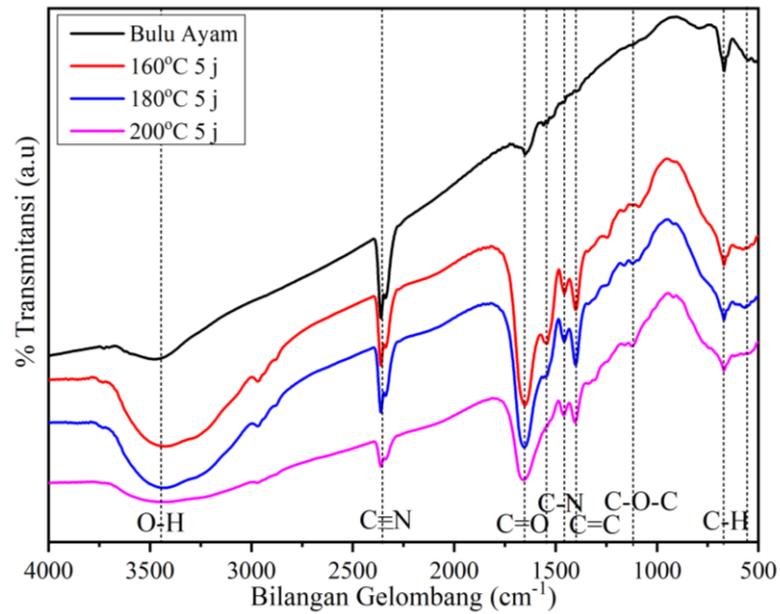
$$yield = (massa\ CDs / massa\ bulu\ ayam) \times 100\% \quad (4.1)$$



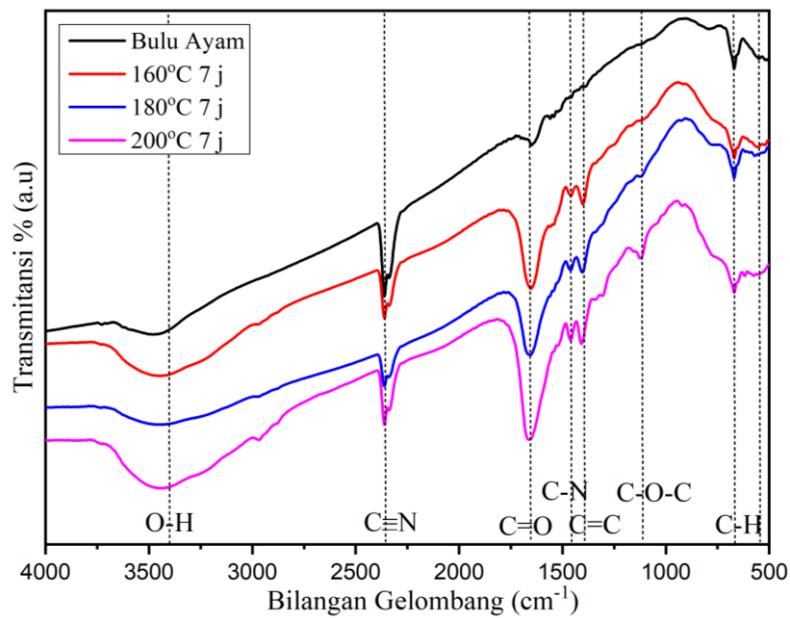
Gambar 4.1 nilai yield sampel CDs bulu ayam

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu yang digunakan dalam proses hidrotermal maka yield yang dihasilkan semakin banyak. Begitu pula dengan temperatur yang digunakan, semakin tinggi temperatur yang digunakan maka yield yang dihasilkan juga semakin banyak. Sampel CDs bulu ayam dengan temperatur 200°C selama 7 jam memiliki nilai yield yang paling tinggi diantara sampel CDs lainnya yaitu 57%.

Analisis gugus fungsi sampel karbon dot (CDs) dari limbah bulu ayam menggunakan uji FTIR. Pengujian FTIR dilakukan di laboratorium kimia, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Transmittansi diplot dalam sumbu y dan panjang gelombang dalam sumbu x. Kurva FTIR dari masing-masing sampel CDs dapat dilihat pada gambar 4.2.



(a)



(b)

Gambar 4.2 Grafik FTIR CDs Bulu Ayam (a) variasi temperatur 5 jam, (b) variasi temperatur 7 jam.

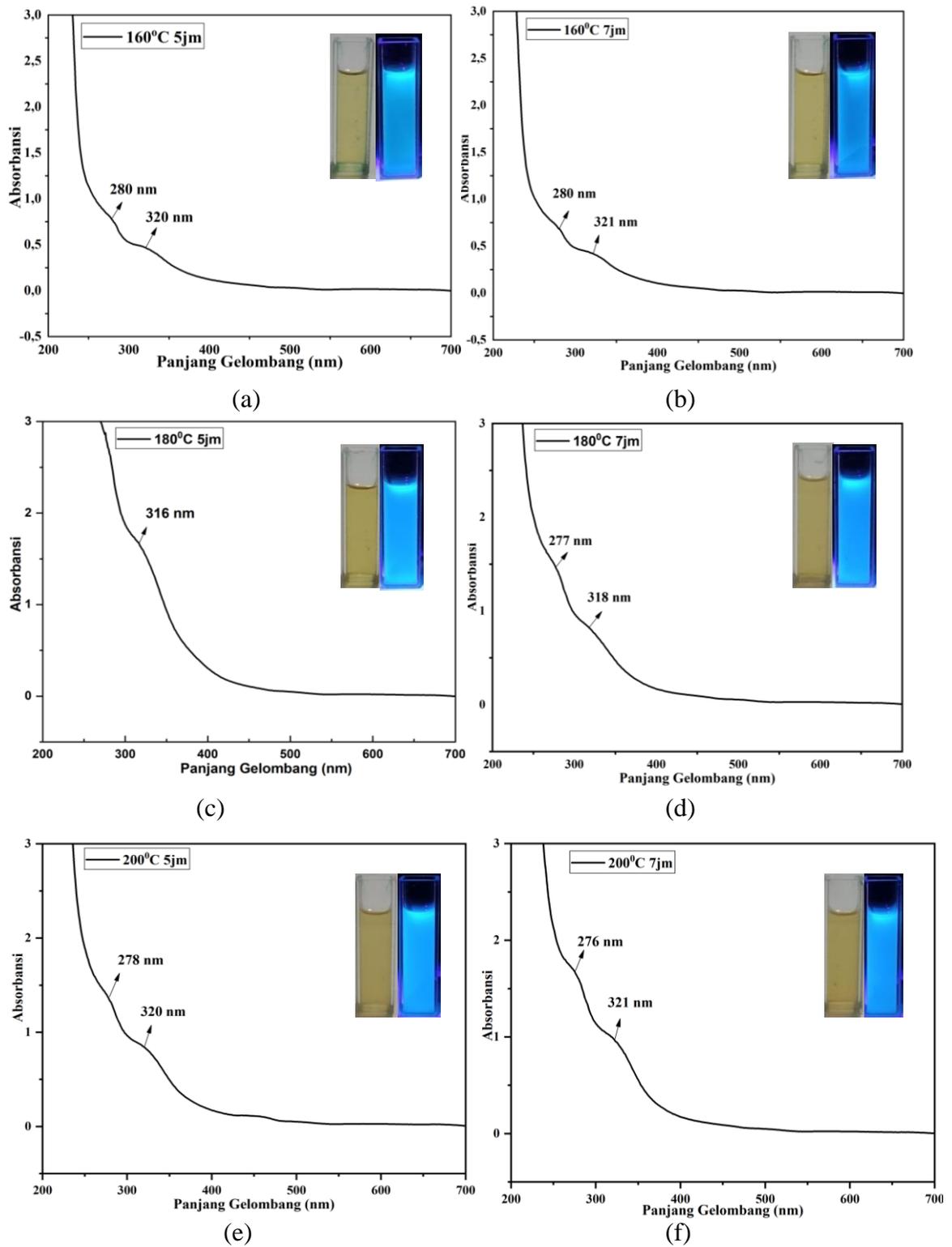
Spektrum FTIR CDs bulu ayam dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal terdapat pada bilangan gelombang antara $500\text{cm}^{-1} - 4000\text{cm}^{-1}$. Hasil pembacaan spektrum menggunakan FTIR disajikan pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Gugus Fungsi CDs Bulu Ayam Variasi Waktu dan Temperatur

Bulu Ayam	Bilangan Gelombang (cm^{-1})						Gugus Fungsi
	CDs 160°C5jam	CDs 180°C5jam	CDs 200°C5jam	CDs 160°C7jam	CDs 180°C7jam	CDs 200°C 7jam	
3480	3425	3424	3438	3445	3445	3434	O–H
2361	2361	2361	2361	2361	2361	2361	C≡N
1650	1651	1653	1656	1651	1654	1663	C=O
1559	1543	-	-	-	-	-	C=O
-	1456	1457	1459	1460	1462	1460	C–N
-	1400	1401	1403	1401	1403	1407	C=C
-	1245	1121	1122	1123	1123	1123	C–O–C
789	-	-	-	-	759	-	C–H
669	669	669	669	669	670	669	C–H
548	576	567	-	552	568	-	C–H

Berdasarkan table 4.1 CDs bulu ayam variasi waktu dan temperatur hidrotermal menunjukkan bahwa sampel memiliki gugus fungsi dan puncak-puncak transmitansi yang hampir sama. Puncak transmitansi pada gugus fungsi O–H *hidroksil* terletak pada bilangan gelombang 3424–3480 cm^{-1} dan bilangan gelombang 1121–1245 terdapat gugus fungsi C–O–C (Ma et al. 2019). Gugus fungsi C–H terdeteksi pada bilangan gelombang 669 cm^{-1} (Kurdekar et al. 2016) dan gugus fungsi C–H terdeteksi pada panjang gelombang 759–789 cm^{-1} (Shaikh et al. 2019). Puncak transmitansi pada bilangan gelombang 2361 cm^{-1} diasumsikan C≡N menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengandung amino (Kurdekar et al. 2016). Gugus fungsi C=C menyatakan terdapat vibrasi karbon pada bilangan gelombang 1407 cm^{-1} (Kurdekar et al. 2016) yang terbentuk setelah proses hidrotermal. Selain itu dari semua sampel juga terdapat puncak serapan pada daerah 1663–1651 cm^{-1} . Puncak serapan tersebut mengindikasikan adanya C=O *carbonyl* yang merupakan gugus fungsi CDs (Zhou et al. 2018).

Analisa dari uji UV-Vis menghasilkan nilai panjang gelombang absorbansi sampel. Dari uji UV-Vis tersebut panjang gelombang absorbansi sampel CDs bulu ayam dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik UV-Vis panjang gelombang absorbansi dan warna CDs bulu ayam saat disinari lampu UV

Gambar 4.3 terlihat bahwa panjang gelombang absorbansi sampel CDs berada pada rentang panjang gelombang 276 nm sampai 321 nm. Adapun pendaran warna fluoresensi CDs bulu ayam dapat dilihat dengan cara menyinari sampel CDs dengan lampu UV-395 nm. Dari gambar 4.3 juga dapat dilihat bahwa sampel CDs pada siang hari warnanya kuning. Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses hidrotermal begitu pula dengan semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka warna kuning yang dihasilkan CDs semakin pekat. Adapun hasil pendaran warna fluoresensi (gambar kanan) menunjukkan warna biru terang untuk semua sampel dengan variasi waktu dan temperatur yang berbeda.

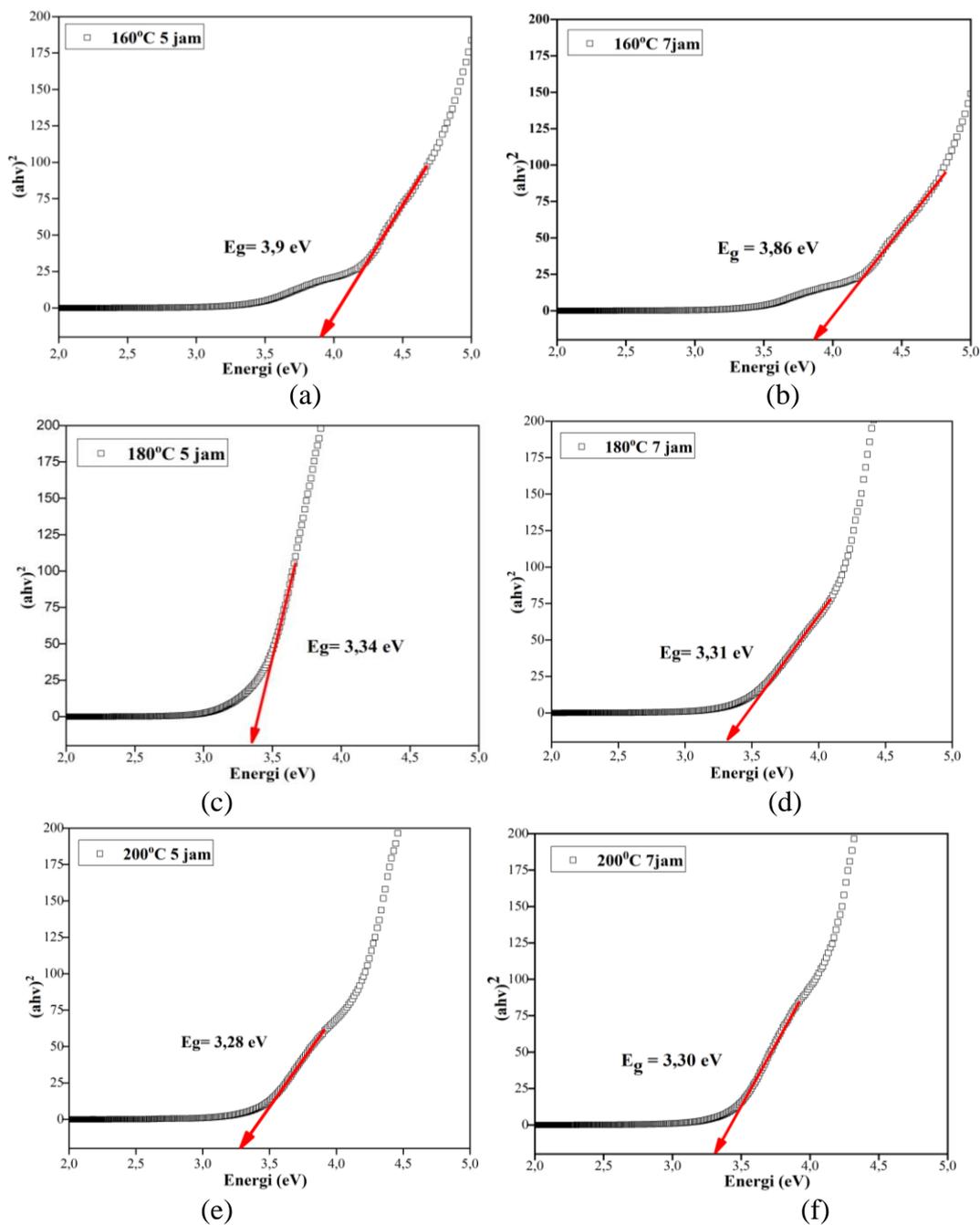
Dari pengujian UV-Vis juga dapat digunakan untuk menentukan nilai band pada sampel CDs bulu ayam. Data yang diperoleh berupa nilai panjang gelombang (λ) dan absorbansi (A), kemudian untuk mencari nilai band gap dimasukkan kedalam persamaan 4.2 - 4.4:

$$hv = 1240/\lambda \quad (4.2)$$

$$\alpha = 2,303 \times A \quad (4.3)$$

$$Direct = (ahv)^2 \quad (4.4)$$

Setelah data dimasukkan ke dalam persamaan 4.2 – 4.4, selanjutnya dibuat plot grafik hubungan antara hv dengan $(ahv)^2$ untuk energy gap. Masing-masing plot grafik akan menunjukkan garis lurus pada daerah tertentu. Ekstrapolasi dari garis lurus tersebut yang akan mengintersepsi pada sumbu hv untuk memberikan nilai energy gap dari sampel. Plot energi gap sampel CDs bulu ayam dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Energi gap sampel CDs bulu ayam

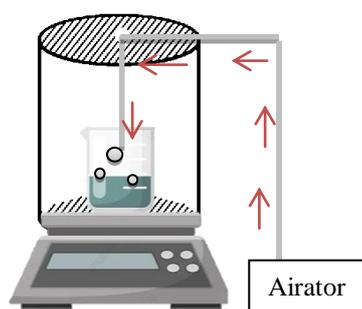
Gambar 4.4 menunjukkan hasil plot energi gap sampel CDs bulu ayam dari semua sampel. Garis ekstrapolasi ditunjukkan dengan warna merah. Garis tarik pada sumbu x untuk menunjukkan nilai energi gap. Daftar nilai energi gap sampel CDs bulu ayam dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Nilai Energy Gap Sampel CDs Bulu Ayam

Sampel	Energi Gap (eV)
160°C 5 jam	3,9
160°C 7 jam	3,86
180°C 5 jam	3,34
180°C 7 jam	3,31
200°C 5 jam	3,28
200°C 7 jam	3,30

Dari tabel 4.2 menunjukkan energi gap sampel CDs terdapat pada rentang 3,28 eV sampai 3,9 eV. Nilai energi gap terendah adalah sampel CDs 200°C 5 jam yaitu 3,28 eV. Nilai energi gap yang dihasilkan sampel CDs bulu ayam sudah mendekati dari penelitian terdahulu yaitu 3,7 eV (Safavi et al. 2012).

Pengujian aktivitas fotokatalitis menggunakan reaktor fotokatalis sederhana dengan sumber cahaya berasal dari lampu UV. Reaktor fotokatalis berbentuk tabung dengan diameter ± 25 cm dan diberi lampu UV Led dengan panjang gelombang 395-405nm dan tegangan 12V. Desain reaktor fotokatalis sederhana ditunjukkan pada gambar 4.5 di bawah in.



Gambar 4.5 Reaktor fotokatalis sederhana

Langkah pertama yang dilakukan dalam aktivasi fotokatalis yaitu membuat larutan standart pewarna MB dari konsentrasi 10 ppm, 8 ppm, 6 ppm, 4 ppm, dan 2 ppm. Selanjutnya absorbansi dari larutan standart digunakan untuk mendapatkan kurva standart dengan nilai regresi yang berupa persamaan 4.5 – 4.6, yaitu:

$$y = 0,1893x - 0,0989 \quad (4.5)$$

$$x = (y+0,0989)/ 0,1893 \quad (4.6)$$

Dimana x merupakan konsentrasi larutan, sedangkan y adalah absorbansi larutan.

Langkah selanjutnya pada aktivitas fotokatalitik dilakukan proses degradasi pada MB 5 ppm sebanyak 47,5 ml menggunakan katalis CDs 2,5 ml dengan pengambilan sampel pada menit 0, 15, 45, 75 dan 105 menit untuk setiap sampel. Pengujian fotokatalis dilakukan dua tahap yaitu pengujian sampel pewarna tekstil MB dengan keadaan gelap dan dengan sinar lampu UV (keadaan terang). *Methylene Blue* (MB) yang telah didegradasi dengan katalis CDs diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer (*Visible Spectrofotometer*, AMTAST AMV01). Konsentrasi pewarna MB diketahui dari nilai absorbansi dengan menggunakan persamaan 4.5 – 4.6. Nilai konsentrasi digunakan untuk mencari nilai efisiensi fotokatalis. Nilai konsentrasi akhir MB ditampilkan dalam tabel 4.3 dan 4.4.

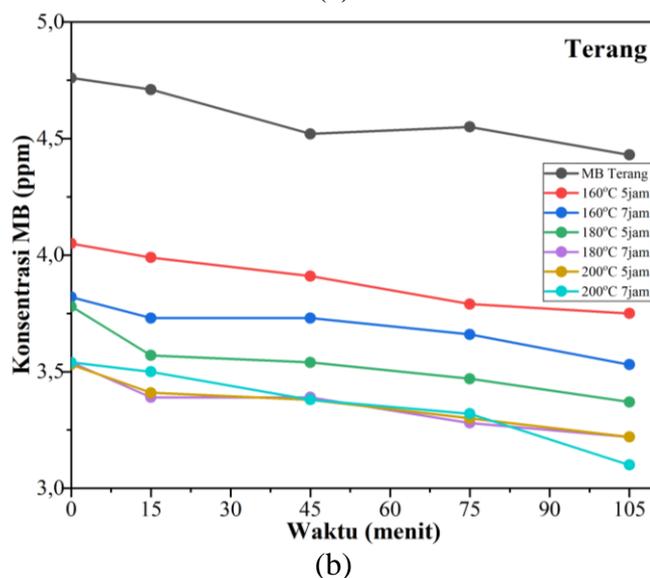
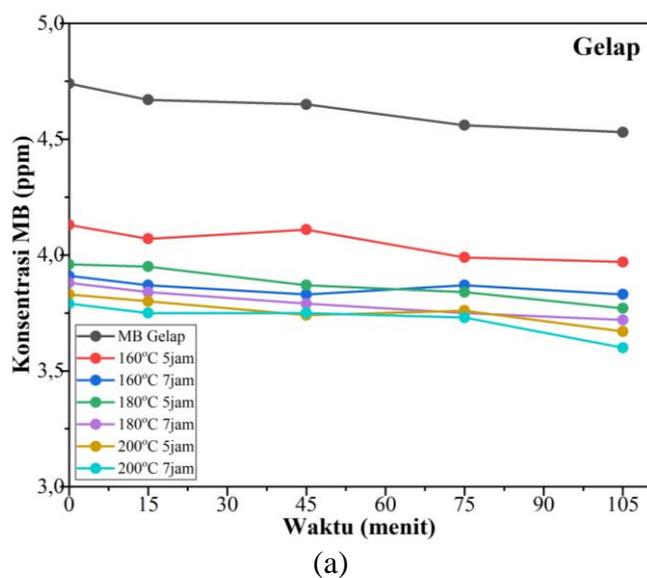
Tabel 4. 3 Konsentrasi Methylene Blue dalam Keadaan Gelap

Menit ke-	Konsentrasi Akhir MB Gelap (ppm)						
	MB Gelap	160°C 5 j	160°C 7 j	180°C 5 j	180°C 7 j	200°C 5 j	200°C 7 j
0	4,74	4,13	3,91	3,96	3,88	3,83	3,79
15	4,67	4,07	3,87	3,95	3,84	3,80	3,75
45	4,65	4,11	3,83	3,87	3,79	3,74	3,75
75	4,56	3,99	3,87	3,84	3,75	3,76	3,73
105	4,53	3,97	3,83	3,77	3,72	3,67	3,60

Tabel 4. 4 Konsentrasi Methylene Blue dalam Keadaan Terang

Menit ke-	Konsentrasi Akhir MB Terang (ppm)						
	MB Terang	160°C 5 j	160°C 7 j	180°C 5 j	180°C 7 j	200°C 5 j	200°C 7 j
0	4,76	4,05	3,82	3,78	3,54	3,53	3,54
15	4,71	3,99	3,73	3,57	3,39	3,41	3,50
45	4,52	3,91	3,73	3,54	3,39	3,38	3,38
75	4,55	3,79	3,66	3,47	3,28	3,30	3,32
105	4,43	3,75	3,53	3,37	3,22	3,22	3,10

Tabel 4.3 dan 4.4 merupakan tabel konsentrasi akhir MB dalam keadaan gelap dan terang dengan sampel CDs variasi temperatur hidrotermal 160°C, 180°C, 200°C selama 5 dan 7 jam. Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi akhir MB mengalami sedikit penurunan dalam keadaan gelap, sedangkan tabel 4.4 menunjukkan nilai konsentrasi MB dalam keadaan terang mengalami penurunan konsentrasi lebih banyak dibandingkan dengan keadaan gelap. Hasil grafik konsentrasi akhir MB dalam keadaan gelap dan terang dapat dilihat pada gambar 4.6 sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik konsentrasi akhir MB (a) keadaan gelap dan (b) terang.

Gambar 4.6 (a) menunjukkan grafik hasil nilai konsentrasi akhir MB dalam keadaan gelap. Grafik yang dihasilkan sedikit mengalami penurunan yaitu mencapai 3,60 ppm pada sampel CDs temperatur hidrotermal 200°C selama 7 jam. Gambar 4.6 (b) menunjukkan grafik nilai konsentrasi MB dalam keadaan terang. Grafik yang dihasilkan mengalami penurunan konsentrasi paling rendah 3,10 ppm yaitu sampel CDs temperatur hidrotermal 200°C selama 7 jam. Untuk menghitung efisiensi degradasi pewarna dalam bentuk persen (%) dengan menggunakan persamaan 4.7:

$$\eta = (c_0 - c_t) / c_0 \times 100\% \quad 4.7$$

dengan η adalah efisiensi, c_0 adalah absorbansi awal sebelum diuji aktivasi fotokatalis dan c_t adalah absorbansi akhir setelah diuji aktivasi fotokatalis. Hasil perhitungan efisiensi degradasi MB dalam keadaan gelap dan terang ditunjukkan pada table 4.5 dan 4.6.

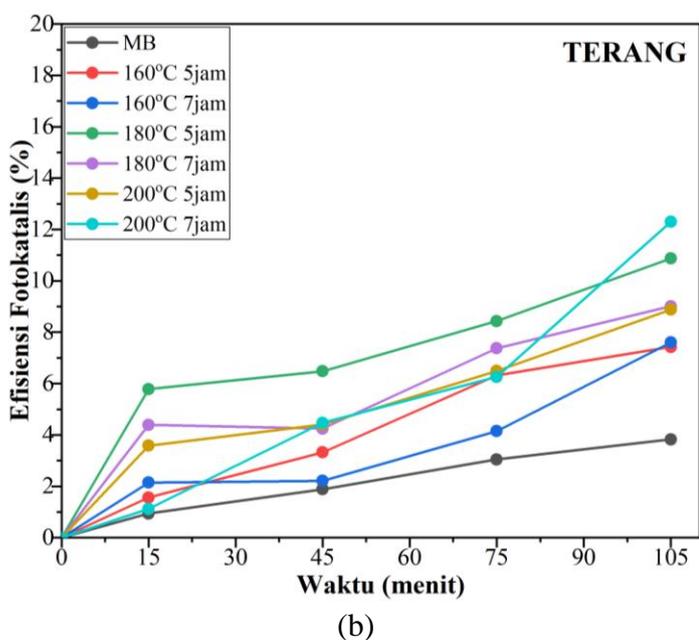
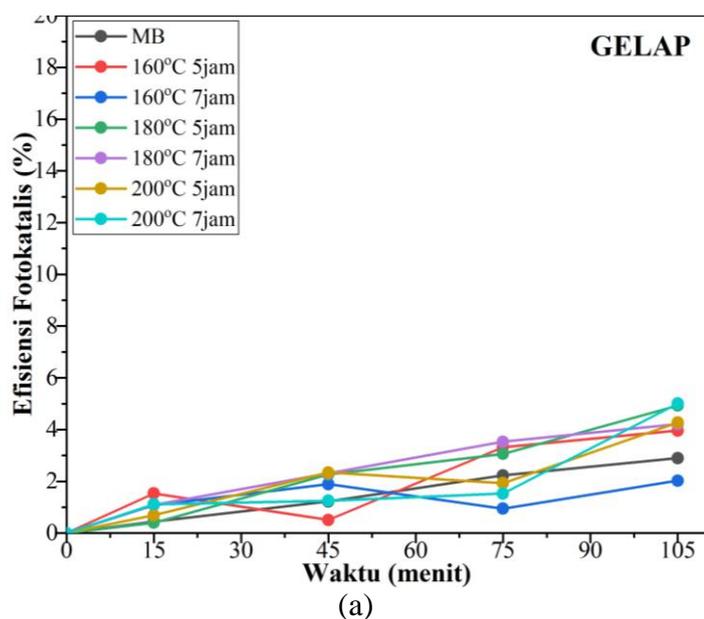
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Persentase Efisiensi Degradasi MB Keadaan Gelap

Menit ke-	Hasil Uji Efisiensi Degradasi MB (%) Gelap						
	MB Gelap	160°C 5 j	160°C 7 j	180°C 5 j	180°C 7 j	200°C 5 j	200°C 7 j
0	0	0	0	0	0	0	0
15	0,445	1,532	1,079	0,399	1,087	0,688	1,112
45	1,225	0,511	1,889	2,263	2,310	2,341	1,252
75	2,227	3,321	0,944	3,063	3,533	1,928	1,530
105	2,895	3,959	2,025	4,927	4,212	4,270	5,007

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Persentase Efisiensi Degradasi MB Keadaan Terang

Menit ke-	Hasil Uji Efisiensi Degradasi MB (%) Terang						
	MB Terang	160°C 5 j	160°C 7 j	180°C 5 j	180°C 7 j	200°C 5 j	200°C 7 j
0	0	0	0	0	0	0	0
15	0,941	1,563	2,142	5,784	4,393	3,582	1,117
45	1,883	3,322	2,211	6,481	4,244	4,403	4,471
75	3,047	6,320	4,147	8,433	7,372	6,493	6,260
105	3,823	7,427	7,602	10,872	9,011	8,881	12,296

Tabel 4.5 menunjukkan nilai efisiensi degradasi dalam keadaan gelap dengan nilai paling banyak sebesar 5%. Tabel 4.6 yaitu nilai efisiensi degradasi sampel dalam keadaan terang. Tabel tersebut menyatakan bahwa nilai persentase efisiensi degradasi yang diperoleh meningkat secara tidak signifikan dengan nilai paling tinggi 12,296%. Adapun grafik persentase efisiensi degradasi dapat dilihat pada gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7 Grafik persentase efisiensi degradasi (a) keadaan gelap dan (b) keadaan terang.

Gambar 4.7 (a) adalah grafik persentase efisiensi degradasi dalam keadaan gelap, sedangkan gambar (b) menunjukkan grafik persentase efisiensi degradasi dalam keadaan terang. Dari gambar tersebut terlihat bahwa persentase efisiensi degradasi keadaan terang mengalami kenaikan dibandingkan dengan keadaan gelap, meskipun kenaikan nilainya tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa CDs yang digunakan pada proses fotokatalis dapat menurunkan konsentrasi MB tetapi dengan nilai efisiensi yang hampir sama. Variasi waktu dan temperatur hidrotermal CDs menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan, dengan nilai efisiensi dari 7,4% sampai 12,3%.

4.2 Pembahasan

Bulu ayam merupakan salah satu limbah biomassa di Indonesia dengan pengolahan yang masih minim. Kandungan protein atau keratin bulu ayam berpotensi untuk pembuatan material baru, salah satunya adalah karbon dots (CDs). Pada penelitian ini pembuatan CDs dari bulu ayam menggunakan metode hidrotermal dengan variasi waktu dan temperatur.

Variasi waktu dan temperatur hidrotermal mempengaruhi jumlah persentase yield sampel CDs yang dihasilkan. Semakin lama waktu dan semakin tinggi temperatur yang digunakan, maka nilai yield yang dihasilkan semakin banyak. Dalam penelitian ini sampel yang memiliki nilai yield terendah adalah sampel dengan temperatur hidrotermal 160°C selama 5 jam sebesar 39%, sedangkan sampel yang memiliki nilai yield terbanyak adalah sampel dengan temperatur hidrotermal 200°C selama 7 jam sebanyak 57%. Dalam proses hidrotermal pada tahap awal terjadi pelarutan *probability*, sehingga semakin lama waktu dan temperatur yang digunakan maka jumlah bulu ayam yang terlarut

semakin banyak. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Quaid, Ghalandari, dan Reza 2022, yang meyakinkan bahwa waktu dan temperatur berpengaruh pada jumlah yield CDs yang dihasilkan.

Analisa data Spektra *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) digunakan untuk menunjukkan gugus fungsi sampel CDs. Bulu ayam yang sudah melewati proses hidrotermal akan terurai dan mengandung gugus fungsi O-H, C≡N, C=O, C-N, C=C, C-O-C, C-H. Proses hidrotermal menyebabkan munculnya gugus fungsi C-N, C=C, C-O-C dan perubahan intensitas serapan semakin tinggi pada gugus fungsi C=O yang menunjukkan bahwa bulu ayam sudah terurai. Variasi waktu dan temperatur hidrotermal menghasilkan grafik spektra FTIR yang hampir sama, hanya saja ada beberapa intensitas serapan yang semakin berkurang seperti gugus fungsi C≡N, C-H, dan O-H pada variasi waktu 200°C 5 jam dan 180°C 7 jam. Seluruh sampel mempunyai gugus fungsi yang sudah sesuai dengan karakteristik dari CDs. Hal ini sama seperti penelitian dari Sari et al. 2020, Kurdekar et al. 2016 dan Ma et al. 2019, bahwa CDs memiliki gugus fungsi C=C, O-H, C-N, C≡N, C-H, C=O, C-O-C.

Gugus fungsi O-H mengindikasikan CDs masih mengandung molekul air (A. Kumari, dkk). Gugus fungsi C=C mengidentifikasi adanya vibrasi carbon dan gugus ini yang menyusun inti atau core CDs (Sari et al. 2020). Gugus fungsi C=O *carbonyl* merupakan gugus fungsi pada CDs (Ma et al. 2019). Gugus fungsi C-N menandakan sampel CDs mengandung nitrogen yang dapat mempengaruhi besar band gap (M. Tuerhong, dkk., 2017). Gugus fungsi C-O menandakan sampel mengandung ikatan karbon dan oksigen yang dapat mempengaruhi struktur permukaan CDs. Gugus fungsi C-H *stretching* merupakan gugus fungsi pada CDs

yang berasal dari keratin (Sun et al, 2009). Gugus fungsi C=N menyatakan bahwa sampel mengandung nitrogen yang merupakan salah satu kandungan dari keratin.

Karakteristik CDs yang lain adalah kemampuan dalam berpendar ketika dipapari sinar UV. Sinar UV yang digunakan untuk mengetahui pendaran warna CDs yaitu lampu UV dengan panjang gelombang 395 nm. Pada penelitian ini seluruh sampel menunjukkan adanya pendaran warna biru terang yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Suzuki et al. 2017 yang menyatakan bahwa warna fluoresensi CDs adalah bewarna biru. Perbedaan variasi waktu dan temperatur hidrotermal tidak mempengaruhi warna pendaran yang dihasilkan.

Uji menggunakan spektro UV-Vis menunjukkan bahwa sampel CDs memiliki absorbansi dengan puncak serapan yang terletak dalam rentang panjang gelombang 276-321 nm. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa spektrum absorbansi CDs terukur pada panjang gelombang 220-600 nm (Cui et al. 2021). Puncak serapan dalam rentang panjang gelombang 220–270 nm dianggap berasal dari transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan C=C dan C=N. Dan puncak serapan dalam rentang panjang gelombang 280-350 nm dengan transisi $n-\pi^*$ dari ikatan C-O dan C=O (Cui et al. 2021). Adanya ikatan C=C, C=N, C-O, dan C=O dalam analisis uji UV-Vis menunjukkan hasil yang sama dengan gugus fungsi yang didapat dari analisis FTIR. Analisis untuk mengetahui kualitas dari CDs yang dihasilkan dilakukan perhitungan menggunakan metode tauc plot untuk mendapatkan nilai energi gap. Dari seluruh sampel nilai energi gap tidak berbeda jauh, dan rentang energi gap dari seluruh sampel yaitu 3,28- 3,9 eV. Energi gap CDs paling rendah terdapat pada sampel 200°C 5 jam yaitu 3,28 eV, dan energi gap paling tinggi terjadi pada sampel 160°C 5 jam yaitu 3,9 eV. Energi gap yang

dihasilkan dari proses hidrotermal dengan temperatur rendah dan waktu yang sedikit akan lebih besar nilainya dibandingkan dengan menggunakan temperatur tinggi dan waktu yang lama. Hasil nilai energi gap ini mendekati peneliti terdahulu bahwa energi gap sampel CDs adalah 3,7 Ev (Safavi et al. 2012). Energi gap merupakan jarak antara pita valensi dengan pita konduksi. Sehingga semakin kecil energi gap suatu material maka semakin mudah elektron untuk berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi jika diberi energi.

Material CDs yang dihasilkan merupakan material semikonduktor yang dapat digunakan sebagai katalis pada pengujian aktivitas fotokatalis. Proses fotokatalis menggunakan sampel larutan CDs sebanyak 2,5 ml dan *methylene blue* (MB) 5 ppm sebanyak 47,5 ml. Hasil uji aktivitas fotokatalis CDs bulu ayam dilakukan dengan dua tahap, yaitu dalam keadaan gelap dan terang. Keadaan gelap yaitu sampel tidak disinari dengan lampu UV, sedangkan keadaan terang yaitu sampel disinari dengan lampu UV.

MB tanpa diberi CDs dalam keadaan terang menunjukkan efisiensi sebesar 3,8%, efisiensi meningkat ketika diberi tambahan CDs. Jika dibandingkan dengan penambahan CDs, ada kenaikan sekitar 8,5%. Hasil efisiensi yang diperoleh menunjukkan bahwa sampel CDs dalam keadaan gelap memiliki efisiensi tertinggi sebesar 5%, sedangkan keadaan terang memiliki efisiensi yang tinggi sebesar 12,296%. Hal ini membuktikan bahwa sampel dalam keadaan gelap kurang dapat mendegradasi MB, sedangkan dalam keadaan terang lebih bagus dalam mendegradasi MB dikarenakan adanya energi cahaya yang dapat menggerakkan elektron dari pita valensi menuju pita konduksi.

4.3 Kajian Keislaman

Limbah biomassa bulu ayam seringkali dibuang begitu saja tanpa adanya pengolahan lebih sehingga dapat mencemari lingkungan. Sedangkan Allah SWT. telah menjelaskan bahwa manusia dapat memaksimalkan potensi pengelolaan yang dimilikinya untuk mengatur, mengelola, dan memanfaatkan hasil bumi. Hal ini dapat dipahami dari beberapa ayat yang menegaskan bahwa manusia dapat mengambil manfaat dari hasil bumi maupun hasil lautan. Salah satu hasil bumi atau sumber daya alam yang dapat dikelola oleh manusia adalah peternakan. Firman Allah SWT. Q.S. An-Nahl (16):5

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنَافِعُ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ

Artinya: “Dan Dia telah menciptakan binatang ternak untuk kamu; padanya ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai-bagai manfaat, dan sebahagiannya kamu makan”.

Allah SWT telah melimpahkan nikmat kepada hamba-hamba-Nya, antara lain menciptakan binatang ternak untuk mereka seperti unta, sapi, kambing, dan ayam mempunyai manfaat yang besar bagi manusia. Dagingnya dapat dimakan, susunya diminum, kulit, tulang, dan bulunya pun dapat dimanfaatkan (Syaiikh 2005). Bulu dan kulit dapat dimanfaatkan untuk pakaian yang menghangatkan dan juga dapat berbagai manfaat lainnya (Shihab 2002).

Dalam ilmu pengetahuan, para peneliti mencari cara baru untuk memanfaatkan limbah biomassa dari bulu ayam dan memanfaatkannya menjadi sesuatu yang berguna untuk masyarakat, salah satunya yaitu dengan cara membuat carbon dots (CDs). Carbon dots adalah karbon berdimensi nol yang sebagian besar terdiri dari karbon dengan ukuran di bawah 10 nm dan umumnya terbentuk dengan menggabungkan atom karbon dengan atom karbon sekitarnya,

atom oksigen atau heteroatom lain melalui hibridisasi sp² atau sp³. CDs dapat diaplikasikan atau dimanfaatkan untuk proses fotokatalis. Fotokatalis dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna salah satunya *methylene blue* (MB) dengan bantuan katalis dan sinar matahari/ cahaya.

Cahaya sendiri sebenarnya berasal dari bintang/ matahari. Karena melepaskan cahaya, maka matahari disebut “bersinar”. Al-Qur’an secara teliti dan jelas telah membedakan matahari sebagai penghasil energi, sedangkan bulan tidak mengeluarkan energi. firman Allah SWT Q.S. Nuh (71):16.

وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيهِنَّ نُورًا وَجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا

Artinya: “Dan Allah menciptakan padanya bulan sebagai cahaya dan menjadikan matahari sebagai pelita (bersinar).”

Cahaya matahari mengalami proses pembelahan dan pemantulan ketika jatuh ke permukaan bulan. Sedangkan bulan adalah benda yang gelap, dingin, dan bukan benda yang bercahaya, tetapi bulan memiliki potensi untuk memantulkan cahaya matahari agar terlihat bercahaya (Umairatus dan Siti 2020). Sebagaimana diketahui ahli fisika bahwa sinar matahari adalah sumber utama energi untuk semua keperluan di bumi (Dyayadi 2008). Kalimat *Syamsa Siroja* atau sinar matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber sinar ultraviolet (UV) dalam proses fotokatalis MB (Widi 2018). Sinar UV selain bersumber dari cahaya matahari juga berasal dari lampu yang memiliki panjang gelombang rendah dan mengandung merkuri pada tekanan rendah (Risky dkk. 2021).

Dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi para ilmuwan mulai berinisiatif memanfaatkan cahaya sebagai media fotokatalis. Fotokatalis merupakan salah satu upaya untuk mendegradasi limbah berbahaya yang dapat mengancam ekosistem lingkungan menjadi limbah ramah lingkungan dengan

bantuan katalis dan sinar matahari atau lampu UV. Dalam proses fotokatalis memanfaatkan katalis seperti CDs dari biomassa bulu ayam dan cahaya sebagai pemicu terjadinya reaksi. Allah telah menciptakan matahari dengan sinarnya beserta bahan alam yang memiliki fungsi dan diharapkan manusia dapat mempelajari akan ciptaan Allah agar dapat dimanfaatkan dengan baik. Sebagai manusia yang berakal haruslah mensyukuri nikmat dan memanfaatkannya dengan benar serta mempelajari dari manfaat dan dampaknya bagi makhluk hidup maupun terhadap alam. Hal tersebut merupakan salah satu bentuk tindakan rasa tanggung jawab manusia sebagai khalifah di bumi yang bertugas menjaga, melindungi, mengelola dan memanfaatkan secara lestari demi kemaslahatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Allah menciptakan sesuatu pasti ada manfaatnya agar kita selalu bersyukur atas nikmat yang telah Allah berikan dan hanya kepada-Nyalah kita beribadah (Amin 2016).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Hasil uji FTIR CDs dari limbah bulu ayam dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal 160°C, 180°C, 200°C selama 5 dan 7 jam menunjukkan gugus fungsi C=C, O-H, C-N, C≡N, C-H, C=O, dan C-O-C, hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu. Uji UV-Vis sampel CDs menghasilkan nilai panjang gelombang absorbansi pada semua sampel berada pada rentang 276 nm – 321 nm yang menunjukkan transisi π - π^* dari ikatan C=C dan C=N, dan transisi n- π^* dari ikatan C-O dan C=O. Nilai banda gap dari CDs bulu ayam untuk semua sampel berada pada rentang 3,9 eV sampai 3,28 eV.
2. Sampel CDs dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal memiliki warna fluoresensi biru terang untuk semua sampel CDs.
3. Sampel CDs dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal dapat menurunkan konsentrasi MB pada proses fotokatalis dengan rentang nilai efisiensi degradasi dari 7,4% sampai 12,29%.

5.2 Saran

Saran dalam penelitian ini yaitu untuk mempercepat proses fotokatalis, konsentrasi CDs yang digunakan lebih diperbanyak lagi karena jumlah katalis yang digunakan mempengaruhi proses fotokatalis. Proses hidrotermal menggunakan waktu yang lebih lama dan temperatur yang tinggi. Untuk memperbaiki kualitas CDs dibutuhkan dopingan supaya dapat diaplikasikan dalam keadaan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin, And Yudistira Virgus. 2008. "Review : Sintesis Nanomaterial" 1 (2): 26.
- A. Kumari, Dkk. "Synthesis Of Green Fluorescent Carbon Quantum Dots Using Waste Polyolefins Residu For Cu²⁺ Ion Sensing And Live Cell Imaging". *Sensor And Actuator B: Chemical Elsevier*, Vol. 254, : 197-205.
- Aliah, Hasniah, Mahardika Prasetya Aji, Euis Sustini, Maman Budiman, And Mikrajuddin Abdullah. 2012. "Tio₂ Nanoparticles-Coated Polypropylene Copolymer As Photocatalyst On Methylene Blue Photodegradation Under Solar Exposure," 11.
- Aliyah, Himmatul. 2019. "Analisa Panjang Gelombang Fluoresensi Dominan Pada Madu Yang Dieksitasi Laser Menggunakan Metode Spektroskopi Fluoresensi," 5.
- Amin, Muhammad. 2016. "Wawasan Al-Quran Tentang Manusia Dan Lingkungan Hidup Sebuah Kajian Tafsir Tematik" 05 (02).
- Atchudan, Raji, Thomas Nesakumar Jebakumar Immanuel Edison, Mani Shanmugam, Suguna Perumal, Thirunavukkarasu Somanathan, and Yong Rok Lee. 2021. "Sustainable Synthesis of Carbon Quantum Dots from Banana Peel Waste Using Hydrothermal Process for in Vivo Bioimaging." *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures* 126 (February): 114417. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2020.114417>.
- Belarmino, Débora D., Rasiah Ladchumananandasivam, Loilde D. Belarmino, Juliana R. de M. Pimentel, Brismark G. da Rocha, Alcione O. Galvão, and Sania M. B. de Andrade. 2012. "Physical and Morphological Structure of Chicken Feathers (Keratin Biofiber) in Natural, Chemically and Thermally Modified Forms." *Materials Sciences and Applications* 03 (12): 887–93. <https://doi.org/10.4236/msa.2012.312129>.
- Bhari, Ranjeeta, Manpreet Kaur, and Ram Sarup Singh. 2021. "Chicken Feather Waste Hydrolysate as a Superior Biofertilizer in Agroindustry." *Current Microbiology* 78 (6): 2212–30. <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02491-z>.
- Chu, Kuan-Wu, Sher Lee, Chi-Jung Chang, and Lingyun Liu. 2019. "Recent Progress of Carbon Dot Precursors and Photocatalysis Applications." *Polymers* 11 (4): 689. <https://doi.org/10.3390/polym11040689>.
- Chunduri, Lakshmi Adinarayana Avinash, Aditya Kurdekar, Sandeep Patnaik, Saikiran Aditha, Chinnakota Prathibha, and Venkataramaniah Kamiseti.

- n.d. "Single Step Synthesis of Carbon Quantum Dots from Coconut Shell: Evaluation for Antioxidant Efficacy and Hemotoxicity," 11.
- Cui, Lin, Xin Ren, Mengtao Sun, Haiyan Liu, and Lixin Xia. 2021. "Carbon Dots: Synthesis, Properties and Applications." *Nanomaterials* 11 (12): 3419. <https://doi.org/10.3390/nano11123419>.
- Dong, Yongqiang, Ruixue Wang, Hao Li, Jingwei Shao, Yuwu Chi, Xiaomei Lin, and Guonan Chen. 2012. "Polyamine-Functionalized Carbon Quantum Dots for Chemical Sensing." *Carbon* 50 (8): 2810–15. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2012.02.046>.
- Dunne, Peter W., Alexis S. Munn, Chris L. Starkey, Tom A. Huddle, and Ed H. Lester. 2015. "Continuous-Flow Hydrothermal Synthesis for the Production of Inorganic Nanomaterials." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 373 (2057): 20150015. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0015>.
- Ehtesabi, Hamide, Zahra Hallaji, Shima Najafi Nobar, and Zeinab Bagheri. 2020. "Carbon Dots with PH-Responsive Fluorescence: A Review on Synthesis and Cell Biological Applications." *Microchimica Acta* 187 (2): 150. <https://doi.org/10.1007/s00604-019-4091-4>.
- Erlita, Desi, Amallia Puspitasari, and Toni Isbandi. 2016. "Reduksi Limbah Rumah Potong Ayam (Rpa) Sebagai Alternatif Bahan Ransum Pakan Berprotein," 4.
- Fajarwati, Febi Indah, Eko Sugiharto, and Dwi Siswanta. 2016. "Film Of Chitosan-Carboxymethyl Cellulose Polyelectrolyte Complex As Methylene Blue Adsorbent." *Jurnal Eksakta* 16 (1). <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol16.iss1.art5>.
- Famia, Adine Melossa, and Mulda Muldarisnur. 2019. "Pengaruh Temperatur Sintesis Hidrotermal Terhadap Diameter Nanopartikel Seng Oksida." *Jurnal Fisika Unand* 8 (2): 127–32. <https://doi.org/10.25077/jfu.8.2.127-132.2019>.
- Goryacheva, Irina Yu. n.d. "Carbon Nanodots: Mechanisms of Photoluminescence and Principles of Application," 24.
- Goryacheva, Irina Yu., Andrei V. Sapelkin, and Gleb B. Sukhorukov. 2017. "Carbon Nanodots: Mechanisms of Photoluminescence and Principles of Application." *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 90 (May): 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.02.012>.
- Gupta, Arun, Nuruldiyanah Binti Kamarudin, Chua Yeo Gek Kee, and Rosli Bin Mohd Yunus. 2012. "Extraction of Keratin Protein from Chicken Feather," 7.

- Haryadi, Haryadi, Muhammad Ridwhan Wira Purnama, and Ari Wibowo. 2018. "C Dots Derived from Waste of Biomass and Their Photocatalytic Activities." *Indonesian Journal of Chemistry* 18 (4): 594. <https://doi.org/10.22146/ijc.26652>.
- Jamaludin, Norhanisah, Suraya Abdul Rashid, and Tongling Tan. 2019. "Natural Biomass as Carbon Sources for the Synthesis of Photoluminescent Carbon Dots." In *Synthesis, Technology and Applications of Carbon Nanomaterials*, 109–34. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815757-2.00005-X>.
- Jimenez-Cervantes Amieva, E., R. Fuentes-Ramirez, A.L. Martinez-Hernandez, Blanca Millan-Chiu, Luz M. Lopez-Marin, V.M. Castaño, and C. Velasco-Santos. 2015. "Graphene Oxide and Reduced Graphene Oxide Modification with Polypeptide Chains from Chicken Feather Keratin." *Journal of Alloys and Compounds* 643 (September): S137–43. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.12.062>.
- Kang, Chao, Ying Huang, Hui Yang, Xiu Fang Yan, and Zeng Ping Chen. 2020a. "A Review of Carbon Dots Produced from Biomass Wastes." *Nanomaterials* 10 (11): 2316. <https://doi.org/10.3390/nano10112316>.
- Kurdekar, Aditya, L. A. Avinash Chunduri, Eswarappa Pradeep Bulagonda, Mohan Kumar Haleyurgirisetty, Venkataramaniah Kamiseti, and Indira K. Hewlett. 2016. "Comparative Performance Evaluation of Carbon Dot-Based Paper Immunoassay on Whatman Filter Paper and Nitrocellulose Paper in the Detection of HIV Infection." *Microfluidics and Nanofluidics* 20 (7): 99. <https://doi.org/10.1007/s10404-016-1763-9>.
- Latifah, Rais Nur, Roro Ernia, Ayuni Dita Rosalia, Rosid Eka Mustofa, and Edi Pramono. n.d. "Pemanfaatan A – Keratin Bulu Ayam Sebagai Adsorben Ion Timbal (Pb)." *Alchemy jurnal penelitian kimia* 10 (1): 11.
- Liu, Haochi, Jie Ding, Kun Zhang, and Lan Ding. 2019. "Construction of Biomass Carbon Dots Based Fluorescence Sensors and Their Applications in Chemical and Biological Analysis." *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 118 (September): 315–37. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.051>.
- Liu, Junjun, Rui Li, and Bai Yang. 2020. "Carbon Dots: A New Type of Carbon-Based Nanomaterial with Wide Applications." *ACS Central Science* 6 (12): 2179–95. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.0c01306>.
- Liu, Meng-Li, Bin-Bin Chen, Chun-Mei Li, and Cheng-Zhi Huang. 2019. "Carbon Dots Prepared for Fluorescence and Chemiluminescence Sensing." *Science China Chemistry* 62 (8): 968–81. <https://doi.org/10.1007/s11426-019-9449-y>.

- Liu, Ruili, Jing Zhang, Mengping Gao, Zhilian Li, Jinyang Chen, Dongqing Wu, and Ping Liu. 2015. "A Facile Microwave-Hydrothermal Approach towards Highly Photoluminescent Carbon Dots from Goose Feathers." *RSC Advances* 5 (6): 4428–33. <https://doi.org/10.1039/C4RA12077A>.
- Lu, Shousi, Shanshan Guo, Pingxiang Xu, Xiaorong Li, Yuming Zhao, Wei Gu, and Ming Xue. 2016. "Hydrothermal Synthesis of Nitrogen-Doped Carbon Dots with Real-Time Live-Cell Imaging and Blood–Brain Barrier Penetration Capabilities." *International Journal of Nanomedicine* Volume 11 (November): 6325–36. <https://doi.org/10.2147/IJN.S119252>.
- Ma, Xintong, Sirui Li, Volker Hessel, Liangliang Lin, Stefan Meskers, and Fausto Gallucci. 2019. "Synthesis of Luminescent Carbon Quantum Dots by Microplasma Process." *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification* 140 (June): 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.04.017>.
- Mirdayanti, Rina. 2018. "Identifikasi Keratin Dari Ekstraksilimbah Bulu Ayam" 2 (2): 5.
- M.T., Dyayadi. 2008. *Alam Semesta Bertawaf (Keajaiban Sains Dalam Al-Qur'an)*. Yogyakarta: Penerbit Lingkar.
- Nandi, Debabrata, Jyotishkumar Parameswaranpillai, and Suchart Siengchin. 2021. "Synthesis of Three-Dimensional Graphene Architectures from Chicken Feather and Its Unusual Dimensional Crossover in Electronic Conductivity." *Nano-Structures & Nano-Objects* 25 (February): 100665. <https://doi.org/10.1016/j.nanoso.2020.100665>.
- Nasir, Moech. 2012. "Model Pengolahan Limbah Menuju." *Benefit Jurnal Manajemen dan Bisnis* 16: 11.
- Oktaviani, Yunisa, and Afdhal Muttaqin. 2015. "Pengaruh Temperatur Hidrotermal Terhadap Konduktivitas Listrik Zeolit Sintetis Dari Abu Dasar Batubara Dengan Metode Alkali Hidrotermal" 4 (4): 7.
- Pine, S. 1980. *Kimia Organik*. Bandung: Terbitan Keempat. Penerbit ITB.
- Priyanto, Aan, Devin Sidik Prayogi, Nila Fitriya, Jotti Karunawan, Sulhadi Sulhadi, and Mahardika Prasetya. 2017. "Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Fotokatalis Carbon Nanodots Untuk Penjernihan Air Limbah Batik." In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) Snf2017 Unj, Nf2017-Mps-51-Nf2017-Mps-56*. Pendidikan Fisika dan Fisika FMIPA UNJ. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017.02.MPS.09>.
- Putri, Debby Firmantia, Helmi Maulina Ritonga, Vivin Murdiati, and Rahadian Zainul. 2018. "A Review What Is Hydrothermal?" Preprint. INA-Rxiv. <https://doi.org/10.31227/osf.io/dm56c>.

- Putro, Permono Adi, and Liszulfah Roza. 2019. "Karakterisasi Sifat Optik C-Dots Dari Kulit Luar Singkong Menggunakan Teknik Microwave" 11 (2): 9.
- Quaid, Thomas, Vahab Ghalandari, and Toufiq Reza. 2022. "Effect of Synthesis Process, Synthesis Temperature, and Reaction Time on Chemical, Morphological, and Quantum Properties of Carbon Dots Derived from Loblolly Pine." *Biomass* 2 (4): 250–63. <https://doi.org/10.3390/biomass2040017>.
- Qurrata, A, D Tahir, and N M Ramlan. 2018. "Perbandingan sifat optik Karbon Dots (C-Dots) dari daun mangga kering dan segar," 6.
- Raganata, Tirza C., Henry Aritonang, and Edi Suryanto. 2020. "Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO Untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue." *Chemistry Progress* 12 (2). <https://doi.org/10.35799/Cp.12.2.2019.27923>.
- Safavi, Afsaneh, Fatemeh Sedaghati, Hamidreza Shahbaazi, and Elaheh Farjami. 2012. "Facile Approach to the Synthesis of Carbon Nanodots and Their Peroxidase Mimetic Function in Azo Dyes Degradation." *RSC Advances* 2 (19): 7367. <https://doi.org/10.1039/c2ra20355c>.
- Sapputra, Gede P.A. Dan Noerochim, Lukman. 2014. *Pengaruh Waktu Hidrotermal Pada Proses Sintesis Lithium Mangan Oksida Spinel (LiMn2O4) Nanopartikel Terhadap Efisiensi Adsorpsi Dan Desorpsi Ion Lithium Dari Lumpur Sidoarjo*. Surabaya: Its.
- Saravanan, R., Francisco Gracia, And A. Stephen. 2017. "Basic Principles, Mechanism, And Challenges Of Photocatalysis." In *Nanocomposites For Visible Light-Induced Photocatalysis*, Edited By Mohammad Mansoob Khan, Debabrata Pradhan, And Youngku Sohn, 19–40. Springer Series On Polymer And Composite Materials. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62446-4_2.
- Sari, Emi Kurnia, Danvi Sekartaji, Athi' Nur Auliati Rahmah, and Wipsar Sunu Brams Dwandaru. 2020. "Nanomaterial Carbon-Dots Berbahan Dasar Daun Sirih (Piper Betle L.) Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri S. Mutans dan E. Coli." *POSITRON* 10 (2): 26. <https://doi.org/10.26418/positron.v10i2.41731>.
- Sciortino, Alice, Andrea Cannizzo, and Fabrizio Messina. 2018. "Carbon Nanodots: A Review—From the Current Understanding of the Fundamental Photophysics to the Full Control of the Optical Response." *C* 4 (4): 67. <https://doi.org/10.3390/c4040067>.
- Shaikh, Asiya F, Mohaseen S Tamboli, Rajendra H Patil, Ashita Bhan, Jalindar D Ambekar, and Bharat B Kale. 2019. "Bioinspired Carbon Quantum Dots:

- An Antibiofilm Agents.” *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 19 (4): 2339–45. <https://doi.org/10.1166/jnn.2019.16537>.
- Shihab, M. Quraish. 1995. *Membumikan AlQur'an; Tafsir Al-Maudu'i atas Berbagai Persoalan Umat*. Bandung: Mizan.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah Jilid 07 Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qu'an*. Jakarta: Lentera Had.
- Sinha, Prerna, Amit Yadav, Alekha Tyagi, Pradip Paik, Hiroyuki Yokoi, Amit K. Naskar, Tapas Kuila, and Kamal K. Kar. 2020. “Keratin-Derived Functional Carbon with Superior Charge Storage and Transport for High-Performance Supercapacitors.” *Carbon* 168 (October): 419–38. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2020.07.007>.
- Sinkiewicz, Izabela, Agata Śliwińska, Hanna Staroszczyk, and Ilona Kołodziejka. 2017. “Alternative Methods of Preparation of Soluble Keratin from Chicken Feathers.” *Waste and Biomass Valorization* 8 (4): 1043–48. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9678-y>.
- Song, Li, and Yanyan Cui. 2018. “Synthesis of Carbon Dots-Based Fluorescent Probe for the High Selective Detection of Mercury Ions.” Preprint. other. <https://doi.org/10.20944/preprints201808.0436.v1>.
- Suganal, Suganal, and Gandhi K. Hudaya. 2019. “Bahan bakar co-firing dari batubara dan biomassa tertorefaksi dalam bentuk briket (Skala laboratorium).” *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* 15 (1): 31–48. <https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol15.No1.2019.971>.
- Sun, Xiangcheng, and Yu Lei. 2017. “Fluorescent Carbon Dots and Their Sensing Applications.” *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 89 (April): 163–80. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.02.001>.
- Suzuki, Kazumasa, Luca Malfatti, Masahide Takahashi, Davide Carboni, Fabrizio Messina, Yasuaki Tokudome, Masanori Takemoto, and Plinio Innocenzi. 2017. “Design of Carbon Dots Photoluminescence through Organo-Functional Silane Grafting for Solid-State Emitting Devices.” *Scientific Reports* 7 (1): 5469. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05540-5>.
- Syaikh 'Abdullah Bin Shalih Al-Fauzan. 2005. *Kaifa Nakuna Min Al-Syakirin*, <Http://Www.Saaid.Net>. Bandung : Penerbit Marja.
- Syarifah, Umaiyatus dan Fahimah, Siti. 2020. *Zaghlul Raghیب Muhammad Al-Najjar's Methods and Principles of Scientific Exegesis: A Review of Tafsir al-Ayat al-Kawniyyah fi al-Qur'an al-Karim*. UIN Malang.
- Tesfaye, Tamrat, Bruce Sithole, and Deresh Ramjugernath. 2017. “Valorisation of Chicken Feathers: A Review on Recycling and Recovery Route—Current

- Status and Future Prospects.” *Clean Technologies and Environmental Policy* 19 (10): 2363–78. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1443-9>.
- Wang, Qiang, Qi Cao, Xianyou Wang, Bo Jing, Hao Kuang, and Ling Zhou. 2013. “A High-Capacity Carbon Prepared from Renewable Chicken Feather Biopolymer for Supercapacitors.” *Journal of Power Sources* 225 (March): 101–7. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2012.10.022>.
- Zhang, Yi, Zhiyong Gao, Weiqun Zhang, Wei Wang, Jiuli Chang, and Jiang Kai. 2018. “Fluorescent Carbon Dots as Nanoprobe for Determination of Lidocaine Hydrochloride.” *Sensors and Actuators B: Chemical* 262 (June): 928–37. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.02.079>.
- Zhou, Ying, Yao Liu, Yeqing Li, Ziyang He, Quan Xu, Yusheng Chen, Jason Street, Hao Guo, and Michael Nelles. 2018. “Multicolor Carbon Nanodots from Food Waste and Their Heavy Metal Ion Detection Application.” *RSC Advances* 8 (42): 23657–62. <https://doi.org/10.1039/C8RA03272F>.
- Wang, Yumeng, Jian Sun, Bin He, And Mi Feng. 2020. “Synthesis And Modification Of Biomass Derived Carbon Dots In Ionic Liquids And Their Application: A Mini Review.” *Green Chemical Engineering* 1 (2): 94–108. <https://doi.org/10.1016/J.Gce.2020.09.010>.
- Widi, Restu K. 2018. *Pemanfaatan Material Anorganik: Pengenalan dan Beberapa Inovasi di Bidang Penelitian*. Yogyakarta: Deepublish
- Zhang, Yi, Zhiyong Gao, Weiqun Zhang, Wei Wang, Jiuli Chang, And Jiang Kai. 2018. “Fluorescent Carbon Dots As Nanoprobe For Determination Of Lidocaine Hydrochloride.” *Sensors And Actuators B: Chemical* 262 (June): 928–37. <https://doi.org/10.1016/J.Snb.2018.02.079>.
- Zhou, Ying, Yao Liu, Yeqing Li, Ziyang He, Quan Xu, Yusheng Chen, Jason Street, Hao Guo, And Michael Nelles. 2018a. “Multicolor Carbon Nanodots From Food Waste And Their Heavy Metal Ion Detection Application.” *Rsc Advances* 8 (42): 23657–62. <https://doi.org/10.1039/C8ra03272f>.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Selama Pelaksanaan Penelitian

Gambar pembersihan bulu ayam menggunakan sabun dan air yang bersih.



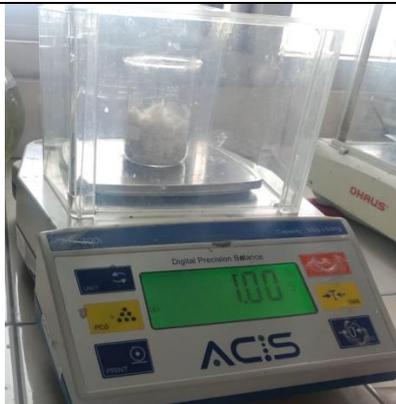
Gambar pengeringan bulu ayam menggunakan oven .



Gambar proses penghalusan bulu ayam menggunakan blender.



Gambar proses pengayakan bulu ayam untuk menghasilkan serbuk bulu ayam.



Gambar penimbangan serbuk bulu ayam.



Gambar penambahan aquades 60 ml



Gambar pengadukan serbuk bulu ayam dengan aquades.



Gambar proses sampel dimasukkan kedalam autoclave hidrotermal.



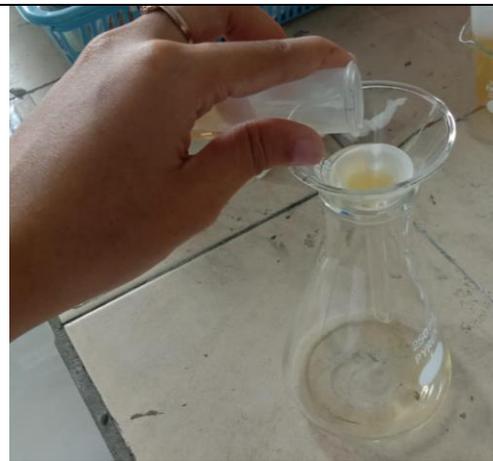
Gambar proses hidrotermal dengan variasi waktu dan temperatur hidrotermal 160°C, 180°C, 200°C selama 5 dan 7 jam.



Gambar sampel setelah proses hidrotermal



Gambar sampel CDs dicentrifuge untuk memisahkan padatan.



Gambar penyaringan sampel CDs menggunakan membran 0,22 mikro.



Gambar pengovenan CDs dengan suhu 90°C selama 24 jam untuk uji FTIR.



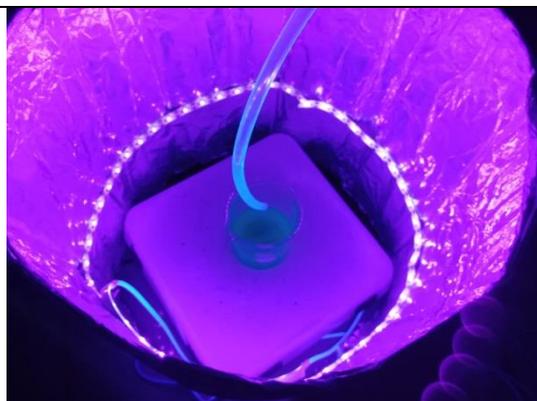
Gambar serbuk CDs untuk uji FTIR.



Gambar lampu UV untuk uji fluoresensi.



Gambar zat warna *methylene blue* (MB) yang digunakan untuk reaksi fotokatalis.



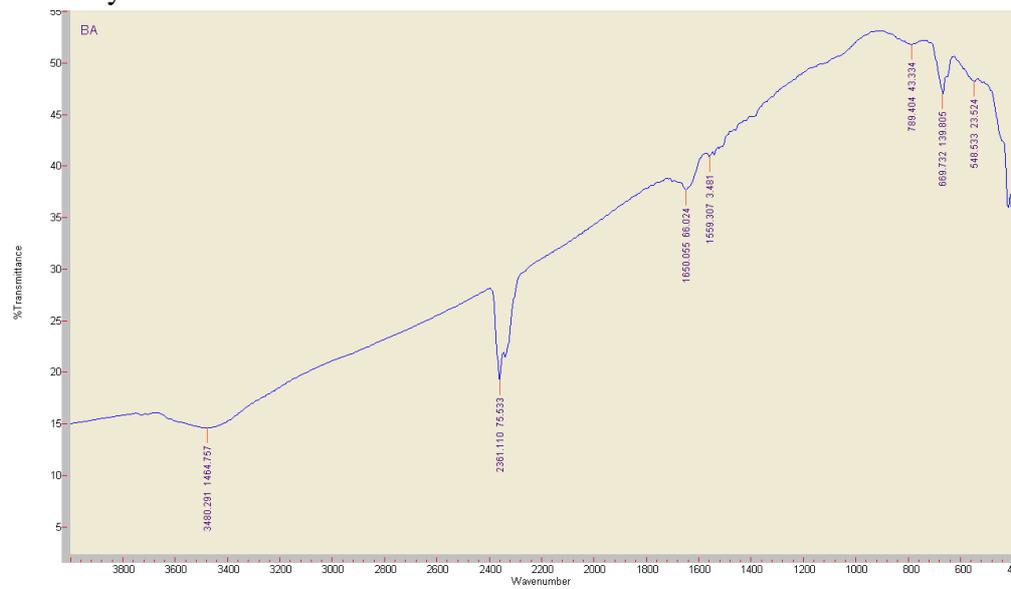
Gambar alat fotokatalis sederhana.



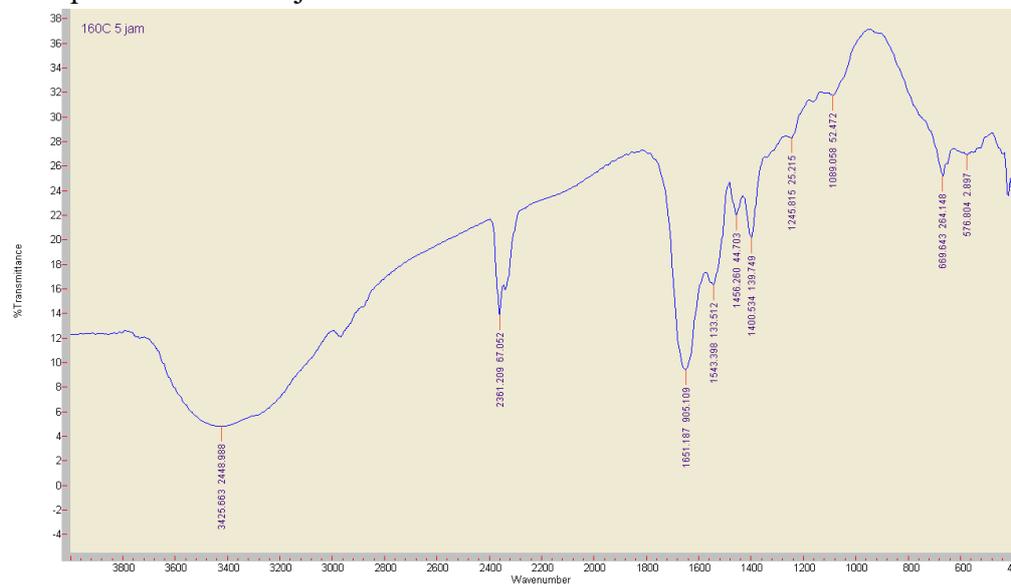
Gambar uji absorbansi sampel setelah proses fotokatalis menggunakan alat spektrofotometer.

Lampiran 2 (Data FTIR)

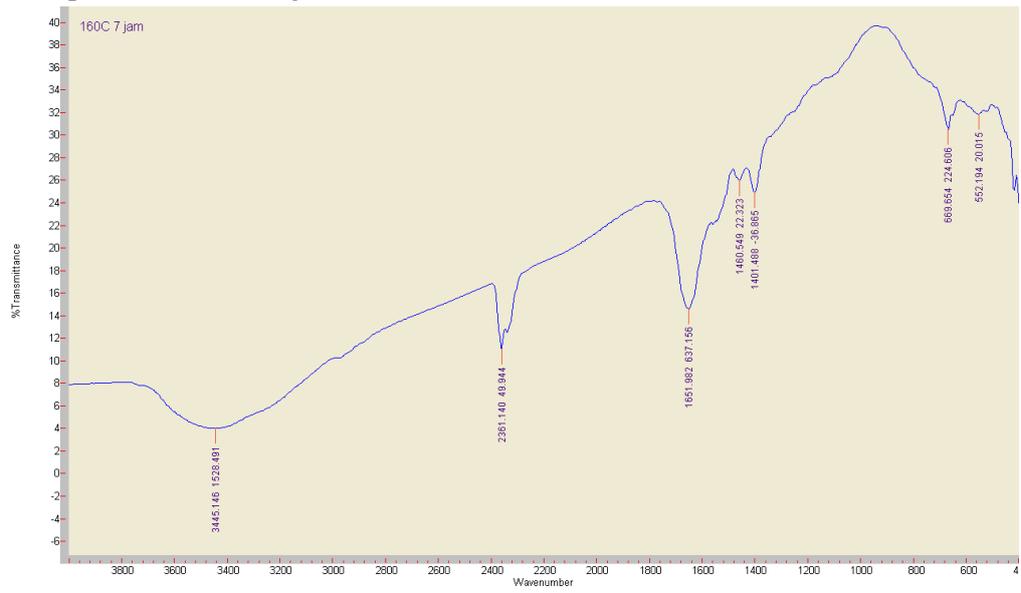
1. Bulu Ayam



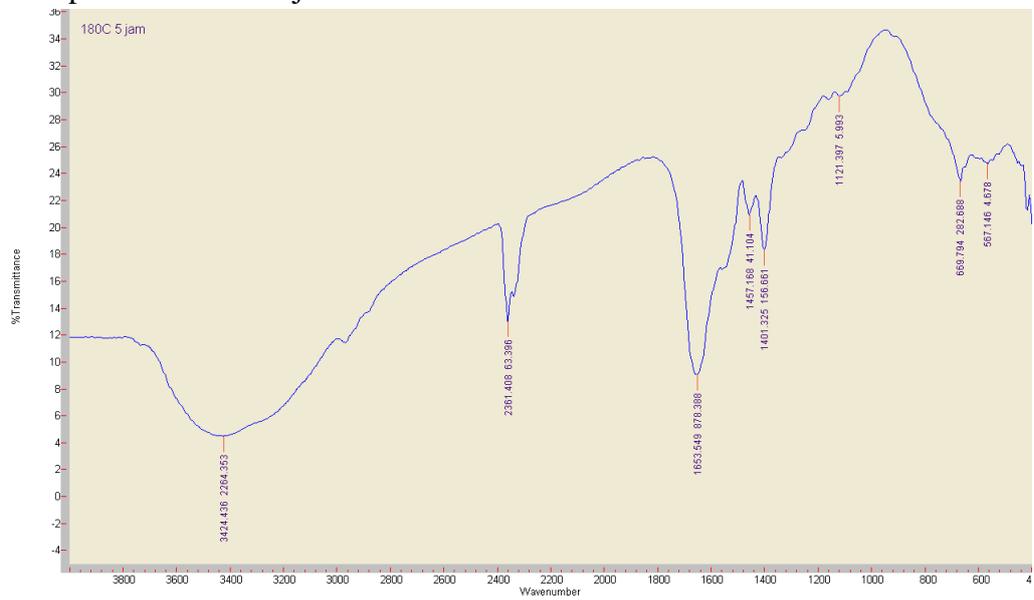
2. Sampel CDs 160°C 5 jam



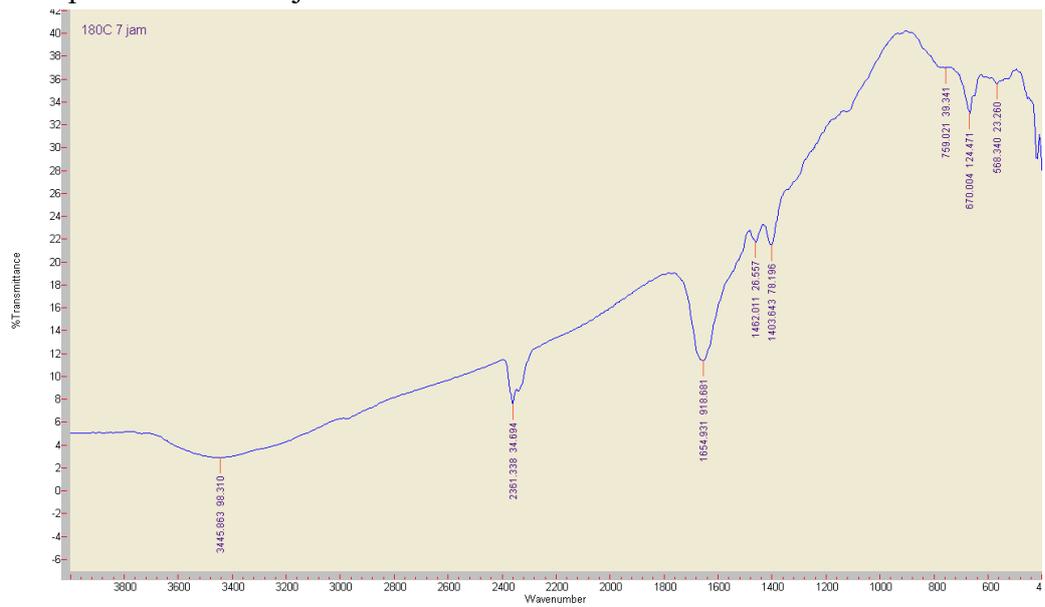
3. Sampel CDs 160°C 7 jam



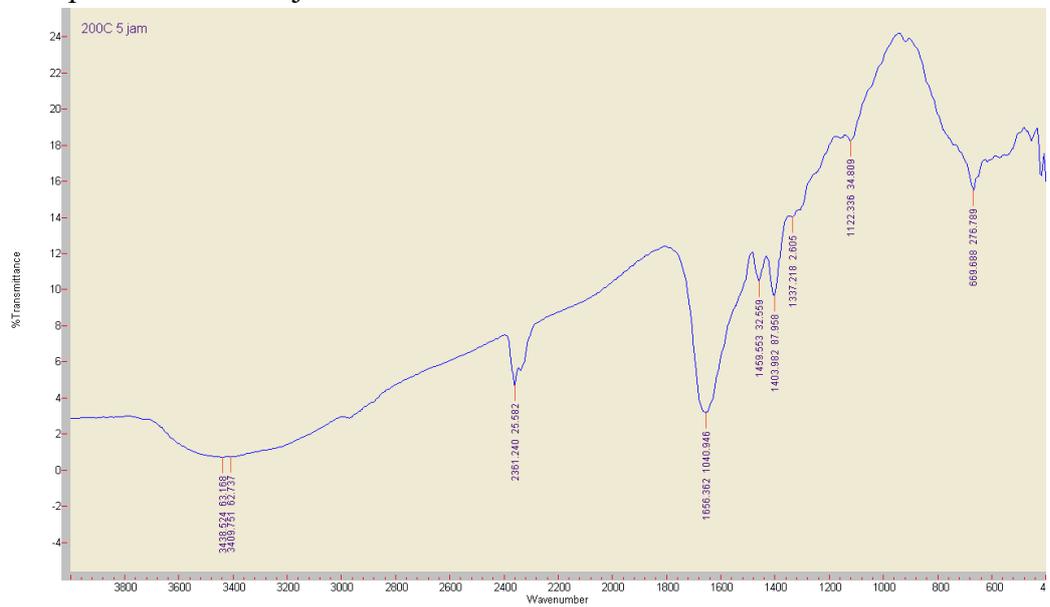
4. Sampel CDs 180°C 5 jam



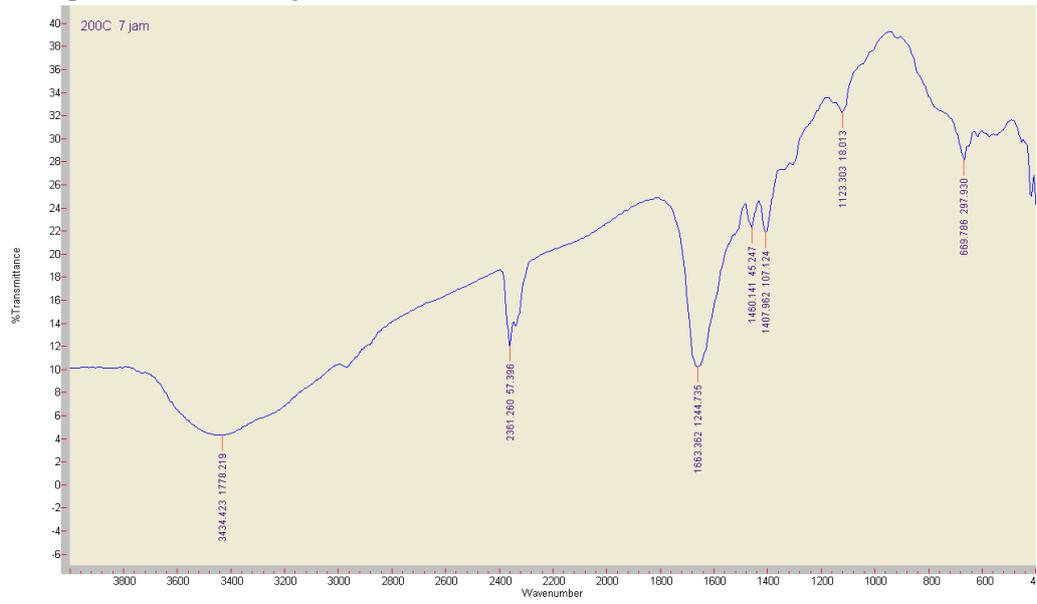
5. Sampel CDs 180°C 7 jam



6. Sampel CDs 200°C 5 jam

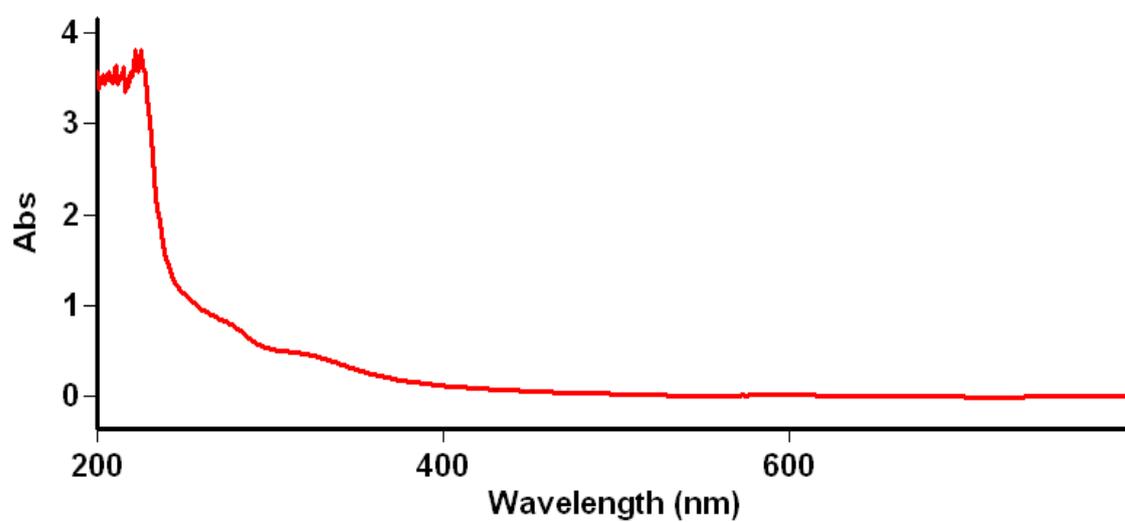


7. Sampel CDs 200°C 7 jam

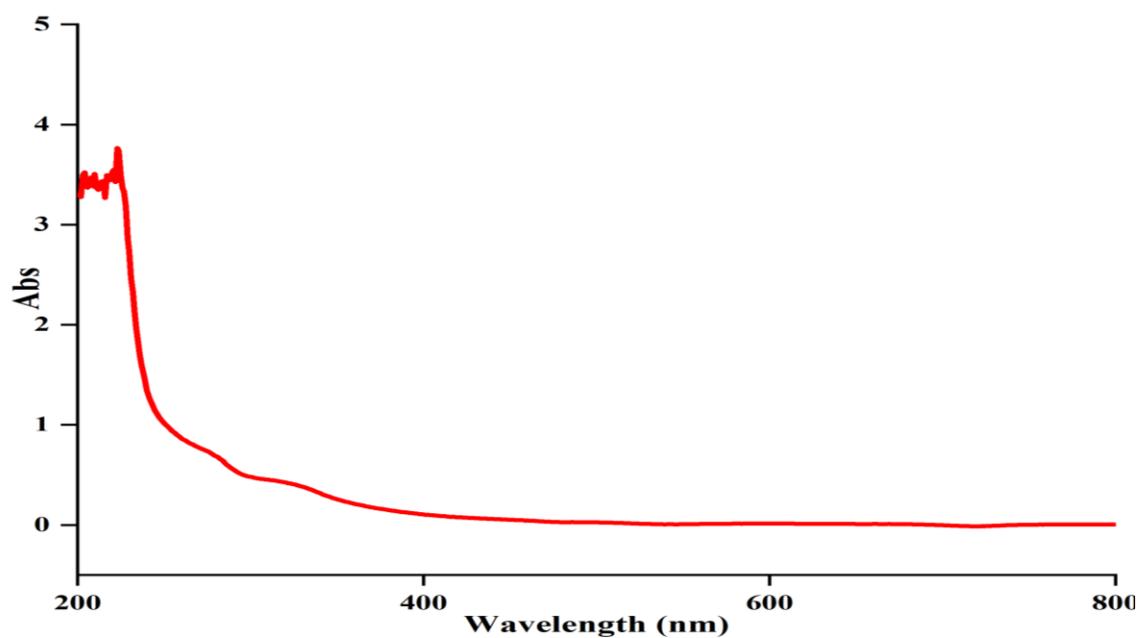


Lampiran 3 (Data UV-Vis)

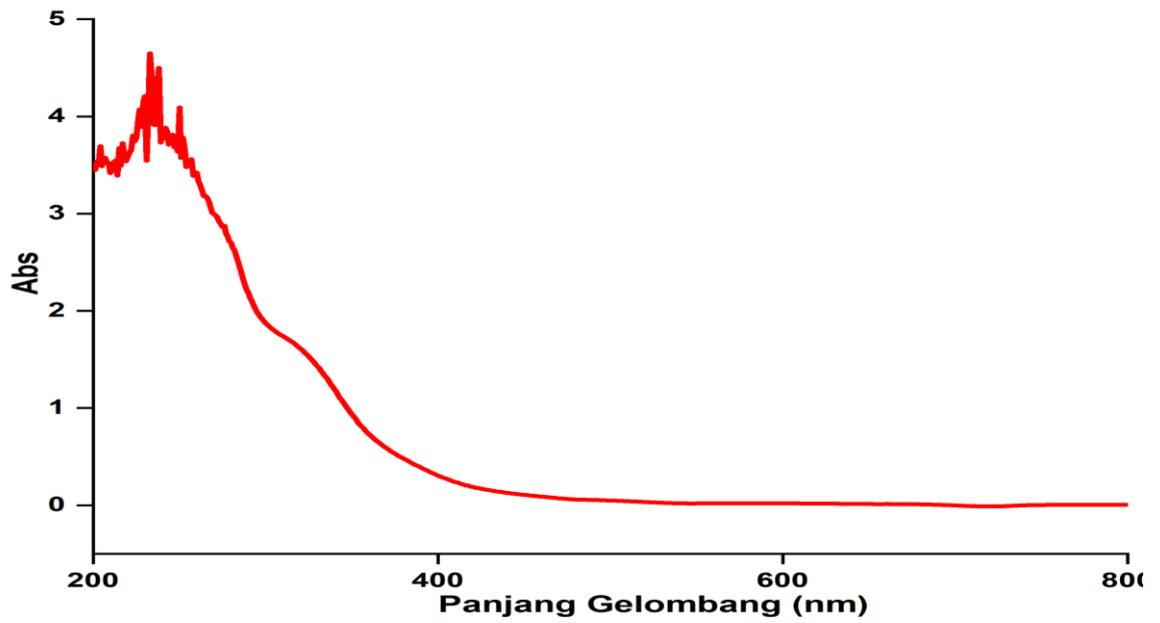
1. 160°C 5 jam



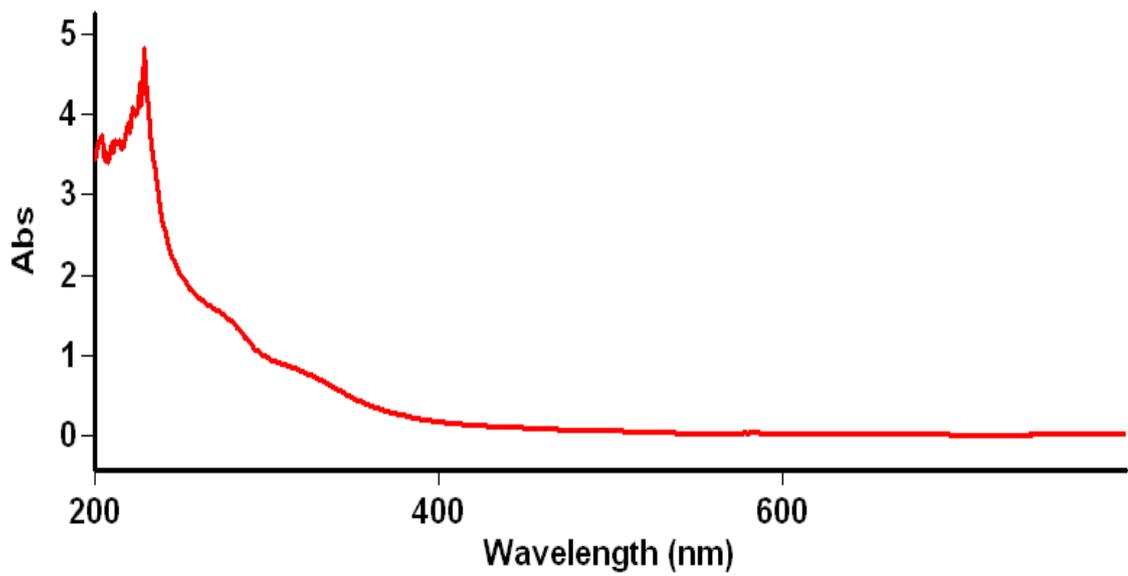
2. 160°C 7 jam



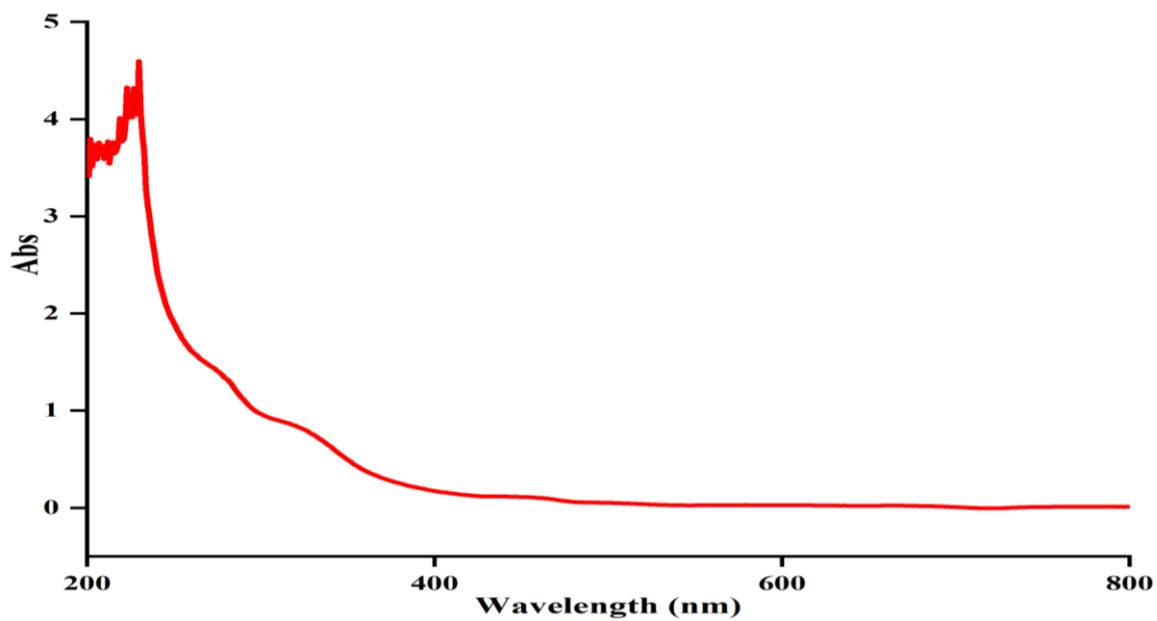
3. 180°C 5 jam



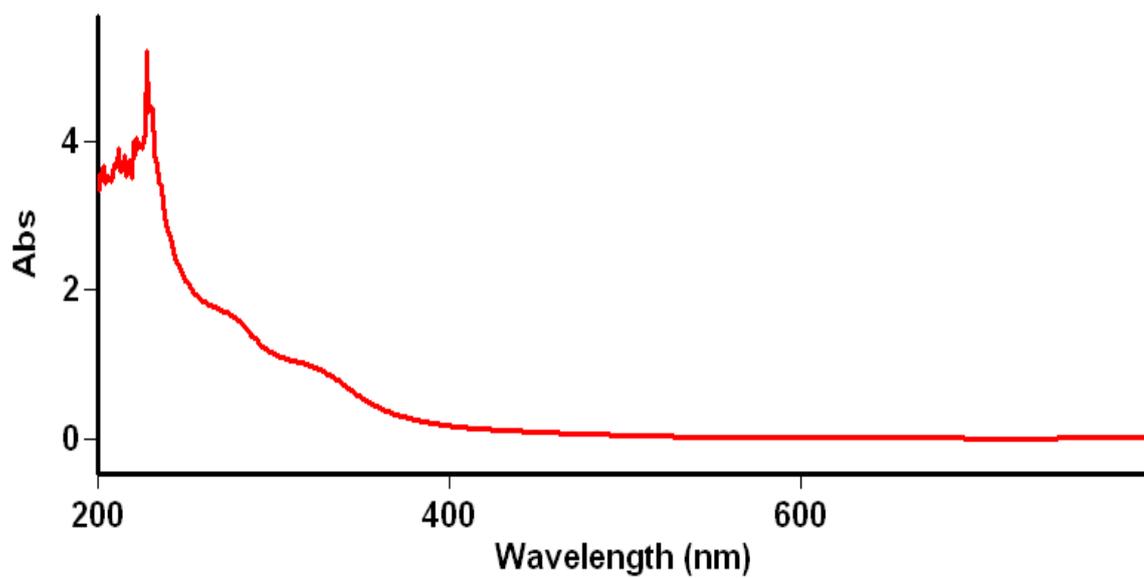
4. 180°C 7 jam



5. 200°C 5 jam

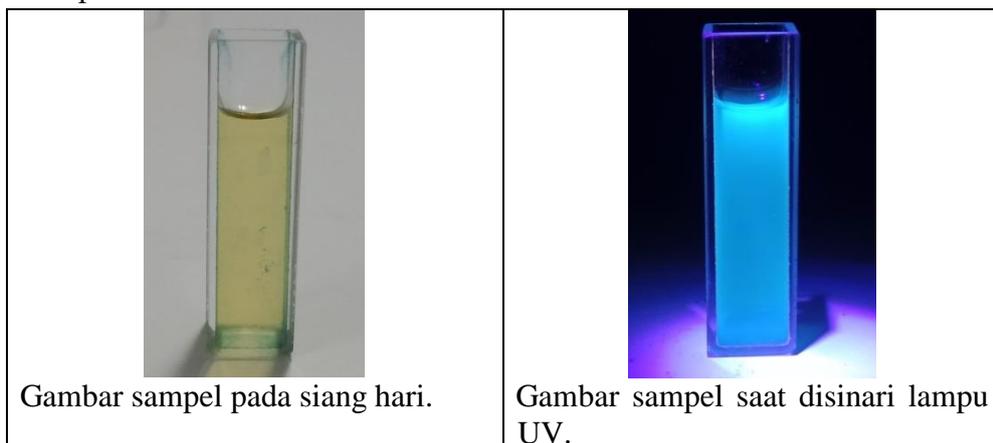


6. 200°C 7 jam

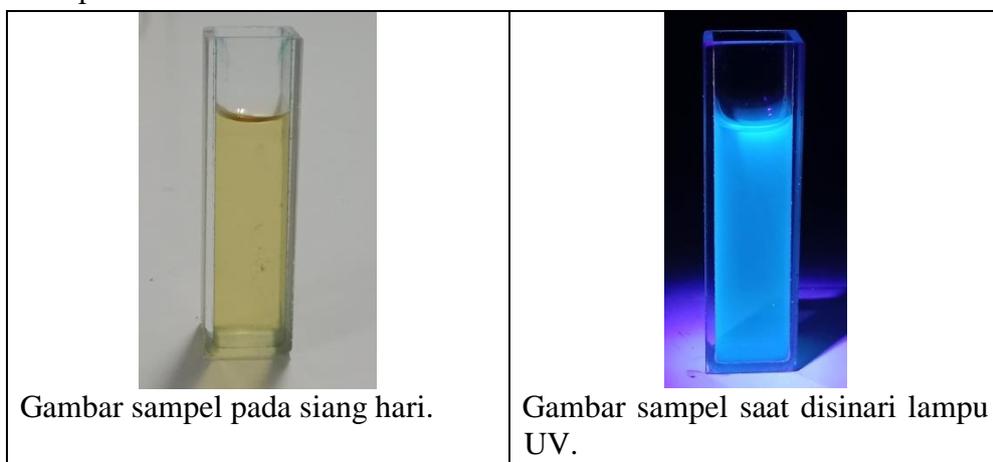


Lampiran 4 (Data UV Light)

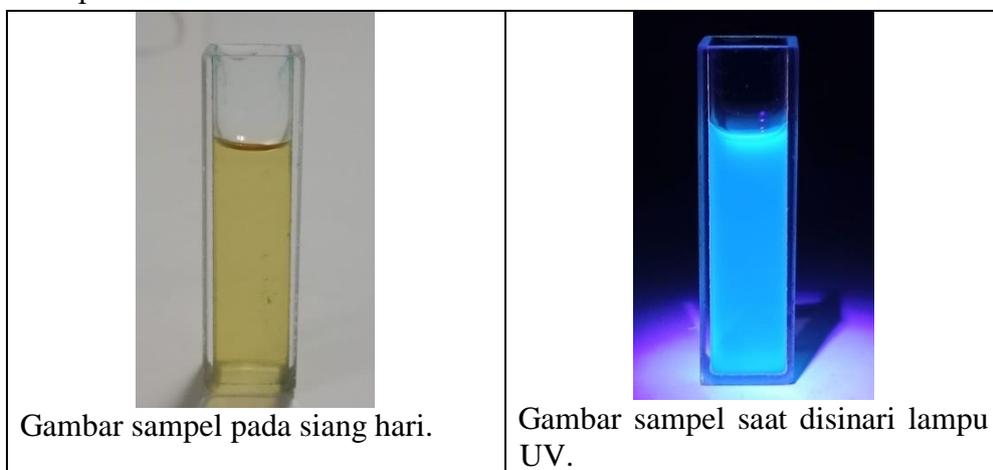
1. Sampel CDs 160°C 5 Jam



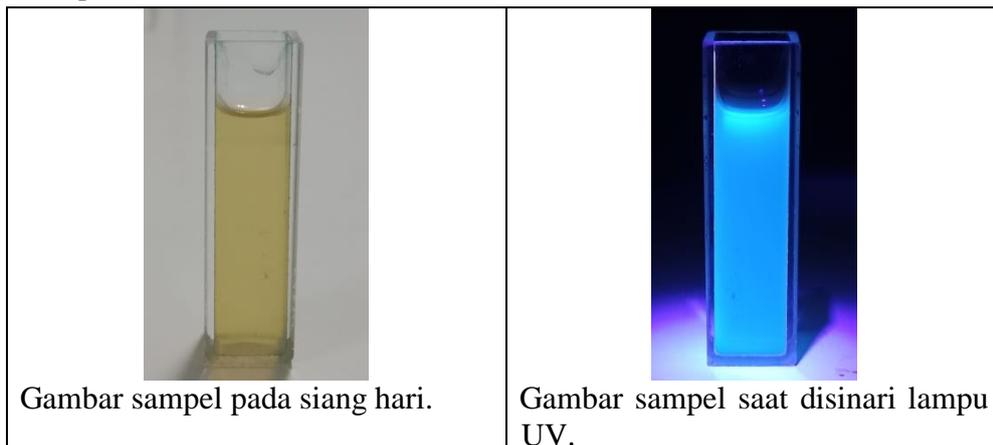
2. Sampel CDs 160°C 7 Jam



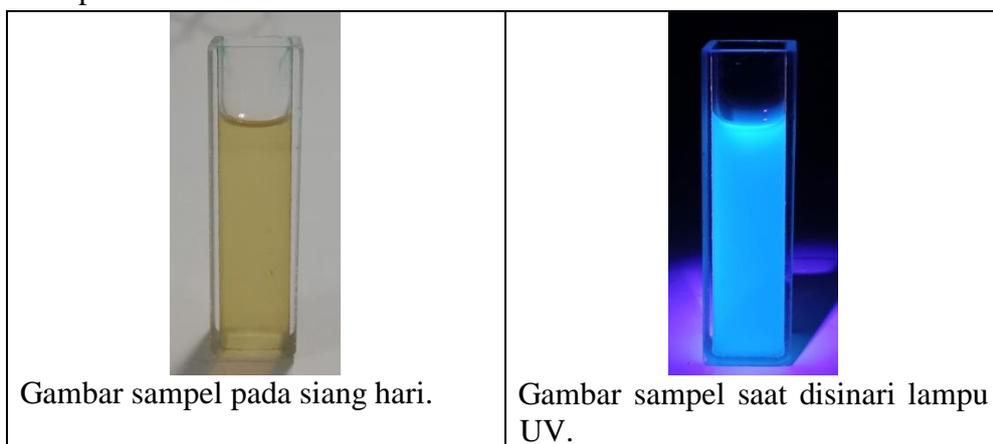
3. Sampel CDs 180°C 5 Jam



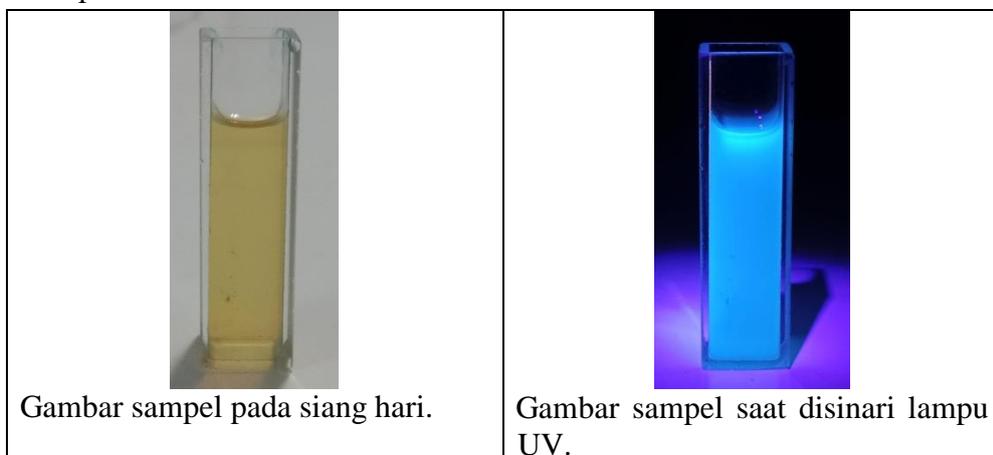
4. Sampel CDs 180°C 7 Jam



5. Sampel CDs 200°C 5 Jam



6. Sampel CDs 200°C 7 Jam



Lampiran 5 (Hasil Fotokatalis)

No	Sampel	0 mnt	15 mnt	45 mnt	75 mnt	105 mnt
1	160°C 5 jam					
2	160°C 7 jam					
3	180°C 5 jam					
4	180°C 7 jam					
5	200°C 5 jam					
6	200°C 7 jam					

Lampiran 6 (Perhitungan Konsentrasi CDs Bulu Ayam)

Konsentrasi (C) = m/v

m = massa dari zat terlarut

v = total dari volume larutan

1. Sampel 160°C 5 jam (m = 0,39 g; v = 60 ml)

$$\begin{aligned} C &= m/v \\ &= 390 \text{ mg} / 60 \text{ ml} = 6,5 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$

2. Sampel 180°C 5 jam (m = 0,41 g; v = 60 ml)

$$\begin{aligned} C &= m/v \\ &= 410 \text{ mg} / 60 \text{ ml} = 6,83 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$

3. Sampel 200°C 5 jam (m = 0,43 g; v = 60 ml)

$$\begin{aligned} C &= m/v \\ &= 430 \text{ mg} / 60 \text{ ml} = 7,16 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$

4. Sampel 160°C 7 jam (m = 0,47 g; v = 60 ml)

$$\begin{aligned} C &= m/v \\ &= 470 \text{ mg} / 60 \text{ ml} = 7,83 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$

5. Sampel 180°C 7 jam (m = 0,56 g; v = 60 ml)

$$\begin{aligned} C &= m/v \\ &= 560 \text{ mg} / 60 \text{ ml} = 9,3 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$

6. Sampel 200°C 7 jam (m = 0,57 g; v = 60 ml)

$$\begin{aligned} C &= m/v \\ &= 570 \text{ mg} / 60 \text{ ml} = 9,5 \text{ mg/ml} \end{aligned}$$



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

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : CHICHA SALZADILLA
NIM : 18640049
Fakultas/Program Studi : SAINTEK / FISIKA
Judul Skripsi : Pembuatan Material Fotokatalis Carbon Dots (CDs) dari Limbah Bulu Ayam Menggunakan Metode Hidrotermal.
Pembimbing 1 : Dr. ERNA HASTUTI, M.Si.
Pembimbing 2 : Dr. UMAYYATUS SYARIFAH, M.A

• Konsultasi Fisika

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	02 September 2022	Konsultasi BAB I	
2.	16 September 2022	Konsultasi BAB I	
3.	19 September 2022	Konsultasi BAB I	
4.	29 September 2022	Konsultasi BAB I, II, III	
5.	25 Oktober 2022	Konsultasi BAB IV	

• Konsultasi Integrasi

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1	22 November 2022	Integrasi BAB I - IV	
2.	19 Februari 2023	Integrasi BAB I - IV	
3.	7 Maret 2023	Integrasi BAB I - IV	

