

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CARBON DOTS* DOPING
NITROGEN DARI ALGA HIJAU SEBAGAI MATERIAL
FOTOKATALIS**

SKRIPSI

Oleh:

TRI KURNIATI TAHER

17640018



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

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CARBON DOTS* DOPING NITROGEN
DARI ALGA HIJAU SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS**

SKRIPSI

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

**Oleh:
TRI KURNIATI TAHER
NIM. 17640018**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CARBON DOTS* DOPING NITROGEN
DARI ALGA HIJAU SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS

SKRIPSI

Oleh:
Tri Kurniati Taher
NIM. 17640018

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 13 Juni 2023

Pembimbing I



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

Pembimbing II



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui

Ketua Program Studi



Idham Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI *CARON DOTS* DOPING NITROGEN DARI ALGA HIJAU SEBAGAI MATERIAL FOTOKATALIS

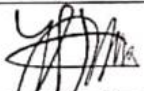
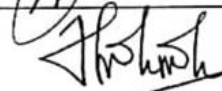


SKRIPSI

Oleh:

Tri Kurniati Taher

NIM. 17640018

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Pada Tanggal, 13 Juni 2023

Ketua Penguji :	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji 1 :	<u>Utiva Hikmah, M.Si</u> NIDT. 1988095 20180201 2 242	
Anggota Penguji 2 :	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji 3 :	<u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : TRI KURNIATI TAHER

NIM : 17640018

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Sintesis dan Karakterisasi *Carbon Dots* Doping Nitrogen dari Alga Hijau Sebagai Material Fotokatalis

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

Malang, 04 April 2023

Yang Membuat Pernyataan



Tri Kurniati Taher
NIM. 1640018

MOTTO

Lakukan yang terbaik dari hati dengan ikhlas

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kupersembahkan untuk:

- Kedua orang tuaku tercinta yang pengorbanannya tak kan pernah sanggup kubalas, Ayah Tahr dan Ema Kalsum
- Kedua kakak dan kerdus kakak Ipra yang menjadi motivasi terbesar untuk meraih cita-cita, ka Fauzi (kakak pertama) dan kak Muzda (Ipar), kak Yuni (kakak kedua) dan kak Sadam (ipar), juga ponakan-ponakan lucu alfa, faris dan afifah.
- Keluarga Cemara yang selalu menasahati, memotivasi dan mendoakan untuk segala kebaikan yang kujalani
- Semua teman terbaik dengan nama dan kisah yang selalu terkenang dalam benak dan ingatanku, Khususnya teman-teman IMANILBATH dan Fisika 2017.
- Almamaterku, Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil ‘Alamin, segala puji bagi Allah SWT, atas berkat dan Rahmat-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan seminar skripsi dengan judul **“Sintesis Dan Karakterisasi *Carbon Dots* Doping Nitrogen Dari Alga Hijau Sebagai Material Fotokatalis”** untuk memenuhi salah satu syarat dalam meraih gelar sarjana sains di Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. *Salawat* dan Salam selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Besar Muhammad SAW, beserta para sahabat, keluarga dan pengikutnya yang selalu istikharah hingga akhir zaman.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang terlibat dalam proses penyusunan seminar skripsi ini, untuk itu penulis berterima kasih terutama kepada Orang Tua tercinta terimakasih atas semua dorongan, pengorbanan selama ini mencari Rezeki. Tak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. H. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Erna Hastuti, M.Si, selaku dosen Pembimbing I dimana sudah menyempatkan waktu untuk memberikan pendapat serta membagikan ilmu sehingga penyusunan seminar hasil skripsi ini berjalan dengan baik

5. Ahmad Abtokhi, M.Pd, selaku dosen pembimbing integrasi yang telah menyempatkan waktu untuk memberikan masukan dan saran terkait integrasi dalam penulisan seminar hasil skripsi.
6. Seluruh dosen dan staf administrasi Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan begitu banyak ilmu serta arahan yang membantu pada saat proses belajar.
7. Orang Tua yang selalu setia memberikan semangat dan motivasi untuk tetap menggapai cita-cita.
8. Teman-teman Jurusan Fisika Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang angkatan 2017, yang telah kebersamai selama menempuh pendidikan.
9. Teman-teman Material angkatan 2017 membantu melewati hari-hari sulit selama menempuh pendidikan.
10. Teman-teman IMANILLAH yang sudah memberikan motivasi dan semangat dalam menempuh pendidikan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa seminar hasil skripsi ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kesalahan yang terdapat dalam setiap penyusunannya. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak guna untuk perbaikan seminar hasil skripsi ini. Semoga dengan adanya tulisan ini, dapat bermanfaat untuk seluruh pembaca.

Malang, Februari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGAJUAN	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
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
المخلص	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
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 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Carbon Dots</i> (CDs)	7
2.2 <i>Nitrogen Carbon Dots</i> (NCDs)	8
2.3 Metode Hidrotermal	9
2.4 Fotokatalis	12
2.5 Fourier Transform InfraRed (FTIR)	14
2.6 Spektro UV-Visible (UV-Vis)	16
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Jenis Penelitian	20
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3.1 Alat Penelitian	20
3.3.2 Bahan Penelitian	21
3.4 Diagram Alir Penelitian	22
3.4.1 Pembuatan <i>Carbon Dots</i>	22
3.4.2 <i>Carbon Dots</i> untuk Fotokatalis	23
3.5 Prosedur Penelitian	23
3.5.1 Langkah Percobaan	23
3.5.2 Uji Karakterisasi	24
3.5.3 <i>Carbon Dots</i> untuk Fotokatalis	26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian	28
4.1.1 FTIR	28
4.1.2 UV-Vis	30
4.1.3 Band Gap	33
4.1.4 Aktivitas Fotokatalis	36
4.2 Pembahasan	41

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	52
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga Jenis CDs	7
Gambar 2.2 Skema Hidrotermal Sintesis <i>Carbon dots</i>	10
Gambar 2.3 Struktur Tubuh <i>Cladophora</i>	11
Gambar 2.4 Mekanisme Fotokatalis	12
Gambar 2.5 Prinsip Kerja FTIR	15
Gambar 2.6 Spektrum FTIR CDs Alga Hijau	16
Gambar 2.7 Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis	17
Gambar 2.8 Spektrum UV-Vis Alga Hijau	18
Gambar 3.1 Rancangan Reaktor Fotokatalis	26
Gambar 4.1 Grafik FTIR <i>Carbon Dots</i>	29
Gambar 4.2 Grafik absorbansi UV-Vis	31
Gambar 4.3 Grafik energy gap <i>direct</i>	33
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Eg	35
Gambar 4.5 Grafik konsentrasi metil red siklus gelap	37
Gambar 4.6 Grafik konsentrasi metil red siklus terang	38
Gambar 4.7 Grafik efisiensi fotodegradasi siklus gelap	39
Gambar 4.8 Grafik efisiensi fotodegradasi siklus terang	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Gugus fungsi <i>Carbon Dots</i> Alga Hijau.....	30
Tabel 4.2 Nilai energi gap Direct <i>Carbon Dots</i> Alga Hijau	35
Table 4.3 Hasil Konsentrasi <i>methyl red</i> siklus gelap	36
Tabel 4.4 Hasil Konsentrasi <i>methyl red</i> siklus terang	37
Tabel 4.5 Efisiensi Fotodegradasi <i>methyl red</i> siklus terang.....	34

ABSTRAK

Taher, Tri Kurniati. 2023. **Sintesis dan Karakterisasi *Carbon Dots* Doping Nitrogen Dari Alga Hijau Sebagai Material Fotokatalis**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Kata Kunci: *Carbon Dots*, Alga Hijau, Doping Nitrogen, Fotokatalis

Carbon dots (CDs) merupakan material karbon berukuran nano partikel 0-dimensi. Berbagai jenis biomassa telah digunakan sebagai sumber karbon untuk mensintesis CDs. Alga hijau memiliki komposisi abu yang relatif sedikit sehingga menghasilkan lebih banyak karbon yang dapat digunakan sebagai prekursor dalam pembuatan CDs. Kualitas CDs dapat ditingkatkan dengan doping nitrogen. Penelitian ini menggunakan ammonia sebagai sumber nitrogennya dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh doping nitrogen terhadap sifat fisis dan aktivitas fotokatalis. Metode hidrotermal digunakan untuk sintesis CDs dengan variasi doping nitrogen sebanyak 0,6 mL, 1,2 mL dan 1,8 mL pada suhu 160°C dan 180°C selama 5 jam. Spektrofotometer FTIR menunjukkan NCDs memiliki gugus fungsi O-H, C≡C, C=O, C-N, C-O dan C=C. Spektrofotometer UV-Vis menunjukkan NCDs memiliki puncak serapan sekitar 260-280 nm dikaitkan dengan $\pi-\pi^*$ dari ikatan C=C dan 328-332 nm dikaitkan dengan $n-\pi^*$ dari ikatan C=O. Doping nitrogen menyebabkan energi gap pada sampel menurun, energi gap tertinggi terdapat pada sampel CDs 160°C sebesar 3,87 eV dan energi gap terkecil terdapat pada sampel NCDs 180-1,8 sebesar 3,72 eV. Performa CDs mengalami peningkatan dengan penambahan nitrogen dari hasil pengujian fotokatalis. Efisiensi fotodegradasi mengalami peningkatan yang cukup signifikan pada sampel NCDs 180-1,8 pada kondisi terang yaitu sebesar 39%.

ABSTRACT

Taher, Tri Kurniati. 2023. **Synthesis and Characterization of Nitrogen Doped Carbon Dots From Green Algae as a Photocatalyst Material**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Advisor: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si (II) Ahmad Abtokhi, M.Pd

Keywords: Carbon Dots, Green Algae, Nitrogen Doping, Photocatalyst

Carbon compounds with a 0 dimension are called carbon dots (CDs). CDs are widely applied in research fields such as bioimaging, sensing, optoelectronics and photocatalysts. Green algae have a relatively low ash composition, which may produce more carbon so that it can be used as a precursor in the manufacture of CDs. This study aims to determine the effect of nitrogen doping on the physical properties and photocatalyst activity. The hydrothermal method was used to synthesize CDs with variations of nitrogen doping of 0.6 mL, 1.2 mL and 1.8 mL at 160°C and 180°C for 5 hours. FTIR results show that NCDs have O-H, C≡C, C=O, C-N, C-O and C=C functional groups. According to the UV-Vis data, the NCDs had absorption peaks around 260–280 nm associated with the C=C bond's $\pi-\pi^*$ and 328–332 nm associated with the C=O bond's $n-\pi^*$. The energy gap in the sample decreased as a result of nitrogen doping; the NCDs 180-1.8 sample had the least gap energy of 3.72 eV and the 160°C CDs sample had the largest gap energy of 3.87 eV. According to the results of the photocatalyst test, nitrogen has improved CD performance. Under high lighting, the NCDs 180-1.8 sample's photodegradation efficiency rose noticeably to 39%.

الملخص

طاهر ، تري كورنياقي. 2023. توليف وتوصيف النقاط الكربونية المخدرة بالنيتروجين من الطحالب الخضراء كمادة محفز ضوئي. أطروحة. برنامج دراسة الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة الدولة الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفون: (أنا) د. إرنا هاستوتي ، M.Si (II) أحمد أبطوخي ، M.Pd

الكلمات الرئيسية: النقاط الكربونية ، الطحالب الخضراء ، تعاطي المنشطات بالنيتروجين ، الحفاز الضوئي

النقاط الكربونية (CDs) عبارة عن مواد كربونية بحجم 0 جزيئات نانوية. تم استخدام أنواع مختلفة من الكتلة الحيوية كمصدر للكربون لتكوين الأقرص المدججة. تحتوي الطحالب الخضراء على تركيبة رمام منخفضة نسبيًا بحيث تنتج المزيد من الكربون الذي يمكن استخدامه كسلائف في تصنيع الأقرص المدججة. يمكن تحسين جودة الأقرص المدججة عن طريق تعاطي المنشطات بالنيتروجين. استخدمت هذه الدراسة الأمونيا كمصدر للنيتروجين بهدف تحديد تأثير تعاطي المنشطات بالنيتروجين على الخواص الفيزيائية ونشاط الحفاز الضوئي. تم استخدام الطريقة الحرارية المائية لتكوين أقراص مضغوطة مع اختلافات في تعاطي المنشطات بالنيتروجين بمقدار 0.6 مل و 1.2 مل و 1.8 مل عند 160 درجة مئوية و 180 درجة مئوية لمدة 5 ساعات. C و O-H أن الأمراض غير المعدية لها مجموعات وظيفية FTIR أظهر مقياس الطيف الضوئي \equiv C-N و C=O و C أظهر مقياس الطيف الضوئي بالأشعة المرئية وفوق البنفسجية أن الأمراض غير المعدية لها قمم امتصاص تبلغ حوالي 260-280 C=O و C=C. C للرابطة * π - π نانومتر مرتبطة بالرابطة=C و 328-332 نانومتر المرتبطة ب-n- π * للرابطة C=O. تسبب تعاطي المنشطات بالنيتروجين في تقليل فجوة الطاقة في العينة ، وتم العثور على أعلى فجوة طاقة في عينة الأقرص المضغوطة التي تبلغ 160 درجة مئوية والتي تبلغ 3.87 فولت ، وتم العثور على أصغر فجوة طاقة في عينة الأمراض غير المعدية 180-1.8 من 3.72 فولت. زاد أداء الأقرص المدججة مع إضافة النيتروجين من نتائج اختبار الحفاز الضوئي. زادت كفاءة التحلل الضوئي بشكل ملحوظ في عينة 180-1.8 من الأمراض غير المعدية في ظل ظروف مشرقة ، والتي كانت 39/

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan dan perkembangan karbon dibidang rekayasa material sangat populer belakangan ini. Karbon merupakan material yang mudah didapat dari berbagai sumber kehidupan organik. Salah satu jenis nanomaterial berbasis karbon ialah *Carbon Dots* (CDs). CDs merupakan kelas baru dari nanomaterial yang sedang berkembang. CDs didefinisikan sebagai material karbon berukuran nano partikel 0-dimensi (Jiang, dkk. 2012). CDs dibagi menjadi beberapa kelompok yang berbeda, yaitu nanopartikel berukuran kecil, *graphene quantum dots*, *graphitic carbon quantum dots*, *amorphous carbon dots* dan *polymer dots* (Kang, dkk. 2017). CDs memiliki karakteristik yang unik berupa ukurannya yang kecil, metode pembuatan yang mudah, toksisitas rendah dan memiliki sifat fluoresensi yang baik (Baker, dkk. 2010). Dengan demikian, CDs telah banyak diterapkan di bidang penelitian seperti bioimaging, penginderaan, optoelektronika dan fotokatalis (Baig, dkk. 2017). Metode sintesis CDs secara umum dibagi menjadi dua, yaitu metode *top-down* dan metode *bottom-up* (Baker, dkk. 2010). Metode *bottom-up* tercatat memiliki tahapan yang lebih mudah dibandingkan dengan metode *top-down*. Yang termasuk dalam metode *top-down* ialah *arc discharge*, ablasi laser dan oksidasi elektrokimia (Baker, dkk. 2010). Namun metode ini membutuhkan peralatan dan bahan yang mahal. Yang termasuk dalam metode *bottom-up* ialah hidrotermal, pirolisis gelombang mikro dan solvotermal. Metode *bottom-up* mensintesis CDs dari molekul organik yang melimpah dan berbiaya rendah, sehingga metode ini paling sering digunakan. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian yang

mengkaji sumber CDs dari bahan organik maupun anorganik, diantaranya asam sitrat (Qu, dkk. 2012), jelaga lilin (Liu, dkk. 2007), susu kacang kedelai (Zhu, dkk. 2012), kuning dan putih telur (Wang, dkk. 2012) dan kulit buah jeruk (Prasanna, dkk. 2013).

Saat ini, metode hidrotermal telah menjadi salah satu metode paling umum digunakan untuk mensintesis CDs karena sederhana, mudah dioperasikan dan berbiaya rendah (Liu, dkk. 2016). Mehta, dkk. (2015) telah melakukan sintesis CDs menggunakan metode hidrotermal dengan jus apel sebagai prekursor. CDs yang dihasilkan menunjukkan emisi biru terang dibawah sinar UV ($\lambda = 365 \text{ nm}$) dan digunakan sebagai alternatif *Biocompatible Fluorescent* untuk pencitraan bakteri dan jamur. CDs yang dihasilkan tidak menyebabkan kematian kedua sel, menunjukkan bahwa CDs tidak menghambat pertumbuhan sel bakteri dan jamur, yang menegaskan bahwa CDs menunjukkan biokompatibilitas yang baik.

Berbagai jenis biomassa telah digunakan sebagai sumber karbon untuk mensintesis CDs. Sumber karbon biomassa merupakan produk alam yang ramah lingkungan dan memiliki banyak keunggulan dalam pembuatan CDs, antara lain murah, mudah diperoleh dan melimpah. Selain itu, pembuatan CDs dari biomassa alam dapat mengubah limbah biomassa bernilai rendah menjadi bahan yang berharga dan bermanfaat (Meng, dkk. 2019). Lu, dkk. (2012) telah melakukan sintesis CDs dari kulit jeruk dengan hasil *quantum yield* 6,9% untuk mengetahui kemampuan selektifitas dan sensitifitas Hg^{2+} dengan metode hidrotermal. Liu, dkk. (2014) melakukan penelitian CDs dari limbah daun bambu dengan hasil *quantum yield* 7,1% untuk mendeteksi selektifitas dan sensitifitas Cu^{2+} dalam air sungai dengan metode hidrotermal. Atchudan, dkk. (2021) melakukan sintesis CDs dari

kulit pisang dengan hasil *quantum yield* sebesar 20% dan menunjukkan emisi biru terang dibawah sinar UV ($\lambda = 365$ nm). Shi, dkk. (2017) melakukan sintesis CDs dengan batang jagung sebagai prekursor, CDs yang diperoleh memiliki diameter rata-rata 5,2 nm, menunjukkan emisi biru terang dibawah sinar UV ($\lambda = 365$ nm), dan hasil *quantum yield* sebesar 7,6%. CDs ini kemudian digunakan sebagai pendeteksi Hg^{2+} dan H_2O_2 . Pada penelitian ini, digunakan alga hijau sebagai prekursor dalam pembuatan CDs.

Alga merupakan salah satu organisme tingkat rendah yang keberadaannya sangat melimpah, termasuk di Indonesia yang memiliki 88 jenis alga dari seluruh alga yang ada di dunia (Tomascik, dkk. 1997). Alga merupakan organisme yang hidup di habitat perairan, baik itu di perairan air tawar ataupun air laut. Selain di perairan, alga juga dapat hidup pada tanah yang lembab, pohon dan permukaan batuan. Pada umumnya alga mempunyai morfologi yang mirip walaupun sebenarnya berbeda. Alga tidak memiliki kerangka tubuh berdaun, berbatang dan berakar, semuanya terdiri dari batang betalus sehingga alga dikelompokkan kedalam *Tallophyta*. Alga merupakan organisme yang masuk kedalam Protista dengan tumbuhan. Alga dapat berfotosintesis karena alga memiliki pigmen klorofil (Papalia, 2013).

Firman Allah SWT dalam Alqur'an Surah AL-Hajj ayat 63 yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَتُصْبِحُ الْأَرْضُ مُخْضَرَّةً إِنَّ اللَّهَ لَطِيفٌ خَبِيرٌ

Artinya:

63. “Apakah kamu tiada melihat, bahwasannya Allah menurunkan air dari langit, lalu jadilah bumi itu hijau? Sesungguhnya Allah Maha Halus lagi Maha Mengetahui.

Ayat di atas diawali dengan sebuah pernyataan yang mendorong kita untuk memperhatikan, tidakkah engkau perhatikan, tidakkah engkau observasi, tidakkah engkau amati, tidakkah engkau teliti, maka dengan air itu bumi ini tiba-tiba menghijau, berwarna hijau, oleh apa? Bukan karena airnya berwarna hijau tapi karena tumbuhan, atau makhluk hidup yang lebih kecil lagi dari tumbuhan misalnya lumut atau alga, yang tumbuh dia akan menghijau, bahkan air akan terlihat hijau karena terdapat lumut atau flora yang berwarna hijau.

Keberadaan alga yang melimpah, membuat para peneliti berupaya memanfaatkannya sebagai prekursor dalam pembuatan CDs. Diantaranya, Vadivel, dkk. (2016) melakukan sintesis CDs dari alga hijau. Hasil *quantum yield* sebesar 13% dengan ukuran partikel rata-rata 8 nm. Lin, dkk. (2019) melakukan sintesis CDs dari alga hijau. CDs yang diperoleh memiliki ukuran partikel rata-rata sekitar 3,2 nm menunjukkan fotostabilitas yang baik, toksisitas rendah dan fluoresensi yang baik. Zhang, dkk. (2017) juga melakukan sintesis CDs dari alga hijau. CDs menunjukkan pendaran warna-warni dan dapat secara efektif mengurangi gangguan autofluoresensi dalam sel tumbuhan. Singh, dkk. (2019) juga melakukan sintesis CDs dari alga hijau menunjukkan sifat optik yang baik dengan hasil *quantum yield* sebesar 8% dan menunjukkan emisi biru dibawah sinar UV ($\lambda = 365$ nm).

Doping nitrogen dianggap sebagai strategi yang paling efektif untuk meningkatkan kualitas CDs karena ukuran atom yang kecil dan elektron valensi yang kaya dari atom nitrogen dapat berikatan dengan atom karbon (Li, dkk. 2019). Wenli Gao, dkk. (2018) telah melakukan penelitian CDs yang didoping Nitrogen. Hasil penelitian itu menunjukkan bahwa *Nitrogen Carbon Dost* (NCDs) memiliki fluoresensi biru dan hijau cerah. NCDs menunjukkan kandungan Nitrogen yang

tinggi sebesar 32,81 wt.%, stabilitas PL yang baik, sitotoksitas rendah dan biokompabilitas yang baik. Zhang, dkk. (2015) juga melakukan penelitian NCDs dengan bahan *Citrid Acid* sebagai Carbon dan Urea sebagai Nitrogen. NCDs yang disiapkan memiliki fotostabilitas yang baik dan hasil kuantum sebesar 42,2%.

Dalam penelitian ini, dilakukan sintesis dan karakterisasi CDs yang di doping nitrogen menggunakan metode hidrotermal. CDs dan NCDs yang dihasilkan digunakan sebagai material dalam proses degradasi *methylene red*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi, absorbansi dan band gap NCDs dari alga hijau dengan variasi doping nitrogen.
2. Bagaimana pengaruh doping nitrogen pada NCDs terhadap proses degradasi *methyl red*.

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk:

1. Mengetahui karakteristik gugus fungsi, absorbansi dan band gap NCDs dari alga hijau dengan variasi doping nitrogen.
2. Mengetahui pengaruh doping nitrogen pada NCDs terhadap proses degradasi *methyl red*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alga hijau yang digunakan merupakan alga hijau air tawar (*Cladophora*).
2. Nitrogen yang digunakan yaitu senyawa *Ammonia* (NH_3) 25%.
3. Pembuatan NCDs pada temperatur hidrotermal 160°C dan 180°C dengan variasi volume *Ammonia* 0,6 mL, 1,2 mL dan 1,8 mL.
4. Pengujian NCDs menggunakan spektrometer UV-Vis untuk mengetahui serapan panjang gelombang dan energi gap yang terdapat pada NCDs.
5. Pengujian NCDs menggunakan FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terdapat pada NCDs.
6. NCDs diaplikasikan sebagai material dalam proses fotokatalis.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini, ialah:

1. Sisi Akademik
 - a. Meningkatkan wawasan serta pemahaman tentang CDs.
 - b. Meningkatkan kemampuan tentang proses fotokatalis untuk mendegradasi zat warna.
 - c. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya terkait informasi sintesis NCDs dari alga hijau.

2. Sisi Masyarakat

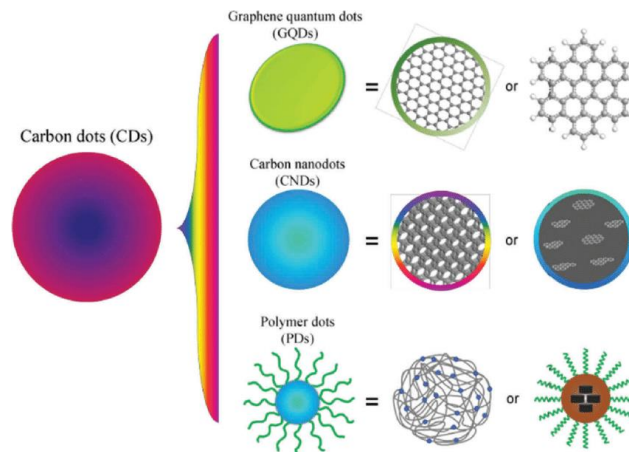
Memberikan informasi kepada masyarakat terkait pemanfaatan alga hijau sebagai prekursor dalam pembuatan NCDs.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Carbon Dots* (CDs)

Carbon Dots adalah istilah komprehensif untuk berbagai bahan karbon berukuran nano. CDs selalu memiliki ukuran kurang dari 10 nm dan mempunyai karakteristik berupa fluoresensi saat disinari sinar UV. CDs mencakup *Graphene Quantum Dots*, *Carbon Nano Dots* dan *Polymer Dots* (Gambar 2.1). *Graphene Quantum Dots* memiliki satu atau beberapa lapisan *graphene* dan kelompok kimia terhubung ditepi lapisan. *Carbon Nano Dots* selalu berbentuk bola dan dibagi menjadi nanopartikel karbon yang tidak memiliki kisi Kristal, dan *Graphene Quantum Dots* yang memiliki kisi Kristal yang jelas. Akibatnya, pusat PL sangat berbeda untuk berbagai jenis *Carbon Nano Dots*. *Polymer Dots* adalah polimer agregat atau ikatan silang yang dibuat dari polimer linear atau monomer. Selain itu, inti karbon dan rantai polimer yang terhubung dapat dirakit sendiri untuk membentuk *Polymer Dots*.



Gambar 2.1 Tiga jenis CDs fluoresen: *Graphene Quantum Dots* (GQDs), *Carbon Nano Dots* (CNDs) dan *Polymer Dots* (PDs) (Koutsogiannis, dkk. 2020).

Dalam klasifikasi material, *Carbon Dots* digolongkan dalam jenis material optik yang dapat berpendar (*Fluorescent Carbon Material*) (Peng, dkk. 2017). CDs juga berpotensi menjadi material logam alternatif berbasis kuantum dots karena memiliki struktur dan komposisi yang unik (Tuerhong, dkk. 2017). CDs memiliki elektron yang berperan sebagai aseptor dan pendonor sehingga CDs berpotensi diaplikasikan dalam bidang optoelektronik, katalis dan sensor (Wang, dkk. 2014). Sebagai material semikonduktor, CDs berpotensi sebagai katalisator karena memiliki tingkat aktifitas fotokatalis yang baik (Duo, dkk. 2016). Spektrum absorbansi CDs terukur pada spektrum cahaya tampak. Ikatan yang terukur berupa ikatan $\pi = \pi^*$ atau $n = \pi^*$ ($n = \text{karbon}$) (Wang, dkk. 2014) biasanya terukur pada panjang gelombang 230 nm sedangkan transisi lainnya pada 300 nm (Namdari, dkk. 2017).

2.2 Nitrogen Carbon Dots (NCDs)

Doping nitrogen dianggap sebagai alternatif dalam pembuatan CDs. Nitrogen efektif karena memiliki ukuran atom yang mirip dengan karbon dan memiliki lima elektron valensi dan sepasang elektron bebas yang mudah ditransfer ke orbit π dari struktur karbon sp^2 . N-doping secara signifikan mengubah sifat fotofisika CDs, yaitu meningkatkan PL, menyebabkan pergeseran PL dan mengubah penyerapan cahaya. Namun, karena berbagai struktur kimia berbasis nitrogen dimungkinkan dalam CDs N-doped (misalnya, pyridinic, pyrrolic, grafit, dan amino N), N-doping dapat menyebabkan beragam struktur dan terkadang karakteristik yang tidak dapat diprediksi sesuai dengan struktur kimia yang terbentuk karena doping nitrogen (Park, dkk. 2020). Menurut Wang, dkk. (2021), doping nitrogen ke dalam CDs dapat menginduksi delokalisasi muatan dan meningkatkan transfer elektron.

Dibandingkan dengan CDs, NCDs memiliki penyerapan cahaya tampak yang lebih kuat, masa pakai yang lebih lama dan konsentrasi pembawa yang lebih tinggi daripada CDs, yang dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis (Xia, dkk. 2017).

Edison, dkk. (2016) melakukan penelitian NCDs dengan buah ceri sebagai sumber karbon dan ammonia sebagai sumber nitrogennya. NCDs disintesis selama 5 jam dengan suhu 180°C. Sampel NCDs yang telah disintesis menunjukkan sifat fluoresensi yang sangat baik dan memancarkan fluoresensi biru pada panjang gelombang 411 nm dengan hasil kuantum yang dihitung dari NCDs yang disintesis adalah 13%. NCDs yang disintesis digunakan untuk mendeteksi logam Fe³⁺.

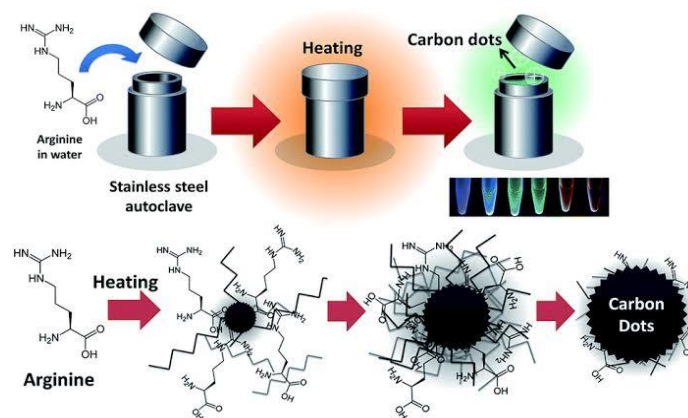
2.3 Metode Hidrotermal

Carbon Dots yang berkualitas tinggi, murah dan sederhana dapat disintesis dengan berbagai macam metode. Metode tersebut secara umum diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu metode *top-down* dan metode *bottom-up*. Metode *top-down* yaitu metode sintesis nanomaterial dengan cara memecah partikel yang berukuran besar menjadi partikel berukuran nano. CDs diperoleh dari pemotongan sumber karbon seperti *Carbon Nanotubes* (CNTs), *Carbon Fiber*, *Carbon Black* dan lainnya. Metode pemotongan yang biasanya digunakan adalah dengan menggunakan asam oksida (HNO₃, HSO₄, atau campuran). Contoh dari metode *top-down* yaitu metode *arc-discharger*, ablasi laser dan oksidasi elektrokimia (Roy, dkk. 2015).

Metode *bottom-up* merupakan metode sintesis yang dimulai dari molekul-molekul kecil menjadi partikel berukuran nanometer seperti yang dikehendaki, misalnya molekul-molekul kecil seperti glukosa dan fruktosa yang dipersiapkan

untuk sintesis CDs. Metode *bottom-up* merupakan metode yang efisien untuk menghasilkan CDs dalam skala besar. Contoh dari metode ini yaitu hidrotermal, *Combustion*, *Microwave*, dan *Ultrasonic*.

Saat ini, metode hidrotermal telah menjadi salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mempersiapkan CDs karena kemajuan kesederhanaan, mudah dioperasikan dan murah. Secara umum, metode hidrotermal memiliki langkah kerja yang sederhana. Larutan sampel yang akan disintesis dituang dalam wadah dan kemudian wadah ditutup rapat. Wadah yang biasa digunakan adalah *autoclave*. Kemudian *autoclave* dimasukkan dalam oven dan dipanaskan dalam suhu diatas 100°C selama beberapa jam. CDs yang dihasilkan berupa larutan.



Gambar 2.2 Skema Hidrotermal Sintesis Carbon Dots (Chen, dkk. 2016).

Metode hidrotermal menggunakan larutan cair sebagai sistem reaksi di dalam sebuah bejana tertutup untuk membuat lingkungan bersuhu dan bertekanan tinggi dengan memanaskan sistem reaksi tersebut serta menekannya (atau tekanan uap yang dihasilkan sendirinya). Lingkungan reaksi akan membantu bahan/zat yang pada kondisi normal sulit larut atau tidak dapat larut menjadi larut dan rekristalisasi (Yang, dkk. 2019).

2.4 Alga Hijau

Alga merupakan salah satu organisme tingkat rendah yang keberadaannya sangat melimpah, termasuk di Indonesia yang memiliki 88 jenis alga dari seluruh alga yang ada di dunia (Tomascik, dkk. 1997). Pada umumnya alga mempunyai morfologi yang mirip walaupun sebenarnya berbeda. Alga tidak memiliki kerangka tubuh berdaun, berbatang dan berakar, semuanya terdiri dari batang betalus sehingga alga dikelompokkan kedalam Thallophyta. Bentuk thallus ini bermacam-macam, ada yang bulat seperti kantung, ada yang seperti tabung, pipih, gepeng, seperti rambut dan sebagainya. Alga merupakan organisme yang masuk kedalam Protista dengan tumbuhan. Alga dapat berfotosintesis karena alga memiliki pigmen klorofil (Papalia, 2013).



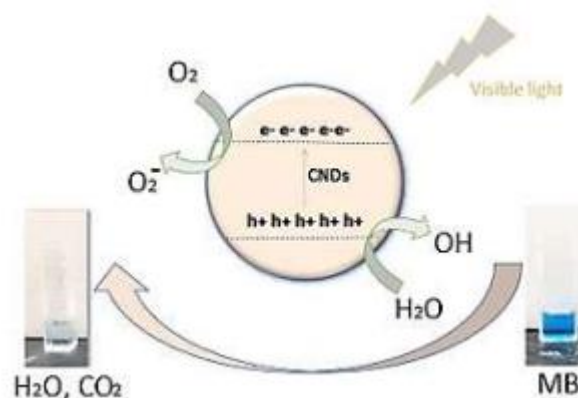
Gambar 2.3 Struktur tubuh Cladophora (Harris, 2021).

Alga hijau yang umum dijumpai di Indonesia adalah dari genus *Cladophora*, karena alga hijau dengan genus ini tersebar di daerah yang beriklim sedang-tropis sebagian besar alga hijau ini tumbuh menempel pada substrat yang keras seperti batu atau cangkang (Mendes, dkk. 2010). *Cladophora* memiliki bentuk seperti filamen panjang dan memiliki kandungan selulosa sekitar 30-50% (Fauza, dkk. 2019). Kandungan selulosa bersifat biokompabilitas, non-toksisitas, dan

biodegradabilitas. Dengan sifat tersebut yang menjadi keunggulan CDs, maka selulosa dapat dijadikan sebagai sumber karbon untuk CDs.

2.5 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan proses ketika material semikonduktor menyerap energi cahaya lebih besar atau sebanding dengan energi *gap*-nya. Hal ini kemudian menyebabkan terjadinya proses eksitasi dari pita valensi menuju pita konduksi. Beberapa proses pemisahan muatan mempengaruhi formasi elektron *hole* sehingga menyebabkan terbentuknya radikal bebas. Radikal bebas berupa ikatan hidroksil (OH) sangat efisien dalam mengoksidasi material organik dan mendegradasi polutan (Soltani, dkk. 2012). Secara umum, aktivitas fotokatalis pada material semikonduktor sangat dipengaruhi oleh struktur dan ukuran partikelnya. Kereaktifan semikonduktor berbentuk nano partikel lebih baik dari pada yang berbentuk potongan dengan ukuran yang lebih besar. Hal ini dikarenakan ukuran merubah densitas aktifitas daerah permukaan dengan cara memperluas daerah permukaan yang bereaksi dengan *reagen* (Soltani, dkk. 2012).



Gambar 2.4 Mekanisme fotokatalis (Sawalha, dkk. 2021).

Gambar 2.4 menjelaskan tentang mekanisme degradasi oleh sampel CDs.

Ketika foton dengan energi yang sesuai mengeksitasi CDs, electron tereksitasi dari keadaan dasar (pita valensi) ke keadaan eksitasi (pita konduksi), menghasilkan kelebihan electron (e^-) dan *hole* (h^+). Karena banyaknya cacat permukaan pada CDs, electron yang tereksitasi terperangkap dan rekombinasi e^- dan h^+ terhambat. Akibatnya, methylene blue dapat teroksidasi oleh h^+ secara langsung menyebabkan degradasi (Zhou, dkk. 2019). Sebagian dari e^- dapat ditangkap oleh oksigen terlarut dalam larutan, membentuk radikal superoksida, sebagian dari h^+ dapat berinteraksi dengan H_2O yang terserap pada permukaan untuk membentuk radikal hidroksil. Spesies oksigen reaktif, super oksida dan radikal hidroksil diketahui dapat mendegradasi pewarna organik (Sawalha, dkk. 2021).

Sinar matahari sebagai sumber foton mengenai partikel-partikel CDs. Foton akan mengeksitasi elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron ini akan bereaksi dengan oksigen O_2 membentuk radikal bebas superoksida dan menghasilkan hidrogen peroksida H_2O_2 . Radikal bebas ini memiliki potensial yang cukup tinggi untuk mengoksidasi zat organik sehingga dihasilkan hidrogen dioksida dan gas karbon dioksida. Reaksi reduksi dan oksida ini yang menyebabkan degradasi intensitas *methyl blue* akibat adanya katalis CDs. Pada proses fotokatalis, larutan *methyl blue* akan terdekomposisi menjadi air, asam dan gas karbon dioksida. Reaksi reduksi dan oksidasi terus terjadi selama terdapat energi yang cukup dari pancaran sinar matahari (Aji, dkk. 2016).

Penggunaan terbesar zat warna adalah pada industri tekstil, kertas dan percetakan, kulit, farmasi, kosmetik dan industri makanan (Selvam, dkk. 2003). Zat pewarna mempunyai toksisitas yang tinggi terhadap mamalia dan organisme air. Dampak terbesar adanya limbah zat warna adalah kerusakan lingkungan perairan/

larangan Allah SWT terhadap manusia agar tidak melakukan kerusakan lingkungan sesungguhnya sangat tegas, seperti tercantum dalam al-Qur'an surah al-A'raf ayat 56 sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ حَوْفًا وَقَوًّا ۗ وَمِمَّا يَسْتَمْتَلُونَ

Artinya:

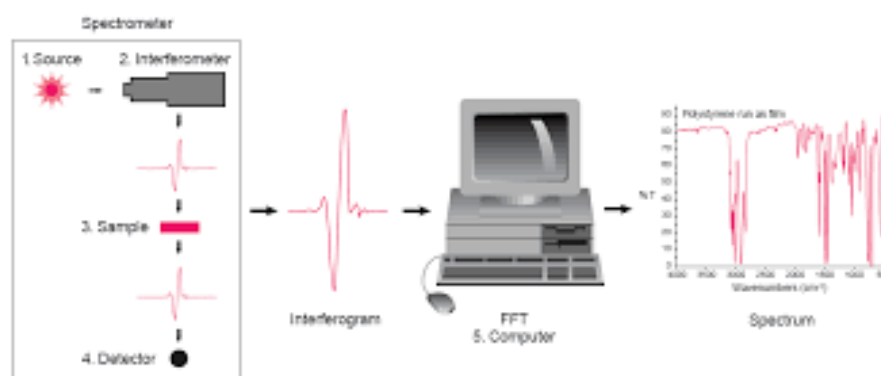
56. Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.

Hal ini tentunya menjadi tantangan tersendiri bagi ilmuwan dalam menanganinya dan perlu mendapat perhatian khusus dan tidak boleh dipandang sebelah mata. Salah satu metode yang saat ini banyak digunakan oleh ilmuwan untuk mendegradasi zat warna yaitu proses fotokatalis.

2.6 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

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

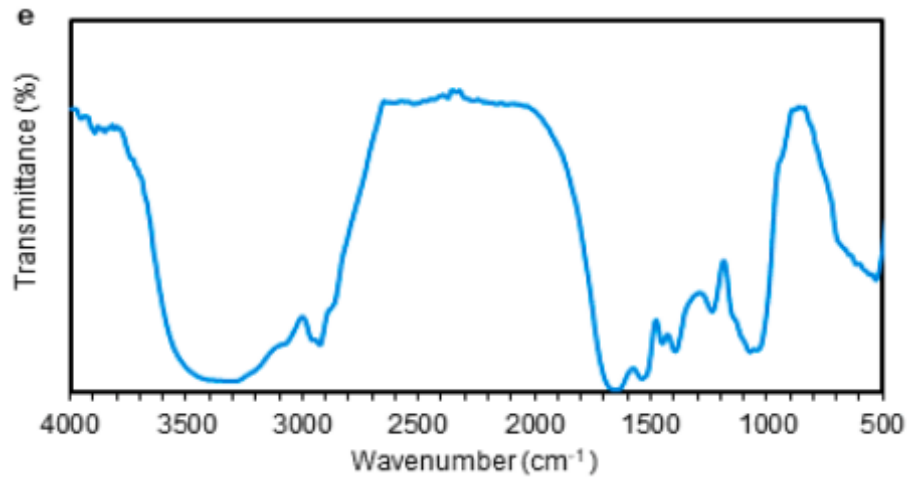
untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus. Ketika sampel diletakkan di berkas radiasi inframerah, sampel akan menyerap radiasi pada frekuensi yang sesuai dengan frekuensi getaran molekul. Frekuensi radiasi yang diserap diukur dengan spektrometer inframerah dan hasil plot dari energi yang diserap vs frekuensi disebut spektrum inframerah material (Patel, 2015).



Gambar 2.5 Prinsip kerja spektrometer inframerah transformasi Fourier (Gumurthy, dkk. 2017)

Mekanisme yang terjadi pada alat FTIR dapat dijelaskan sebagai berikut. Sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan, dan kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang datang pada detektor akan berfluktuasi. Fluktuasi sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut

interferogram. Interferogram ini akan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan komputer berdasarkan operasi matematika (Tahid, 1994).



Gambar 2.6 Spektrum FTIR CDs Alga Hijau (Emami, dkk. 2021).

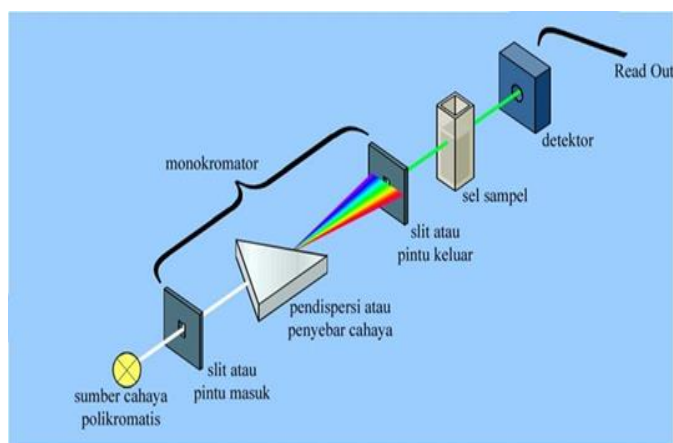
Gambar 2.6 merupakan hasil FTIR CDs alga hijau yang telah dilakukan oleh Emami, dkk. (2021). Spectrum FTIR CDs alga hijau menunjukkan puncak vibrasi ulur O-H pada serapan bilangan gelombang 3400 cm^{-1} , vibrasi ulur C=O gugus karbonil pada daerah serapan bilangan gelombang $1600 - 1650\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur C-N pada bilangan gelombang $1300-1400\text{ cm}^{-1}$, vibrasi ulur C-O pada bilangan gelombang $1000-1100\text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi ulur dibawah 1000 cm^{-1} dikaitkan dengan gugus aromatik.

2.7 Spektrometer UV-Visible (UV-Vis)

Spektrometer UV-Vis digunakan untuk mengkaji sifat absorpsi material dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (mulai sekitar 200 nm) hingga mencakup semua panjang gelombang cahaya tampak (sampai sekitar 700 nm). Instrumen ini beroperasi dengan melewatkan seberkas sinar melalui sampel dan mengukur panjang gelombang cahaya yang mencapai detektor. Sinar yang tidak diteruskan menembus sampel diserap oleh beberapa molekul dalam sampel

mengindikasikan struktur dan ikatan kimiawi yang akan diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang memberi nilai informasi tentang struktur kimia dan intensitasnya terkait dengan jumlah molekul, yang berarti kuantitas atau konsentrasi. Informasi analitik dapat diungkap dalam istilah transmitansi, absorbansi atau daya serap energi (Abdullah, 2010).

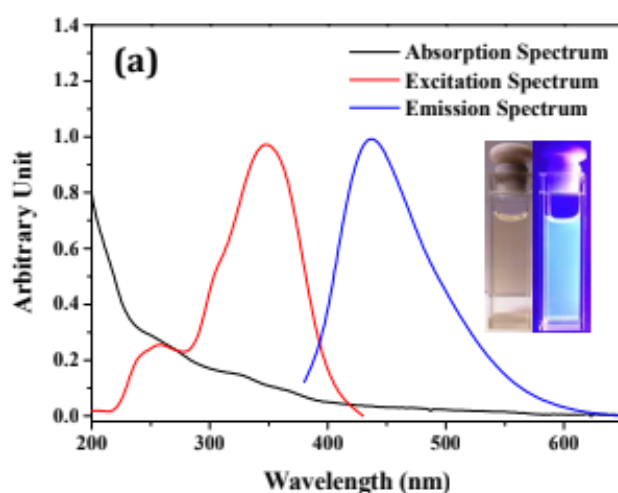
Radiasi UV-Vis yang memiliki frekuensi yang sama dengan partikel sampel akan beresonansi, sehingga radiasi akan diserap oleh sampel. Elektron-elektron dari orbital dasar akan tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Apabila radiasi atau cahaya putih dilewatkan pada suatu material, maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) secara selektif dan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi). Lebih lanjut, transisi elektronik, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar, tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi. Ketika elektron kembali ke orbital asal, elektron tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorbansi (Vita, 2015).



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis (Owen, 2010).

Diagram kerja spektrofotometer terdiri dari sumber cahaya polikromatis, monokromator, sampel dan detektor. Sumber radiasi berupa sinar UV dan sinar tampak. Monokromator merupakan alat optik yang mengubah radiasi polikromatik

menjadi monokromatik. Detektor yang digunakan adalah detektor fotolistrik (Owen, 2010). Sampel menggunakan kuvet sebagai tempat sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau gelas, namun yang menggunakan kuarsa berasal dari silika memiliki kualitas lebih baik. Hal ini disebabkan oleh kaca dan plastik dapat menyerap UV.



Gambar 2.8 Penyerapan UV-Vis, spektrum eksitasi ($\lambda_{em} = 438$ nm), dan inset emisi PL ($\lambda_{ex} = 360$ nm): gambar optik di bawah siang hari (kiri) dan sinar UV (kanan) (Vadivel, dkk. 2016).

Spektrum serapan dan eksitasi UV-Vis dari CDs ditunjukkan pada Gambar 2.8. Spektrum serapan menunjukkan dua pita yaitu sekitar 250 dan 330 nm. Menurut penelitian sebelumnya (Luo, dkk. 2009) penyerapan pada 250 nm dianggap berasal dari transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan aromatik C=C, sedangkan penyerapan pada 320 nm dikaitkan dengan transisi $n-\pi^*$ dari ikatan C=O. Gugus C=O dapat berasal dari permukaan CD, sedangkan C=C dari inti. Tidak adanya absorbansi latar belakang di daerah tampak menunjukkan tidak adanya bahan karbon lainnya yang dihasilkan dari karbonisasi parsial yang biasanya menyerap pada panjang gelombang yang lebih tinggi. Seperti yang ditunjukkan pada inset

Gamba 2.8, CDs menampilkan pendaran biru yang relatif kuat di bawah iradiasi UV 365 nm. Spektrum eksitasi yang sesuai menunjukkan dua puncak pada 258 nm dan pada 345 nm yang masing-masing cocok dengan penyerapan inti dan permukaan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah eksperimen, yaitu dilakukan pembuatan NCDs dari alga hijau menggunakan metode hidrotermal, dengan variasi doping nitrogen dan variasi temperatur. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi pada NCDs dengan menggunakan *UV-Light* 395 nm, UV-Vis, dan FTIR. Kemudian dilakukan uji aplikasi NCDs untuk mendegradasi pewarna *methyl red*.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Juni 2021 di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Neraca digital
2. Gelas beker
3. Gelas ukur
4. Cawan petri
5. Spatula
6. Blender
7. Penyaring
8. *Autoclave* hidrotermal

9. Wadah sentrifugas
10. Kertas saring ukuran 0,2 μm
11. Corong kaca
12. Pipet tetes
13. Labu ukur
14. Kuvet
15. Alat sentrifugas
16. Tungku hidrotermal
17. *UV-Light* 395nm
18. Spektrometer *Ultra Violet-Visible* (UV-vis)
19. *Fourier Transformer Infrared Spectroscopy* (FTIR)
20. Reaktor fotokatalis

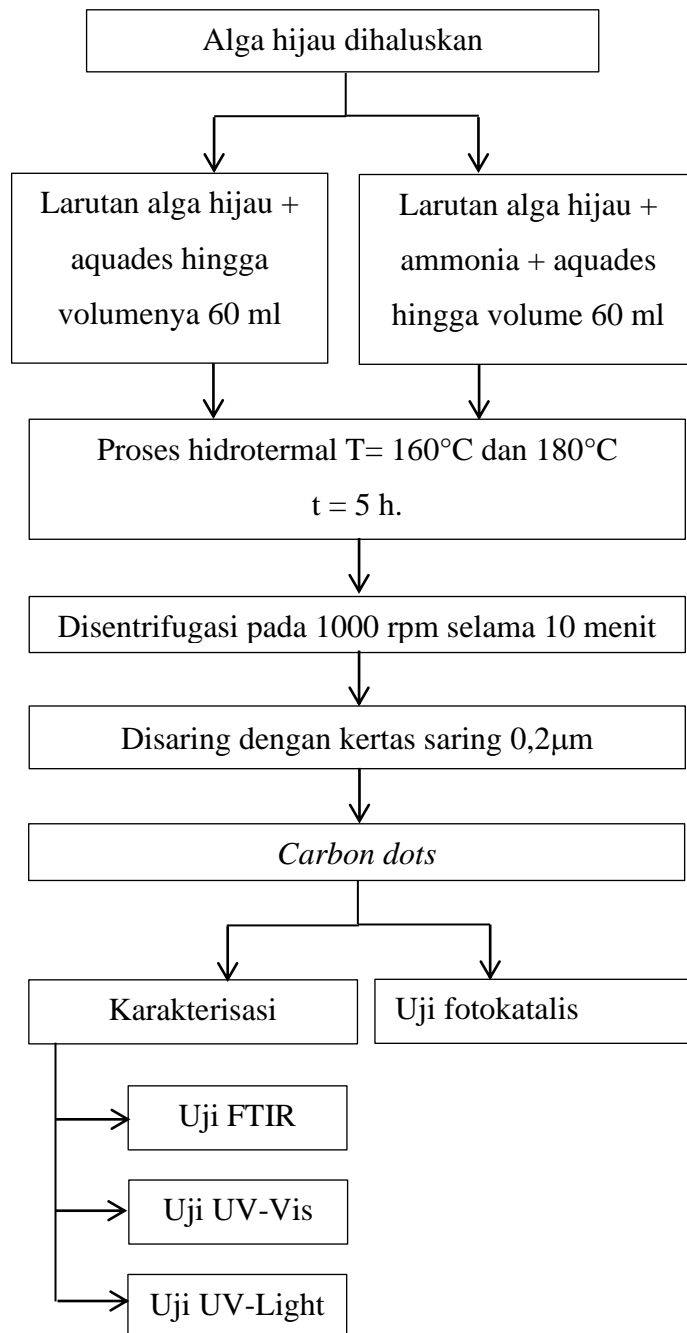
3.3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

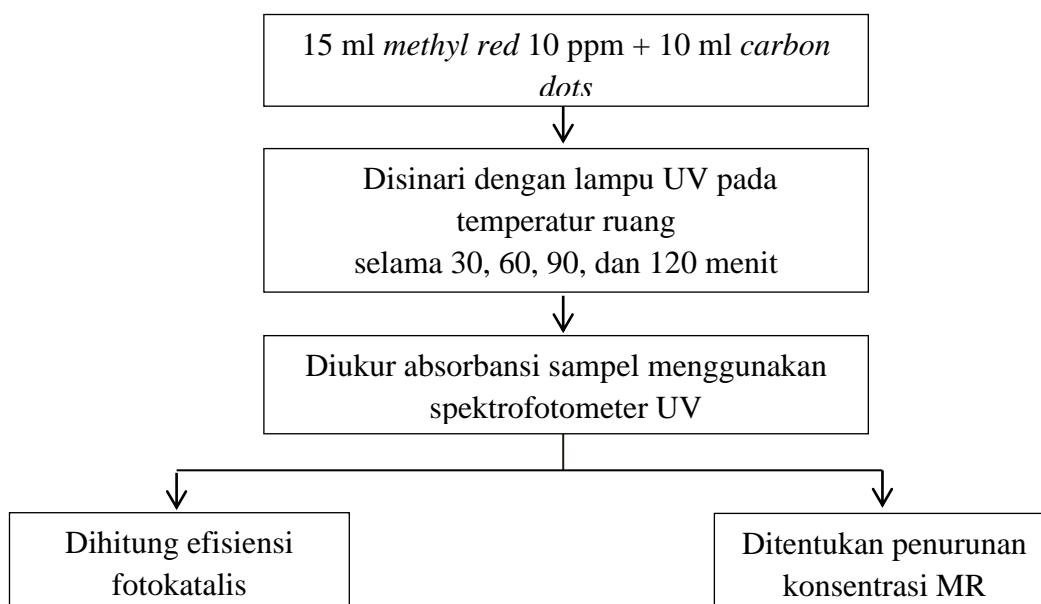
1. Alga Hijau
2. Aquades
3. Alkohol 70%
4. Ammonia 25%
5. *Methyl red*

3.4 Diagram Alir

3.4.1 Pembuatan *Carbon Dots* doping nitrogen



3.4.2 Carbon Dots sebagai material Fotokatalis



3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu, sintesis NCDs dari alga menggunakan metode hidrotermal, karakterisasi sampel dan pengujian aktivitas fotokatalis.

3.5.1 Langkah Percobaan

Adapun langkah kerja yang dilakukan untuk membuat NCDs dari alga hijau adalah:

1. Alga hijau dibersihkan menggunakan aquades.
2. Alga hijau ditimbang sebanyak 6 gram, kemudian ditambahkan dengan aquades 55 mL untuk dihaluskan menggunakan *blender*, setelah itu dipisahkan larutan dengan ampasnya.
3. Larutan alga hijau ditambahkan ammonia sebanyak 0,6, 1,2 dan 1,8 mL kemudian ditambahkan aquades hingga volumenya 60 mL.

4. Larutan alga hijau kemudian dimasukkan kedalam *autoclave* hidrotermal dan selanjutnya diletakkan didalam reaktor hidrotermal untuk dipanaskan selama 5 jam.
5. Selanjutnya reaktor dan *autoclave* hidrotermal didinginkan hingga temperatur ruang.
6. Larutan CDs kemudian disentrifugasi pada 1000 rpm selama 10 menit. Dan setelahnya disaring menggunakan membran dialisis 0,2 μm .
7. CDs yang sudah tersaring disimpan dilemari pendingin untuk kemudian digunakan pada proses selanjutnya.
8. Dilakukan langkah kerja 1-7 dengan temperatur yang ditentukan seperti pada tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 Variasi Temperatur Hidrotermal dan penambahan ammonia pada sintesis CDs dan NCDs.

No	Temperatur	Penambahan ammonia	Nama sampel
1.	160°C	-	CDs 160
2.		0,6 mL	NCDs 160-0,6
3.		1,2 mL	NCDs 160-1,2
4.		1,8 mL	NCDs 160-1,8
5.	180°C	-	CDs 180
6.		0,6 mL	NCDs 180-0,6
7.		1,2 mL	NCDs 180-1,2
8.		1,8 mL	NCDs 180-1,8

3.5.2 Uji Karakterisasi

Adapun karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini, adalah:

1. *UV Light* 395 nm digunakan untuk melihat pendaran cahaya yang dihasilkan oleh CDs dan NCDs alga hijau. Pengujian ini dilakukan di dalam ruang gelap, laboratorium Optik jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

2. Spektrometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi CDs dan NCDs alga hijau dengan $\lambda_{\max} = 200-800$ nm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang serapan dari CDs dan NCDs alga hijau. Data yang diperoleh juga dapat digunakan untuk mengetahui energi gap CDs dan NCDs alga hijau. Pengujian ini dilakukan di laboratorium jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Adapun rencana analisis data ditampilkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rencana Analisis Band Gap.

No.	Nama Sampel	Energi Gap <i>Direct</i> (eV cm ⁻¹)
1.	CDs 160	
2.	NCDs 160-0,6	
3.	NCDs 160-1,2	
4.	NCDs 160-1,8	
5.	CDs 180	
6.	NCDs 180-0,6	
7.	NCDs 180-1,2	
8.	NCDs 180-1,8	

3. FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi CDs dan NCDs alga hijau dengan rentang pindai bilangan gelombang 4000-400 cm⁻¹. Data yang diperoleh juga dapat digunakan untuk mengetahui komposisi ikatan kimia yang terbentuk di dalam CDs dan NCDs alga hijau. Pengujian ini dilakukan di laboratorium jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Adapun rencana analisis data ditampilkan pada tabel 3.3

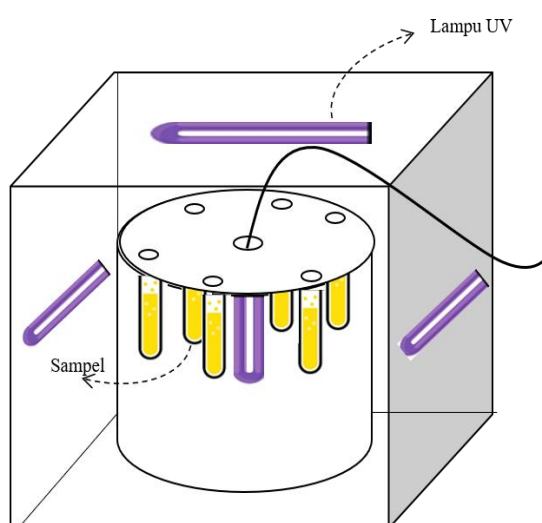
Tabel 3.3 Rencana Analisis Data Gugus Fungsi.

No.	Nama Sampel	Gugus Fungsi
2.	CDs 160	
3.	NCDs 160-0,6	
7.	NCDs 160-1,2	
8.	NCDs 160-1,8	
9.	CDs 180	
10.	NCDs 180-0,6	
11.	NCDs 180-1,2	
12.	NCDs 180-1,8	

3.5.3 Carbon Dots sebagai material Fotokatalis

Adapun langkah kerja yang dilakukan untuk mendegradasi *methyl red* dengan fotokatalis dari CDs dan NCDs adalah:

1. Sebanyak 15 ml *methyl red* dengan konsentrasi awal 10 ppm didispersikan dengan 10 ml CDs alga hijau.
2. Larutan sampel yang telah didispersikan kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi sebanyak 5 ml tiap tabung dan diletakkan didalam reaktor fotokatalis untuk disinari lampu UV. Rancangan reaktor fotokatalis ditunjukkan pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Rancangan reaktor fotokatalis

3. Spektrum absorbansi larutan sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada waktu 0, 30, 60, 90, dan 120 menit.
4. Konsentrasi *methyl red* setelah disinari UV dihitung menggunakan persamaan :

$$x = \frac{(y + ab)}{pq} \quad \dots (3.1)$$

x : konsentrasi *methyl red*

y : nilai absorbansi yang diukur pada waktu yang ditentukan

ab dan pq : nilai yang diperoleh dari nilai regresi linear kurva standar

5. Efisiensi fotodegradasi dihitung berdasarkan absorbansi zat warna *methyl red* menggunakan persamaan (Chauan, dkk. 2012):

$$\eta(\%) = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100\% \quad \dots (3.2)$$

A_o : penyerapan awal zat warna *methyl red*

A_t : penyerapan zat warna *methyl red* pada waktu penyinaran tertentu

Adapun rencana analisis data ditampilkan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Rencana Analisis Data Aktivitas Fotokatalis pada Kondisi Gelap dan Terang.

Nama Sampel	Konsentrasi				
	0 menit	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit
<i>Methyl Red</i>					
CDs 160					
NCDs 160-0,6					
NCDs 160-1,2					
NCDs 160-1,8					
CDs180					
NCDs 180-0,6					
NCDs 180-1,2					
NCDs 180-1,8					

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

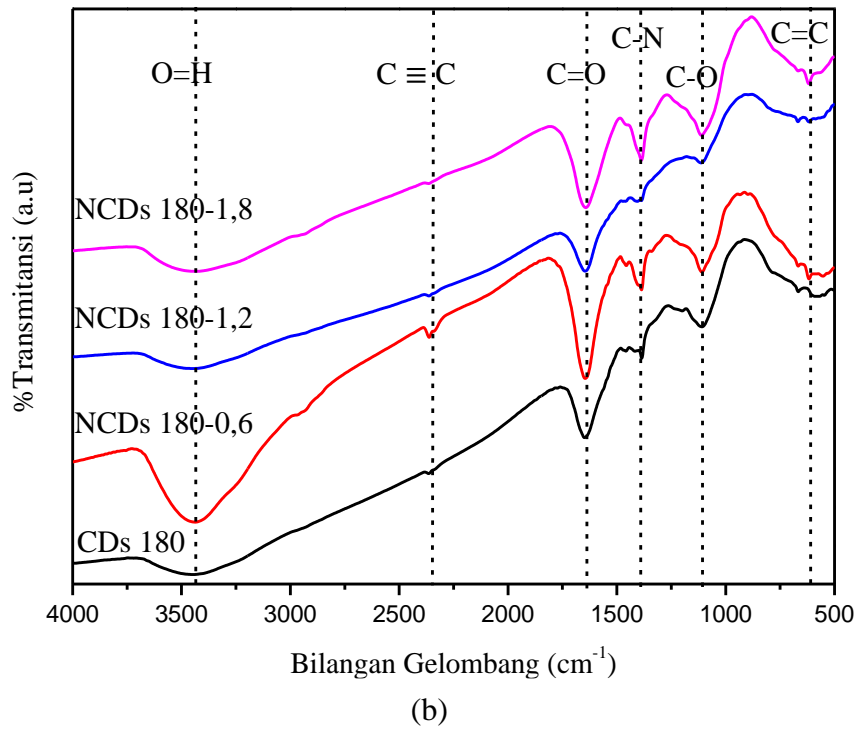
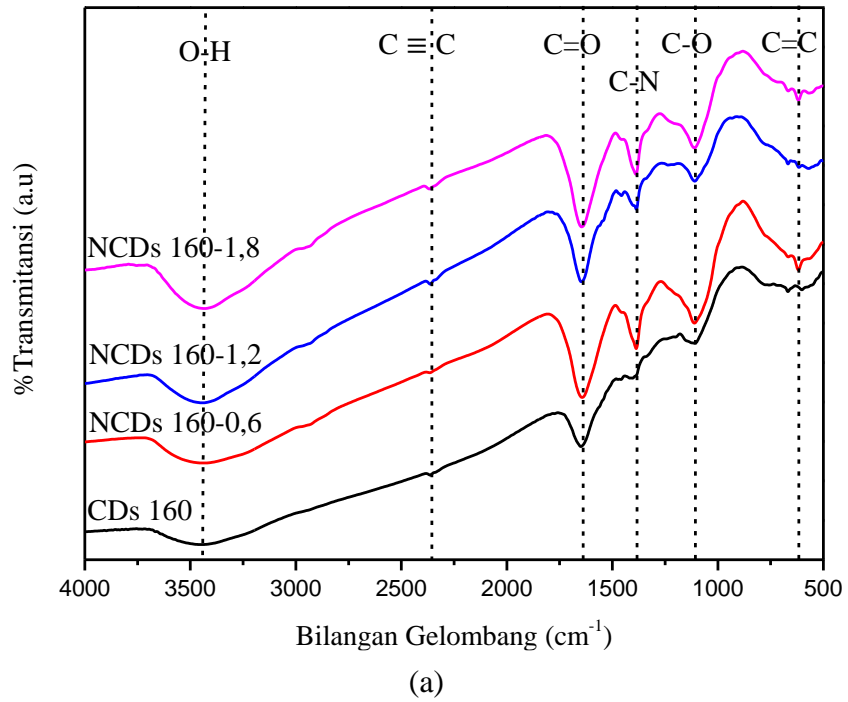
Dalam penelitian ini dilakukan sintesis CDs dan NCDs menggunakan metode hidrotermal berbahan dasar alga hijau. Suhu yang digunakan saat proses hidrotermal pada penelitian ini yaitu 160°C dan 180°C dengan variasi doping nitrogen yaitu 0,6 mL, 1,2 mL dan 1,8 mL. Sampel yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *UV Visible* (UV-Vis) dan *UV Light*. Sampel yang dihasilkan kemudian diaplikasikan dalam proses fotodegradasi *methyl red*.

Tahap pertama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu, 6 gram alga hijau ditambahkan dengan aquades dihaluskan menggunakan blender selama 3 menit. Larutan alga kemudian dicampur dengan ammonia dan diaduk sampai larutan homogen. Larutan yang sudah homogen kemudian dimasukkan kedalam wadah *autoclave* untuk kemudian dipanaskan di dalam tungku pemanas. Setelah proses pemanasan, sampel dibiarkan dingin sampai suhu ruang. Sampel kemudian disentrifugasi selama 3 menit kemudian disaring menggunakan kertas saring ukuran 0,2 μm untuk memisahkan partikel yang lebih besar. Setelah disaring, sampel disimpan pada lemari pendingin untuk proses selanjutnya.

4.1.1 FTIR

Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim dengan *range* bilangan gelombang 400 cm^{-1} - 400 cm^{-1} dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada

sampel CDs dan NCDs yang telah disintesis. Hasil karakterisasi FTIR berupa grafik hubungan bilangan gelombang dan transmitansi seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara transmitansi dengan bilangan gelombang sampel CDs dan NCDs (a) suhu 160°C (b) suhu 180°C.

Analisis data FTIR berupa gugus fungsi dari CDs dan NCDs alga hijau ditampilkan dalam table 4.1.

Tabel 4.1 Gugus fungsi *Carbon Dots* Alga Hijau

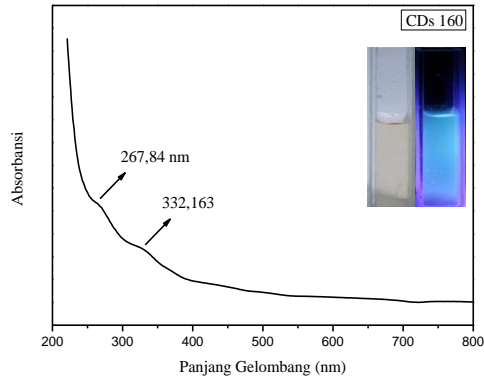
Bilangan Gelombang								Gugus Fungsi
CDs 160	CDs 160-0,6	CDs 160-1,2	CDs 160-1,8	CDs 180	CDs 180-0,6	CDs 160-1,2	CDs 180-1,8	
3457	3429	3443	3431	3451	3437	3448	3430	O-H
2362	2365	2362	2367	2364	2362	2363	2366	C≡C
1649	1642	1647	1644	1648	1645	1646	1643	C=O
-	1386	1386	1388	-	1386	1406	1387	C-N
1109	1111	1109	1111	1108	1109	1112	1110	C-O
756	666	667	666	666	666	668	666	C=C

Berdasarkan tabel 4.1 CDs dan NCDs dengan variasi temperatur dan variasi doping nitrogen memiliki gugus fungsi dan puncak-puncak transmitansi yang hampir sama. Pada gambar 4.1 gugus fungsi yang terdapat pada sampel CDs dan NCDs ialah O-H yang memiliki bilangan gelombang 3400-3500 cm^{-1} (Emami, dkk. 2021). Pada bilangan gelombang 2360 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C≡C, pada bilangan gelombang 1640-1690 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C=O (Emami, dkk. 2021), pada bilangan gelombang 1300-1450 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C-N (Shen, dkk. 2017), pada bilangan gelombang 1100-1150 terdapat gugus fungsi C–O (Emami, dkk. 2021) dan pada bilangan gelombang 667 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C=C.

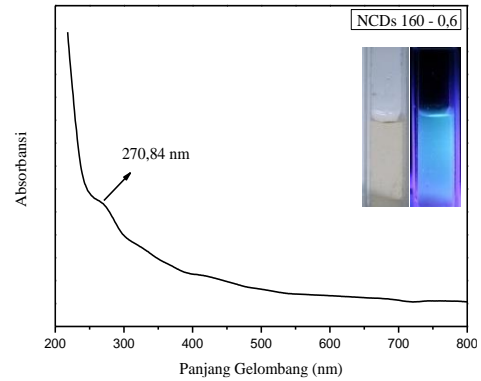
4.1.2 UV-Vis

Pengujian UV-Vis menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang untuk mengetahui panjang gelombang serapan (absorbansi) dan energi gap

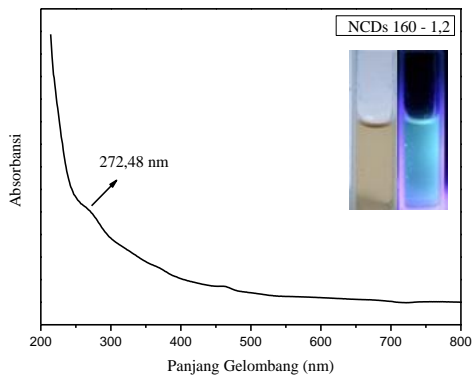
dari CDs dan NCDs yang telah disintesis. Hasil pengujian UV-Vis berupa grafik hubungan panjang gelombang dan absorbansi seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



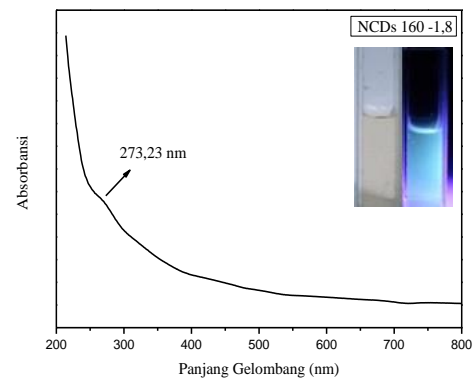
(a)



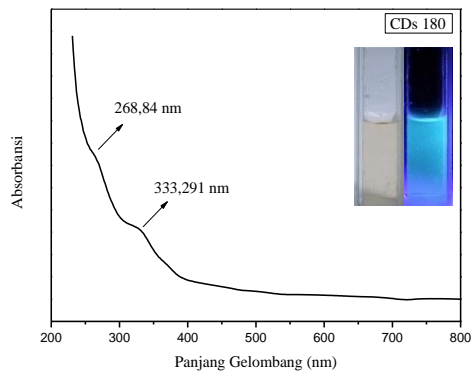
(b)



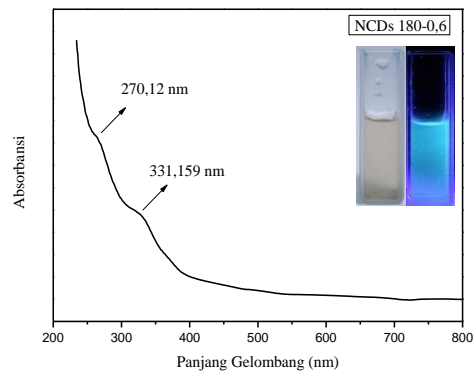
(c)



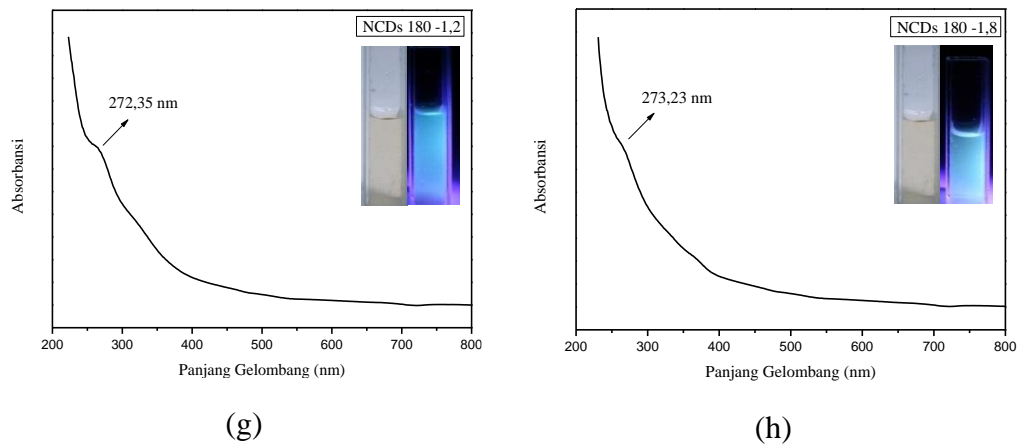
(d)



(e)



(f)



Gambar 4.2 Grafik absorbansi UV-Vis (a) CDs 160 (b) NCDs 160- 0,6 (c) NCDs 160-1,2 (d) NCDs 160-1,8 (e) CDs 180 (f) NCDs 180- 0,6 (g) NCDs 180-1,2 (h) NCDs 180°C-1,8.

Proses pembentukan CDs dan NCDs dari alga hijau diindikasikan berhasil apabila sampel CDs dan NCDs dari alga hijau menunjukkan pendaran saat disinari dengan sinar UV. Indikasi ini didasarkan pada fakta bahwa CDs dan NCDs memiliki sifat *photoluminescence* ketika disinari dengan sinar UV di sekitar panjang gelombang 330-460 nm (Roy, dkk. 2015), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Dari gambar 4.2 diketahui bahwa CDs 160 memiliki dua puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 267,84 nm dan 332,163 nm, NCDs 160-0,6 memiliki satu puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 270,84 nm, NCDs 160-1,2 memiliki satu puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 272,48 nm, NCDs 160-1,8 memiliki satu puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 273,23 nm, CDs 180 memiliki dua puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 268,84 nm dan 333,29 nm, NCDs 180-0,6 memiliki dua puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 270,12 nm dan 331,16 nm, NCDs 180-1,2 memiliki satu puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 272,35 nm dan NCDs 180-1,8 memiliki satu puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 273,23 nm.

4.1.3 Band Gap

Nilai energi gap sampel CDs alga hijau dapat diketahui menggunakan data panjang gelombang (λ) dan absorbansi UV-Vis (A) melalui persamaan berikut:

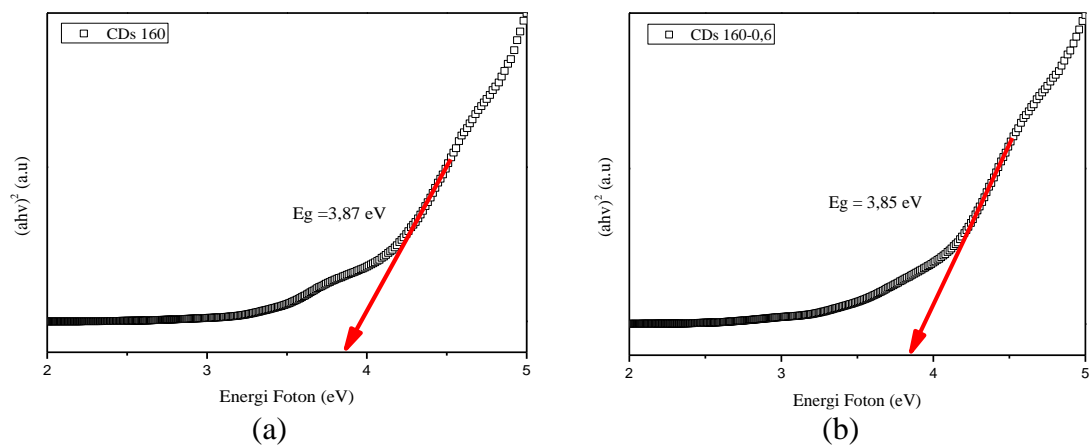
$$hv = \frac{1240}{\lambda} \quad (4.1)$$

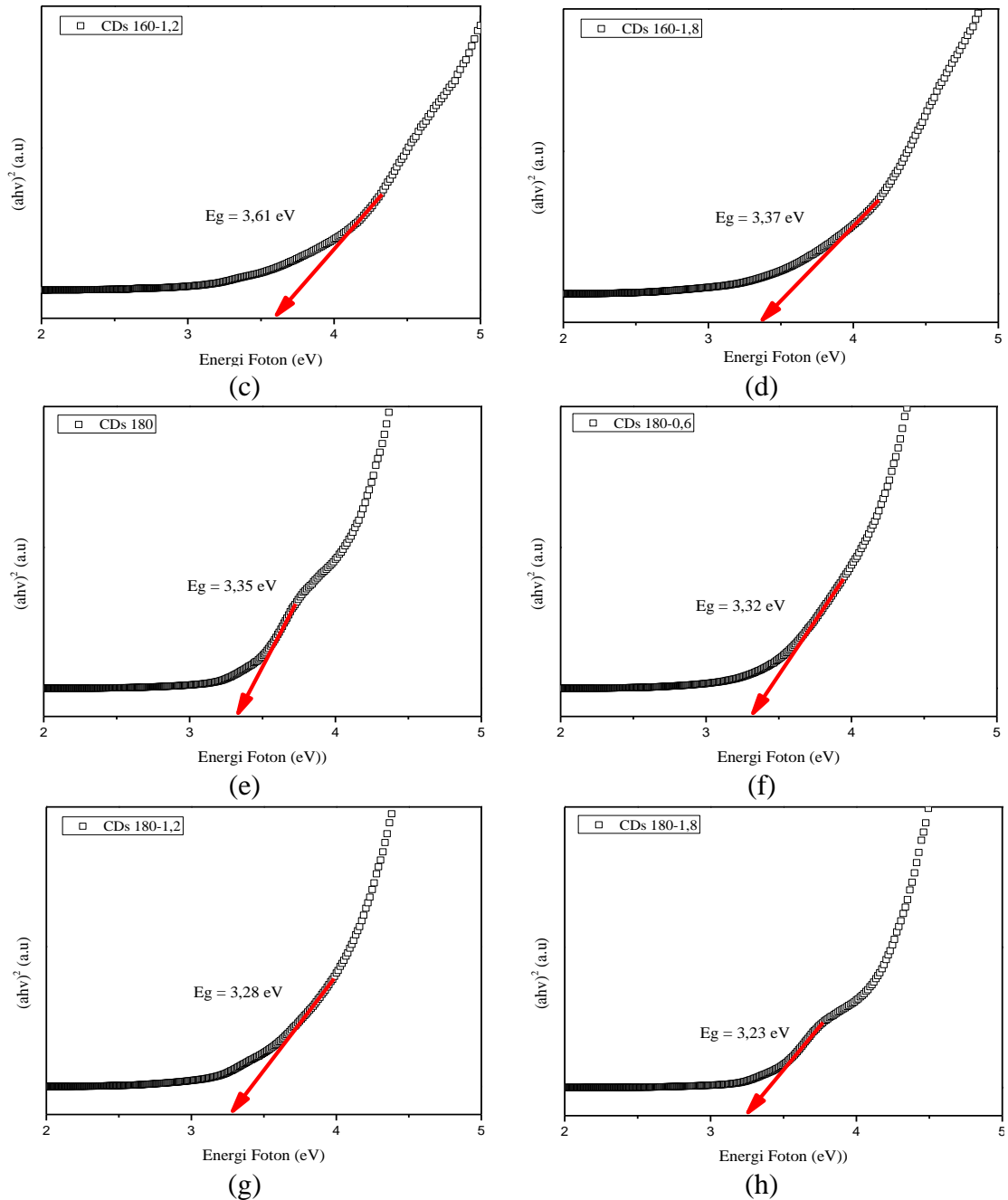
$$\alpha = 2,303 \times A \quad (4.2)$$

$$Direct = (\alpha hv)^2 \quad (4.3)$$

Dimana, α merupakan absorbansi, h merupakan konstanta plank ($6,626 \times 10^{-34}$ JS) dan ν merupakan frekuensi (setara dengan c/λ ; dimana $c = 3 \times 10^8$ m/s dan λ = panjang gelombang yang didapat dalam satuan nm).

Dari hasil perhitungan energi direct, dibuat plot grafik hubungan antara hv dengan $(\alpha hv)^2$, plot grafik akan menunjukkan garis lurus pada daerah tertentu. Ekstrapolasi dari garis lurus akan mengintersepsi pada sumbu hv untuk memberikan nilai energi gap direct dari sampel. Plot band gap direct dapat dilihat pada gambar 4.3.





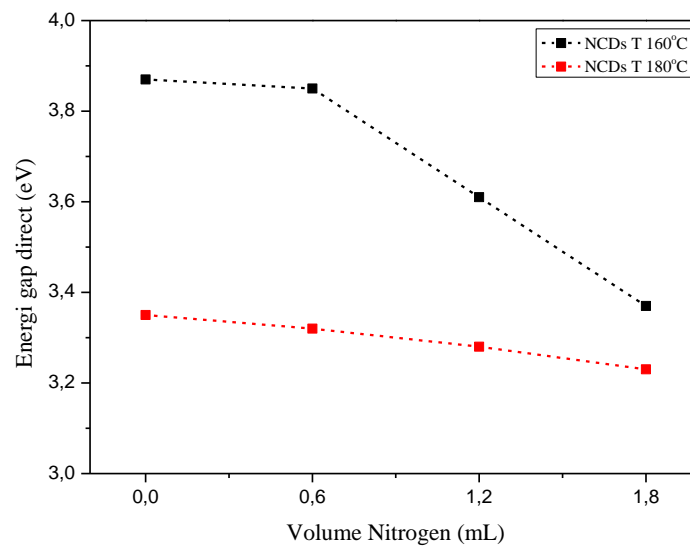
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara $h\nu$ dengan $(\alpha h\nu)^2$ sampel (a) CDs 160 (b) CDs 160- 0,6 (c) CDs 160-1,2 (d) CDs 160-1,8 (e) CDs 180 (f) CDS 180- 0,6 (g) CDS 180-1,2 (h) CDs 180-1,8.

Gambar 4.3 menunjukkan grafik energi gap *direct* sampel CDs dan NCDs alga hijau. Garis merah pada gambar merupakan garis ekstrapolasi yang menunjukkan nilai energi gap saat garis ditarik menuju sumbu x. Nilai energi gap CDs dan NCDs dari alga hijau ditampilkan dalam tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Energi Gap *Direct* CDs dan NCDs Alga Hijau.

Nama Sampel	Energi Gap <i>Direct</i> (eV cm^{-1})
CDs 160	3,87
NCDs 160-0,6	3,85
NCDs 160-1,2	3,61
NCDs 160-1,8	3,37
CDs 180	3,35
NCDs 180-0,6	3,32
NCDs 180-1,2	3,28
NCDs 180-1,8	3,23

Dari tabel 4.2, dibuatkan plot grafik nilai energi gap yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Energi Gap Direct NCDs Alga Hijau.

Berdasarkan grafil 4.4, nilai energi gap direct tertinggi ditunjukkan oleh sampel CDs 160 yaitu 3,87 eV dan nilai energi gap direct terendah ditunjukkan oleh sampel NCDs 180-1,8 yaitu 3,23 eV.

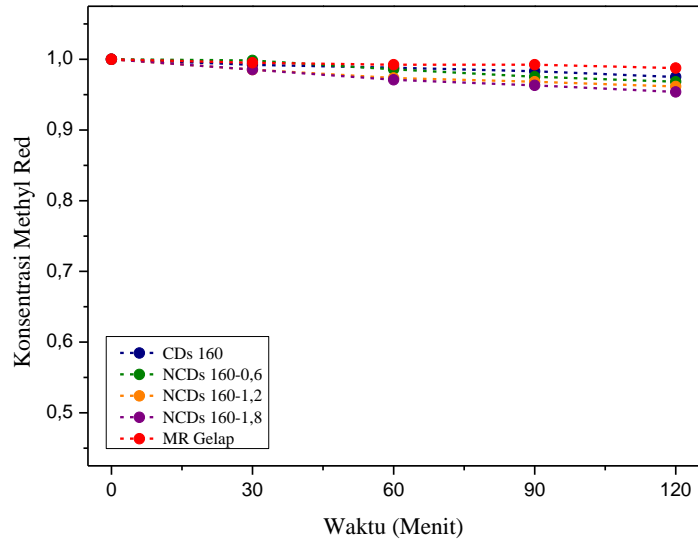
4.1.4 Aktivitas Fotokatalis

Pengujian aktivitas fotokatalis dilakukan untuk mengamati degradasi *methyl red* oleh sampel CDs dan NCDs dari alga hijau. Pengujian aktivitas fotokatalis dilakukan di Ruang Gelap Laboratorium Optik Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang menggunakan reaktor fotokatalis dengan luas 0,16 m² dan lampu UV 195 nm sebagai sumber cahaya-nya. Larutan *methyl red* dicampurkan dengan larutan CDs dan NCDs kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer *Visible* yang nilainya kemudian digunakan untuk mengetahui efisiensi fotodegradasinya. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi, yaitu dalam kondisi gelap dan dalam kondisi terang. Nilai konsentrasi *methyl red* oleh CDs dan NCDs alga hijau pada kondisi gelap ditampilkan dalam tabel 4.3.

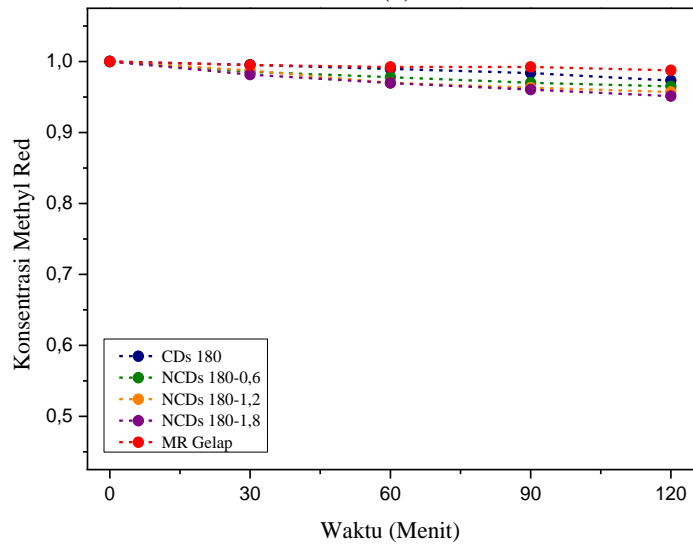
Tabel 4.3. Hasil konsentrasi *methyl red* pada kondisi Gelap

Nama Sampel	Konsentrasi <i>methyl red</i>				
	0 menit	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit
<i>Methyl red</i> gelap	1	0,995	0,992	0,992	0,987
CDs 160°C	1	0,992	0,988	0,983	0,975
CDs 160°C-0,6 mL	1	0,998	0,986	0,975	0,971
CDs 160°C-1,2 mL	1	0,985	0,973	0,968	0,961
CDs 160°C-1,8 mL	1	0,985	0,971	0,963	0,954
CDs 180°C	1	0,995	0,991	0,983	0,973
CDs 180°C-0,6 mL	1	0,985	0,978	0,971	0,965
CDs 180°C-1,2 mL	1	0,987	0,971	0,963	0,957
CDs 180°C-1,8 mL	1	0,981	0,971	0,961	0,951

Dari tabel 4.3, dibuatkan plot grafik hubungan antara konsentrasi *methyl red* terhadap waktu degradasi yang ditunjukkan pada gambar 4.5.



(a)



(b)

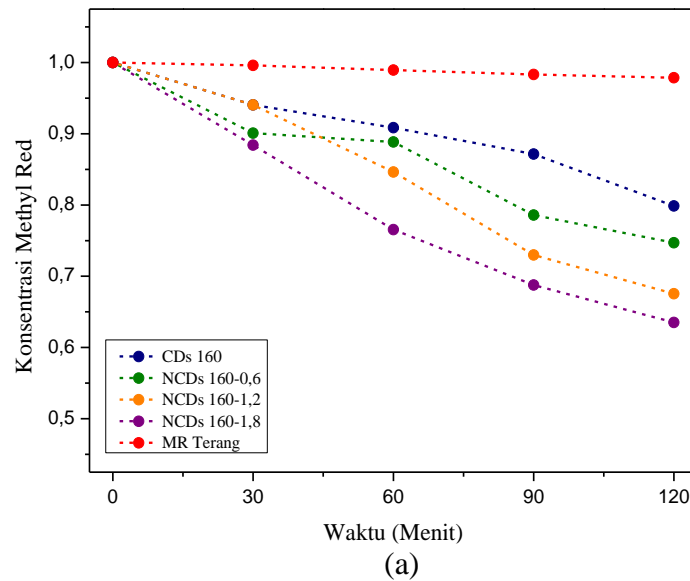
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara konsentrasi methyl red terhadap waktu degradasi pada kondisi gelap (a) Suhu 160°C (b) Suhu 180°C.

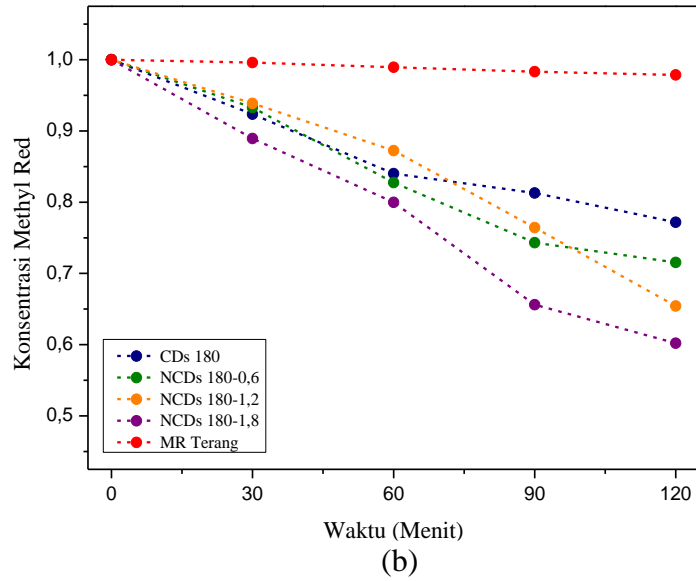
Dari gambar 4.5, diketahui bahwa penurunan konsentrasi yang dihasilkan pada kondisi gelap kurang signifikan. Nilai konsentrasi *methyl red* oleh CDs dan NCDs alga hijau pada kondisi terang ditampilkan dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil konsentrasi *methyl red* pada kondisi Terang

Nama Sampel	Konsentrasi <i>methyl red</i>				
	0 menit	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit
<i>Methyl red</i> Terang	1	0,99605	0,98948	0,98323	0,97863
CDs 160°C	1	0,94042	0,90854	0,87150	0,79870
CDs 160°C-0,6 mL	1	0,90099	0,88853	0,78587	0,74693
CDs 160°C-1,2 mL	1	0,94042	0,84637	0,72979	0,67552
CDs 160°C-1,8 mL	1	0,88403	0,76549	0,68766	0,63496
CDs 180°C	1	0,92361	0,84007	0,81303	0,77184
CDs 180°C-0,6 mL	1	0,93273	0,82733	0,74307	0,71536
CDs 180°C-1,2 mL	1	0,93867	0,87249	0,76441	0,65431
CDs 180°C-1,8 mL	1	0,88932	0,79977	0,65610	0,60211

Dari tabel 4.4, dibuatkan plot grafik hubungan antara konsentrasi *methyl red* terhadap waktu degradasi yang ditunjukkan pada gambar 4.6.





Gambar 4.6. Grafik hubungan antara konsentrasi methyl red terhadap waktu degradasi pada kondisi terang (a) Suhu 160°C (b) Suhu 180°C.

Dari data konsentrasi *methyl red* oleh CDs dan NCDs alga hijau, diindikasikan bahwa konsentrasi *methyl red* menurun seiring dengan waktu degradasi. Penurunan konsentrasi pada kondisi terang lebih signifikan dibandingkan dengan penurunan konsentrasi pada kondisi gelap. Konsentrasi *methyl red* terendah ditunjukkan pada sampel NCDs 180-1,8.

Nilai efisiensi fotodegradasi *methyl red* oleh CDs dan NCDs alga hijau dihitung menggunakan persamaan 4.3:

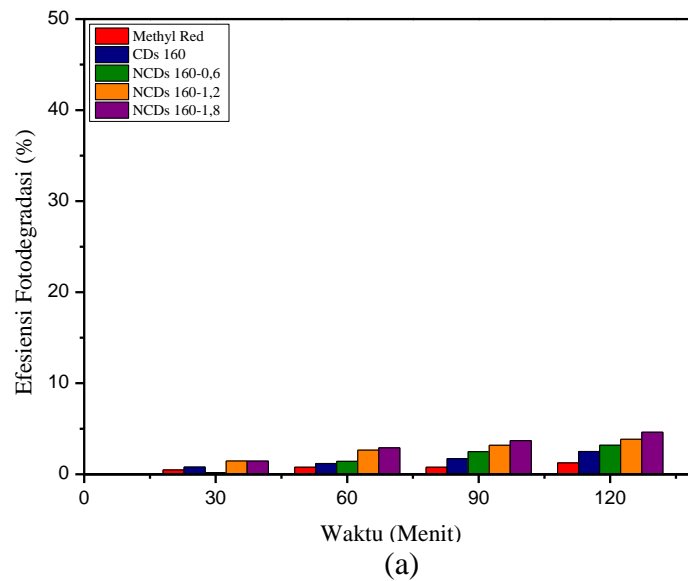
$$\eta(\%) = \frac{(C_o - C_t)}{C_o} \times 100\% \quad \dots (4.3)$$

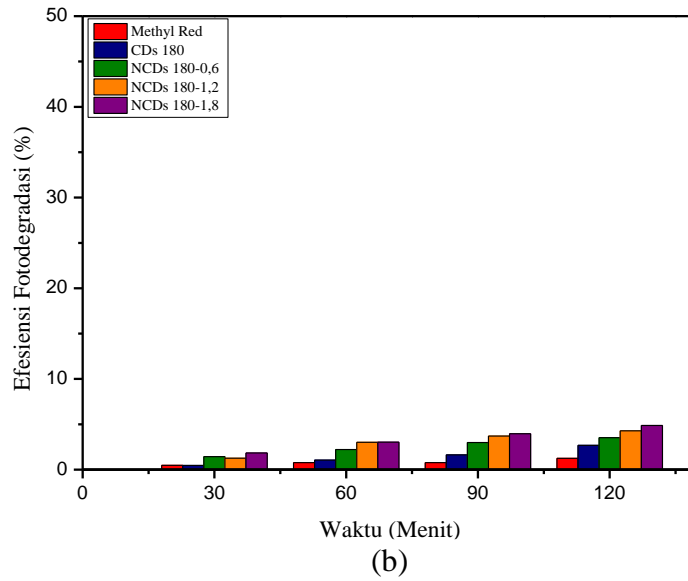
dengan η adalah efisiensi, C_o adalah konsentrasi awal sebelum diuji aktivitas fotokatalis dan C_t adalah konsentrasi akhir setelah diuji aktivitas fotokatalis. Nilai efisiensi fotodegradasi *methyl red* oleh CDs dan NCDs alga hijau pada kondisi gelap ditampilkan dalam tabel 4.4.

Tabel 4.5. Hasil perhitungan Efisiensi fotodegradasi *methyl red* pada kondisi gelap

Nama Sampel	Efisiensi Fotodegradasi (%)				
	0 menit	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit
<i>Methyl red</i> gelap	0	0,48	0,767	0,767	1,247
CDs 160°C	0	0,787	1,181	1,706	2,493
CDs 160°C-0,6 mL	0	0,177	1,416	2,478	3,186
CDs 160°C-1,2 mL	0	1,457	2,649	3,178	3,841
CDs 160°C-1,8 mL	0	1,449	2,898	3,689	4,611
CDs 180°C	0	0,467	1,050	1,633	2,683
CDs 180°C-0,6 mL	0	1,432	2,213	2,995	3,515
CDs 180°C-1,2 mL	0	1,265	3,018	3,700	4,284
CDs 180°C-1,8 mL	0	1,844	3,030	3,952	4,874

Dari tabel 4.5, dibuatkan plot grafik hubungan antara konsentrasi *methyl red* terhadap waktu degradasi yang ditunjukkan pada gambar 4.7.





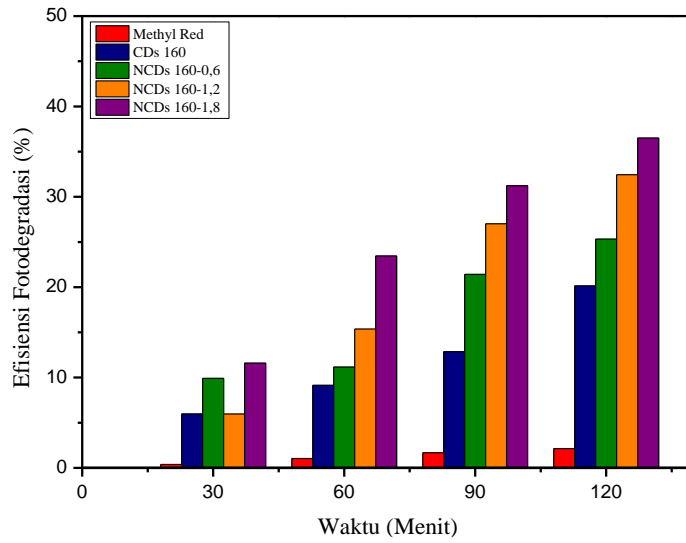
Gambar 4.7. Grafik hubungan antara efisiensi fotodegradasi terhadap waktu degradasi pada kondisi gelap (a) Suhu 160°C (b) Suhu 180°C.

Nilai efisiensi fotodegradasi *methyl red* oleh CDs dan NCDs alga hijau pada kondisi terang ditampilkan dalam tabel 4.6.

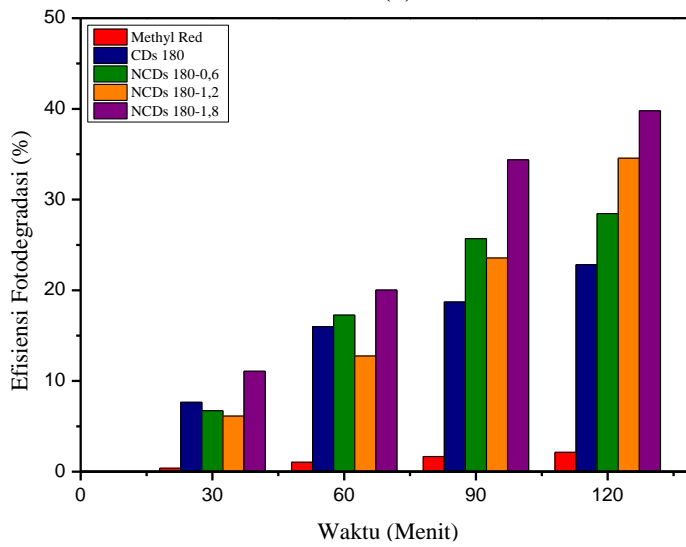
Tabel 4.6. Hasil perhitungan Efisiensi fotodegradasi *methyl red* pada kondisi terang.

Nama Sampel	Efisiensi Fotodegradasi (%)				
	0 menit	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit
<i>Methyl red</i> gelap	0	0,48	0,767	0,767	1,247
<i>Methyl red</i> Terang	0	0,38	1,045	1,672	2,135
CDs 160°C	0	5,960	9,139	12,848	20,132
CDs 160°C-0,6 mL	0	9,912	11,150	21,416	25,310
CDs 160°C-1,2 mL	0	5,960	15,364	27,020	32,450
CDs 160°C-1,8 mL	0	11,594	23,452	31,225	36,495
CDs 180°C	0	7,647	16,000	18,706	22,824
CDs 180°C-0,6 mL	0	6,719	17,260	25,692	28,458
CDs 180°C-1,2 mL	0	6,134	12,756	23,564	34,567
CDs 180°C-1,8 mL	0	11,067	20,026	34,387	39,789

Dari tabel 4.6, dibuatkan plot grafik hubungan antara konsentrasi *methyl red* terhadap waktu degradasi yang ditunjukkan pada gambar 4.8.



(a)



(b)

Gambar 4.8. Grafik hubungan antara efisiensi fotodegradasi terhadap waktu degradasi pada kondisi terang (a) Suhu 160°C (b) Suhu 180°C.

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa efisiensi fotodegradasi *methyl red* pada kondisi gelap dan terang tanpa ditambahkan CDs dan NCDs alga hijau sangat kecil dengan nilai dibawah 5%. Hal ini menunjukkan bahwa sinar UV saja tidak dapat mendegradasi *methyl red* dengan cukup baik jika dibandingkan dengan nilai efisiensi fotodegradasi *methyl red* setelah ditambahkan CDs dan NCDs alga hijau yang menunjukkan nilai diatas 10%. Nilai efisiensi tertinggi terdapat pada sampel NCDs 180-1,8 yaitu 39%.

4.1. Pembahasan

Alga hijau merupakan salah satu organisme tingkat rendah yang keberadaannya sangat melimpah dan belum dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Alga hijau memiliki kadar abu yang rendah berkisar 14,71-16,86% dengan kadar selulosa yang tinggi berkisar 30-50% yang berpotensi sebagai bahan dalam pembuatan CDs. Pembuatan CDs pada penelitian ini dilakukan dengan variasi doping nitrogen pada suhu 160° dan 180°C.

Hasil karakterisasi pada spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* menunjukkan bahwa CDs dari alga hijau memiliki gugus fungsi yaitu O-H, C≡C, C=O, C-N, C-O dan gugus fungsi C=C sesuai dengan gugus fungsi CDs yang dijelaskan oleh Emami, dkk. (2021). Doping nitrogen menyebabkan munculnya gugus fungsi C-N pada sampel NCDs sesuai dengan yang dijelaskan oleh Shen, dkk. (2017) yaitu pembentukan CDs yang didoping nitrogen dianggap berhasil dengan adanya C-N dalam struktur CDs. Gugus fungsi C=O pada suhu 180°C memiliki puncak serapan lebih tajam bila dibandingkan dengan puncak serapan pada suhu 160°C yang menyatakan bahwa semakin lama waktu sintesis maka semakin banyak juga partikel carbon yang terbentuk. Serapan gugus fungsi C-N semakin tajam dengan meningkatnya volume nitrogen yang digunakan pada sampel NCDs. Gugus fungsi O-H pada setiap sampel yang mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil (Li, dkk. 2013). Keberadaan gugus C=O, C-O dan C=C yang merupakan karakteristik dari CDs menyatakan bahwa partikel CDs telah terbentuk melalui proses hidrotermal (Puvvada, dkk. 2012).

Salah satu karakteristik CDs yaitu memiliki sifat *photoluminance* ketika disinari dengan sinar UV disekitar panjang gelombang 330-460 nm (Roy, dkk.

2015). Hasil karakterisasi UV Light pada sampel CDs dan NCDs menunjukkan pendaran yang hampir sama yaitu biru terang. Doping nitrogen pada penelitian ini tidak menunjukkan adanya perubahan warna pada saat disinari lampu UV. Pendaran yang terjadi disebabkan oleh atom dan molekul yang elektronnya bereksitasi dari pita valensi setelah disinari dengan energi yang cukup (Yoo, dkk. 2019). Hasil karakterisasi UV-Vis menunjukkan bahwa semua sampel memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 260-280 nm yang dikaitkan dengan transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan C=C aromatik yang berasal dari inti CDs (Vadivel, dkk. 2016). Sampel NCDs 160-1,8, NCDs 180-0,6 dan NCDs 180-1,8 juga memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 328-332 nm yang dikaitkan dengan $n-\pi^*$ dari ikatan C=O yang berasal dari permukaan CDs (Vadivel, dkk. 2016). Perbedaan panjang gelombang serapan dapat diindikasikan karena adanya perbedaan gugus molekul yang terkandung di dalam sampel CDs.

Besarnya energi gap dapat diperoleh dari panjang gelombang pemotongan spektrum absorbansi CDs, grafik spektrum absorbansi berdasarkan besar energi gap ditunjukkan pada gambar 4.3. Nilai band gap yang dihasilkan pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Savafi, dkk. (2012) yang memperoleh nilai band gap sebesar 3,7 eV dan Li, dkk. (2012) yang memperoleh nilai band gap CDs pada rentang 1,5-3,5 eV. Berdasarkan perhitungan nilai energi gap-nya, sampel CDs dan NCDs menunjukkan bahwa temperatur hidrotermal dan penambahan nitrogen berbanding terbalik dengan nilai energi gap. Semakin besar temperatur dan semakin banyak volume nitrogen yang ditambahkan maka nilai energi gap-nya akan semakin kecil. Nilai energi gap yang kecil memungkinkan elektron untuk lebih mudah tereksitasi dari pita valensi menuju ke pita konduksi. Perhitungan nilai

energi gap juga menunjukkan bahwa sampel CDs dan NCDs alga hijau tergolong dalam material semikonduktor, sehingga sampel CDs dan NCDs dari alga hijau dapat digunakan sebagai material fotokatalis untuk mendegradasi *methyl red* (Koe, dkk. 2020).

Fotodegradasi merupakan proses degradasi limbah berbahaya yang dapat mengancam ekosistem menjadi limbah ramah lingkungan dengan bantuan cahaya dan katalis berupa bahan semikonduktor. Berdasarkan analisis dan sifat optik yang ditunjukkan, maka CDs dalam ranah aplikatif merupakan salah satu material semikonduktor yang berpotensi digunakan sebagai katalisator. Dalam penelitian ini CDs sebagai katalisator dilarutkan ke dalam larutan *methyl red* dengan perbandingan 2:3. *Methyl red* merupakan senyawa organik yang memiliki rumus kimia $C_{15}H_{15}N_3O_2$, digunakan sebagai pewarna dalam tekstil, kertas, kulit, keramik, kosmetik, tinta dan makanan (Mamud, dkk. 2009). *Methyl red* sangat beracun bagi makhluk hidup karena dalam limbah cair ini sangat susah diuraikan karena stabil terhadap cahaya, temperatur dan oksidasi.

Nilai perbandingan konsentrasi akhir dan awal menunjukkan bahwa semakin lama waktu degradasi, konsentrasi *methyl red* akan semakin menurun. Pada kondisi gelap maupun terang, penurunan konsentrasi lebih baik ketika ditambahkan dengan katalis. Pada kondisi terang, penurunan konsentrasi lebih signifikan bila dibandingkan dengan kondisi gelap. Efisiensi fotodegradasi CDs dan NCDs pada *methyl red* menunjukkan bahwa persen degradasi meningkat seiring dengan peningkatan waktu penyinaran yang digunakan. Penyinaran waktu optimum ini adalah 120 menit berlaku untuk semua sampel. Nilai persen degradasi *methyl red* tanpa adanya katalis pada kondisi gelap paling maksimal sebesar 1,65%,

berbeda dengan perlakuan pada kondisi terang tanpa katalis memiliki nilai degradasi sebesar 2,13%. Adanya penambahan katalis CDs dan NCDs dapat meningkatkan persen degradasi *methyl red* secara maksimal. Untuk CDs tanpa doping mencapai nilai persen degradasi sebesar 22,824% untuk sampel CDs 180. Setelah ditambah doping nitrogen, persen degradasi sampel menunjukkan nilai yang semakin meningkat seiring dengan banyaknya penambahan nitrogen hingga mencapai nilai sebesar 39,789% untuk sampel NCDs 180-1,8. Hal ini menunjukkan NCDs memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan CDs karena CDs dengan doping nitrogen memiliki band gap yang lebih kecil. Dengan kecilnya band gap maka efisiensi NCDs juga lebih kecil sehingga elektron akan lebih mudah tereksitasi dan menghasilkan radikal hidroksil yang lebih banyak. Radikal hidroksil inilah yang digunakan sebagai oksidator senyawa *methyl red* menjadi zat yang tidak berbahaya.

Dalam proses fotokatalis memanfaatkan cahaya sebagai sumber pemicu terjadinya reaksi dan katalis semikonduktor berupa CDs bahan alam yang ramah lingkungan. Allah telah menciptakan segala sesuatu dari langit dan bumi dengan banyak hikmah yang sesuai dengan surah Al-Imron ayat 190-191 yang menyatakan bahwa segala ciptaan Allah tak ada yang tidak memiliki manfaat yang berbunyi :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ۝ ١٩٠
الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا
سُبْحَانَكَ قَبْلًا عَذَابَ النَّارِ ۝ ١٩١

Artinya:

Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal (190), (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi

(seraya berkata), "Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka (191). (Q.S. Al- Imron 190-191).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa tidak ada segala sesuatu yang Allah ciptakan yang tidak berarti dan sia-sia, bahkan semua ciptaan-Nya adalah hak, yang mengandung hikmah-hikmah yang agung dan maslahat. Walau demikian, manusia masih tidak mensyukuri dengan merusak dan mencemari lingkungan tanpa memperdulikan dampak negatif yang ditimbulkan. Pada pembuatan fotokatalis, peneliti memanfaatkan alga hijau sebagai katalis untuk mendegradasi limbah berbahaya bagi lingkungan menjadi limbah yang ramah lingkungan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini ialah:

1. Gugus fungsi yang terdapat pada sampel CDs Alga hijau ialah O-H, $C\equiv C$, C=O, C-O dan C=C, sedangkan untuk sampel NCDs ada penambahan gugus fungsi C-N pada bilangan gelombang 1300-1400 cm^{-1} . Serapan absorpsi CDs dan NCDs terdapat pada panjang gelombang 260-280 nm dikaitkan dengan transisi $\pi-\pi^*$ dari ikatan C=C dan panjang gelombang 328-332 nm dikaitkan dengan $n-\pi^*$ dari ikatan C=O. Nilai *band gap* semakin menurun seiring dengan semakin banyaknya doping nitrogen, dengan nilai terendah terdapat pada sampel NCDs 180-1,8 sebesar 3,23 eV.
2. CDs dan CDs dari alga hijau berhasil mendegradasi *methyl red*. Degradasi tertinggi pada penelitian ini terdapat pada sampel NCDs 180-1,8 dengan presentasi degradasi mencapai 39%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjut dengan memvariasikan jenis doping agar mendapat hasil degradasi yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin, K. 2010. Karakterisasi Nanomaterial Teori, Penerapan, dan Pengolahan Data. Bandung: CV Rezeki Putera.
- Aji, Mahardika P; Pradibta A. Wiguna; Siti A. Suciningtyas; Susanto; Nita Rosita; Sulhadi. 2016. Carbon Nanodots from Frying Oil as Catalyst for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Assisted Solar Irradiation. *American Journal of Applied Sciences*. 13(4). Hal 432-438.
- Atchudan, Raji; Jebakumar E. Edison; Thomas Nesakumar; Mani Shanmugam; Suguna Perumal; Thirunavukkarasu Somanathan; Yong Rok Lee. 2021. Sustainable synthesis of carbon quantum dots from banana peel waste using hydrothermal process for in vivo bioimaging. *Physical E: Low dimensional System and Nanostructure*. 126. 114417.
- Baig, Mirza M Fahad; Yu Chie Chen. 2017. Bright Carbon Dots as Fluorescence Sensing Agents for Bacteria and Curcumin. *Journal of Colloid and Interface Science*. 501. 341-349.
- Baker, Sheila N; Gary A Baker. 2010. Luminescent Carbon Nanodots. *Emergent Nanolights*. 49(38). Hal 6726-6744.
- Chauan, Ruby; Ashavani Kumar; Ram Pal Chaudhary. 2012. Structure and photocatalytic studies of n doped TiO₂ nanoparticles. 98.
- Chen, Yu-Cheng; Cheng-Yung Nien; Karunya Albert; Cheng-Che Wen; You-Zung Hsieh; Hsin-Yun Hsu. 2016. Pseudo-Multicolor Carbon Dots Emission and the Dilution-Induced Reversible Fluorescence Shift. *RSC Advances*.
- Duo, Fangfang; Yawen Wang; Caimei Fan; Xiaochao Zhang; Yunfang Wang. 2016. Enhanced visible light photocatalytic activity and stability of CQDs/BiOBr Composites: The upconversion effect of CQDs. *Journal of Alloys and Compounds*. 685. Hal 34-41.
- Edison, Thomas N. J. Immanuel; Raji Atchudan; Jae-Jin Shim; Senthilkumar Kalimuthu; Byeong-Cheol Ahn; Yong Rok Lee. 2016. Turn-off fluorescence sensor for the detection of ferric ion in water using green synthesized N-doped carbon dots and its bio-imaging. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*.
- Emami, Elham; Mohammad H. Mousazadeh. 2021. Green synthesis of carbon dots for ultrasensitive detection of Cu²⁺ and oxalate with turn on-off-on in aqueous medium and its application in cellular imaging. *Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry*. 418. 113443

- Fauza, Anna Niska; Mardiyati; Steven. 2019. Pembuatan Karakterisasi Separator Baterai Berbahan Selulosa Alga Cladophora. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*. Vol 9. No 2. Hal 69-76.
- Jiang, Jie; He, Yi; Li, Shiyuan; Cui, Hua. 2012. Amino Acids as the Source for Producing Carbon nanodots: Microwave Assisted One-Step Synthesis, Intrinsic Photoluminescence Property and Intense Chemiluminescence Enhancement. *Chemical Communications*.48(77). 9634-9635.
- Kang, Zhenhui; Liu, Yang; Gao, Jin; Zhu, Mengmeng. 2017. Carbon Dots for Environmental and Energy Applications: Advances, Challenges and Promises. *Inorganic Chemistry Frontiers*.
- Koe, W. Shin; Woon C. Chong; Yean L. Pang; Chai H. Koo; Amoudi Ebrahim; Abdul W. Mohammad. 2020. Novel nitrogen and sulphur co-doped carbon quantum dots/titanium oxide photocatalytic membrane for in-situ degradation and removal of pharmaceutical compound. *Journal of Water Process Engineering*. 33. 2214-7144.
- Koutsoganis, Panagiotis; Eleni Tomou; Aralambos Stamatis; Dimitrios Gournis; Petra Rudolf. 2020. Advances in fluorescent carbon dots for biomedical applications. *Advances in Physics*:X. 5(1), 175892.
- Li, L., Liu, D. Shi, A., & You, T. 2019. Simultaneous stripping determination of cadmium and lead ions based on the N-doped carbon quantum dots-graphene oxide hybrid. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 255, 1762-1770.
- Lin, Luxiu; Yuehai Li; Fengjiao Liu; Cai Jiabai; Xuguang Huang; Ye Lin; Hui Yang; Shunxing Li. 2019. Nitrogen and Sulfur co-doped carbon dots synthesis via one step hydrothermal carbonization of green alga and their multifunctional applications. *Microchemical Journal*.
- Liu, Haipeng., Tao Ye., Chengde Mao. 2007. Fluorescent Carbon Nanoparticles Derived from Candle Soot. *Angewandte Chemie*. 119(34). Hal 6593-6595.
- Liu, Weijinan; Chun Li; Yanjing Ren; Wei Pann; Xiaobo Sun. 2016. Carbon Dots; Surface engineering and applications. *Journal Material Chemical*.4(35) 5772-5788.
- Liu, Yingshuai; Yanan Zha.; Yuanyuan Zhang. 2014. One-Step Green Synthesized Fluorescent Carbon Nanodots from Bamboo Leaves for Copper(II) Ion Detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 196. 647-652.
- Lu, Wenbo; Xiaoyun Qin; Sen Liu; Guohui Chang; Yingwei Zhang; Yongla Luo; Abdullah M. Asiri; Abdurahman O. Al-Youbi; Xuping Sun. 2012. Economical, Green Synthesis of Fluorescent Carbon Nanoparticle and Their Use as Probe for Sensitive and Selective Detection of Mercury (II) Ions. *Analytical Chemistry*, 84(12), 5351-5357.

- Luo, Z.; Lu, Y.; Somers, L.A.; Johnson, A.T.C. High yield preparation of macroscopic graphene oxide membranes. *J. Am. Chem. Soc.* 2009, 131, 898–899.
- Mehta, Vaibhavkumar N; Sanjay Jay; Hirakendu Basu; Sures Kumar Kailasa. 2015. One-Step Hydrothermal Approach to Fabricate Carbon Dots from Apple Juice for Imaging of Mycobacterium and Fungal Cells. *Sensors and Actuators B: Chemical.* 213. 434-443.
- Mendes, G. D. Silva; Angelica R. Soares; Fernanda O. Martins; Maria C. M. De Albuquerque; Sonia S. Costa; Yocie Y. Valentin; Lisia M. D. S. Gestinari; Norma Santos; Maria T. V. Ramanos. 2010. Antiviral Activity of the green marine alga *Ulva fasciata* on the replication on human metapneumovirus. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo.* 52 (1). 03-10.
- Meng, Weixue; Xue Bai; Boyang Wang; Zhongyi Liu; Siyu Lu; Bai Yang. 2019. Biomass-Derived Carbon Dots and Their Application. *Energy & Environmental Materials.* 1-21.
- Namdari, Pooria; Babak Negadari; Ali Eatemadi. 2017. Synthesis, properties and biomedical applications of carbon-based quantum dots: An updated review. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* 87. 209-222.
- Papalia Saleh, Hairati Arfah. Produktivitas Biomassa Makroalga di Perairan Pulau Ambalau, Kabupaten Buru Selatan. Bogor: Fakultas Perikanan Ilmu Kelautan-IPB. Vol. 5 No 2, 2013.
- Park, Yoonsang; Yujin Kim; Heemin Chang; Sungyeon Won; Hyemin Kim; Woosung Kwon. 2020. Biocompatible nitrogen-doped carbon dots: Synthesis, Characterization and application. *Journal Of Material Chemistry B.*
- Patel, Ashish; Arti Panchal; Viral Patel; Akhil Nagar. 2015. FTIR Spectroscopic Method for Quantitative Analysis of Cilnidipine in tablet dosage form. *International Journal of Pharma Science and Researc.* Vol. 6 No. 7.
- Peng, Zhili; Xu Han; Shanghao Li; Abdulrahman O. Youbi; Abdulaziz S. Bashammakh; Mohammad S. El-Shahawi; Roger M. Leblanc. 2017. Carbon Dots: Biomacromolecule Interaction, Bioimaging and Nanomedicine. *Coordination Chemistry Review.*
- Prasanna, Adhimoorthy., Toyoko. 2013. One-Pot Synthesis of Fluorescent Carbon Dots from Orange Waste Peels. *Industrial & Engineering Chemistry.* 52(44). 15673-15678.
- Puvvada, Nagaprasad; B. N. Prashanth Kumar; Suraj Konar; Himani Kalita; Mahitosh Mandal; Amita Pathak. 2012. Synthesis of biocompatible multicolor

- luminescent carbon dots for bioimaging applications. *Science and Technology of Advanced Materials*. 13(4). 45008.
- Qu, Liangti; Zhipan Zhang; Chen Jing. 2012. Graphene Quantum Dots: an emerging material of enegy-related applications and beyond. *Energy & Environment Science*. 5(10), 8869.
- Rahmayanti, H. Dani; Mahardika P. A; Suhaldi. 2015. Sintesis Carbon Nanodots Sulfur (C-Dots Sulfur) dengan Metode Microwave. *Unnes Physics Journal*. 4(1).
- Roy, P., Chen, P. C., Periasamy, A. P., Chen, Y. N., & Chang, H. T. (2015). Photoluminescent carbon nanodots: Synthesis, physicochemical properties and analytical applications. *Materials Today*, 18(8), 447–458.
- Sawala, Shadi; Hala Azzam; Rasha Bin Ali; Hanan Dweikat; Kayana Anaya. 2021. Photodegradation of Methylene Blue by Carbon Nanodots Synthesized from Olive Solid Wastes. *Jordan International Chemical Engineering Conference*. 1141-1208.
- Selvam, K.; K. Swaminathan; Keon-Sang Chae. 2003. Decolourization of azo dyes and a dye industry effluent by a white rot fungus *Thelephora* sp. *Bioresource Thecnology*. 88(2), 115-119.
- Shi, Jing; Gang Ni; Jinchun Tu; Xiaoyong Jin; Juan Peng. 2017. Green synthesis of fluorescent carbon dots for sensitive detection of Fe^{2+} and hydrogen peroxide. *Journal of Nanoparticle Research*. 19(6). Hal 209.
- Shen, Jie; Shaoming Shang; Xiuying Chen; Dan Wang; Yan Cai. 2017. Highly fluorescent N, S-co-doped carbon dots and their potential applications as antioxidants and sensitive probe for Cr (VI) detection. *Sensors and Actuators B: Chemical*. 248. 92-100.
- Singh, A., Singh, V. K., Singh, U., dkk. 2019. One pot hydrothermal synthesis of fluorescent NP-carbon dots derived from *Dunaliella* *sallina* biomass and its application in On-Off sesing of Hg (II) Cr (VI) and live cell imaging. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 376, 65-73.
- Soltani, Nayereh; Elias Saion; Mohd Abedini; Alam; Parisa Vaziri. 2012. Visible Ligth-included Degradation of Methylene Blue in the Presence of Photocatalytic ZnS and CdS Nanoparticle. *International Journal of Molecular Science*. 13(12), 12242-12258.
- Tahir, Iqmal., Wijaya, Kama. 2004. *Pembuatan dan Uji Fotoaktivitas Komposit TiO₂-Bentonit Untuk Degradasi Senyawa Pewarna Metilen Biru*. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada. Jogjakarta.

- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji, and M.K. Moosa. 1997. The Ecology of the Indonesian Seas. Part Two. Singapore. Periplus.1387 hal.
- Tuerhong, Mhetaer; Yang Xu; Xue Bo Yin. 2017. Review on Carbon Dots and Their Application. *Chinese journal of Analytical Chemistry*. 45(1). 139-150.
- Vadivel, Ramanan., Senthil K. R., Raghupathy S., Rajkumar S., Perumal R. 2016. An Outright Green Sythesis Of Fluorescent Carbon Dots from Eutrophic Algal Blooms for In Vitro Imaging. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*.
- Vita, E. (2015). *Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol) yang Difabrikasi Menggunakan Teknik Electrospinning*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada .
- Wang, Chuanxi; Hanyue Yang; Feiren Chen; Le Yue; Zhenyu Wang; Baoshan Xing. 2021. Nitrogen-doped carbon dots increased light conversion and electron supply to improve the corn photosystem and yield. *Environmental Science & amp Technology*.
- Wang, Jing., Cai-Feng Wang., Su Chen. 2012. Amphiphilic Egg-Derived Carbon Dots: Rapid Plasma Fabrication, Pyrolysis Process and Multicolor Printing Patterns. *Angewandte Chemie*. 51(37).
- Wang, Li; Susan H Zhou. 2014. Green Synthesis of Luminescent Nitrogen-Doped Carbon Dots from Milk and Its Imaging Application. *Analytical Chemistry*. 86(18). 8902-8905.
- Wenli, Gao., Ma, Y., Zhou, Y., dkk. (2018). High photoluminescent nitrogen-doped carbon dots with unique double wavelength fluorescence emission for cell imaging. *Materials Letters*, 216 84-87.
- Xia, Jiexiang; Jun Di; Xiaoliu Chen; Mengxia Ji; Sheng Yin; Qi Zhang; Huaming Li. 2017. Tunable oxygen activation induced by oxygen defects in nitrogen doped carbon quantum dots for sustainable boosting photocatalysis. *Carbon*. 114. Hal 601-607.
- Zhang, Che; Yumei Xiao; Yongqiang Ma; Baoming Li, Zhidan
- Zhang, Z., Wenhui, S., & Peiyi. Highly photoluminescent carbon dots derived from egg white: facile and green synthesis, photoluminescence properties and multiple applications. *Article ASC Sustainable Chem Eng (2017)*. 1 : 29.
- Zhou, Yiqun; Elsayed M. Zahran; Bruno A. Quiroga; Jennifer Perez; Keenan J mintz; Zhili Peng; Piumi Y. Liyanage; Raja R. Pandey; Charles C. Chusuei; Roger M. Leblanc. 2019. Size-Dependent Photocatalytic Activity of Carbon Dots with Surface-State Determined Photoluminescence. *Applied Catalysis B: Environmental*.

Zhu, Chenghou., Jungfeng Zhai., Shaojun. 2012. Bifunctional fluorescent Carbon Nanodots: Green synthesis Via Soy Milk and Application as Metal-Free Electrocatalysts for Oxygen Reduction. *Chemical Communications*. 48(75). Hal 9367.

LAMPIRAN

Lampiran 1

GAMBAR



Alga Hijau air tawar



Alkohol 70%



Aquades



Ammonia p.a. 25%



Methyl Red



Blender



Oven



Neraca Digital



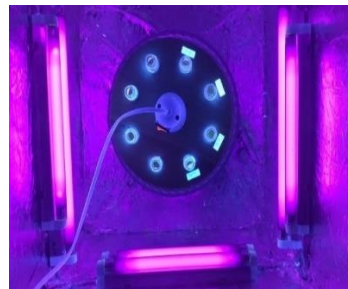
Seperangkat Alat Sentrifugasi



Kertas Saring 0,2 μ



UV-Light 395 nm



Reaktor Fotokatalis



Autoclave Hidrotermal

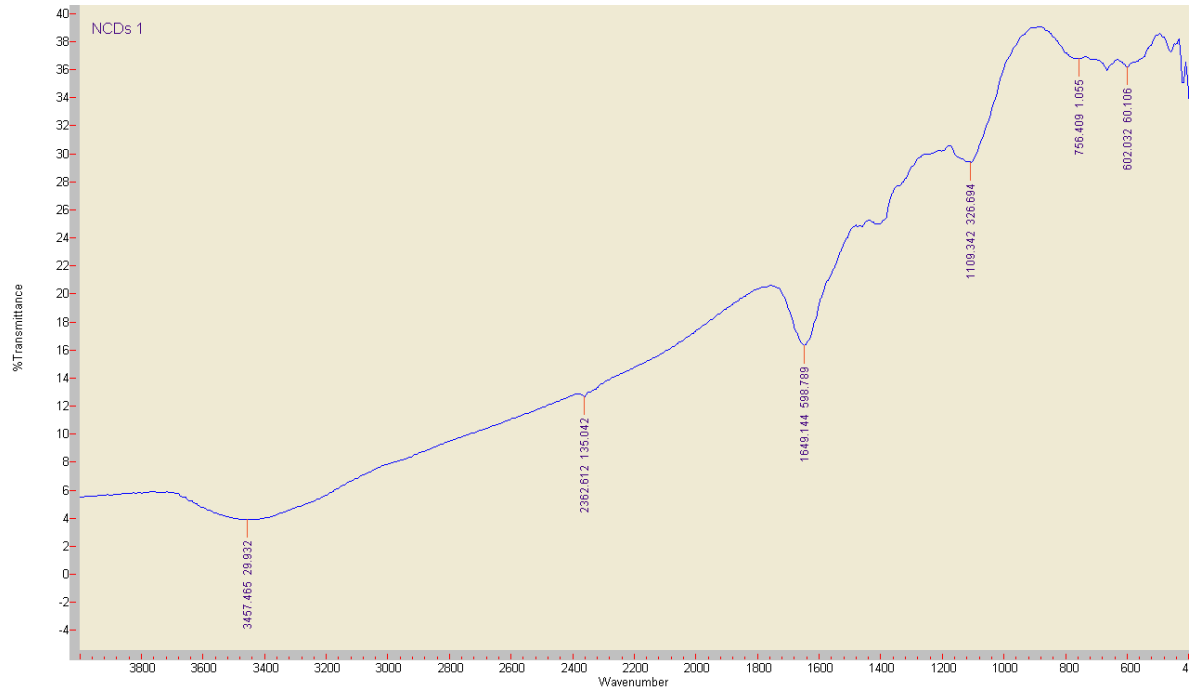


Labu Ukur

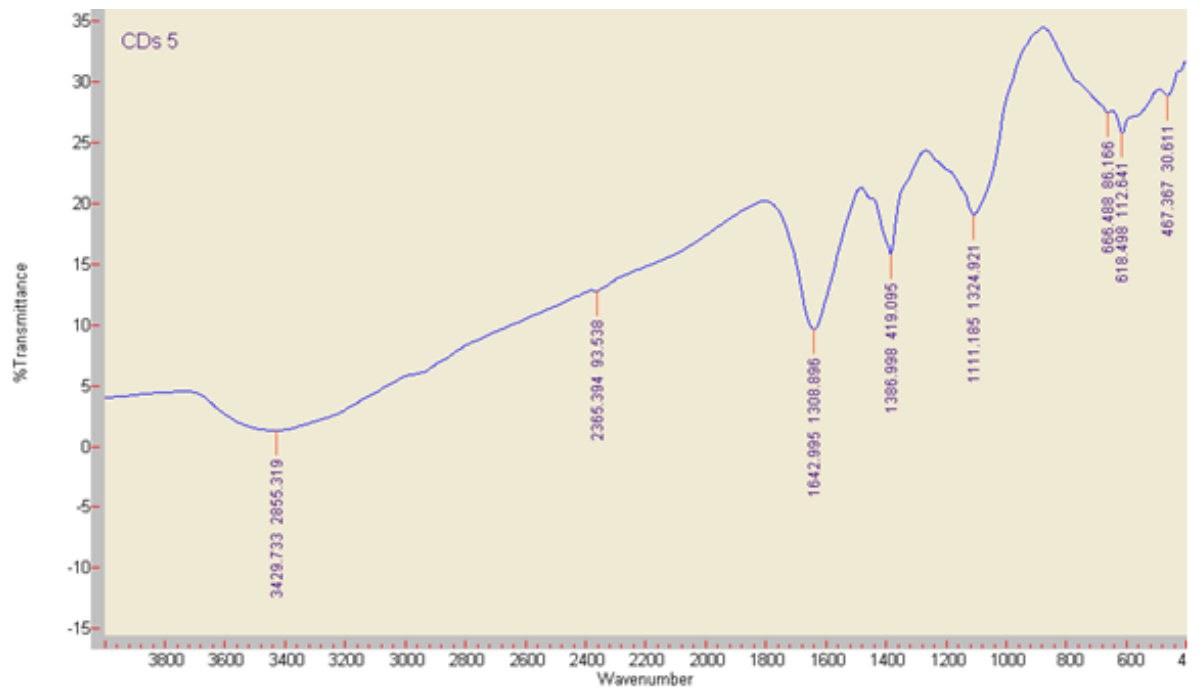
Lampiran 2

DATA FTIR

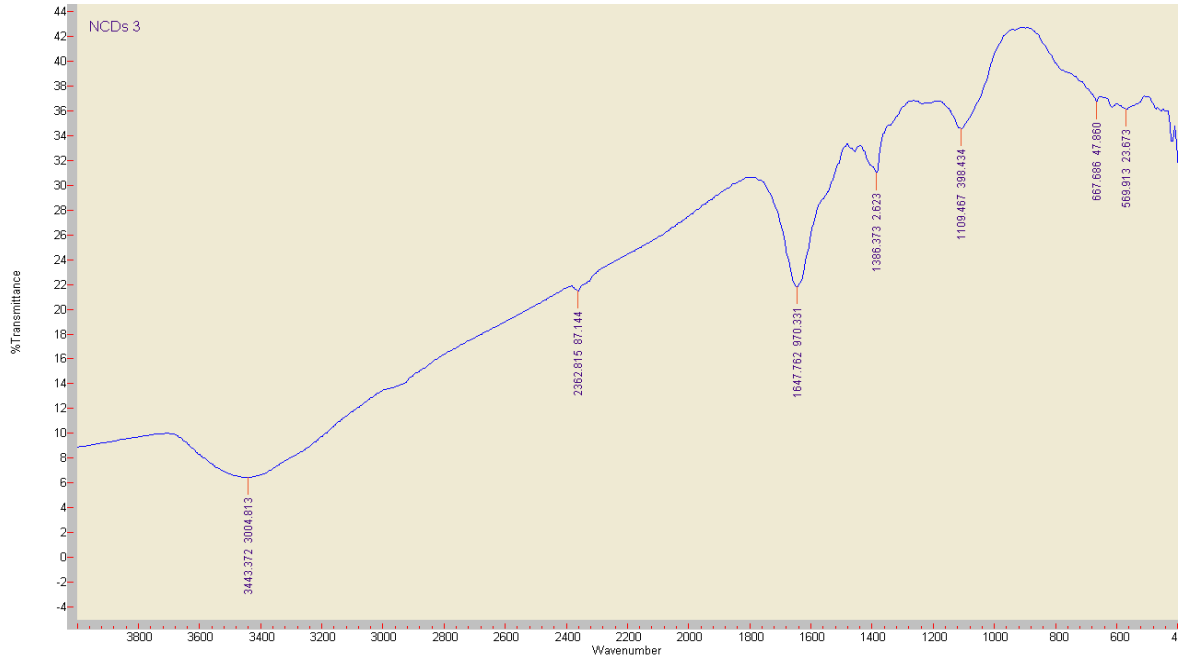
1. CDs 160



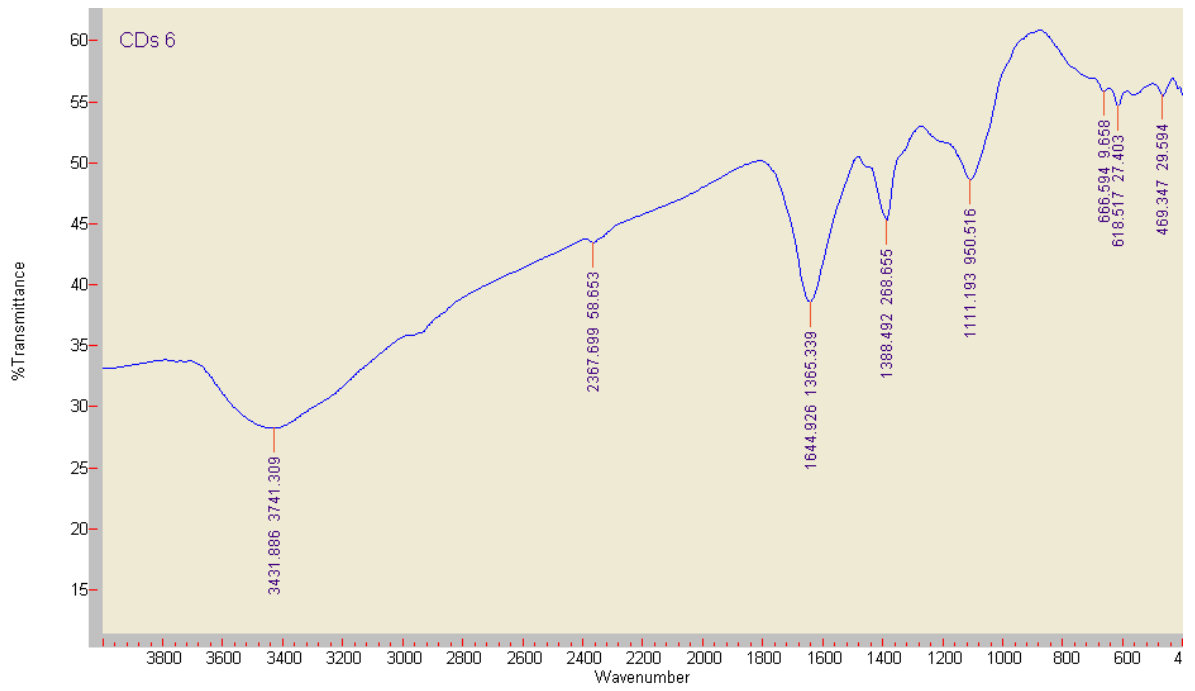
2. CDs 160-0,6



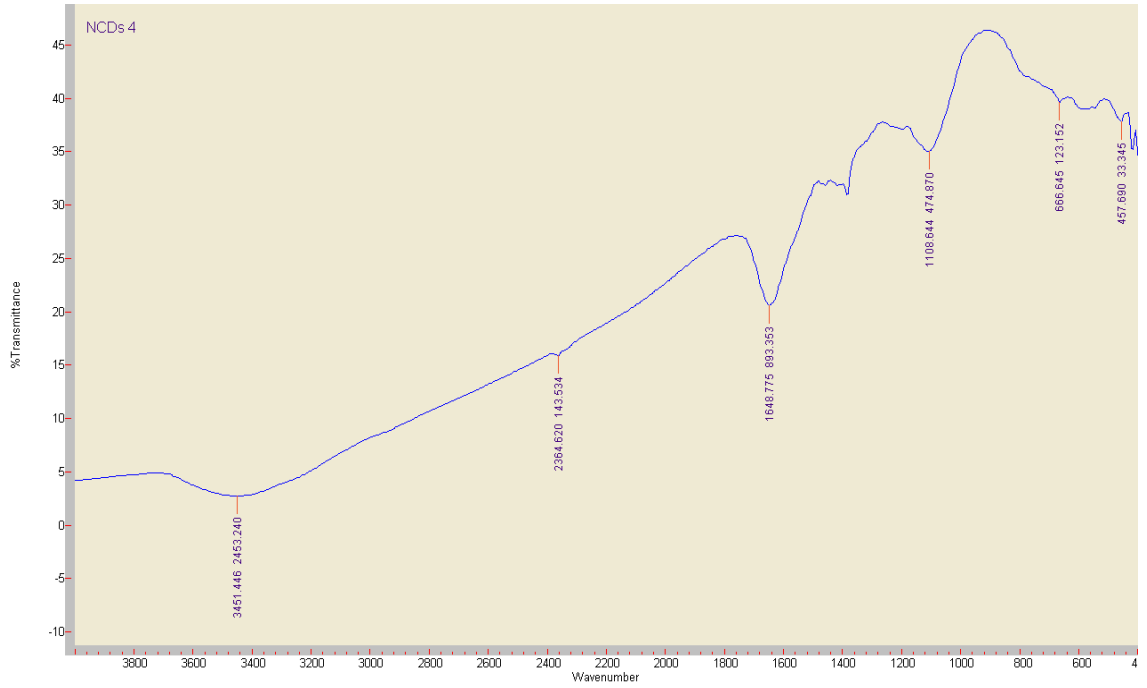
3. CDs 160-1,2



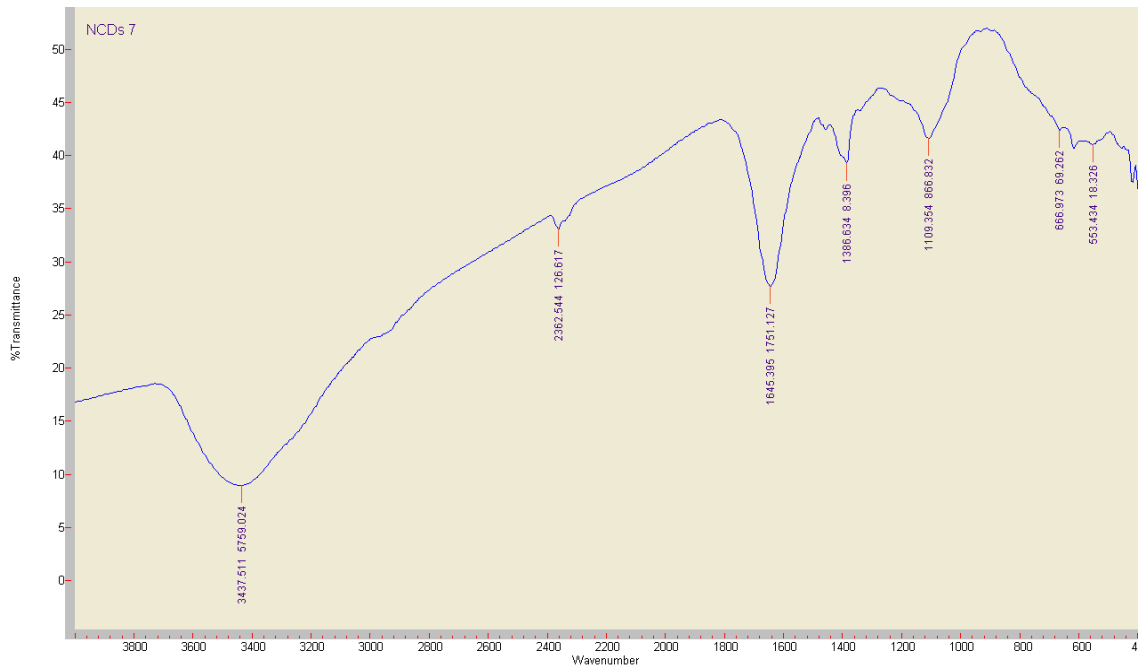
4. CDs 160-1,8



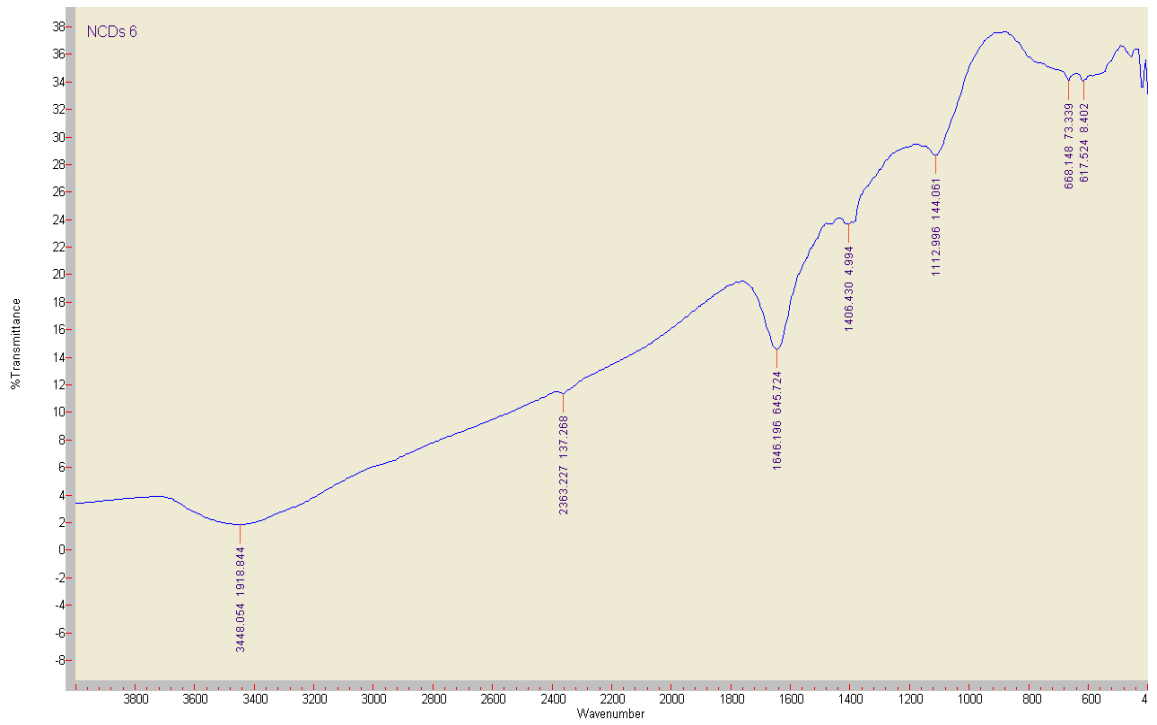
5. CDs 180



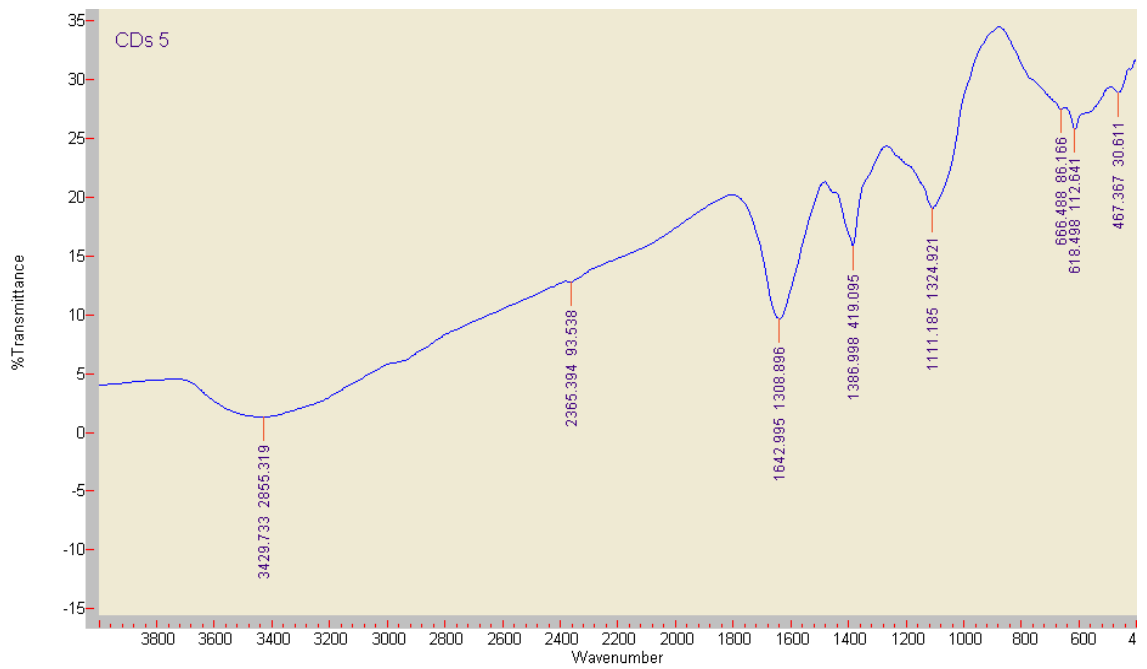
6. CDs 180-0,6



7. CDs 180-1,2



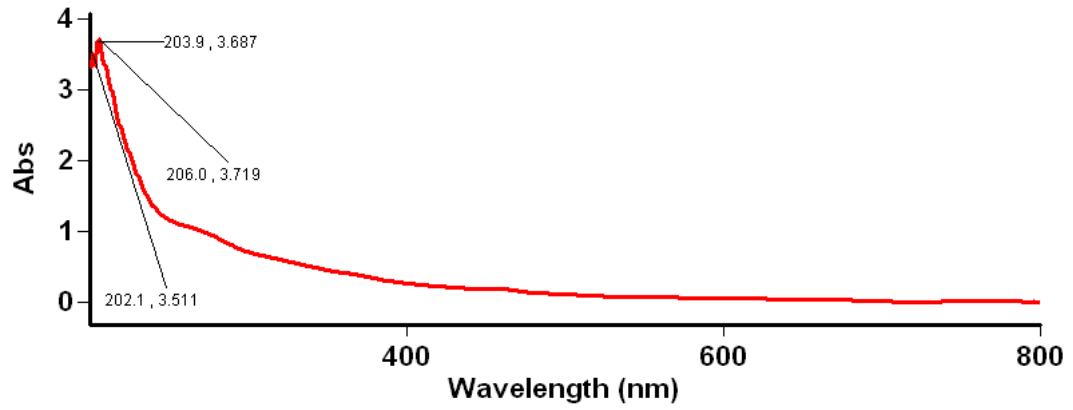
8. CDs 180-1,8



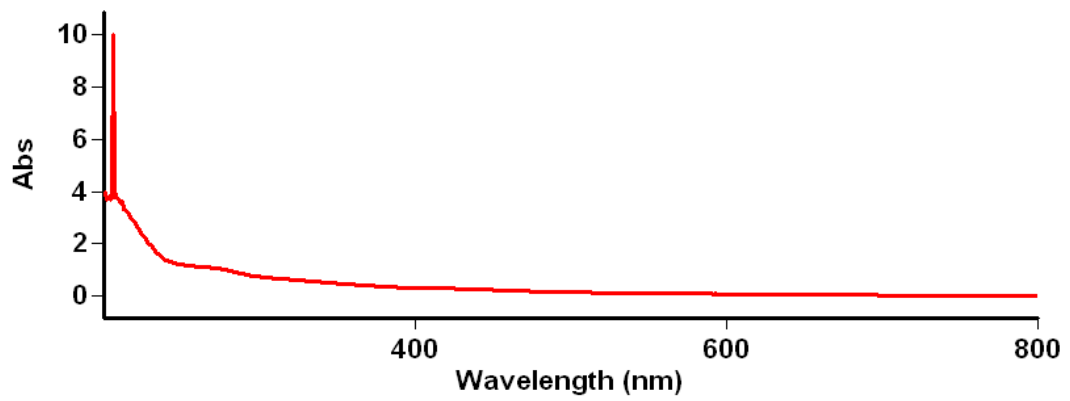
Lampiran 3

DATA UV-Vis

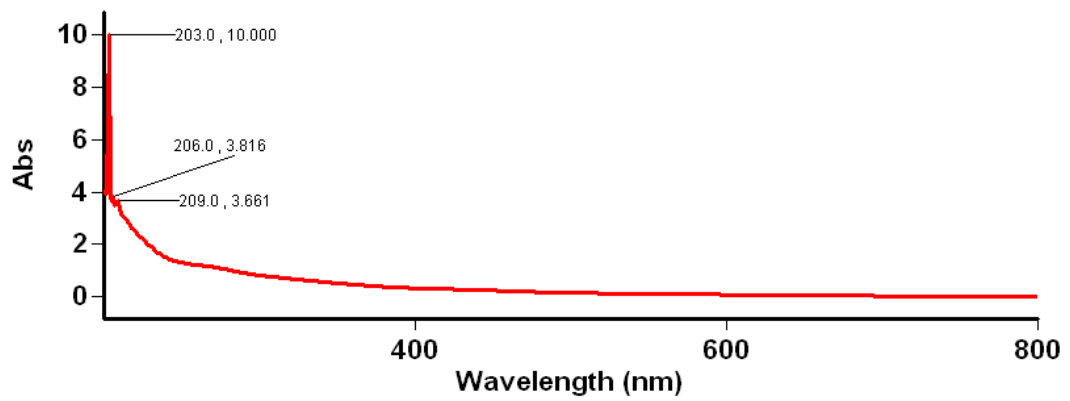
1. CDs 160



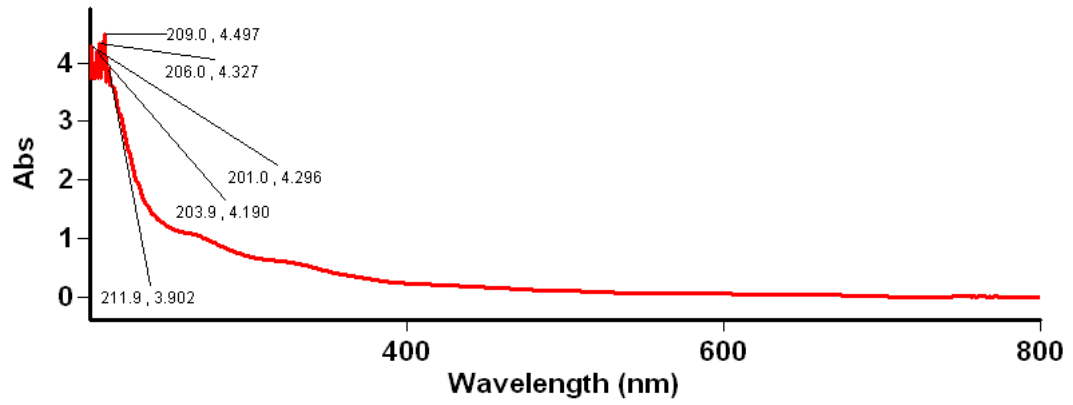
2. CDs 160-0,6



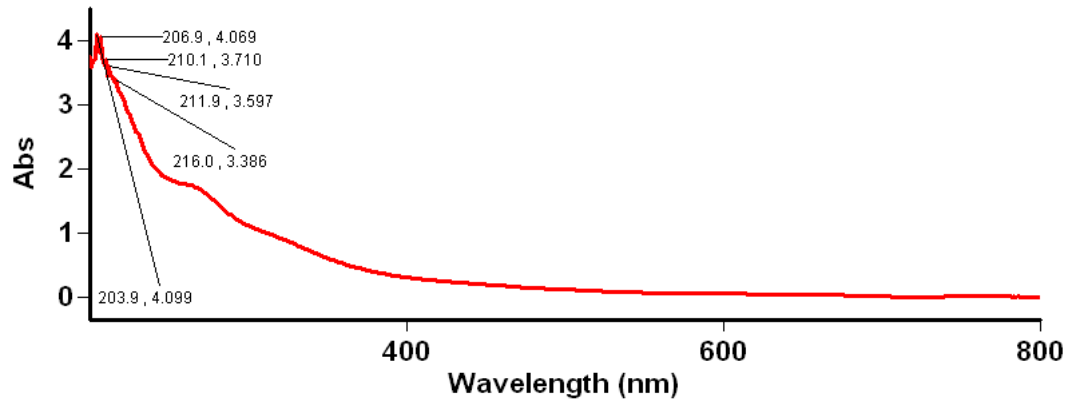
3. CDs 160-1,2



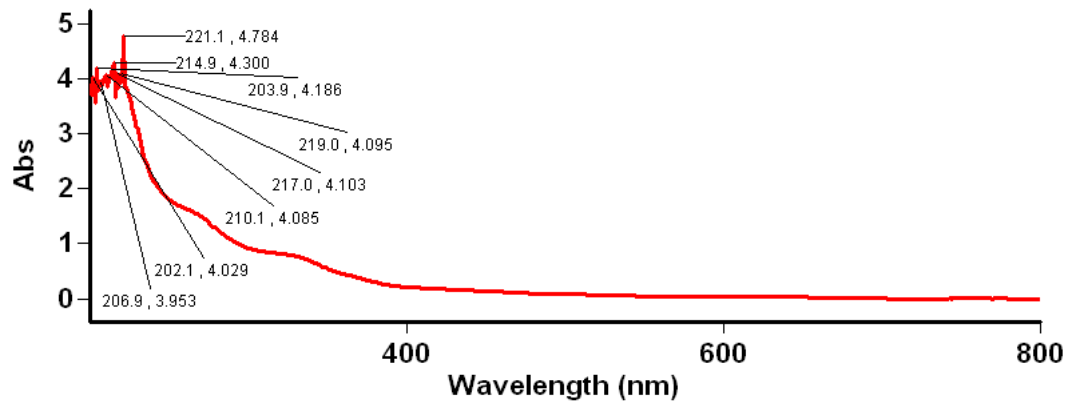
4. CDs 160-1,8



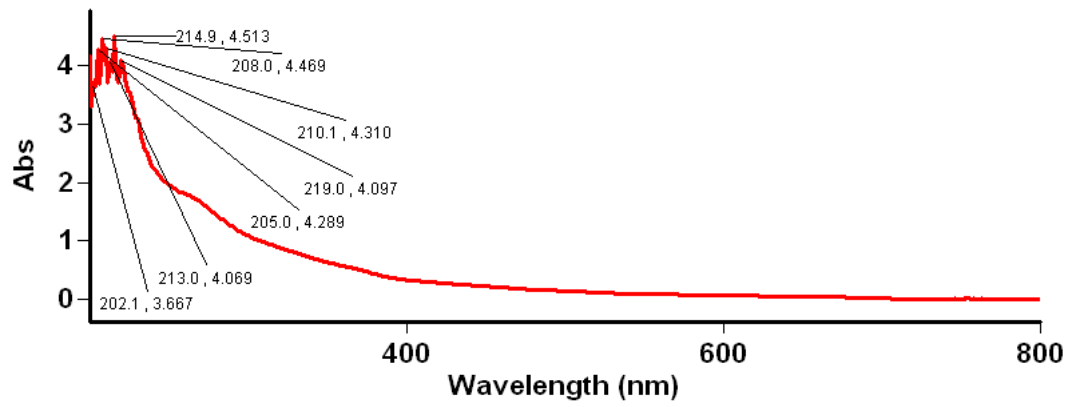
5. CDs 180



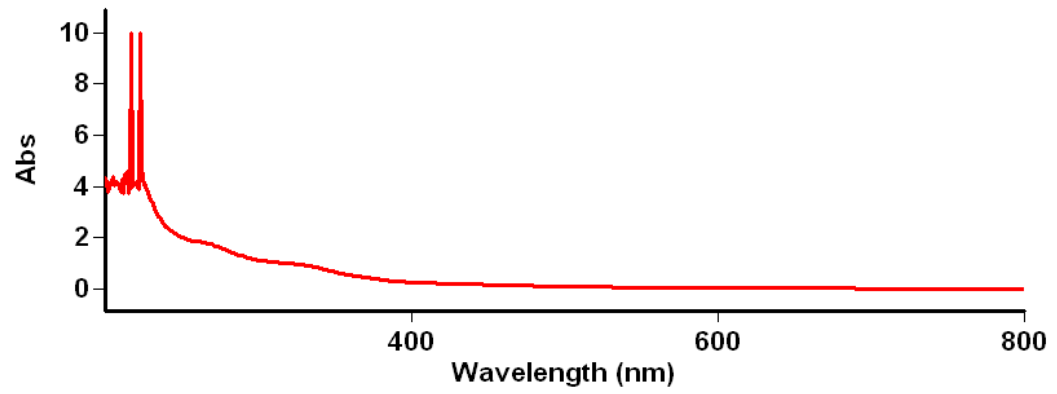
6. CDs 180-0,6



7. CDs 180-1,2



8. CDs 180-1,8



Lampiran 3

DATA UV-Ligt



CDs 160



CDs 160-0,6



CDs 160-1,2



CDs 160-1,8



CDs 180



CDs 180-0,6



CDs 180-1,2








CDs 180-1,8

Lampiran 4

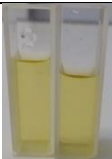
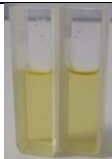
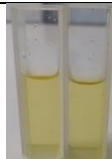
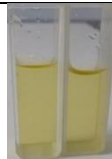

DATA Fotokatalis

1. CDs 160

a. Siklus Gelap

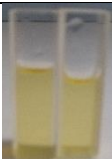
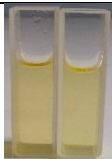


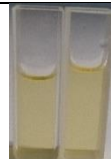
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang

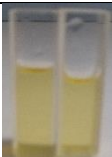


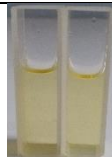
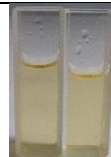
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

2. CDs 160-0,6

a. Siklus Gelap


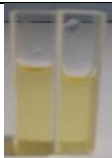


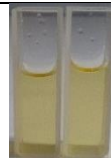
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang





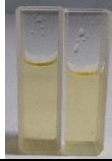
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

3. CDs 160-1,2

a. Siklus Gelap


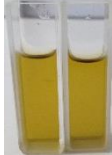


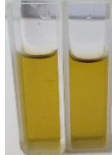
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang

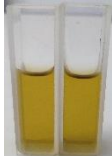
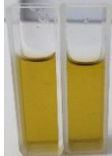



0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

4. CDs 160-1,8

a. Siklus Gelap

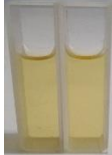
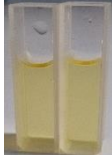
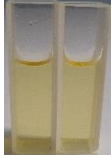

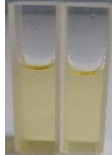
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang

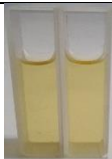

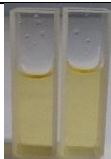

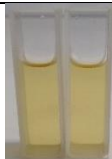
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

5. CDs 180

a. Siklus Gelap

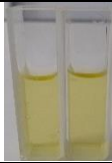



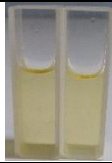
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang

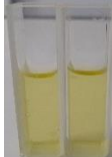



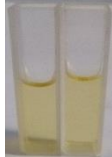
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

6. CDs 180-0,6

a. Siklus Gelap






0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang



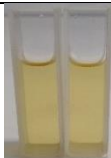
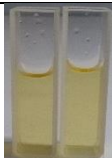
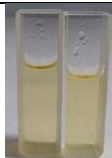
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

7. CDs 180-1,2

a. Siklus Gelap



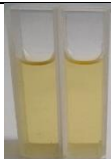

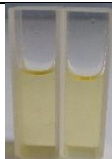
0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang

0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

8. CDs 180-1,8

a. Siklus Gelap

0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
				

b. Siklus Terang

0 Menit	30 Menit	60 Menit	90 Menit	120 Menit
---------	----------	----------	----------	-----------





FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
PROGRAM STUDI 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**

: Tri Kurnjati Taher
 : 17640018
 : Sains dan Teknologi/Fisika
 : Sintesis dan Karakterisasi *Carbon Dots Dopping*
Nitrogen dari Alga Hijau Sebagai Material Fotokatalis
 : Dr. Erna Hastuti, M.Si NIP. 198111192008012009
 : Ahmad Abtokhi, M.Pd NIP. 197610032003121004

Revisi
 M
 Konsultasi/Program Studi
 dan Skripsi
 Pembimbing 1
 Pembimbing 2
 Konsultasi Fisika

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	5 April 2021	Pengajuan Judul	
2.	12 April 2021	Pengajuan Judul	
3.	20 April 2021	Bimbingan Bab I	
4.	20 Mei 2021	Bimbingan Bab I	
5.	30 Oktober	ACC Bab I, Bimbingan Bab II & III	
6.	10 Desember 2021	ACC Bab II & Bab III	
7.	18 Juli 2022	Bimbingan Bab IV	
8.	25 Agustus 2022	Bimbingan Bab IV	
9.	15 Desember 2022	ACC Bab IV	
10.	22 Maret 2023	Bimbingan Bab V	
11.	3 Mei	ACC Bab V	

Konsultasi Integrasi

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	12 Juli 2021	Bimbingan Bab I & Bab II	
2.	19 September 2021	ACC Bab I & Bab II	
3.	30 November 2022	Bimbingan Bab IV	
4.	5 Juni 2023	ACC Bab IV	



Malang,
 Mengetahui,
 Ketua Program Studi
 Dr. Intan Tazi, M.Si
 NIP. 19740730 200312 1 002