

**PENGARUH PENAMBAHAN *CARBON DOTS* PADA KOMPOSIT  
*SPONGE CHITIN* SEBAGAI MATERIAL PENYERAP MIKROPLASTIK**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**AVINA ANGGUN PUSPITA PUTRI**  
**NIM. 210604110049**



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

**HALAMAN JUDUL**

**PENGARUH PENAMBAHAN *CARBON DOTS* PADA KOMPOSIT  
*SPONGE CHITIN* SEBAGAI MATERIAL PENYERAP MIKROPLASTIK**

**PROPOSAL 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:**

**Avina Anggun Puspita Putri  
NIM. 210604110049**

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

## HALAMAN PERSETUJUAN

### PENGARUH PENAMBAHAN *CARBON DOTS* PADA KOMPOSIT *SPONGE CHITIN* SEBAGAI MATERIAL PENYERAP MIKROPLASTIK

#### SKRIPSI

Oleh :

Avina Anggun Puspita Putri  
NIM. 210604110049

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Pada Tanggal, 11 Desember 2025

Pembimbing I



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


Pembimbing II



Mubasyiroh, S.S, MPd.I  
NIP. 1979050 2202321 2 024



Mengetahui,  
Ketua Program Studi

  
Farid Famsu Hananto, S.Si, M.T  
NIP. 19740513 200312 1 001

## HALAMAN PENGESAHAN

### PENGARUH PENAMBAHAN *CARBON DOTS* PADA KOMPOSIT *SPONGE CHITIN* SEBAGAI MATERIAL PENYERAP MIKROPLASTIK

#### SKRIPSI

Oleh :

AVINA ANGGUN PUSPITA PUTRI

NIM. 210604110049

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji  
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal, 11 Desember 2025

Penguji Utama	<u>Irjan, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Ketua Penguji	<u>Utiya Hikmah, M.Si</u> NIP. 19880605 202321 2 054	
Sekretaris Penguji	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Anggota Penguji	<u>Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I</u> NIP. 1979050 2202321 2 024	



Mengesahkan,  
Ketua Progam Studi

  
Farid Samudra Hananto, S.Si, M.T  
NIP. 19740513 200312 1 001

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : AVINA ANGGUN PUSPITA PUTRI  
NIM : 210604110049  
Jurusan : FISIKA  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Judul Penelitian : PENGURUH PENAMBAHAN *CARBON DOTS* PADA  
KOMPOSIT *SPONGE CHITIN* SEBAGAI MATERIAL  
PENYERAP MIKROPLASTIK

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

Malang, 11 Desember 2025  
Yang Membuat Pernyataan



Avina Anggun Puspita Putri  
NIM. 210604110049

## **MOTTO**

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Jangan takut gagal, karena yang tidak pernah gagal hanyalah orang-orang yang tidak pernah melangkah.”

(Buya Hamka)

“Aku membahayakan nyawa ibuku untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya”

(Penulis)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur senantiasa kupanjatkan kepada Allah SWT atas setiap kelapangan dada, ketenangan hati, serta kekuatan yang Dia titipkan hingga langkah ini dapat tiba pada akhir yang membahagiakan. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan terbaik bagi seluruh umat manusia. Dengan penuh cinta, rasa hormat, dan ketulusan, karya sederhana ini kupersembahkan kepada :

1. Ibuku tercinta, untuk perempuan paling kuat yang Allah titipkan dalam hidupku, tempat segala lelahku pulang, tempat segala risauku reda. Ibu, terima kasih untuk setiap doa yang Ibu langitkan tanpa aku minta, setiap pelukan yang Ibu sematkan saat aku terjatuh, dan setiap “tidak apa-apa, istirahat dulu nak” yang selalu membuatku merasa aman untuk menjadi rapuh. Ibu adalah alasan aku berdiri sejauh ini karena di balik setiap langkahku, ada pengorbanan Ibu yang tak pernah selesai dihitung. Semoga kelak hasil kecil ini menjadi bukti bahwa segala lelah Ibu tidak sia-sia.
2. Bapakku tercinta, untuk bapakku di surga, yang namanya masih menenangkan meski tak lagi dapat kusapa. Bapak, terima kasih untuk cinta diam-diam yang dulu mungkin tidak selalu kumengerti, tetapi kini kurasakan hangatnya setiap kali aku hampir menyerah. Ada saat-saat tertentu ketika aku merindukan caramu menenangkanku, meski hanya lewat tatap atau sentuhan ringan yang selalu membuatku yakin bahwa segalanya akan baik-baik saja. Meski Allah memanggil Bapak lebih cepat dari yang kuinginkan, kasih sayang Bapak tetap tinggal dalam setiap keberanianku melangkah. Semoga setiap kalimat skripsi yang kutulis menjadi pahala

mengalir untuk Bapak, setiap pencapaian kecilku menjadi alasan Allah mengangkat derajat Bapak, dan semoga kelak kita dipertemukan kembali di surga-Nya.

3. Kakakku tercinta, untuk kakakku yang selalu menjadi bahu paling tenang untuk bersandar. Terima kasih telah menjadi penjaga kecil dalam hidupku yang selalu siap menegur saat aku keras kepala, selalu siap mendukung saat aku bimbang. Untuk istrimu (kakakku) yang lembut, yang selalu memperlakukan seperti bagian dari dirinya sendiri, terima kasih karena telah menambah hangat dalam lingkarmu. Dan untuk si kecil yang lucu, gemes, dan cantik itu, tawa kecilmu, dan caramu memandang dunia dengan mata berbinar sering kali menjadi alasan aku kembali kuat. Terima kasih karena hadir sekecil itu saja sudah mampu membuat hatiku penuh sekali.
4. Keluarga besarku, yang selalu menjadi sumber doa dan semangat. Terima kasih telah mewarnai perjalanan hidupku dengan kasih yang tak pernah berkurang.
5. Pembimbingku, Ibu Erna Hastuti, yang bukan hanya membimbing dengan ilmu, tetapi juga dengan ketulusan, kesabaran, dan perhatian. Terima kasih telah melihat potensi dalam diriku, bahkan saat aku sendiri kesulitan menemukannya.
6. Teman-teman merantauku, Hilda Afafiz Zafiera Assyalesya, Lutfiana Uswatul Uswah, dan Firna Nahwa Firdausi, yang membersamai hari-hari penuh perjuangan. Kita pernah asing di kota orang, lalu saling menjadi



rumah satu sama lain. Terima kasih untuk semua tawa, keluh kesah, dan keberanian yang pernah kita bagi bersama.

7. Teman-teman labku, khususnya “Ngrujak Konco”, rumah kedua tempat aku tumbuh sebagai peneliti kecil. Terima kasih untuk semua cerita, percobaan gagal, percobaan berhasil, dinginnya AC lab, dan hangatnya kebersamaan.
8. Teman-teman angkatan 2021, yang menjadi bagian dari masa-masa belajar, tumbuh, jatuh, dan bangkit bersama. Terima kasih untuk tiap perjalanan yang kita lalui dengan cara terbaik yang kita bisa.
9. Beberapa youtube channel dan playlist laguku, yang setia menemani malam-malam belajar, menjelaskan hal-hal yang tidak selalu bisa dijelaskan oleh buku.
10. *And last but not least, I wanna thank me, Avina Anggun Puspita Putri, for not giving up, for showing up every day, and for always choosing to move forward no matter how hard it gets. For holding every little piece of myself together, for growing through pain, and for believing that I deserve to reach this point.*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan semesta alam, atas segala limpahan rahmat, karunia, serta hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Penambahan *Carbon Dots* pada Komposit *Sponge Chitin* sebagai Material Penyerap Mikroplastik”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, suri teladan terbaik bagi seluruh umat manusia, beserta keluarga dan sahabat beliau hingga akhir zaman.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan ini tidak akan tercapai tanpa pertolongan Allah AWT dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua beserta keluarga tercinta yang menjadi sumber kekuatan terbesar dalam hidup penulis dengan segala doa, kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tulus serta dukungan yang tak pernah berhenti.
2. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nurdiana, M.Si., CAHRM., CRMP, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Agus Mulyono, M.Kes, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Farid Samsu Hananto, M.T, selaku Ketua Program Studi Fisika yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
5. Dr. Erna Hastuti, M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar dan tulus memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.

6. Seluruh dosen, laboran, dan staf Program Studi Fisika, yang telah memberikan ilmu, bantuan, dan dorongan selama masa studi hingga penelitian ini selesai.
7. Teman-teman seperjuangan angkatan 2021, atas kebersamaan, doa, dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, namun telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi amal kebaikan bagi penulis dan semua pihak yang terlibat di dalamnya.

Malang, 18 November 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
ABSTRAK .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
مُسْتَخْلَصُ الْبَحْثِ.....	xviii
 <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	 <b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	7
 <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	 <b>8</b>
2.1 Mikroplastik .....	8
2.2 Komposit <i>Sponge chitin/Carbon dots</i> .....	11
2.2.1 <i>Sponge chitin</i> .....	11
2.2.2 <i>Carbon dots</i> (CDs).....	13
2.3 Keterkaitan Penelitian dalam Perspektif Islam .....	16
2.4 Karakterisasi.....	20
2.4.1 <i>Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy</i> (FTIR).....	20
2.4.2 Spektrofotometri UV-Vis .....	22
2.4.3 Mikroskop Optik.....	23

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.3.1 Alat Penelitian .....	25
3.3.2 Bahan Penelitian .....	26
3.4 Diagram Alir .....	27
3.4.1 Prosedur Penelitian .....	27
3.4.2 Sintesis <i>Carbon Dots</i> dari Limbah Sekam Padi .....	28
3.4.3 Sintesis Komposit <i>Sponge Chitin/Carbon Dots</i> .....	29
3.4.4 Sintesis Komposit <i>Sponge chitin/Carbon Dots</i> sebagai Penyerap Air dan Penyerap Mikroplastik.....	30
3.5 Posedur Penelitian.....	30
3.5.1 Langkah Penelitian .....	30
3.5.2 Uji Karakterisasi .....	32
3.5.3 Komposit <i>Sponge Chitin/Carbon Dots</i> Sebagai Material Penyerap Mikroplastik.....	33
3.6 Rencana Analisis data .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Data Hasil Penelitian.....	39
4.1.1 Karakterisasi <i>Carbon Dots</i> .....	40
4.2 Pembahasan.....	50
4.3 Keterkaitan Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam.....	57
4.1.3 Analisis dalam Perspektif Maqasid Syariah .....	63
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan .....	69
5.2 Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>78</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Rencana analisis data FTIR.....	34
Tabel 3. 2 Rencana analisis data penyerap air .....	36
Tabel 3. 3 Rencana analisis data absorpsi mikroplastik.....	37
Tabel 4. 1 Nama sampel.....	40
Tabel 4. 2 Gugus fungsi <i>sponge</i> ChCDs .....	43
Tabel 4. 3 Luas permukaan porositas <i>sponge</i> ChCDs.....	45
Tabel 4. 4 Nilai penyerapan air <i>sponge</i> ChCDs .....	47
Tabel 4. 5 Nilai penyerapan mikroplastik <i>sponge</i> ChCDs.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme <i>sponge chitin</i> sebagai absorpsi .....	12
Gambar 2. 2 UV spektra <i>carbon dots</i> .....	14
Gambar 2. 3 Mekanisme absorpsi <i>carbon dots</i> pada mikroplastik .....	16
Gambar 2. 4 Grafik FTIR Komposit Ch/GO .....	22
Gambar 3. 1 Diagram alir prosedur penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Diagram alir sintesis <i>carbon dots</i> dari limbah sekam padi.....	28
Gambar 3. 3 Diagram alir sintesis komposit <i>sponge chitin/carbon</i> .....	29
Gambar 3. 4 Diagram alir prosedur penyerap mikroplastik menggunakan <i>sponge chitin/carbon dots</i> .....	30
Gambar 4. 1 Grafik absorbansi UV-Vis <i>carbon dots</i> .....	41
Gambar 4. 2 (a) pada sinar tampak dan (b) pada sinar UV 395 nm.....	42
Gambar 4. 3 Grafik FTIR <i>sponge</i> ChCDs.....	44
Gambar 4. 4 Morfologi luas permukaan porositas <i>sponge</i> ChCDs (a)-(d) Chitin, ChCDs-1, ChCDs-3, ChCDs-5 sebelum pengamatan mikroskop optik dan (e)-(h) Chitin, ChCDs-1, ChCDs-3, ChCDs-5 setelah pengamatan setelah mikroskop optik .....	46
Gambar 4. 5 Grafik penyerapan air <i>sponge</i> ChCDs.....	48
Gambar 4. 6 Grafik penyerapan mikroplastik <i>sponge</i> ChCDs.....	49
Gambar 4. 7 Proses absorpsi .....	57

## ABSTRAK

Putri, Avina Anggun Puspita, 2025. **Pengaruh Penambahan *Carbon Dots* pada Komposit *Sponge Chitin* sebagai Material Penyerap Mikroplastik**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si.(II) Mubasyiroh, S.S, MPd.I.

---

Kata Kunci : *Carbon Dots*, Sekam Padi, *Sponge Chitin*, Mikroplastik.

Peningkatan produksi plastik secara global telah menyebabkan akumulasi mikroplastik (MPs) di lingkungan perairan, yang menimbulkan ancaman serius bagi ekosistem akuatik dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan material penyerap yang efisien dan ramah lingkungan untuk mengurangi keberadaan mikroplastik. Dalam penelitian ini, dilakukan sintesis *carbon dots* (CDs) dari limbah sekam padi menggunakan metode hidrotermal pada suhu 200°C selama 5 jam, kemudian dikompositkan dengan *sponge chitin* yang disintesis melalui metode pembekuan-pencairan. Variasi volume penambahan *carbon dots* adalah 0 ml, 1 ml, 3 ml, dan 5 ml. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan *carbon dots* meningkatkan intensitas serapan pada panjang gelombang 200-400 nm yang menandakan keberadaan gugus C=C dan C=O, serta memperluas porositas permukaan *sponge chitin*. Penyerapan air dan mikroplastik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya volume *carbon dots*. Komposit ChCDs-3 menunjukkan kemampuan penyerapan mikroplastik tertinggi terhadap partikel mikroplastik PVC, yang disebabkan oleh peningkatan area aktif dan sifat hidrofilik pada permukaan material.



## ABSTRACT

Putri, Avina Anggun Puspita, 2025. **The Effect of Adding *Carbon Dots* to *Chitin Sponge* Composites as a Microplastic Adsorbent Material**. Thesis. Physics Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisor: (I) Dr. Erna Hastuti, M.Si. (II) Mubasyiroh, S.S, M.Pd.I.

---

*Key words* : *Carbon Dots*, Rice Husk, *Sponge Chitin*, Microplastics.

The global increase in plastic production has led to the accumulation of microplastics (MPs) in aquatic environments. Therefore, efficient and environmentally friendly absorbent materials are needed to reduce the presence of microplastics. In this study, *carbon dots* (CDs) were synthesized from rice husk waste using the hydrothermal method at 200°C for 5 hours, and then composited with *chitin sponge* synthesized freeze-thaw method. The volume variations of *carbon dots* addition were 0 ml , 1 ml, 3 ml, and 5 ml. the analysis results showed that the addition of *carbon dots* increased the absorption intensity at wavelengths of 200-400 nm, indicating the presence of C=C and C=O groups, and also expanded the surface porosity of the *chitin sponge*. Water and microplastics absorption increased as the volume of *carbon dots* increased. Composite ChCDs-3 showed the highest microplastics absorption capacity for PVC microplastic particles, which was due to the increased active area and hydrophilic properties on the material surface.

## مستخلص البحث

بوتري، أفينا أنغونغ بوسبيتا، ٢٠٢٥. تأثير إضافة النقاط الكربونية على مركب إسفنجي الكيتين كمواد لامتصاص البلاستيك الدقيق البحث العلمي القسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية العلمية مالانغ. البحث العلمي: ((المشرفة الأولى) د. إيرنا هستوتي، الماجستير (المشرفة الثانية) مبشرة المجستير.

## الكلمات المفتاحية : النقاط الكربونية، قش الأرز، كيتين الإسفنج، الميكروبلستيك

زيادة إنتاج البلاستيك على مستوى العالم أدت إلى تراكم الجزيئات البلاستيكية الدقيقة (MPs) في البيئات المائية، مما يشكل تحدياً خطيراً للنظم البيئية المائية وصحة الإنسان. لذلك، هناك حاجة إلى مواد ماصة فعالة وصديقة للبيئة لتقليل وجود الميكروبلستيك. في هذه الدراسة، تم إجراء تخليق نقاط الكربون (CDs) من نفايات قش الأرز باستخدام الطريقة الهيدروحرارية عند درجة حرارة ٢٠٠ درجة مئوية لمدة ٥ ساعات، ثم تم دمجها مع إسفنجة الكيتين التي تم تخليقها من خلال طريقة التجميد-الذوبان. تنوع حجم إضافة النقاط الكربونية هو 0 مل، ١ مل، ٣ مل، و ٥ مل. أظهرت نتائج التحليل أن إضافة النقاط الكربونية تزيد من شدة الامتصاص عند الطول الموجي ٢٠٠-٤٠٠ نانومتر، مما يدل على وجود مجموعات  $C=C$  و  $C=O$ ، وتوسع مسامية سطح إسفنجة الكيتين. امتصاص الماء والميكروبلستيك شهد زيادة مع زيادة حجم النقاط الكربونية. يظهر مركب- $ChCDs$  ٣ أعلى قدرة على امتصاص الجسيمات الدقيقة من البلاستيك تجاه جزيئات البلاستيك الدقيقة PVC، وذلك بسبب زيادة المساحة النشطة والخصائص المحبة للماء على سطح المادة. .

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Mikroplastik (MP, plastik dengan diameter kurang dari 5 mm) telah menjadi perhatian global karena polusi yang parah pada ekosistem perairan. Produksi plastik global mencapai 360 juta ton pada tahun 2018, yang mengakibatkan kerugian ekonomi sebesar 13 miliar setiap tahunnya di seluruh dunia (Sun dkk., 2021). Mengingat produksi plastik global melampaui 360 juta ton pada tahun 2018 (Sun dkk., 2020) dan sekitarnya 60% diantaranya dibuang, diperkirakan jumlah sampah plastik yang dihasilkan akan mencapai 12.000 ton. Pada tahun 2050 luas di berbagai lingkungan seperti air laut (A.Isobe dkk., 2019), tanah (M Blasing dkk., 2018), dan organisme hidup (S Rezania dkk., 2018). Mikroplastik dapat dengan mudah dikonsumsi oleh berbagai organisme akuatik, termasuk kerang (P Kolandhasamy dkk., 2018), dan ikan (S Rezania dkk., 2018) yang dapat memicu berbagai dampak negatif, seperti penyumbatan saluran pencernaan (Sun dkk., 2021), gangguan pada sistem endokin, hingga menghambat pertumbuhan atau bahkan menyebabkan kematian organisme. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk menghilangkan berbagai mikroplastik dari sistem perairan.

Grbic dkk, mengembangkan nanopartikel Fe hidrofobik untuk memberikan sifat magnetik pada mikroplastik dengan memanfaatkan karakteristik hidrofobiknya. Teknik ini memungkinkan ekstraksi mikroplastik menggunakan medan magnet, tetapi metode tersebut hanya efektif untuk mikroplastik dengan diameter lebih dari 10  $\mu\text{m}$ . Selain itu, degradasi dan daur ulang nanopartikel Fe hidrofobik cukup sulit, yang berpotensi menimbulkan pencemaran sekunder. Oleh

karena itu, diperlukan pengembangan metode yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk menghilangkan mikroplastik dari air.

Bahan yang berasal dari alam sari sumber daya terbarukan (misalnya, selulosa, kitin) telah menarik perhatian yang semakin besar untuk penanganan mikroplastik karena biokompatibilitas dan biodegradabilitasnya yang sangat baik (Sun dkk 2020). Kitin, polisakarida alami yang melimpah, tidak beracun, dan dapat didegradasi secara hayati dalam kulit udang dan kotoran sebagai produk sampingan industri makanan laut, merupakan bahan ramah lingkungan yang potensial untuk menghilangkan mikroplastik (Fang dkk., 2020). Namun, pemanfaatan kitin terhambat oleh kelarutannya yang rendah dalam pelarut umum, kekuatan mekanis yang buruk. Oleh karena itu, para peneliti berfokus pada upaya mengatasi keterbatasan dengan menemukan metode pembubaran dan modifikasi baru (D Xu dkk., 2016).

Chang dkk melaporkan bahwa kitin dapat berhasil dilarutkan NaOH/urea berair pada suhu rendah untuk mensintesis hidrogel baru. Metode ini memungkinkan proses pembubaran yang cepat dan mudah serta menghasilkan hidrogel dengan kekuatan mekanik yang tinggi. Berdasarkan pendekatan tersebut, *sponge chitin* yang sangat hidrofobik dan oleofolik berhasil dibuat untuk mengumpulkan bahan organik, dengan kemampuan menyerap hingga 58 kali beratnya sendiri. Namun, penelitian mengenai pemanfaatan bahan ramah lingkungan, khususnya kitin, untuk penghilangan mikroplastik masih sangat terbatas, karena depolimerisasi molekuler selama modifikasi kitin telah menimbulkan rintangan untuk mencegah penerapan praktisnya. Menangani tantangan yang saling terkait ini diperlukan solusi inovatif yang mampu menangani

beberapa polutan secara bersamaan. Di antara teknologi yang sedang berkembang, *carbon dots* (CDs) telah menarik perhatian karena sifat-sifatnya yang luar biasa, seperti fluoresensi, luas permukaan yang tinggi, dan fleksibilitas gugus fungsi (Hallaji dkk., 2023). Sifat-sifat ini memungkinkan *carbon dots* untuk mendeteksi, memantau, dan memulihkan polutan dalam berbagai pengaturan lingkungan. Penelitian terbaru mencakup penggunaan *carbon dots* (CDs) untuk berbagai aplikasi, seperti memfasilitasi deteksi mikroplastik (MP) secara dini melalui penandaan fluoresensi, meningkatkan pemantauan kualitas udara dengan aplikasi sensor gas, serta meningkatkan pemurnian air melalui kemampuan absorpsi atau degradasi katalitik terhadap logam berat dan polutan organik (Chen dkk., 2024). Selain itu, sintesis *carbon dots* dari prekursor yang berasal dari limbah sejalan dengan praktik berkelanjutan, menjadikannya alternatif ramah lingkungan untuk bahan konvensional. Material nano berbasis karbon yang semakin banyak menarik perhatian karena sifat uniknya, seperti luminesensi yang kuat, biokompatibilitas tinggi, kestabilan kimia, dan kemampuan untuk dimodifikasi secara fungsional (Singh dkk., 2021). Salah satu tantangan dalam pengembangan *carbon dots* adalah mencari sumber karbon yang melimpah, murah, dan ramah lingkungan untuk proses sintesisnya. Dalam hal ini, penggunaan limbah biomassa menjadi solusi yang menarik karena sejalan dengan prinsip keberlanjutan dan pengolahan limbah (Sun dkk., 2016).

Para peneliti berusaha menemukan cara baru guna mengimplementasikan ilmu pengetahuan serta teknologi yang sudah ada pada memanfaatkan limbah atau biomassa dari sekam padi. Dengan harapan limbah dari sekam padi tersebut dapat menghasilkan produk yang lebih produktif dan memiliki manfaat untuk masyarakat.

Dalam hal ini adalah upaya-upaya yang maksimal dalam penemuan material baru. Salah satu upaya tersebut adalah dengan menjadikan limbah biomassa sekam padi sebagai bahan *carbon dots* (CDs) yang bermanfaat untuk masyarakat.

Salah satu limbah biomassa yang berpotensi besar adalah sekam padi yang merupakan residu melimpah dari produksi beras. Indonesia sebagai salah satu negara penghasil beras terbesar, menghasilkan sekam padi dalam jumlah besar setiap tahun (BPS, 2022). Sayangnya, sebagian besar sekam padi ini belum dimanfaatkan secara optimal dan seringkali hanya menjadi limbah yang mencemari lingkungan. Padahal, sekam padi mengandung karbon yang tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai prekursor untuk sintesis *carbon dots* (Wang dkk 2016). Dengan demikian, penggunaan sekam padi tidak hanya memberikan nilai tambah pada limbah pertanian, tetapi juga mendukung inovasi dalam pengembangan material nano berbasis karbon yang ramah lingkungan serta biaya pembuatan yang terjangkau. Pada penelitian ini, *carbon dots* disintesis dari limbah sekam padi dengan pendekatan *button up* yaitu metode yang mengekstrak titik karbon dari prekursor yang mengandung karbon, seperti asam sitrat, gula pasir, glukosa, buah-buahan, sayuran, dll (Cui, dkk 2015).

Dalam perspektif Islam, penelitian terkait lingkungan memiliki keterkaitan kuat dengan perintah untuk menjaga bumi sebagai amanah dari Allah SWT. Al-Qur'an mengajarkan bahwa segala sesuatu di langit dan di bumi telah Allah tundukkan bagi manusia, sebagai diungkapkan dalam firman-Nya dalam QS. Ar-Rum :41

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمَلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

*“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar).”*

Ayat ini secara umum menjadi dasar bahwa manusia diperintahkan untuk memanfaatkan sumber daya alam dengan bijaksana sekaligus menjaga keseimbangan lingkungan. Dalam konteks penelitian ini, pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan dasar sintesis *carbon dots* serta penggunaan *chitin* dari sumber alami mencerminkan upaya menjaga keberlanjutan lingkungan dan mengurangi dampak pencemaran mikroplastik.

Metode hidrotermal merupakan salah satu metode paling umum digunakan untuk mensintesis *carbon dots* karena hemat biaya, ramah lingkungan, dan tidak beracun. Ini melibatkan pengambilan pelarut organik sebagai bahan awal, menyegelnya dalam reaktor hidrotermal, dan memaparkannya pada suhu dan tekanan tinggi. *carbon dots* yang disiapkan dapat menunjukkan emisi baru yang intens, biokompatibilitas yang luar biasa, dan stabilitas fluoresensi yang hebat (Luo dkk 2021).

Dalam penelitian ini, dilakukan penambahan *carbon dots* pada *sponge chitin*. Variasi komposisi *carbon dots* sebesar 0 ml; 0,5 ml; 1 ml; 3 ml; dan 5 ml. Sintesis menggunakan metode hidrotermal dengan temperatur 200°C selama 5 jam untuk *carbon dots* dan pembekuan-pencairan untuk *sponge chitin* yang dihasilkan sebagai material dalam proses penyerap mikroplastik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *carbon dots* berbahan sekam padi terhadap sifat fisis (gugus fungsi dan luas permukaan pori) komposit *sponge chitin/carbon dots*?
2. Bagaimana efesiensi *carbon dots* berbahan sekam padi komposit *sponge chitin* sebagai penyerap mikroplastik ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik penambahan *carbon dots* berbahan sekam padi pada komposit *sponge chitin* terhadap sifat fisis (gugus fungsi, dan luas permukaan pori) komposit *sponge chitin/ carbon dots*
2. Mengetahui efesiensi *carbon dots* berbahan sekam padi komposit *sponge chitin* sebagai penyerap mikroplastik.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. *Carbon dots* disintesis dari limbah sekam padi.
2. Metode sintesis yang digunakan dalam pembuatan *carbon dots* menggunakan hidrotermal dengan suhu 200°C selama 5 jam.
3. Metode sintesis yang digunakan dalam pembuatan *sponge chitin* menggunakan metode pembekuan-pencairan.
4. Waktu yang digunakan dalam proses absorpsi air dan absorpsi mikroplastik selama 30 menit.
5. Variabel volume larutan *carbon dots* yang digunakan yaitu 0 ml; 1 ml; 3 ml, dan 5 ml.



6. Karakterisasi komposit ChCDs menggunakan, spektrofotometri *UV-Vis* dan *UV-Light*, FTIR, Mikroskop optik, Kapasitas penyerap air dan Kapasitas penyerap mikroplastik.
7. Bahan komposit kitin yang digunakan terbuat dari cangkang udang.
8. Mikroplastik yang digunakan yaitu jenis *Polyvinyl Chloride* (PVC).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan ilmu pengetahuan dalam sintesis komposit *sponge chitin/carbon dots* sebagai salah satu material penyerap air dan penyerap mikroplastik.
2. Memberikan ilmu pengetahuan baru tentang manfaat limbah sekam padi sebagai prekursor *carbon dots*.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Mikroplastik**

Selama bertahun-tahun, sejumlah besar sampah plastik telah dibuang ke lingkungan dan akhirnya terurai menjadi potongan yang lebih kecil (J.Liu dkk.,2021). Proses ini berlangsung secara perlahan akibat pelapukan dan penuaan material (Paul dkk., 2020). Basri dkk (2021) menyatakan bahwa plastik menjadi lebih bermasalah ketika terdegradasi menjadi partikel berukuran lebih kecil. Selain itu, sampah plastik dapat terpecah menjadi potongan kecil melalui mekanisme fisik, kimia, dan biologi (K. Zhang dkk., 2021). Proses degradasi ini menghasilkan partikel plastik mikro yang dikenal sebagai mikroplastik (MPs) (Jiang dkk., 2020). Mikroplastik merupakan kumpulan material heterogen yang bervariasi dalam sifat partikel, bentuk, ukuran, serta komposisi kimianya (Zimmermann dkk., 2020).

Mikroplastik (MPs) didefinisikan sebagai partikel plastik dengan ukuran  $< 5$  mm (Ariyuna dkk., 2022; Beorger dkk., 2010). Dodson dkk(2020) dan Faltstrom & Anderberg (2020) menyebutkan bahwa mikroplastik terdiri dari partikel berukuran  $< 5$  mm yang diklasifikasikan ke dalam enam kategori ukuran: kategori 1 (0,48 – 0,5 mm), kategori 2 (0,5 – 1 mm), kategori 3 (1 – 2 mm), kategori 4 (2 – 3 mm), kategori 5 (3 – 4 mm), dan kategori 6 (4 – 5 mm). proses penguraian sampah plastik di lingkungan menjadi salah satu faktor utama yang memicu terbentuknya mikroplastik (K.Zhang dkk., 2021).

Mikroplastik (MPs) dapat dengan mudah diserap oleh organisme hidup dan memiliki kemampuan untuk menarik polutan ke permukaannya. Penelitian terbaru oleh Lusher dkk., (2016) mengenai dampak lingkungan dari MPs menunjukkan

bahwa organisme laut seperti mamalia, ikan, dan invertebrata telah telah mengonsumsi partikel ini (Setala dkk., 2014; Steer dkk., 2017). Selain itu, penelitiannya yang dilakukan oleh Mauludy dkk (2019) menemukan keberadaanya partikel mikroplastik dalam saluran pencernaan invertebrate dan bivalvia.

Sebagian besar plastik yang terdegrasi di lingkungan membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk terurai sepenuhnya dan melepaskan senyawa beracun, yang dikenal sebagai *utang toksisitas*. Partikel plastik ini sering dikira sebagai makanan oleh hewan akuatik, yang dapat mengganggu fungsi fisiologis mereka, seperti saluran pencernaan yang mengirimkan sinyal palsu ke otak seolah-olah hewan tersebut telah makan. Keberadaan mikroplastik (MPs) di lingkungan umumnya dideteksi melalui berbagai metode pengujian kualitas air, termasuk pengambilan sampel plankton, analisis sedimen pasir dan lumpur, serta evaluasi interaksi dengan polutan kimia lainnya. Mikroplastik tidak hanya ditemukan di lautan, tetapi juga di ekosistem air tawar seperti rawa, sungai, kolam, dan danau. Integrasi biologis dalam organisme memungkinkan mikroplastik masuk ke jaringan tubuh hewan melalui proses konsumsi atau respirasi.

Organisme akuatik, termasuk ikan, kura-kura, dan burung, dapat secara tidak sengaja mengonsumsi mikroplastik (MPs) yang ditemukan di lingkungan mereka (Zeide dkk., 2023). Konsumsi ini dapat menyebabkan kerusakan fisik dalam sistem pencernaan mereka atau mengakibatkan perpindahan bahan kimia berbahaya ke dalam tubuh mereka. Mikroplastik juga dapat absorpsi (Zhang dkk, 2021), koagulasi/flokulasi (Liu dkk, 2021), dan oksidasi (Rcardo dkk., 2021). Pemilihan metode pengolahan air limbah yang paling efektif memerlukan penilaian faktor-faktor yang cermat, termasuk karakteristik polutan, efisiensi penghilangan

yang diinginkan, implikasi biaya, dan akses ke bahan dan peralatan yang diperlukan. Setiap metode menawarkan manfaat dan kekurangan. Absorpsi merupakan teknik yang menjanjikan untuk menghilangkan dan memisahkan MPs dari lautan berair, absorpsi salah satu metode efektif yang digunakan. (Parashar dan Hait., 2023).

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar adalah absorpsi. Absorpsi merupakan proses terserapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan absorben. Mekanisme penyerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu serapan secara fisika dan serapan secara kimia (Daniel, dkk., 2012). Absorpsi fisika adalah proses interaksi antara absorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya van der Waals, sedangkan absorpsi kimia terjadi jika interaksi absorben dan adsorbat melibatkan pembentukan ikatan kimia. Proses absorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen (Anggriawan dkk., 2019).

Syarat suatu material dapat digunakan sebagai material absorben meliputi, memiliki luas permukaan yang besar karena luas permukaan yang tinggi memungkinkan lebih banyak situs aktif untuk menyerap zat tertentu; interaksi kimia yang baik dengan zat yang akan diserap, karena material absorben harus stabil dalam berbagai kondisi lingkungan agar dapat digunakan dalam jangka waktu lama; memiliki sifat hidrofilik atau hidrofobik sesuai kebutuhan, karena bergantung pada aplikasi material absorben bisa bersifat hidrofilik (menyerap air) atau hidrofobik (menolak air dan menyerap minyak/polutan organik).

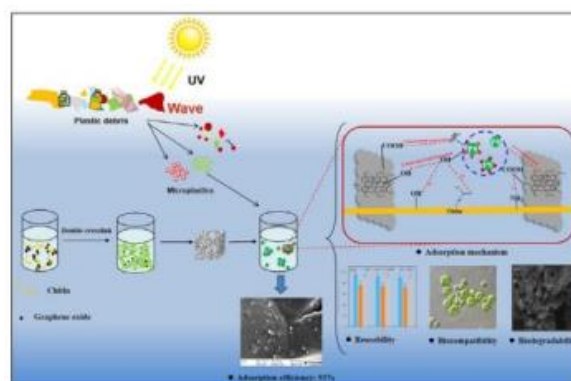
## 2.2 Komposit *Sponge chitin/Carbon dots*

### 2.2.1 *Sponge chitin*

Kitin (poli-N-asetil-D-glukosamin) merupakan polisakarida alami kedua yang paling melimpah setelah selulosa dan terdapat secara luas di rangka luar krustasea, alga, jamur, dan ragi (Sun dkk., 2020). Kitosan memperoleh perhatian khusus sebagai biopolimer fungsional yang dapat diterapkan di berbagai bidang. Penelitian dan pemanfaatan kitosan serta oligomernya telah meningkat pesat dalam berbagai sektor, terutama di industri farmasi, medis, dan makanan. Kitosan lebih efektif diserap oleh tubuh manusia setelah dikonversi menjadi bentuk oligomer (Harry Agusnar dkk.,2022). Penerapannya kation absorben berbasis kitin dalam pengolahan limbah telah tercapai kesuksesan yang cukup besar. Namun, penggunaan kitin terkendala oleh rendahnya kelarutannya dalam pelarut umum serta kekuatan mekanisnya yang lemah terutama saat digunakan dalam lingkungan berair dalam jangka waktu lama. Kapasitas absorpsi kitin terhadap mikroplastik spesifik atau polutan organik tertentu masih terbatas. Kitin tidak memiliki sifat fluoresensi alami yang membatasi penggunaannya dalam aplikasi yang memerlukan deteksi atau pemantauan langsung terhadap mikroplastik. Setelah beberapa siklus absorpsi-desorpsi *sponge chitin* dapat mengalami penurunan efisiensi, meskipun material ini memiliki sifat biodegradabilitas, biokompatibilitas, dan bioaktivitas yang sangat baik. Oleh karena itu dengan mengompositkan *carbon dots* dengan *sponge chitin* dengan. Kekurangan - kekurangan tersebut dapat diminimalisasi, sehingga menghasilkan material penyerap yang lebih kuat, stabil, dan efisien untuk aplikasi penghilang mikroplastik dari lingkungan (Sun dkk., 2020). Chang dkk menemukan bahwa kitin dapat dilarutkan dengan efektif

menggunakan larutan NaOH/urea dalam air pada suhu rendah untuk menghasilkan hidrogel baru. Metode ini memungkinkan pelarutan kitin yang cepat dan sederhana serta menghasilkan hidrogel dengan kekuatan mekanis tinggi. Berdasarkan teknik ini, *sponge chitin* dengan sifat sangat hidrofobik dan oleofilik berhasil dibuat untuk mengumpulkan bahan organik, seperti minyak pompa dari air.

Penelitian telah menunjukkan bahwa absorben berbasis kitin efektif dalam pengolahan air limbah (Ahmed dkk., 2020). Biosorben berbasis kitin bekerja dengan menyerap kontaminan pada permukaannya (Bahadir dkk., 2023). Dengan penelitian dan pengembangan lebih lanjut, biosorben berbasis kitin berpotensi membuka jalan bagi metode pengolahan air yang lebih efisien (Kin dkk., 2021). Beberapa penelitian ilmiah telah didedikasikan untuk menilai kinerja biosorben berbasis kitin dalam menghilangkan kontaminan air. Sun dkk, berhasil memperoleh *sponge* padat dan kuat yang terdiri dari kitin dan graphene oxide (ChGO) yang menunjukkan kekuatan tekan tinggi sebesar 50 MPa dalam kondisi kering dan 40 MPa dalam kondisi basah. *Sponge* ini menunjukkan penyerapan yang efektif terhadap berbagai jenis mikroplastik dari air (Sun dkk., 2020)

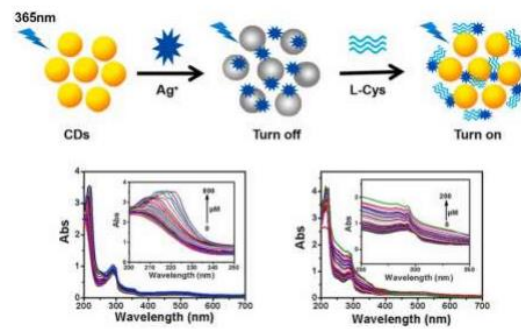


Gambar 2. 1 Mekanisme *sponge chitin* sebagai absorpsi (Sun dkk.,2021)

### 2.2.2 Carbon dots (CDs)

*Carbon dots* (CDs) adalah material karbon berukuran nano dengan dimensi nol (*zero dimension*) dan diameter kurang dari 10 nm. Material ini pertama kali ditemukan ketika dilakukan proses pemurnian *single-walled carbon nanotube* (SWNT) menggunakan metode elektroforesis. *Carbon dots* umumnya berbentuk bola dengan struktur amorf, memiliki kerangka karbon  $sp^2$ , dan permukaannya dilapisi oleh gugus fungsional yang mengandung oksigen, polimer, atau senyawa lain. Material ini memiliki sejumlah keunggulan, antara lain intensitas fotoluminisensi yang tinggi, kelarutan yang baik dalam air, sifat yang tidak beracun, serta ketersediaan bahan bakunya yang melimpah di alam (Sun & Lei, 2017). Spektra FTIR *carbon dots* biasanya memperlihatkan puncak absorpsi dari C=C ( $1615\text{ cm}^{-1}$ ), CO ( $1230\text{ cm}^{-1}$ ), -OH ( $3405\text{ cm}^{-1}$ ), C=O ( $1720\text{ cm}^{-1}$ ), dan C-N untuk *carbon dots* doping N ( $1110\text{ cm}^{-1}$ ) yang dapat meningkatkan interaksi *sponge chitin* dengan mikroplastik, dan epoksi, yang berfungsi untuk meningkatkan sifat hidrofisilitasnya (kelarutan dalam air) dan memberikan karakteristik kimia tertentu. Hasil eksperimen FTIR mengindikasikan bahwa kebanyakan dari *carbon dots* yang diperoleh tersusun atas struktur karbon  $sp^2$  dan gugus fungsi yang terdiri atas gugus karboksil, karbonil, dan epoksi (Hallaji dkk., 2023).

Spektrum absorpsi *carbon dots* terdeteksi pada rentang cahaya tampak. Pada daerah ini muncul beberapa jenis ikatan, seperti ikatan transisi  $\pi-\pi^*$  pada karbon maupun transisi  $n-\pi^*$  ( $n$ = karbon).



Gambar 2. 2 UV spektra *carbon dots* (Lu dkk.,2021)

Sifat absorbansi merupakan proses penyerapan cahaya oleh suatu material, yang ditandai dengan perpindahan elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Pada material *carbon dots*, mekanisme transisi elektron umumnya terjadi antara *Highest Occupied Molecular Orbital* (HOMO) dan *Lowest Unoccupied Molecular Orbital* (LUMO). Secara umum, *carbon dots* memperlihatkan serapan optik di wilayah *ultraviolet* (UV) dengan ekor spektrum yang meluas hingga ke daerah cahaya tampak. Biasanya, serapan optik yang jelas muncul pada panjang gelombang 250-320 nm, sedangkan *carbon dots* yang telah dimodifikasi permukaannya dapat menunjukkan serapan optik pada rentang 350-550 nm.

Memperoleh karakteristik optik yang optimal, pemilihan bahan baku *carbon dots* menjadi aspek penting. Salah satu sumber biomassa yang potensial adalah sekam padi. Sekam padi adalah lapisan pelindung luar biji padi yang terdiri dari berbagai komponen kimia. Secara umum, sekam padi mengandung sekitar 50% selulosa, 25 – 30% hemiselulosa, dan 15 – 20% lignin. Selain itu, sekam padi memiliki kandungan silika tinggi sekitar 15 – 20% yang membuatnya unik dibandingkan limbah biomassa lainnya ( Zhang dkk 2015). Kandungan karbon organik yang tinggi juga menjadi keunggulan utama sekam padi untuk



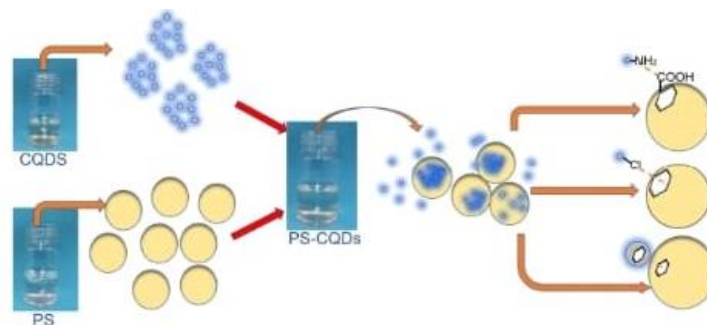
dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi material. Beberapa peneliti telah melakukan sintesis *carbon dots* dengan berbagai sumber karbon, baik bahan organik maupun anorganik. Penelitian tersebut dilakukan dengan berbagai metode, seperti sekam padi menggunakan metode hidrotermal (Hasanah, 2020).

Metode sintesis *carbon dots* (CDs) terbagi menjadi dua macam yaitu *top down* dan *button-up*. Rute pada sintesis metode *top down* mensintesis *carbon dots* dengan cara memecah rantai karbon besar (*bulk materials*) menjadi karbon berukuran sangat kecil (nanopartikel). Sintesis *top-down carbon dots* melibatkan pemecahan material karbon berukuran besar menjadi nanopartikel melalui teknik seperti ablasi laser, elektrokimia, plasma treatment, dan arc-discharge. Sementara itu, sintesis *button-up* membangun *carbon dots* dari prekursor molekular melalui metode pemanasan konvensional, mikrowave, hidrotermal, dan oksidasi asam (Ilham Alkian, 2021). Metode *button-up* memiliki tahapan yang lebih mudah dibandingkan dengan metode *top-down*. Metode *button-up* yang sering digunakan adalah metode hidrotermal.

Metode hidrotermal secara umum merujuk pada teknik pemanasan reaktan dalam wadah tertutup dengan menggunakan medium air, di mana proses berlangsung pada tekanan tinggi dan suhu rendah ( $< 300^{\circ}\text{C}$ ). sistem tertutup ini memungkinkan tekanan dan suhu meningkat secara cepat, sehingga dapat menghasilkan produk dengan tingkat kemurnian dan kristalinitas yang tinggi hanya dengan menggunakan aquades sebagai media utama (Putri dkk., 2018)

*Carbon dots* (CDs) adalah material fluoresensi yang tengah berkembang pesat karena memiliki berbagai keunggulan signifikan, seperti metode sintesis yang sederhana, toksisitas rendah, stabilitas tinggi, fluoresensi yang dapat diatur,

kelarutan dalam air, serta ketahanan terhadap cahaya dan kondisi asam. Berkat keunggulan-keunggulan ini, dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi berbagai senyawa melalui sifat fluoresensi, misalnya dalam deteksi mikroplastik. *Carbon dots* memiliki ukuran nano (2- 10 nm), sehingga memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang sangat besar, *carbon dots* memiliki banyak gugus fungsional aktif yang bisa berinteraksi dengan berbagai zat melalui ikatan hydrogen. Aplikasi ini bekerja berdasarkan prinsip absorpsi analit oleh *carbon dots* di dalam air, yang dipengaruhi oleh tiga efek utama yaitu, interaksi muatan positif dan negatif, ikatan halogen aromatik, serta ikatan antarmolekul. Ketiga efek tersebut menyebabkan perubahan kondisi pada *carbon dots*, yang pada akhirnya meningkatkan intensitas fluoresensi (H Zhao dkk,2023).



Gambar 2. 3 Mekanisme absorpsi *carbon dots* pada mikroplastik (H. Zhao dkk., 2023)

### 2.3 Keterkaitan Penelitian dalam Perspektif Islam

Struktur dapat diartikan sebagai susunan atau letak bagian-bagian dalam suatu sistem atau objek. Sementara itu, nalar merupakan kemampuan untuk berpikir secara logis. Dengan demikian, struktur nalar manusia adalah aspek mendasar yang memengaruhi cara seseorang dalam mengambil keputusan. Memahami struktur nalar menjadi sangat penting karena kemampuan bernalar merupakan inti dari proses belajar, berinovasi, dan memecahkan masalah. Meski telah banyak

penelitian dilakukan, masih terdapat berbagai tantangan dalam mengungkap kompleksitas struktur nalar manusia. Tantangan ini muncul akibat beragamnya teori mengenai nalar, keterbatasan metode penelitian, serta pengaruh faktor sosial dan budaya.

Tantangan utama dalam kebangkitan Islam di era modern berkaitan dengan pola pikir manusia yang mencakup berbagai aspek kehidupan, seperti teknologi, media psikologi, dan lainnya. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor, salah satunya adalah pendidikan. Saat ini, pendidikan memegang peranan yang sangat mendasar dalam kehidupan manusia. Seiring meningkatnya kebutuhan umat, semakin besar pula tuntutan untuk memenuhinya. Oleh karena itu, pengembangan ketrampilan berpikir kritis menjadi hal yang sangat penting untuk diupayakan (Liddini dkk., 2023).

Surat Al-Jatsiyah memuat tema mengenai kekuasaan, penciptaan, serta berbagai bukti ketuhanan yang menjadi landasan bagi penulis untuk melakukan penelitian. Secara khusus, surat ini menyoroti pentingnya manusia memaksimalkan penggunaan akal dan nalarnya dalam memahami tanda-tanda kebesaran Allah SWT dan hakikat kehidupan. Karena itu, surat Al-Jatsiyah menjadi sumber utama dalam memahami bagaimana al-Qur'an memandang dan mengarahkan proses terbentuknya nalar manusia secara terstruktur. Mengkaji struktur nalar manusia dalam surat Al-Jatsiyah tidak hanya memberikan pemahaman keilmuan tentang ajaran Islam dalam al-Qur'an, tetapi juga berkontribusi pada kajian interdisipliner yang menghubungkan ilmu Islam, filsafat, dan psikologi (Fajrin Nurdin, Farhana, dan M.Tashif., 2024). Penelitian ini penting untuk menunjukkan bagaimana teks-teks religius dapat membantu sekaligus membimbing nalar manusia, serta

menawarkan sudut pandang baru mengenai penerapan ajaran al-Qur'an dalam kehidupan sehari-hari.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi, menjelaskan, dan mengungkap berbagai aspek penalaran yang terkandung dalam al-Qur'an, khususnya pada surat al-Jatsiyah ayat 13. Berdasarkan penjelasan dalam tafsir *Mafatih al-Ghaib* karya Fakhruddin ar-Razi, ayat-ayat tersebut memuat pandangan tentang hubungan antara akal manusia dan wahyu illahi, sekaligus memberikan arahan bagaimana nalar dapat digunakan untuk mengenali kebesaran Allah dan memahami realitas kehidupan. Surat ini menjadi perhatian khusus karena memuat keistimewaan yang tersirat dalam surat al-Jatsiyah ayat 13 berikut.

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ ۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لَآيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ ﴿١٣﴾

*“Dia telah menundukkan (pula) untukmu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya (Sebagai rahmat) dari-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berpikir.”*

Dalam konteks ayat ini, orang yang *tafakkur* (berpikir secara mendalam) akan menyadari bahwa seluruh ciptaan Allah merupakan bukti atas kebesaran-Nya. baik di langit maupun di bumi, merupakan anugerah dari Allah. Dalam ayat ini disebutkan bahwa seluruh yang ada di langit dan bumi telah Allah tundukkan untuk kepentingan manusia sebagai wujud kasih karunia-Nya. Mereka yang melakukan *tafakkur* akan menghargai setiap nikmat tersebut dan menumbuhkan rasa syukur atas semua yang telah dianugerahkan.

Orang yang melakukan *tafakkur* akan mampu menangkap tanda-tanda kebesaran Allah yang terbentang di alam semesta. Mereka akan merenungi serta mengambil hikmah dari berbagai fenomena alam, seperti langit yang luas, lautan yang terbentang, dan segala sesuatu yang ada di bumi sebagai bukti keberadaan

Allah sang Maha Pencipta. Melalui perenungan yang mendalam, mereka akan semakin dekat kepada Allah dan memperteguh keimanan mereka.

Pada tingkatan tertinggi dalam nalar manusia, yaitu *yatafakkarun*, tercermin puncak kemampuan berpikir yang menjadi aspek paling penting dalam kehidupan sehari-hari. Setelah melalui berbagai tahapan penalaran, mulai dari tingkat awal hingga yang paling akhir, pada tahap inilah kesempurnaan iman seseorang akan terbentuk sehingga menjadikannya pribadi yang lebih baik. Dengan konsep *tafakkur* ini, manusia juga dituntut untuk memanfaatkan anugerah bumi secara bijak, misalnya dengan mengolah hasil sampingan seperti limbah sekam padi agar dapat dimanfaatkan dalam penelitian yang membawa manfaat luas bagi seluruh umat manusia.

Penelitian ini menyoroti kontribusi Fakhrudin ar-Razi dalam pengembangan filsafat Islam. Ar-Razi memperkenalkan metode serta pola berpikir rasional melalui pendekatan yang mendalam dan kritis. Ia berupaya membangun dasar pemikiran bagi umat Islam agar menggunakan akal dalam menelusuri kebenaran serta memperteguh keyakinan terhadap Islam, tanpa mengabaikan peran rasio sebagai sarana memahami ayat-ayat al-Qur'an.

Pada lafadz وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ ۚ يَتَفَكَّرُونَ

Ar-Razi menafsirkan penundukan langit dan bumi sebagai bentuk pengaturan Allah yang menempatkan seluruh benda langit dan bumi pada posisi serta ruang yang tetap. Jika bumi bergerak tanpa kendali, melayang, atau jatuh, tentu manusia tidak akan dapat mengambil manfaat darinya. Demikian pula, jika bumi tersusun dari bahan yang tidak sesuai, seperti emas, perak, atau besi ia tidak akan layak dihuni

manusia. Semua hal ini menegaskan bahwa Allah-lah yang menciptakan, mengatur, dan menundukkan langit dan bumi agar dapat dimanfaatkan oleh manusia.

Lafadz *minhu* (darinya) mengisyaratkan bahwa segala sesuatu yang ada di langit dan bumi bersumber dari Allah. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh ciptaan yang ditundukkan bagi manusia berasal dari kekuasaan-Nya dan diperuntukkan demi kemaslahatan manusia. Sebagian ulama, sebagaimana dijelaskan dalam *Al-Kasyf*, memahami lafadz *minhu* sebagai keterangan keadaan (*hal*) yang menegaskan bahwa segala sesuatu yang ditundukkan berasal dari Allah SWT serta menjadi pernyataan bahwa Dialah sumber yang hakiki. Ada pula yang menafsirkan *minhu* sebagai *fa'il* dari lafadz *sakhara* dalam pengertian majazi, atau sebagai khabar dari mubtada' yang tersembunyi, sehingga maknanya adalah bahwa semuanya berasal dari-Nya.

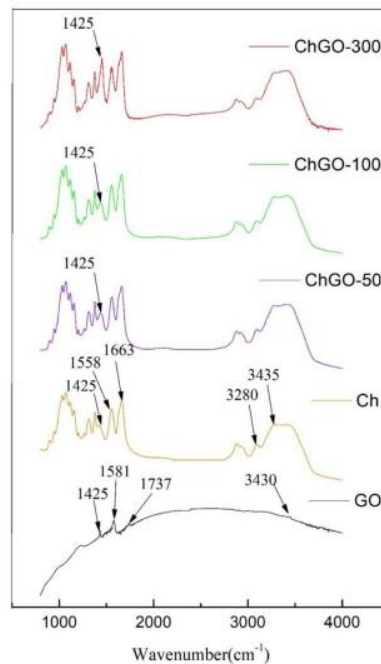
## **2.4 Karakterisasi**

### **2.4.1 Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR)**

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia berbagai jenis senyawa, termasuk senyawa organik, polimer, pelapis (*coating*), material semikonduktor, sampel biologis, senyawa anorganik, dan mineral. FTIR memiliki kemampuan untuk menguji berbagai bentuk material, baik secara keseluruhan maupun dalam bentuk lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, atau bentuk lain (Lasut dkk 2020). Spektrum inframerah diperoleh dengan melewati cahaya melalui sampel, mengukur intensitas cahaya menggunakan detektor, lalu membandingkan intensitas tersebut dengan cahaya tanpa sampel, sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum yang dihasilkan biasanya diplot dalam bentuk panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau

bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Anam dkk 2007). Identifikasi pita serapan karakteristik yang disebabkan oleh berbagai gugus fungsi merupakan dasar dalam interpretasi spektrum inframerah. Kehadiran puncak serapan di wilayah gugus fungsi pada spektrum inframerah umumnya menunjukkan keberadaan gugus fungsi tertentu dalam senyawa yang dianalisis. Sebaliknya, ketiadaan puncak di wilayah tertentu dari daerah gugus fungsi pada spektrum inframerah biasanya mengindikasikan bahwa gugus fungsi yang seharusnya menyerap di wilayah tersebut tidak ada (Pine, 1980)

Pada penelitian (Sun dkk., 2021) menunjukkan bahwa spektrum dari kitin, dan *sponge* ChGO memiliki perbedaan yang signifikan. Dalam spektrum kitin saja menunjukkan puncak pada 3435 cm dan 3280 cm masing-masing ditetapkan sebagai vibrasi regangan O-H dan N-H, dan puncak pada 1663 cm dan 1558 cm ditetapkan untuk gugus amino. I dan II pada rantai molekul kitin, untuk spectrum Ch/GO terdapat peningkatan puncak absorpsi pada 1425 cm karena penambahan GO yang menunjukkan bahwa GO dimasukkan dalam matriks kitin untuk membentuk *sponge* ChGO.



Gambar 2. 4 Grafik FTIR Komposit Ch/GO (Sun dkk.,2021)

#### 2.4.2 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan analisis spektroskopi yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan menggunakan instrumen spektrofotometer (Mulja dkk., 1995). Pengukuran panjang gelombang dan absorbansi suatu analit dilakukan menggunakan spektrofotometer yang melibatkan transisi energi elektronik dalam molekul yang dianalisis. Oleh karena itu, metode ini lebih sering digunakan untuk kuantitatif dibandingkan kualitatif. Penyerapan sinar UV-Vis oleh suatu molekul menyebabkan eksitasi elektron dalam ikatan, sehingga panjang gelombang absorpsi maksimum dapat dikaitkan dengan jenis ikatan dalam molekul yang dianalisis. Spektrum UV-Vis menunjukkan hubungan antara absorbansi (sebagai ordinat) dan panjang gelombang (Sebagai absis). Apabila radiasi elektromagnetik dilewatkan pada suatu larutan dengan intensitas radiasi semula, maka sebagian radiasi tersebut akan diteruskan, dipantulkan dan diserap. Namun, intensitas sinar yang dipantulkan



dapat diabaikan karena pengerjaan dengan spektro menggunakan larutan pembanding sebagai standar (Fesseden, 1997).

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada transisi elektronik yang terjadi akibat penyerapan cahaya UV-Vis, yang mampu mengeksitasi elektron ke orbital molekul yang kosong. Secara umum, transisi yang paling memungkinkan adalah dari tingkat energi tertinggi ke tingkat energi terendah yang kosong. Penyerapan sinar UV-Vis mengakibatkan perpindahan elektron yang lebih mudah tereksitasi dibandingkan dengan senyawa yang menyerap pada panjang gelombang UV yang lebih pendek. Pada umumnya, *carbon dots* menunjukkan serapan dalam rentang 230-270 nm, yang berkaitan dengan transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  dari gugus aromatik C=C (Chan dkk., 2018), sementara serapan pada 300-340 nm dikaitkan dengan transisi  $\pi \rightarrow \pi^*$  yang berasal dari gugus C=O (Carbonaro dkk., 2019).

### 2.4.3 Mikroskop Optik

Mikroskop optik merupakan alat yang digunakan untuk mengamati struktur permukaan material secara non-destruktif termasuk dalam karakterisasi material berpori. Penggunaan mikroskop optik dalam penelitian material memungkinkan analisis morfologi, distribusi ukuran pori, serta estimasi luas permukaan. Untuk meningkatkan akurasi pengukuran, perangkat lunak pemrosesan gambar seperti *Image J* sering digunakan dalam analisis mikroskop optik. *Image J* dapat membantu mengidentifikasi luas area proyeksi *sponge chitin* dengan metode thresholding, yaitu pemisahan antara bagian pori dan matriks *sponge* berdasarkan tingkat intensitas piksel. Pengolahan citra ini memungkinkan perhitungan luas permukaan yang terlihat serta estimasi presentase porositas material (Schindelin dkk., 2012).

Dalam analisis luas permukaan *sponge chitin*, transisi gambar dari warna asli ke ode grayscale mempermudah proses segmentasi objek. Setelah itu, dilakukan kalibrasi skala gambar untuk mengubah ukuran piksel menjadi satuan micrometer ( $\mu\text{m}$ ), sehingga luas permukaan yang terdeteksi lebih akurat. Metode *Analyze Particles* dalam *Image J* memungkinkan pengukuran jumlah, ukuran, serta distribusi pori-pori dalam *sponge chitin*. Pengukuran ini sangat penting untuk memahami sifat absorpsi material, terutama dalam aplikasi filtrasi dan absorpsi polutan (Sun dkk., 2020). Beberapa penelitian telah membuktikan efektivitas penggunaan mikroskop digital dan *Image J* dalam analisis material berpori. (Sun dkk., 2020) melakukan analisis *sponge chitin* dan graphene oxide menggunakan *Image J* untuk mengukur luas permukaan proyeksi dan porositasnya dalam konteks aplikasi filtrasi mikroplastik. Penelitian lain oleh Zhou dkk (2021) menunjukkan bahwa metode analisis citra dapat digunakan untuk mengevaluasi struktur pori material komposit, di mana hasil pengukuran dari *Image J* memiliki korelasi yang baik dengan metode karakterisasi berbasis pencitraan. Dengan demikian, penggunaan mikroskop digital dan analisis citra dengan *Image J* dapat menjadi metode yang efektif untuk mengukur luas permukaan proyeksi *sponge chitin*.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah eksperimen, yaitu dilakukan beberapa proses seperti sintesis *carbon dots* dari limbah sekam padi menggunakan metode hidrotermal, dan sintesis komposit *sponge* ChCDs dengan variasi komposit larutan *sponge chitin carbon dots* menggunakan metode pembekuan-pencairan selanjutnya, dilakukan karakterisasi *carbon dots* menggunakan *Spektrofotometri* UV-Vis dan *UV-Light*, kemudian dilakukan karakterisasi pada *sponge chitin carbon dots* dengan menggunakan Mikroskop optik, dan FTIR. Setelah itu, dilakukan uji aplikasi komposit *sponge* ChCDs sebagai penyerap air dan material penyerap mikroplastik.

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

Penelitian ini dilaksanakan mulai Januari 2024, di Laboratorium Riset Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

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

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

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Neraca digital
2. Magnetik stirer bar
3. Hotplate *magnetic* stirrer
4. Beaker glass
5. Gelas ukur
6. Spatula

7. Oven
8. Blender
9. Membran
10. Cawan petri
11. Ayakan 200 mesh
12. Enlenmeyer 250 ml
13. Corong kaca 90 ml
14. Filter membran
15. *Sentrifuge Machine*
16. *UV-Light* 395 nm

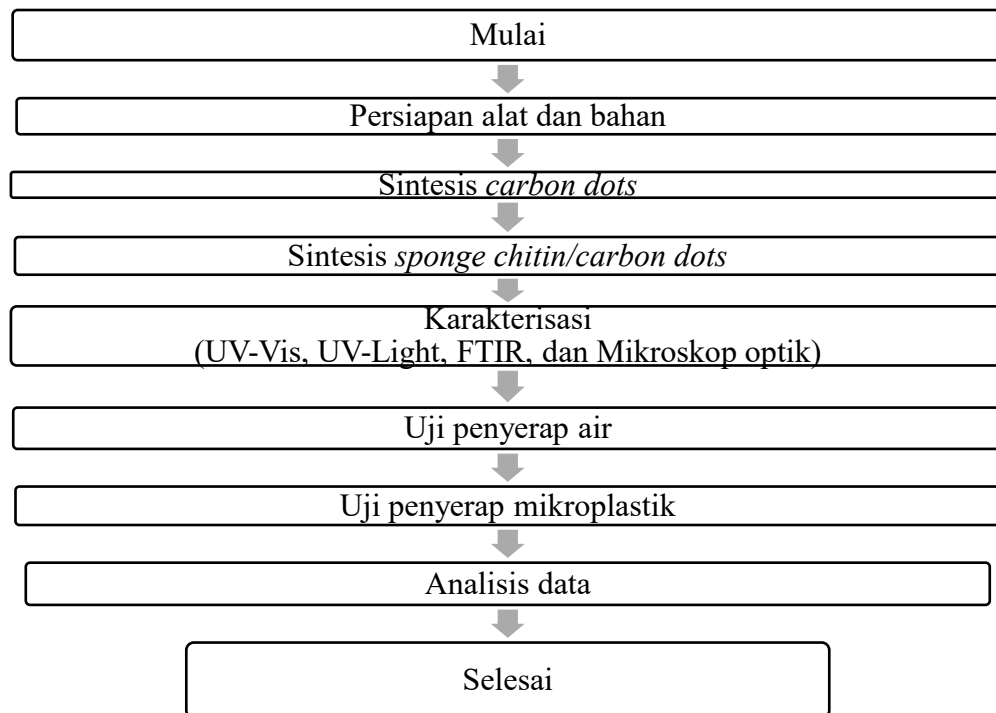
### **3.3.2 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Sekam padi
2. Urea
3. Aquades
4. Kitin
5. Glutaraldehyde
6. NaOH
7. Mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC)

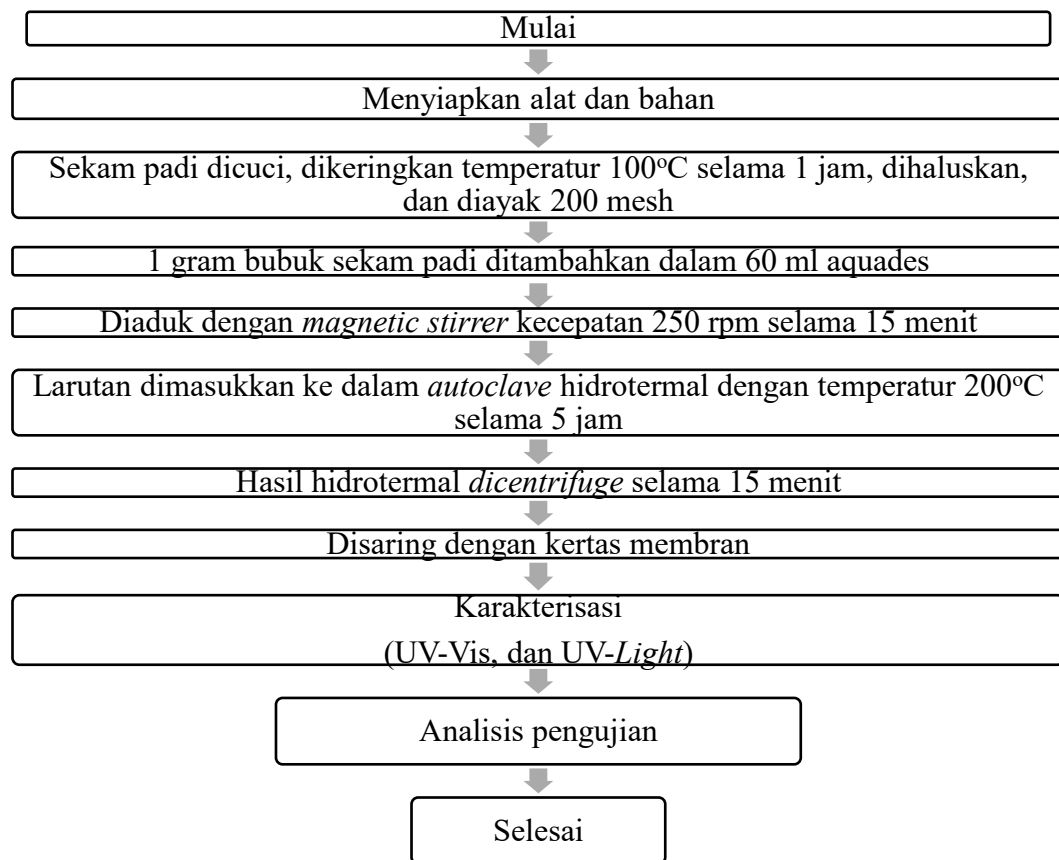
### 3.4 Diagram Alir

#### 3.4.1 Prosedur Penelitian



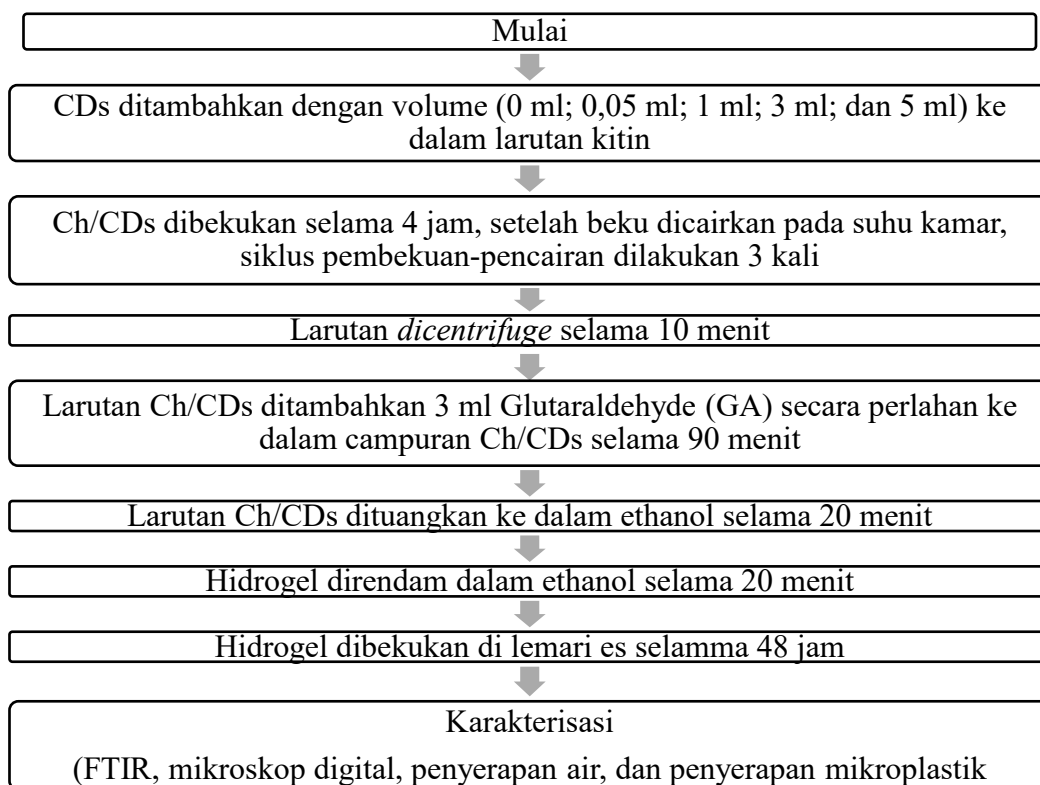
Gambar 3. 1 Diagram alir prosedur penelitian

### 3.4.2 Sintesis *Carbon Dots* dari Limbah Sekam Padi



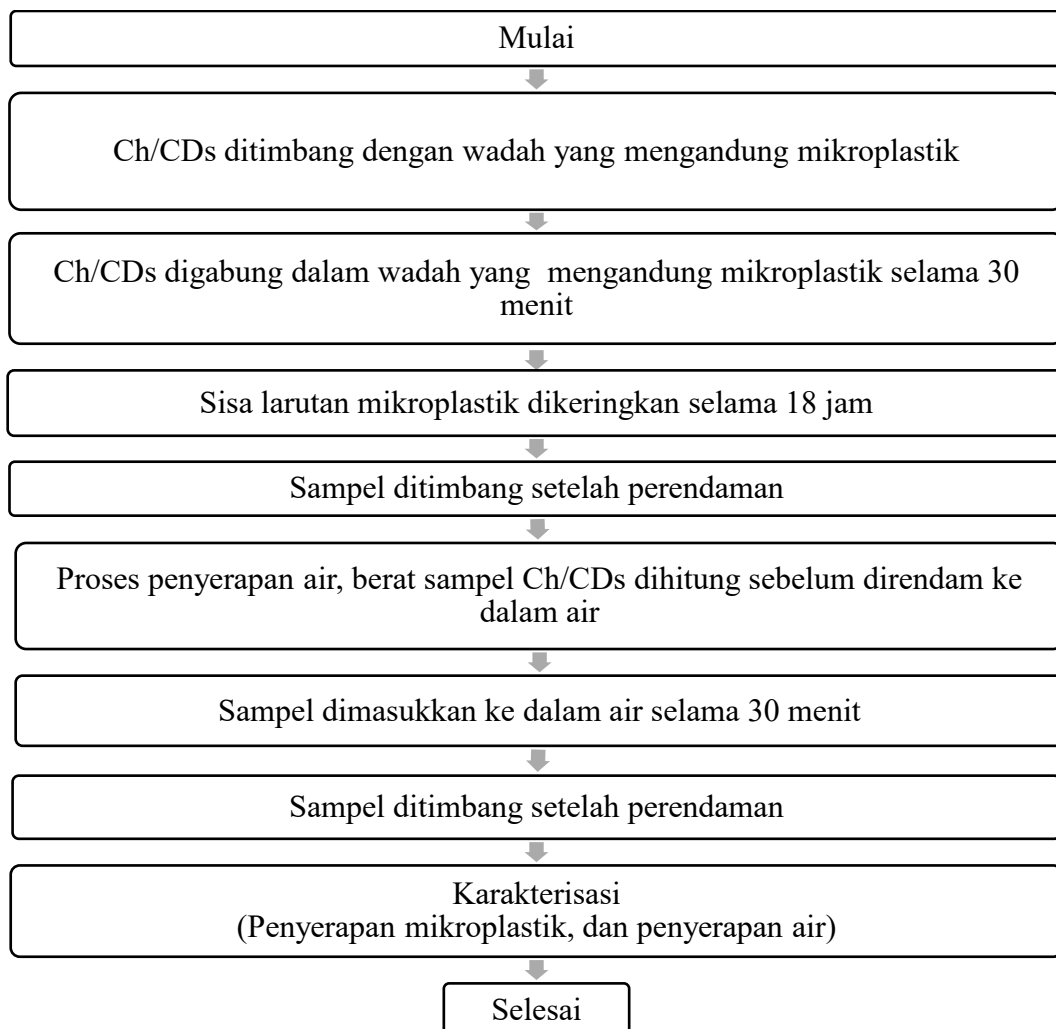
Gambar 3. 2 Diagram alir sintesis *carbon dots* dari limbah sekam padi

### 3.4.3 Sintesis Komposit *Sponge Chitin/Carbon Dots*



Gambar 3. 3 Diagram alir sintesis komposit *sponge chitin/carbon dots*

### 3.4.4 Sintesis Komposit *Sponge chitin/Carbon Dots* sebagai Penyerap Air dan Penyerap Mikroplastik



Gambar 3. 4 Diagram alir prosedur penyerap mikroplastik menggunakan *sponge chitin/carbon dots*

## 3.5 Posedur Penelitian

### 3.5.1 Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam sintesis *carbon dots* dari limbah sekam padi sebagai berikut :

1. Limbah sekam padi dicuci menggunakan aquades supaya kotoran yang menempel hilang.



2. Sekam padi dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 1 jam.
3. Sekam padi yang kering diblender hingga halus kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 200 mesh.
4. Serbuk sekam padi ditimbang dengan massa 1 gram.
5. Serbuk tersebut dicampur dengan 60 ml aquades menggunakan *magnetic* stirer selama 15 menit dengan suhu kecepatan 250 rpm.
6. Larutan dimasukkan ke dalam *autoclave* hidrotermal.
7. Proses hidrotermal dengan suhu 200°C selama 5 jam.
8. Larutan hasil hidrotermal (CDs) *dicentrifuge* selama 15 menit untuk memisahkan antara CDs dengan endapannya.
9. Larutan CDs tersebut kemudian disaring menggunakan kertas membran.  
Langkah –langkah yang dilakukan dalam komposit *sponge* chitin sebagai berikut :
  1. 5 gram NaOH dan 2 gram urea ditambahkan kedalam 43 ml aquades yang sudah disiapkan.
  2. 3 gram bubuk kitin ditambahkan kedalam larutan kitin.
  3. Larutan CDs yang sudah disiapkan dengan volume (0 ml; 0,5 ml; 1 ml; 3 ml; dan 5 ml) ditambahkan ke dalam larutan kitin.
  4. ChCDs dibekukan selama 4 jam, setelah beku dicairkan pada suhu ruang. Siklus pembekuan-pencairan dilakukan tiga kali untuk meningkatkan struktur *sponge*.
  5. Larutan di *centrifuge* selama 10 menit untuk menghilangkan gelembung dan kotoran dari campuran.

6. Setelah di *centrifuge*, 3 ml *Glutraldehyde* (GA) ditambahkan perlahan ke dalam campuran ChCDs. Larutan ChCDs *distirer* selama 90 menit untuk memfasilitasi pembentukan jaringan kimia melalui ikatan silang.
7. Larutan ChCDs kemudian dituangkan ke dalam cetakan dan disimpan selama 24 jam di lemari es, hidrogel terbentuk.
8. Hidrogel direndam dalam ethanol 30% selama 20 menit.
9. Hidrogel kemudian dibekukan selama 4 jam dan dikeringkan di suhu ruang selama 48 jam untuk menghasilkan *sponge* Ch/CDs.

### 3.5.2 Uji Karakterisasi

Adapun karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini

1. UV Light 395 nm digunakan untuk melihat pendaran cahaya yang dihasilkan oleh *carbon dots* dari limbah sekam padi. Pengujian ini dilakukan di dalam ruang gelap, laboratorium Optik jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
2. Spektrometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang *carbon dots*. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
3. Mikroskop optik digunakan untuk mengetahui luas permukaan *sponge* ChCDs. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Optik jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan ikatan kimia yang terdapat pada *sponge* ChCDs dengan mengetahui keberhasilan sintesis dan integritas structural. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Halal Center, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Rentang pindai gelombang yang digunakan  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ .
5. Uji Penyerapan Air digunakan untuk membandingkan massa material sebelum dan setelah direndam dalam air. Pengujian ini dilakukan di laboratorium jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
6. Uji Penyerapan Mikroplastik digunakan untuk membandingkan kapasitas mikroplastik sebelum dan setelah proses absorpsi mikroplastik Polyvinyl Chloride (PVC). Pengujian ini dilakukan di laboratorium jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

### **3.5.3 Komposit *Sponge Chitin/Carbon Dots* Sebagai Material Penyerap Mikroplastik**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam sintesis karbon dot dari limbah sekam padi sebagai absorpsi mikroplastik sebagai berikut :

1. ChCDs ditimbang untuk mengetahui berat sebelum digabung dengan wadah yang mengandung partikel mikroplastik *Polyvinyl Chloride* (PVC).
2. ChCDs digabung dalam wadah yang mengandung partikel *Polyvinyl Chloride* (PVC) selama 30 menit.
3. Sampel ChCDs ditimbang setelah perendaman.
4. Sisa larutan mikroplastik dikeringkan dengan suhu  $90^{\circ}\text{C}$  selama 18 jam.

5. Sisa mikroplastik kemudian ditimbang untuk menentukan konsentrasi mikroplastik yang tersisa.
6. Prosedur penyerap air, berat *sponge* ChCDs ditimbang sebelum direndam ke dalam air.
7. *Sponge* ChCDs dimasukkan ke dalam air selama 30 menit.
8. *Sponge* ChCDs ditimbang setelah proses penyerapan.
9. Hasil penyerapan air kemudian dihitung.

### 3.6 Rencana Analisis data

Data yang diperoleh dari masing-masing penguian kemudian dianalisis lebih lanjut. Data yang diperoleh berupa data uji spektrofotometri UV-Vis, gugus fungsi, mikroskop optik, uji penyerap air, dan uji penyerap mikroplastik.

#### 1 Karakterisasi FTIR

Pengujian gugus fungsi menggunakan FTIR sampel hasil sintesis diuji dengan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi *sponge* ChCDs. Hasil data FTIR berupa grafik transmitansi dan bilangan gelombang dari setiap sampel, yang dianalisis menggunakan *software* origin 2024. Kemudian puncak gugus fungsi yang terbentuk grafik dianalisis menggunakan referensi literatur. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Rencana analisis data FTIR

Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )				Gugus fungsi
Chitin	ChCDs-1	ChCDs-3	ChCDs-5	

## 2 Karakterisasi *spektrofotometri UV-Vis*

Sampel larutan *carbon dots* hasil sintesis diuji dengan *spektrofotometri UV-Vis*. Hasil data yang diperoleh berupa absorbansi, sampel dianalisis menggunakan *software* origin 2024.

## 3 Karakterisasi *UV-light*

Pengujian warna pendaran hasil sintesis *carbon dots* dilakukan dengan menggunakan sinar UV pada panjang gelombang 395 nm. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengamati pendaran yang ditampilkan oleh setiap sampel *carbon dots*.

## 4 Karakterisasi mikroskop optik

Pengujian morfologi permukaan pori menggunakan mikroskop optik dilakukan pada sampel *sponge* ChCDs. Data hasil pengamatan berupa citra permukaan pori sampel yang kemudian dianalisis menggunakan *software Image J*. Citra tersebut digunakan untuk membandingkan luas permukaan pori dari setiap sampel *sponge* ChCDs.

## 5 Karakterisasi penyerapan air

Karakterisasi penyerapan air dilakukan untuk mengetahui kemampuan *sponge chitin carbon dots* (ChCDs) dalam menyerap air dan mengetahui sifat hidrofilik material. Sampel ChCDs ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui massa awal, kemudian direndam ke dalam air selama 30 menit. Setelah perendaman, sampel kembali ditimbang untuk memperoleh massa akhir sehingga dapat dihitung kapasitas penyerapan air pada kondisi maksimum. Dengan cara ini perilaku penyerapan air oleh *sponge* ChCDs dapat dianalisis, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Rencana analisis data penyerap air

No	Sampel	Massa <i>sponge</i> (g)		Absorpsi air (%)
		Sebelum absorpsi	Setelah absorpsi	
1.	ChCDs			
2.	ChCDs-1			
3.	ChCDs-3			
4.	ChCDs-5			

Kemudian diolah data untuk mengetahui nilai penyerapan air:

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dimana,

% = Absorpsi air

$M_0$  = Berat *sponge* ChCDs ( g )

$M_t$  = Berat *sponge* ChCDs ( g )

## 6 Karakterisasi penyerapan mikroplastik

Karakterisasi penyerapan mikroplastik dilakukan dengan menggunakan *sponge chitin carbon dots* (ChCDs). Sampel ChCDs ditimbang untuk mengetahui massa awal sebelum dimasukkan ke dalam wadah yang berisi partikel mikroplastik Polyvinyl Chloride (PVC). Setelah proses kontak dengan larutan selama 30 menit, jumlah partikel yang tersisa dianalisis untuk menentukan kapasitas penyerapan *sponge*. Sisa mikroplastik tersebut selanjutnya dikeringkan menggunakan oven untuk memastikan adanya penurunan jumlah mikroplastik setelah proses absorpsi. Dengan cara ini, perilaku absorpsi mikroplastik oleh *sponge* ChCDs dapat diamati, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.3 analisis hasil penyerap mikroplastik.

Tabel 3. 3 Rencana analisis data absorpsi mikroplastik

No	Sampel	Kapasitas mikroplastik (mg/ml)		Kapasitas absorpsi (mg/g)	Efisiensi absorpsi (%)
		Sebelum absorpsi	Setelah absorpsi		
1.	Chitin				
2.	ChCDs-1				
3.	ChCDs-3				
4.	ChCDs-5				

Kemudian diolah data untuk mengetahui nilai absorpsi mikroplastik:

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{V \times (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{m} \quad (3.2)$$

Dimana,

Q = Kapasitas absorpsi ( mg/g )

C awal = Konsentrasi mula mula mikroplastik ( mg/ml)

C akhir = Konsentrasi mikroplastik setelah absorpsi ( mg/ml)

m = Massa *sponge* ChCDs yang digunakan ( g )

V = Volume larutan mikroplastik ( L )

Efisiensi absorpsi mikroplastik menunjukkan kemamuan absorben dalam menyerap mikroplastik dari larutan. Nilai efisiensi dihitung berdasarkan perbandingan antara massa mikroplastik sebelum dan sesudah proses penyerapan. Persamaan efisiensi absorpsi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{(m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}})}{m_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana,

$\eta$  = Efisiensi absorpsi mikroplastik (%)

$m_{\text{awal}}$  = Massa mikroplastik sebelum penyerapan (mg)

$m_{akhir}$  = Massa mikroplastik setelah penyerapan (mg)

Persamaan tersebut digunakan untuk mengetahui presentase mikroplastik yang berhasil diserap oleh adsorben. Nilai efisiensi yang tinggi menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dalam mengikat partikel mikroplastik semakin baik (Yadav dkk., 2023; Wang dkk., 2017).



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini, *carbon dots* (CDs) disintesis dari limbah sekam padi menggunakan metode hidrotermal pada suhu 200°C selama 5 jam. Sintesis *sponge chitin* dilakukan menggunakan metode pembekuan-pencairan, kemudian *sponge chitin* dikompositkan *carbon dots* (ChCDs) sebesar 0 ml, 1 ml, 3 ml, dan 5 ml. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Riset Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. *Sponge* ChCDs yang dihasilkan digunakan sebagai material penyerap mikroplastik jenis *Polyvinyl Chloride* (PVC). Seluruh sampel dikarakterisasi menggunakan FTIR, *spektrofotometri UV-Vis*, mikroskop optik, serta diuji kemamuan penyerapannya terhadap air dan mikroplastik.

*Carbon dots* (CDs) disintesis dari limbah sekam padi yang terlebih dahulu dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Sekam padi yang telah kering dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 200 mesh. Serbuk sekam padi ditimbang sebanyak 1 gram, lalu dicampur dengan 60 ml aquades menggunakan magnetik stirrer pada kecepatan 250 rpm selama 15 menit. Larutan tersebut dimasukkan kedalam autoclave teflon untuk proses hidrotermal pada suhu 200°C selama 5 jam. Hasil larutan hidrotermal disentrifugasi selama 15 menit dan disaring menggunakan membran untuk memperoleh larutan *carbon dots* murni. Selanjutnya, larutan *carbon dots* dicampurkan ke dalam larutan kitin dengan variasi volume 0 ml, 1 ml, 3 ml, dan 5 ml, kemudian dilakukan proses pembekuan-pencairan sebanyak tiga kali siklus untuk membentuk struktur *sponge* dimana metode ini telah

sesuai dengan penelitian Sun (2021) (Sun dkk.,2021). Setelah itu glutaraldehyde ditambahkan secara perlahan dan diaduk selama 90 menit. Campuran dituangkan ke dalam cetakan, disimpan selama 42 jam hingga terbentuk hidrogel, lalu direndam dalam ethanol 30% selama 20 menit Hidrogel kemudian dibekukan kembali selama 4 jam dan dikeringkan pada suhu ruang selama 48 jam sehingga diperoleh *sponge chitin/carbon dots* (Ch/CDs). Sampel Ch/CDs dengan variasi komposit 0 ml, 1 ml, 3 ml, dan 5 ml diberi kode untuk memudahkan penjelasan yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

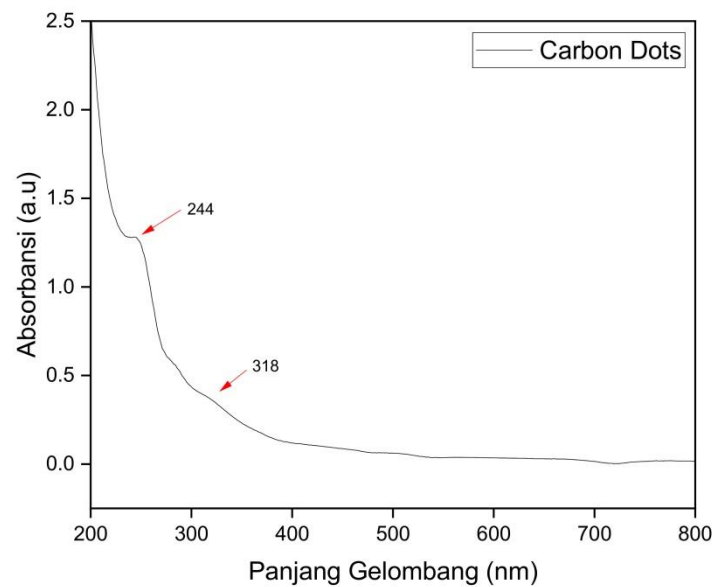
Tabel 4. 1 Nama sampel

No	Sampel	Kode
1.	Ch/ CDs (0 ml)	Chitin
2.	Ch/CDs (1 ml)	ChCDs-1
3.	Ch/CDs (3 ml)	ChCDs-3
4.	Ch/CDs (5 ml)	ChCDs-5

#### 4.1.1 Karakterisasi *Carbon Dots*

##### 1. Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Tujuan dari karakterisasi menggunakan spektroskopi UVVis adalah untuk mengetahui panjang gelombang serapan (absorbansi). Pada pengujian ini, sampel *carbon dots* menggunakan aquades sebagai pelarut. Data karakterisasi UVVis ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara nilai absorbansi terhadap panjang gelombang (nm). Hasil karakterisasi sampel ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik absorbansi UV-Vis *carbon dots*

Dari Gambar 4.1 menunjukkan bahwa sampel memiliki dua puncak absorbansi. Puncak absorbansi pada *carbon dots* berada pada panjang gelombang sebesar 244 nm dengan absorbansi sebesar 1,281 dan 318 nm dengan absorbansi sebesar 0,367. Ying (2021) menyatakan bahwa *carbon dots* yang disintesis dari biomassa umumnya menunjukkan penyerapan pada wilayah ultraviolet dengan panjang gelombang sekitar 200-400 nm (Lou dkk.,2021).

## 2. UV-Light 395 nm

Pengujian pendaran *carbon dots* dengan sinar UV dilakukan di Laboratorium Optik, Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengamati emisi cahaya dari sampel *carbon dots* saat disinari UV dengan panjang gelombang 395 nm. Hasil karakterisasi sampel ditunjukkan pada Gambar 4.2 .



Gambar 4. 2 (a) pada sinar tampak dan (b) pada sinar UV 395 nm

Gambar 4.2 (a) menunjukkan hasil pengamatan sampel *carbon dots* pada kondisi cahaya tampak. Terlihat bahwa larutan *carbon dots* berwarna cokelat muda. Sedangkan Gambar 4.2 (b) memperlihatkan pengamatan sampel *carbon dots* di bawah sinar UV dengan panjang gelombang 395 nm. Terlihat adanya pendaran cahaya berwarna biru kehijauan (cyan).

#### 4.1.2 Karakterisasi Komposit *Sponge Chitin/Carbon Dots*

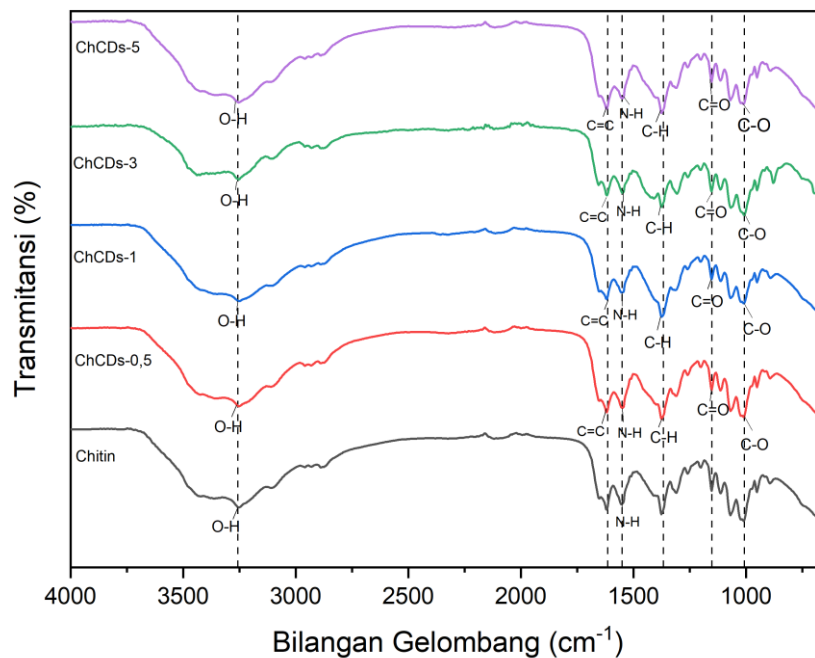
##### 1. *Forier Transform Infra Red* (FTIR)

Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian FTIR bertujuan untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam *carbon dots*. Gambar 4.3 menampilkan karakterisasi FTIR yang menunjukkan hubungan antara bilangan gelombang dan transmitansi.

Tabel 4. 2 Gugus fungsi *sponge* ChCDs

No	Sampel	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus fungsi
1.	Chitin	3257	O-H
		1539	N-H
2.	ChCDs-1	3242	O-H
		1613	C=C
		1539	N-H
		1379	C-H
		1252	C=O
		890	C-O
3.	ChCDs-3	3257	O-H
		1613	C=C
		1539	N-H
		1379	C-H
		1248	C=O
		879	C-O
4.	ChCDs-5	3253	O-H
		1613	C=C
		1539	N-H
		1379	C-H
		1248	C=O
		879	C-O

Hasil analisis FTIR pada komposit *sponge* ChCDs disajikan pada Tabel 4.2. spektrum FTIR memperlihatkan adanya beberapa puncak serapan yang merepresentasikan gugus fungsi khas dari *chitin* dan *carbon dots*. Terjadinya pergeseran bilangan gelombang serta perubahan intensitas pada beberapa gugus fungsi menunjukkan adanya interaksi kimia antara ChCDs dan matriks *sponge*, yang mengindikasikan keberhasilan proses penggabungan kedua material tersebut dalam membentuk komposit. Dari tabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3 mengenai pola spektrum FTIR dari setiap sampel.



Gambar 4. 3 Grafik FTIR *sponge* ChCDs

Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR pada Gambar 4.3 material ChCDs dengan variasi konsentrasi 0; 1; 3; dan 5 ml diperoleh beberapa puncak serapan utama yang menunjukkan keberadaan berbagai gugus fungsi penyusun material. Puncak serapan pada bilangan gelombang sekitar  $3257\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus O-H dan N-H yang mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil serta amina sekunder. Silverstein menjelaskan bahwa salah satu serapan peregangan karakteristik senyawa kitin adalah adanya serapan pada daerah  $3257\text{ cm}^{-1}$  (Dompeipen, 2017) pada permukaan ChCDs. Puncak pada  $1379\text{ cm}^{-1}$  berkaitan dengan getaran regangan C-H dari senyawa alifatik, sedangkan puncak pada  $1278\text{ cm}^{-1}$  menandakan keberadaan gugus C=O (karbonil), selain itu puncak serapan pada  $1613\text{ cm}^{-1}$  berkaitan dengan adanya ikatan C=C aromatik, puncak pada  $1379\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan getaran regangan C-H dari gugus metil, yang dimana semua gugus fungsi tersebut menunjukkan struktur inti karbon dari *carbon dots* ( Agus

Permana Putra Sujana & Sumadiyasa.,2021). Puncak di  $894\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan keberadaan gugus C-O yang mengindikasikan adanya spektrum FTIR dari kitin yang diisolasi dari kulit udang (Dompeipen, 2017)

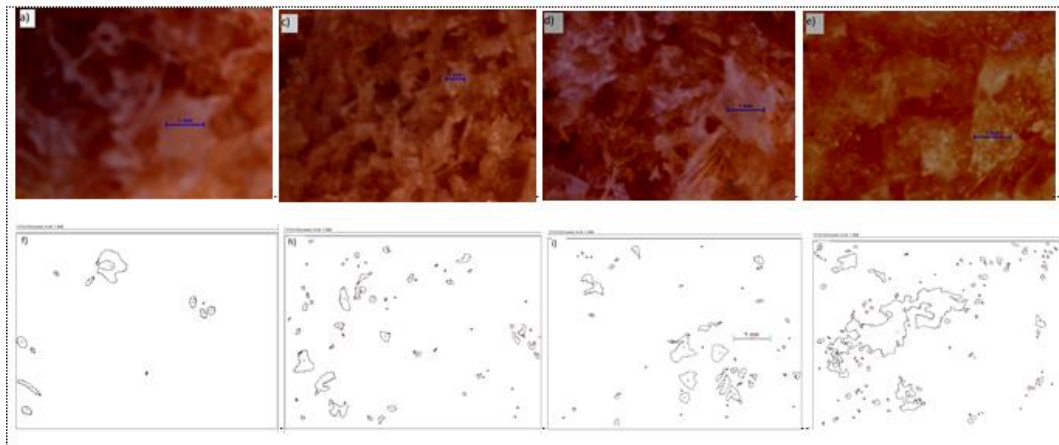
## 2. Mikroskop Optik

Pengujian luas permukaan pori dengan mikroskop optik dilakukan di Laboratorium Optik Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan porositas sampel ChCDs melalui hasil citra yang diperoleh dari pengamatan mikroskopis. Hasil karakterisasi sampel ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Luas permukaan porositas *sponge* ChCDs

No	Sampel	Luas permukaan pori ( $\mu\text{m}^2$ )
1.	Chitin	24,620
2.	ChCDs-1	43,883
3.	ChCDs-3	51,396
4.	ChCDs-5	137,783

Hasil pengukuran luas permukaan porositas pada komposit *sponge* ChCDs disajikan pada Tabel 4.3. nilai presentase area pori menunjukkan adanya peningkatan porositas seiring dengan penambahan konsentrasi ChCDs pada matriks *sponge*. Data tersebut divisualisasikan pada Gambar 4.4 untuk memperjelas perbandingan antar sampel.



Gambar 4. 4 Morfologi luas permukaan porositas *sponge* ChCDs (a)-(d) Chitin, ChCDs-1, ChCDs-3, ChCDs-5 sebelum pengamatan mikroskop optik dan (e)-(h) Chitin, ChCDs-1, ChCDs-3, ChCDs-5 setelah pengamatan setelah mikroskop optik

Pada Gambar 4.4 Memperlihatkan hasil analisis morfologi ChCDs melalui citra yang diperoleh dari pengamatan mikroskop optik memperlihatkan adanya variasi struktur pori dengan luas area berpori (luas permukaan area pori) yang berkisar antara  $24,620 \mu\text{m}^2$  hingga  $137,783 \mu\text{m}^2$ . Nilai luas permukaan area tertinggi ditemukan pada sampel ChCDs-5 ( $137,783 \mu\text{m}^2$ ), yang menunjukkan terbentuknya jaringan pori yang luas dan saling terhubung, sementara nilai terendah hanya  $24,620 \mu\text{m}^2$  yang menandakan morfologi lebih padat. Variasi ini sejalan dengan karakteristik material berbasis biomassa yang umumnya heterogen (Sundkk.,2021), dimana kondisi sintesis hidrotermal pada suhu  $200^{\circ}\text{C}$  memengaruhi proses dekomposisi, serta restrukturisasi matriks kitin. Faktor-faktor tersebut berkontribusi terhadap pembentukan rongga dengan distribusi ukuran dan kerapatan yang berbeda, sehingga menghasilkan tingkat porositas yang bervariasi pada setiap sampel terdapat pada Gambar 4.4.

### 3. Penyerapan Air

Pengujian penyerap air dilakukan di Laboratorium Riset Fisika, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana

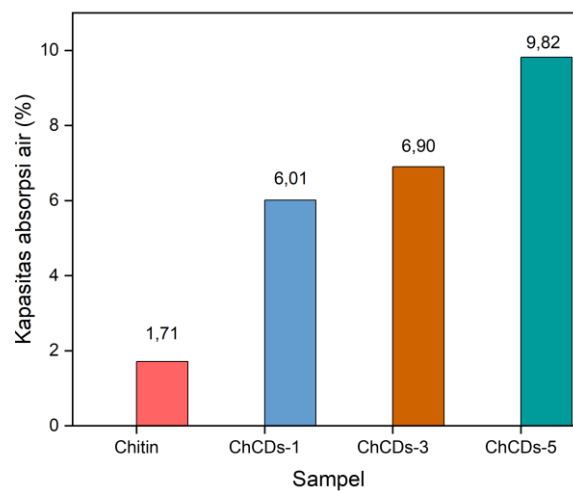


Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas kemampuan sampel ChCDs dalam menyerap air melalui perbandingan massa sebelum dan sesudah perendaman. Pada tahap awal, sampel disiapkan, kemudian ditimbang sebagai massa awal ( $M_0$ ). Selanjutnya, sampel direndam dalam air selama waktu 30 menit. Setelah perndaman, sampel diangkat, lalu ditimbang kembali untuk memperoleh massa akhir ( $M_t$ ). Nilai kapasitas penyerapan air dihitung menggunakan persamaan (3.2). Hasil karakterisasi sampel ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Nilai penyerapan air *sponge* ChCDs

No	Sampel	Massa sampel (g)		Kapasitas absorpsi air (%)
		Sebelum absorpsi	Setelah absorpsi	
1.	Chitin	3,90	3,96	1,54
2.	ChCDs-1	3,94	4,18	6,09
3.	ChCDs-3	3,91	4,18	6,91
4.	ChCDs-5	3,87	4,25	9,82

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 4.4, dapat dilihat adanya variasi nilai kapasitas penyerapan air pada sampel *sponge* ChCDs. Peningkatan nilai absorpsi air seiring dengan bertambahnya konsentrasi *carbon dots* menunjukkan bahwa modifikasi permukaan *sponge* dengan penambahan ChCDs mampu meningkatkan daya serap terhadap air. Perbandingan kapasitas penyerapan air dari masing-masing sampel divisualisasikan pada Gambar 4.5 untuk memperjelas peningkatan yang terjadi.



Gambar 4. 5 Grafik penyerapan air *sponge* ChCDs

Nilai kapasitas penyerapan air *sponge* ChCDs yang disajikan dalam Gambar 4.5 menunjukkan bahwa *Chitin* murni memiliki nilai penyerapan sebesar 1,54%, sedangkan ChCDs-1 sebesar 6,09%, ChCDs-3 sebesar 6,91%, dan meningkat tajam pada ChCDs-5 hingga mencapai 9,82%.

#### 4. Kemampuan *Sponge* ChCDs sebagai Material Penyerap Mikroplastik

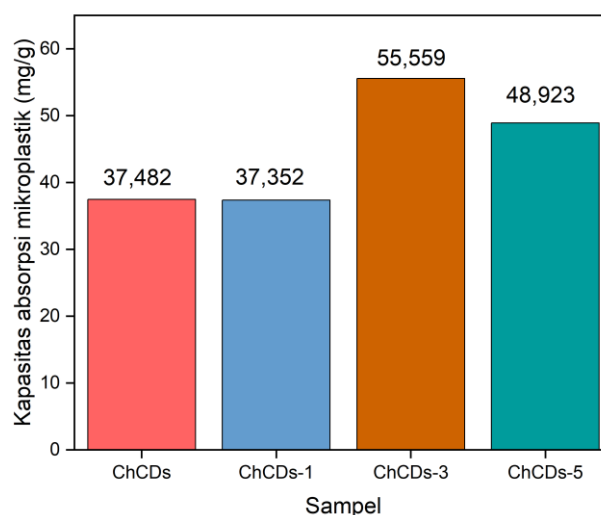
Pengujian penyerapan mikroplastik dilakukan di Laboratorium Riset Fisika, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas kemampuan sampel ChCDs dalam menyerap mikroplastik melalui perbandingan massa material sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan yang mengandung partikel mikroplastik. Pada tahap awal, sampel disiapkan. Larutan mikroplastik disiapkan dengan konsentrasi 10 mg/ml, kemudian sampel *sponge* ChCDs dimasukkan ke dalam larutan tersebut dan dilakukan proses absorpsi selama 30 menit. Setelah proses absorpsi selesai, kemudian sisa mikroplastik ditimbang untuk menentukan massa akhir mikroplastik yang tidak terserap oleh sampel.

Kapasitas absorpsi mikroplastik dihitung menggunakan persamaan (3.1). Hasil karakterisasi sampel ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Nilai penyerapan mikroplastik *sponge* ChCDs

No	Sampel	Konsentrasi mikroplastik (mg/ml)		Kapasitas absorpsi mikroplastik (mg/g)	Efisiensi absorpsi (%)
		Sebelum absorpsi	Setelah absorpsi		
1.	Chitin	10	8,507	37,482	14,922
2.	ChCDs-1	10	8,440	37,352	15,592
3.	ChCDs-3	10	7,684	55,559	23,157
4.	ChCDs-5	10	7,884	48,923	21,157

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.5, terlihat bahwa kapasitas absorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi *carbon dots*. Perbandingan kapasitas absorpsi dari setiap sampel divisualisasikan pada Gambar 4.6 untuk memperjelas peningkatan yang terjadi.



Gambar 4. 6 Grafik penyerapan mikroplastik *sponge* ChCDs

Berdasarkan Gambar 4.6, hasil pengujian menunjukkan bahwa kemampuan *sponge* ChCDs dalam menyerap mikroplastik mengalami peningkatan seiring dengan penambahan volume *carbon dots*. Hasil perhitungan tersebut, kemampuan *sponge* ChCDs dalam menyerap mikroplastik mengalami peningkatan seiring dengan penambahan volume *carbon dots*. Sampel *Chitin* tanpa penambahan *carbon dots* memiliki kapasitas penyerapan sebesar 37,482 mg/g, kemudian meningkat menjadi 15,592 mg/g pada ChCDs-1, dan mencapai nilai tertinggi pada sampel ChCDs-3 sebesar 23,157 mg/g. Pada variasi ChCDs-5 nilai kapasitas penyerapan mengalami sedikit penurunan menjadi 21,157 mg/g. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar penambahan *carbon dots* sebesar 3 ml merupakan kondisi paling optimal dalam meningkatkan kapasitas penyerapan mikroplastik juga menunjukkan peningkatan dengan nilai tertinggi sebesar 23,157 % pada sampel ChCDs-3. Nilai kapasitas penyerapan mikroplastik *sponge* ChCDs disajikan dalam Gambar 4.6.

## 4.2 Pembahasan

Limbah sekam padi merupakan salah satu biomassa yang melimpah di Indonesia dan memiliki kandungan karbon tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan material baru seperti *carbon dots* (CDs). Pada penelitian ini, CDs disintesis dari limbah sekam padi dengan metode hidrotermal serta dikompositkan pada *sponge chitin* dengan metode pembekuan-pencairan. Variasi volume larutan CDs sebesar 1 ml, 3 ml, dan 5 ml. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa penambahan CDs dari sekam padi berpengaruh signifikan terhadap sifat fisis dan kemampuan *sponge chitin* dalam menyerap mikroplastik.

Analisis *carbon dots* pada pengujian UV-Vis Gambar 4.1 menunjukkan adanya puncak absorpsi utama pada panjang gelombang 244 nm dan 318 nm. Rentang panjang gelombang pada puncak absorpsi mengindikasikan terjadinya transisi elektron dalam orbital  $\pi$  aromatik (Anggraini & Dwandaru, t.t.), yang ditandai dengan transisi  $\pi-\pi^*$  pada inti (*core*) dan berhubungan dengan keberadaan ikatan rangkap karbon ( $C=C$ ) pada struktur inti *carbon dots*. Nilai panjang gelombang absorpsi yang diperoleh sejalan dengan penelitian sebelumnya, dimana *carbon dots* umumnya memiliki puncak serapan pada rentang 216-355 nm. Penelitian (Putra.,2021) melaporkan puncak serapan 216 nm, (Sari.,2019) pada 266 nm, dan (Balqis.,2017) pada 355 nm. Dengan demikian, puncak serapan 244 nm yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dikategorikan sesuai dengan karakteristik umum *carbon dots*, sekaligus membuktikan bahwa sintesis *carbon dots* dari limbah sekam padi berhasil dilakukan. Selain itu, *carbon dots* juga dikarakterisasi menggunakan sinar UV-light 395 nm. Gambar 4.2 (b) menunjukkan warna biru kehijauan (cyan).

Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari *carbon dots* dan *sponge chitin*, antara lain gugus fungsi  $C=O$  dari aromatik karbonil, gugus aromatik  $C=C$ , regangan  $C-H$  yang muncul pada permukaan material (Sujana dkk.,2020). Dalam spektrum kitin, puncak pada  $3257\text{ cm}^{-1}$  ditetapkan sebagai vibrasi regangan  $O-H$  dan  $N-H$ . Untuk spektrum ChCDs, terdapat peningkatan puncak absorpsi pada  $15399\text{ cm}^{-1}$ , yang menunjukkan bahwa CDs dimasukkan ke dalam matrik kitin untuk membentuk *sponge* ChCDs. Hasil FTIR pada sampel ChCDs (1, 3, dan 5) menunjukkan adanya pergeseran pada beberapa puncak serapan, pada daerah  $O-H$  dan  $N-H$  sekitar  $3432\text{ cm}^{-1}$  serta gugus  $C=O$  dan di daerah

1700-1200  $\text{cm}^{-1}$ . Pergeseran ini mengindikasikan adanya interaksi antar gugus fungsi antara *chitin* dan *carbon dots* melalui ikatan hidrogen atau ikatan silang kimia yang terbentuk selama proses komposit. Sementara itu, peregangan yang terlihat pada gugus O-H, N-H, dan C=O menunjukkan bahwa struktur kimia dari material mengalami modifikasi permukaan akibat penambahan *carbon dots* (X.Ou dkk.,2019). Fenomena peregangan dan pergeseran ini memperkuat bukti bahwa *carbon dots* berhasil terintegrasi ke dalam matrik *sponge chitin* secara kimia maupun fisik.

Berdasarkan Gambar 4.4 terdapat hasil morfologi ChCDs melalui citra yang diperoleh dari pengamatan mikroskop optik memperlihatkan adanya variasi luas permukaan area. Pada Gambar 4.2 (a)-(j) *sponge* ChCDs menunjukkan struktur makropori yang saling berhubungan yang memungkinkan zat terlarut berdifusi ke seluruh *sponge*, yang sangat penting untuk absorpsi (X Song dkk., 2018). Peningkatan kandungan CDs dari 0 sampai 5 ml, *sponge* menunjukkan struktur pori yang lebih besar. Mekanisme ini dapat dijelaskan bahwa partikel CDs berukuran nano berperan sebagai *pore modifier*, yaitu mengganggu keteraturan jaringan *chitin* sehingga terbentuk celah-pori yang lebih besar dan homogen. Dengan demikian, efeknya mirip dengan penelitian Sun dkk (2021), yakni memperbesar pori dan meningkatkan kelarutan CDs dalam air (hidofilisitas) (Architha dkk.,2021; Hallaji dkk.,2023 ; Hartanto dkk., 2023). Mokhtar dkk (2017) melaporkan bahwa pori-pori makroskopis berkontribusi terhadap kekuatan material, sehingga penambahan CDs secara efisien dapat meningkatkan pori-pori makroskopis, serta membuat *sponge* kuat. Pada penelitian Sun dkk (2021) keterkaitan antara peningkatan luas permukaan pori dengan kemampuan absorpsi sangat penting, sebab semakin besar

porositas, semakin banyak situs aktif yang dapat berinteraksi dengan molekul air maupun partikel mikroplastik.

Uji penyerapan air dilakukan untuk mengetahui sifat hidrofilik dari material *sponge* ChCDs. Secara umum, sifat hidrofilik dan hidrofobik suatu material dapat ditentukan berdasarkan kemampuan penyerapan material dalam menyerap air (Y.Xu dkk.,2020). Material dikatakan hidrofobik apabila memiliki kemampuan penyerapan air yang rendah, yaitu kurang dari 5%, karena permukaannya didominasi oleh gugus fungsi yang menyebabkan interaksi dengan air menjadi lemah (Z. L.Zhu dkk.,2019). Sementara itu, material dengan nilai penyerapan antara 5-10% dikategorikan sebagai semi-hidrofilik, dan material dengan penyerapan air lebih dari 10% dikategorikan sebagai hidrofilik kuat, karena memiliki banyak gugus polar seperti OH, NH yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air (Sun dkk.,2021)

Pada Tabel 4.4 terdapat hasil uji penyerapan air menunjukkan bahwa *sponge chitin/carbon dots* memiliki banyak situs aktif untuk mengikat polutan organik (Sun dkk.,2020). Keberadaan gugus hidrofilik (OH, dan NH) meningkatkan kemampuan *sponge* untuk berinteraksi dengan molekul air. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa peningkatan kandungan *carbon dots* dalam *sponge* menghasilkan porositas yang lebih tinggi dan distribusi pori yang lebih luas, yang secara langsung berkontribusi pada kapasitas penyerapan air (K.K Beltrame dkk., 2018; F.Marrakcchi dkk.,2017). *Sponge chitin* murni tergolong cenderung hidrofobik, sedangkan *sponge chitin* dengan penambahan *carbon dots* menunjukkan sifat semi hidrofilik hingga mendekati hidrofilik kuat. Peningkatan sifat hidrofilik ini disebabkan oleh penambahan gugus fungsi polar seperti OH, dan NH. Dengan

demikian, sifat hidrofilisitas dan struktur pori yang terbuka berperan ganda, serta mendukung interaksi kimia untuk absorpsi polutan sekaligus meningkatkan aplikasi praktis *sponge* ChCDs sebagai penyerap air (Sun dkk, 2021).

Gambar 4.6 menunjukkan kekuatan *sponge* dalam menyerap mikroplastik, Dengan meningkatnya penambahan *carbon dots* kekuatan *sponge* ChCDs dalam menyerap meningkat secara signifikan dalam variasi ChCDs-3, yang mana 30 kali lebih tinggi dibandingkan *sponge chitin* murni. Struktur berpori dari kitin memungkinkan difusi partikel mikroplastik secara efektif (Sun dkk.,2021), sedangkan penambahan *carbon dots* mengandung berbagai gugus fungsi aktif seperti OH, dan C=C yang berperan penting dalam interaksi dengan mikroplastik. Gugus C=C mampu membentuk interaksi kimia antara permukaan *sponge* dan mikroplastik melalui mekanisme ikatan  $\pi$ - $\pi$  dan gaya van der Waals dengan rantai polimer mikroplastik (X. Song dkk., 2018; Y.L.,2017), sedangkan gugus OH dan NH berperan dalam pembentukan ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatik yang memperkuat afinitas antara adsorben dan mikroplastik. Penambahan *carbon dots* juga memperluas permukaan aktif (MM.Mokhtar dkk.,2017) dan meningkatkan sifat hidrofilik *sponge*, yang berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas serap air sekaligus efisiensi absorpsi mikroplastik. Kapasitas tertinggi justru diperoleh pada sampel ChCDs-3, bukan ChCDs-5. Hal ini dapat disebabkan oleh kejenuhan penambahan *carbon dots* pada volume 5 ml yang berlebih, sehingga sebagian gugus fungsi aktif tidak lagi berinteraksi optimal dan justru menyebabkan aglomerasi ringan pada permukaan *sponge*. Aglomerasi ini dapat mengurangi luas permukaan efektif serta menurunkan jumlah situs aktif yang berperan dalam penyerapan mikroplastik, sehingga kinerja ChCdS-5 sedikit lebih rendah dibandingkan ChCDs-

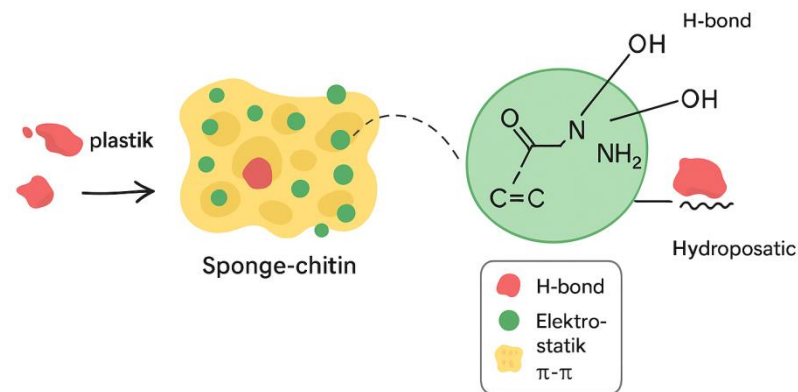


3. Gambar 4.6 menjelaskan penghapusan dan absorpsi mikroplastik, *sponge* ChCDs meningkat secara bertahap dan kesetimbangan tercapai dalam waktu 30 menit, masing-masing menunjukkan *sponge* yang dibuat dengan kandungan *carbon dots* lebih tinggi dan menunjukkan hasil yang lebih baik dalam kemampuan absorpsi. Selain itu, secara kimia keberadaan gugus fungsi aktif pada *carbon dots* seperti OH, C=C memperkuat interaksi antara permukaan *sponge* dan mikroplastik melalui ikatan hidrogen serta gaya  $\pi$ - $\pi$  yang turut meningkatkan efisiensi penyerapan. Dengan sifatnya yang ramah lingkungan, serta memiliki kinerja penyerapan yang tinggi, *sponge* ChCDs berpotensi menjadi alternatif efektif untuk penghilangan mikroplastik di lingkungan perairan.

Sampel ChCDs-3 menunjukkan performa paling efektif dibandingkan variasi lainnya. Selain itu, daya serap air yang tinggi menunjukkan bahwa ChCDs-5 memiliki sifat hidrofilik yang kuat sehingga memudahkan interaksi antara gugus fungsi aktif dengan mikroplastik yang tersuspensi di dalam air. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan mikroplastik pada ChCDs-3 lebih besar dibandingkan variasi lain, dengan nilai absorpsi mencapai 55,559 mg/g dan efisiensi sebesar 23,157%. Peningkatan ini disebabkan oleh banyaknya gugus fungsi polar seperti O-H, dan C-H dari *carbon dots* yang berperan dalam pembentukan ikatan hidrogen, interaksi  $\pi$ - $\pi$ , serta gaya elektrostatik antara *sponge* dan mikroplastik. Penelitian diperkuat oleh (Wang dkk.,2021), yang menunjukkan bahwa penambahan komponen karbon pada matriks *chitin* berkontribusi terhadap peningkatan porositas dan sifat hidrofilik, sehingga efektivitas penyerapan mikroplastik menjadi lebih tinggi.

Pada penelitian Sun dkk.(2021), *sponge chitin/graphene oxide* (ChGO) memiliki kapasitas absorpsi mikroplastik sebesar 8,46 mg/g dengan efisiensi 92,2%, sedangkan dalam penelitian ini komposit *sponge chitin/carbon dots* (ChCDs-5) menunjukkan kapasitas absorpsi 55,559 mg/g dengan efisiensi 23,157% terhadap mikroplastik jenis PVC. Perbedaan nilai ini disebabkan oleh perbedaan jenis bahan penguat dan karakteristik jenis PVC. Perbedaan nilai ini disebabkan oleh perbedaan jenis bahan penguat dan karakteristik mikroplastik yang digunakan , dimana *graphene oxide* memiliki konduktivitas dan luas permukaan lebih tinggi dibanding *carbon dots*, sehingga interaksi  $\pi$ - $\pi$  dan elektrostatisnya lebih kuat. Meskipun demikian, hasil penelitian ini tetap berada dalam kisaran yang sebanding dengan penelitian terdahulu dan memiliki keunggulan dari sisi berkelanjutan material, karena *carbon dots* yang digunakan berasal dari limbah sekam padi yang ramah lingkungan, menjadikannya alternatif potensial pengganti *graphene oxide* dalam aplikasi penyerapan mikroplastik.

Kinetika absorpsi menunjukkan peran *carbon dots* dalam menyerap mikroplastik, di mana keberadaan gugus fungsional aktif pada permukaan *carbon dots* membantu meningkatkan kemampuan material komposit dalam menarik dan mengikat partikel mikroplastik secara efektif



Gambar 4. 7 Proses absorpsi

Pada Gambar 4.7 menggambarkan bahwa proses absorpsi mikroplastik pada *sponge* ChCDs terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu penjerapan fisik oleh pori-pori *sponge chitin* dan interaksi kimia yang dipicu oleh keberadaan gugus fungsi pada *carbon dots*. Pada tahap awal, partikel mikroplastik dalam larutan masuk ke dalam struktur *sponge chitin* melalui pori-pori berukuran besar yang saling terhubung, sehingga terjadi penahanan secara fisik (*physical entrapment*). Sistem pori yang terbuka ini menjadi jalur difusi yang memudahkan mikroplastik bergerak dan tertahan di dalam matriks *sponge*.

Penambahan *carbon dots* selanjutnya memberikan kontribusi penting dalam memperkuat interaksi permukaan anatar *sponge* dan mikroplastik. Gugus fungsi seperti OH, NH, serta ikatan C=C pada *carbon dots* berperan dalam membentuk berbagai jenis interaksi, seperti ikatan hidrogen, gaya elektrostatik, dan interaksi  $\pi$ - $\pi$  yang meningkatkan keterkaitan mikroplastik pada permukaan *sponge*.

#### 4.3 Keterkaitan Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit *carbon dots* (CDs) yang disintesis dari limbah sekam padi dan *sponge chitin* (Ch) yang berasal dari cangkang udang berhasil berfungsi sebagai material penyerap mencerminkan penerapan

nilai-nilai Islam dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, sebagaimana termaktub dal ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya (Sebagai rahmat) dari-Nya, sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda bagi kaum yang berpikir.” Ayat tersebut menjelaskan bahwa seluruh ciptaan Allah SWT telah ditundukkan bagi manusia untuk dimanfaatkan dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab. Dengan memanfaatkan limbah sekam padi dan cangkang udang menjadi material baru yang bernilai guna dalam penyerapan mikroplastik, penelitian ini menunjukkan bentuk nyata dari kegiatan *tafakkur* dan rasa syukur terhadap nikmat Allah. Pemanfaatan bahan alam yang ramah lingkungan juga sejalan dengan prinsip Islam dalam menjaga kelestarian bumi dan menebarkan kemaslahatan bagi seluruh makhluk hidup. Dengan demikian, keberhasilan penelitian ini tidak hanya memiliki nilai ilmiah, tetapi juga mencerminkan pelaksanaan ajaran Islam dalam mewujudkan ilmu yang bermanfaat dan berkelanjutan bagi umat manusia.

Dalam pandangan Islam, setiap keberhasilan dan kemanfaatan yang diperoleh manusia pada hakikatnya merupakan bentuk karunia dan rahmat dari Allah SWT. Oleh karena itu, manusia diperintahkan untuk senantiasa bersyukur dan bergembira atas nikmat tersebut, karena segala pencapaian tidak terlepas dari kehendak dan kasih sayang-Nya. Hal ini sebagaimana dijelaskan dalam firman Allah SWT pada Surat Yunus ayat 58, yang menegaskan pentingnya mensyukuri rahmat Allah sebagai karunia yang jauh lebih berharga dibandingkan dengan segala perolehan duniawi. Surat Yunus ayat 58 menjelaskan ajakan kepada manusia untuk bergembira dan bersyukur atas karunia serta rahmat yang diberikan oleh Allah SWT. Ayat ini menegaskan bahwa karunia dan rahmat Allah jauh lebih berharga daripada

segala sesuatu yang dikumpulkan manusia di dunia, yang pada akhirnya akan sirna dan tidak kekal. Dalam konteks penelitian ini, ayat tersebut mencerminkan bahwa keberhasilan yang diperoleh dalam mengembangkan komposit *carbon dots* dari limbah sekam padi dan *sponge chitin* dari cangkang udang sebagai materail penyerap mikroplastik merupakan manifestasi dari rahmat-Nya yang mengarahkan manusia untuk menggunakan pengetahuan demi kemaslahatan bersama. Allah SWT berfirman dalam QS.Yunus ayat 58:

قُلْ يَفْضِلُ اللَّهُ وَرَحْمَتَهُ ۖ فَبِذَلِكَ فَلْيَفْرَحُوا ۖ هُوَ خَيْرٌ مِّمَّا يَجْمَعُونَ ﴿٥٨﴾

*“Katakanlah (Nabi Muhammad),” Dengan karunia Allah dan rahmat-Nya itu, hendaklah mereka bergembira. Itu lebih baik daripada apa yang mereka kumpulkan.”*

Dalam konteks ayat ini, lafadz **وَبِرَحْمَتِهِ** yang maknanya “Dan dengan kasih sayang-Nya,”. Kasih sayang Allah SWT kepada manusia terwujud dalam bentuk anugerah yang paling agung, yaitu diturunkannya Al-qur’an sebagai petunjuk hidup serta ditanamkannya keinginan dalam diri manusia untuk mempelajari dan memahami maknanya. Oleh karena itu, setiap manusia sepatutnya memanfaatkan kesempatan tersebut untuk terus menuntut ilmu dan menyebarkan ajaran Al-Qur’an kepada sesama. Dalam penafsiran yang disampaikan oleh beberapa ulama seperti Ibn Abbas dan Mujahid, istilah **فَضْلُ اللَّهِ** dalam ayat tersebut diartikan sebagai Islam, sedangkan **رَحْمَتِهِ** dimaknai sebagai Al-Qur’an. Melalui ilmu pengetahuan, manusia diberi kemampuan untuk mengelola dan memanfaatkan bagi lingkungan ini menjadi wujud nyata penerapan nilai-nilai yang terkandung dalam ayat tersebut.

Menurut penjelasan Prof. Quraish Shihab dalam *Tafsir Al-Misbah* (Jilid VI, hlm.105), ayat ini diturunkan setelah Allah SWT menetapkan kedudukan dan fungsi Al-Qur’an sebagai kitab yang dilontarkan oleh kaum yang ingkar di awal

surat tersebut. Oleh karena itu, Nabi Muhammad SAW diperintahkan untuk mengajak manusia menyambut hadirnya Al-Qur'an dengan penuh kegembiraan dan rasa syukur. Karunia dan rahmat Allah merupakan anugerah yang paling mulia, melampaui segala bentuk keutamaan dan kenikmatan duniawi yang sifatnya sementara. QS. Yunus ayat 58 menegaskan bahwa karunia dan rahmat Allah jauh lebih berharga dibandingkan dengan harta, kedudukan, maupun perhiasan dunia yang akan sirna. Ayat ini juga menjadi pengingat bagi manusia agar bergembira atas nikmat berupa rahmat dan karunia Allah yang termanifestasi dalam Al-Qur'an dan syariat Islam, sebab keduanya merupakan sumber kebahagiaan hakiki yang tidak dapat dibandingkan dengan kesenangan duniawi (Quraish Shihab, Tafsir Al-Misbah)

Memahami makna karunia dan rahmat Allah SWT dalam QS. Yunus ayat 58 sebagai bentuk nikmat yang patut disyukuri atas segala keberhasilan dan manfaat yang diberikan kepada manusia, pembahasan selanjutnya diarahkan pada pemaknaan rahmat dalam cakupan yang lebih luas. Rahmat tidak hanya dimaknai sebagai anugerah bagi individu, tetapi juga sebagai wujud kasih sayang Allah SWT yang mencakup seluruh makhluk hidup. Di dalam Al-Qur'an terdapat banyak ayat yang membahas tentang rahmat, namun dalam penelitian ini difokuskan pada QS Al-Anbiya ayat 107, yang mengandung makna mendalam tentang konsep *rahmatan li al-'alamin*. Kalimat ini tersusun dari tiga kata yaitu, *rahmatan*, *li*, dan *'alamin*, yang merujuk pada firman Allah SWT berfirman dalam QS. Al-Anbiya ayat 102 :

وَمَا أَرْسَلْنَاكَ إِلَّا رَحْمَةً لِّلْعَالَمِينَ

“ Dan tiadalah Kami menutus kamu, melainkan untuk (menjadi) rahmat bagi semesta alam.”

Bagian terpenting dari frasa *rahmatan lil al-'alamin* terletak pada kata *rahmat* yang dinisbahkan kepada Islam sebagai agama yang dibawa oleh Nabi Muhammad SAW, yakni agama yang menjadi sumber kasih sayang dan kebaikan bagi seluruh makhluk. Oleh sebab itu, penafsiran mengenai makna *rahmat* menjadi fokus utama yang akan dijabarkan lebih lanjut.

Secara etimologis, kata *rahmat* berkaitan dengan kata *rahim*, yang melambangkan kasih sayang tulus seorang ibu kepada anaknya. Hubungan ini mengisyaratkan bahwa manusia diperintahkan untuk meneladani bentuk kasih sayang yang penuh ketulusan, pengorbanan, ketabahan, serta kemampuan untuk mengendalikan emosi demi memberi manfaat kepada sesama. Sementara secara terimologis, *al-rahmah* mencakup dua unsur, yaitu kasih sayang dan tindakan kebaikan. Apabila dikaitkan dengan Allah SWT, maka rahmat-Nya diwujudkan melalui anugerah nikmat dan keutamaan bagi makhluk-Nya. Namun, jika dikaitkan dengan manusia, rahmat dimaknai sebagai rasa belas kasih dan kepedulian terhadap sesama. (Sholihuddin, 2019)

Adapun kata *al-alam* digunakan untuk menyebut seluruh ciptaan Allah SWT, baik yang berada di langit maupun bumi. Bentuk kata jamak *al-alamin* menunjukkan bahwa alam terdiri dari beragam kelompok makhluk, seperti alam manusia, alam hewan, alam jin, dan lainnya. Dalam sebagian riwayat disebutkan bahwa jumlah alam ciptaan Allah sangat banyak. Menurut pendapat Ismail Haqqi, *al-alamin* merupakan bentuk jamak yang mencakup makhluk berakal maupun yang tidak berakal, sehingga keseluruhan ciptaan ini menjadi tanda kebesaran dan keesan Allah SWT. (Sholihuddin, 2019)

Al-Qur'an merupakan pedoman kehidupan yang menjadi bekal bagi manusia untuk meraih kebahagiaan sejati dengan menjadikan diri sebagai hamba Allah yang taat. Menurut Quraish Shihab dalam Tafsir *Al-Misbah*, ayat mengenai *rahmatan lil 'alamin* memiliki redaksi yang singkat namun kaya makna. Rasulullah SAW tidak hanya membawa ajaran yang penuh rahmat, tetapi kepribadian dan seluruh perilaku beliau sendiri merupakan wujud nyata dari rahmat Allah bagi seluruh ciptaan. Oleh karena itu, ayat tersebut tidak menyatakan bahwa Nabi sekadar membawa rahmat, melainkan beliau adalah *rahmat* itu sendiri. (Sholihuddin,2019)

Tafsir *Al-Misbah* menjelaskan bahwa sekalipun Nabi terkadang bersikap tegas dalam menjalankan syariat, hal tersebut tetap merupakan bentuk kasih sayang demi kemaslahatan umatnya. Kepribadian Rasulullah SAW dibentuk untuk selaras dengan ajaran yang beliau sampaikan, sehingga risalah dan Rasul menyatu dalam keteladanan akhlak Qur'ani yang sempurna, sebagaimana ditegaskan oleh Sayyidah Aisyah RA bahwa akhlak Nabi adalah Al-Qur'an (HR.Ahmad). Melalui rahmat tersebut, seluruh kebutuhan manusia baik spiritual maupun sosial dapat terpenuhi, termasuk rasa aman, perlindungan, penghargaan, dan bimbingan.

Rahmat yang beliau bawa tidak hanya mencakup manusia, tetapi juga seluruh makhluk hidup tanpa terkecuali. Sebelum dunia modern mengenal prinsip perlindungan hewan dan lingkungan, Islam melalui ajaran Nabi Muhammad SAW telah mengatur berbagai adab memperlakukan hewan dan alama dengan penuh kepedulia, seperti larangan menyakiti hewan, memperlakukan tanaman secara semena-mena, hingga anjuran menjaga keberlangsungan ciptaan Allah. Bahkan benda tidak bernyawa pun diperlakukan dengan hormat sebagai bagian dari ciptaan



yang mengandung tanda-tanda kebesaran Allah SWT. Dengan demikian, ayat singkat ini mencerminkan luasnya cakupan rahmat kenabian yang meliputi seluruh aspek kehidupan dan seluruh alam semesta.(Sholihuddin,2019)

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan, di mana pemanfaatan limbah sekam padi dan cangkang udang sebagai material penyerap mikroplastik menjadi upaya menghadirkan manfaat bagi lingkungan dan kehidupan manusia sebagai wujud penerapan nilai *rahmatan lil 'alamin*.

#### 4.1.3 Analisis dalam Perspektif Maqasid Syariah

Salah satu prinsip fundamental dalam ajaran Islam adalah konsep *Maqasid al-Syari'ah*, yang menegaskan bahwa syariat diturunkan untuk menjaga dan mewujudkan kemaslahatan bagi umat manusia. Konsep ini telah disepakati oleh para ulama sebagai landasan utama dalam penerapan syariat. Esensi dari *Maqasid al-Syari'ah* adalah menghadirkan manfaat serta mencegah terjadinya mudarat (*jalb al-masalih wa dar'u al-mafasid*), sehingga maslahat menjadi inti yang tidak dapat dipisahkan dari keberislaman, sebagaimana adanya hubungan yang erat layaknya saudara kembar.

*Maqasid al-Syari'ah* terdiri dari dua kosa kata yaitu *al-maqasid* dan *al-shariah*. *Al-maqasid* adalah bentuk plural dari kata *al-maqsad* dari akar *al-qasd*. Secara etimologi, *al-qasd* mempunyai beberapa makna, di antaranya sebagai berikut :

Dalam kajian *Maqasid al-Syari'ah*, terdapat dua makna penting yang menjadi pijakan utama. Pertama, makna *al-qasd* sebagai jalan yang lurus, sebagaimana dikemukakan dalam QS.An-Nahl ayat 9 yang menegaskan bahwa Allah SWT telah menetapkan jalan kebenaran yang harus diikuti oleh manusia

dengan bukti dan petunjuk yang kuat, serta memperingatkan agar tidak menyimpang darinya. Kedua, *al-qasd* dipahami sebagai tujuan utama, yang sering digunakan dalam kajian fikih dan ushul fikih. Tujuan ini menjadi dasar dalam setiap tindakan seorang mukallaf, sehingga hukum dapat berubah mengikuti tujuan yang melandasinya. Dalam konteks ini, tujuan dan niat memiliki kedudukan yang sangat mendasar dalam menentukan perbuatan (Maqasid syariah: Kajian Teoritis dan Aplikatif pada Isu-Isu Kontemporer, 2018).

Para ulama ushul fikih dan fuqaha tidak memberikan batasan yang kaku terhadap istilah *al-maqasid*. Secara etimologis, maknanya dapat dipahami ketika dikaitkan dengan kata lain, seperti dalam kaidah “*al-umur bi maqasidiha*” yang berarti bahwa setiap perbuatan sebagai landasan tujuan atau niat pelakunya. Dengan demikian, *al-maqasid* dipahami sebagai landasan tujuan yang mendorong seseorang melakukan suatu tindakan dan terwujud dalam bentuk amal yang nyata. Senada dengan itu, Al-Ghazali (w. 505 H) menjelaskan bahwa tujuan utama syariat mencakup lima aspek, yaitu memelihara agama, jiwa, akal, keturunan, dan harta. (Maqasid syariah: Kajian Teoritis dan Aplikatif pada Isu-Isu Kontemporer, 2018)

#### 1) Memelihara Agama (al-din)

Agama merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia sehingga keberadaannya wajib dijaga dan dilestarikan demi kemaslahatan hidup. Upaya memelihara agama diwujudkan melalui pelaksanaan syariat berdasarkan akidah yang benar, beribadah dengan ikhlas, serta menerapkan akhlak yang mulia agar tercapai kehidupan yang maslahat.

#### 2) Memelihara Jiwa (al-nafs)

Jiwa termasuk kebutuhan pokok manusia yang harus dilindungi. Oleh karena itu, segala hal yang bertujuan menjaga kemaslahatan jiwa hukumnya wajib, seperti memenuhi kebutuhan pangan untuk mempertahankan hidup, menjaga keamanan, dan larangan melakukan tindakan pembunuhan. Penjagaan jiwa dilakukan untuk memastikan keberlangsungan eksistensi manusia serta mewujudkan kehidupan yang tenteram.

### 3) Memelihara Akal (al-aql)

Akal merupakan karunia besar dari Allah SWT sebagai sarana bagi manusia menjalankan fungsi kekhalifahan di bumi. Maka, menjaga akal menjadi hal yang sangat penting demi menghadirkan kemaslahatan. Bentuk penjagaannya antara lain menjauhi konsumsi minuman keras, narkoba, dan segala hal yang dapat merusak kemampuan berfikir.

### 4) Memelihara Harta (al-mal)

Harta dibutuhkan dalam memenuhi kebutuhan hidup sehingga harus diperoleh dan dikelola dengan cara yang benar. Islam menegaskan larangan terhadap tindakan yang merusak atau mengambil harta secara tidak sah, seperti pencurian, korupsi, pemborosan, dan praktik yang bertentangan dengan prinsip syariah.

### 5) Memelihara Keturunan (al-nasl)

Keturunan merupakan kebutuhan primer bagi keberlanjutan kehidupan manusia. Karena itu, Islam mengatur syariat terkait pernikahan dan melarang perzinaan yang dapat merendahkan martabat manusia.

Penjagaan keturunan dilakukan untuk memastikan keberlanjutan generasi yang akan melanjutkan amanah kepemimpinan di bumi.

Penafsiran QS.Yunus ayat 58 menunjukkan bahwa Islam dan Al-Qur'an merupakan bentuk rahmat Allah SWT yang paling utama, khususnya dalam menjaga kemurnian akidah dan keberlanjutan petunjuk hidup bagi umat manusia. Nilai ini berhubungan erat dengan Maqasid al-Syari'ah pada aspek pemeliharaan agama (*hifz al-din*) dan pemeliharaan akal (*hifz al-aql*), karena Al-Qur'an menuntun manusia untuk menjalani kehidupan dengan pemahaman yang benar dan tetap berada di jalan yang lurus. Adapun tiga aspek maqasid lainnya tidak menjadi focus ayat ini sehingga tidak relevan untuk dikaitkan.

Memahami landasan kemaslahatan spiritual dan intelektual yang disampaikan dalam QS.Yunus ayat 58, pembahasan selanjutnya akan mengarah pada cakupan rahmat Islam yang lebih universal sebagaimana ditegaskan dalam QS.Al-Anbiya' ayat 107 yang menjelaskan bahwa risalah Nabi Muhammad SAW tidak hanya membawa manfaat bagi manusia, tetapi juga bagi seluruh alam semesta. Ayat tersebut memberikan dasar yang lebih komprehensif untuk melihat bagaimana penelitian ini menjadi bagian dari upaya menjaga lingkungan dan menciptakan kemaslahatan bagi keberlanjutan kehidupan.

Penafsiran QS.Al-Anbiya' ayat 107 menunjukkan bahwa risalah Nabi Muhammad SAW diutus sebagai rahmat bagi seluruh alam semesta. Rahmat tersebut diwujudkan dalam bentuk perlindungan, bimbingan, dan kasih sayang yang dihasilkan dari penerapan ajaran Islam secara benar. Tafsir ayat ini memiliki keterkaitan langsung dengan aspek memelihara jiwa (*hifz al-nafs*), karena ajaran Islam memberikan perlindungan terhadap manusia dan mendorong terciptanya

kedamaian yang menjamin keselamatan hidup. Dalam Maqasid al-Syariah, menjaga jiwa (*hifz al-nafs*) adalah tujuan pokok yang menekankan pentingnya melindungi keselamatan manusia dari segala bentuk bahaya. Penelitian ini secara langsung mendukung prinsip tersebut karena mikroplastik yang tersebar di lingkungan perairan terbukti dapat masuk ke rantai makanan dan memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia, seperti gangguan hormon, kerusakan organ, dan potensi toksisitas jangka panjang. Upaya mengembangkan material penyerap mikroplastik berbasis *chitin/ carbon dots* merupakan bentuk ikhtiar ilmiah untuk mengurangi paparan mikroplastik dan air. Penghilangan mikroplastik dari lingkungan berarti meminimalkan risiko kesehatan manusia, sehingga sejalan dengan tujuan syariat dalam melindungi kehidupan, mencegah bahaya (darar), dan menjaga kesehatan masyarakat. Ayat ini juga selaras dengan aspek memelihara akal (*hifz al-aql*), sebab risalah Nabi membawa petunjuk untuk menyelamatkan manusia dari kesesatan pemikiran dan memberikan arah yang benar dalam berperilaku.

Selanjutnya, ayat ini dapat dihubungkan dengan memelihara keturunan (*hifz al-nasl*), karena rahmat Islam mencakup upaya menjaga kehormatan dan kelangsungan generasi melalui aturan-aturan yang menjamin kemuliaan manusia. Begitu pula dengan memelihara harta (*hifz al-mal*), sebab ajaran Islam menekankan keadilan, larangan tindakan destruktif, dan prinsip kebermanfaatan yang mencegah kerusakan serta kerugian dalam kehidupan bermasyarakat. Adapun aspek memelihara agama (*hifz al-din*) merupakan inti dari ayat ini, karena kerasulan Nabi Muhammad SAW membawa petunjuk yang membimbing manusia kebenaran dan keselamatan.

Dengan demikian, QS-Al-Anbiya' ayat 107 mencerminkan keseluruhan lima tujuan pokok Maqasid Al-Syari'ah, karena risalah Nabi hadir untuk mewujudkan kemaslahatan bagi seluruh makhluk dan mencegah kerusakan dalam setiap aspek kehidupan. Dengan demikian, risalah Nabi Muhammad SAW yang membawa rahmat bagi seluruh alam menjadi landasan kuat bahwa setiap upaya yang menghadirkan kemaslahatan dan mencegah kerusakan, termasuk dalam bidang lingkungan, merupakan bagian dari penerapan nilai-nilai syariat Islam dalam kehidupan nyata.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan *carbon dots* (CDs) berbahan sekam padi pada komposit *sponge chitin* berpengaruh terhadap perubahan sifat fisis material, yang ditunjukkan melalui peningkatan luas permukaan pori dan munculnya gugus fungsi baru O-H, dan C=C hasil interaksi antara *chitin* dan *carbon dots*. Seluruh variasi sampel mulai dari *chitin*, ChCDs-0,5, ChCDs-1, ChCDs-3, hingga ChCDs-5 menunjukkan kecenderungan peningkatan porositas seiring dengan bertambahnya volume *carbon dots*. Nilai luas permukaan pori masing-masing sampel yaitu, Chitin = 24,620  $\mu\text{m}^2$ ; ChCDs-1 = 84,312  $\mu\text{m}^2$ ; ChCDs-3 = 109,245  $\mu\text{m}^2$ ; ChCDs-5 = 137,783  $\mu\text{m}^2$ . Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sampel ChCDs-5 memiliki luas permukaan pori paling besar yaitu 137,783  $\mu\text{m}^2$ , sehingga struktur yang terbentuk menjadi lebih berpori dan homogen.
2. Kompoist *sponge chitin/carbon dots* berbahan sekam padi terbukti mampu berperan sebagai material penyerap mikroplastik yang efektif pada seluruh variasi sampel. Pada sampel *chitin* murni, kapasitas absorpsinya tercatat sebesar 37,482 mg/g (efisiensi 14,922%). Ketika ditambahkan *carbon dots* pada ChCDs-1, kapasitasnya justru sedikit menurun menjadi 37,354 mg/g (efisiensi 15,592%), yang mengindikasikan bahwa pada tahap awal penambahan *carbon dots*, struktur komposit belum sepenuhnya optimal dalam meningkatkan kemampuan absorpsi. Peningkatan signifikan terlihat

pada ChCDs-3, di mana kapasitas absorpsi mencapai 55,559 mg/g (efisiensi 23,157%), menunjukkan bahwa jumlah *carbon dots* pada variasi ini berada pada komposisi paling ideal untuk meningkatkan kemampuan penyerapan mikroplastik. Namun, pada ChCDs-5 kapasitasnya kembali menurun menjadi 48,923 mg/g (Efisiensi 21,157%), menunjukkan bahwa penambahan *carbon dots* yang lebih banyak tidak lagi memberikan peningkatan performa. Pada tahap ini, material telah mendekati titik jenuh atau mengalami aglomerasi *carbon dots* yang menutupi sebagian pori.

## 5.2 Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melakukan pengujian terhadap jenis mikroplastik yang berbeda guna mengetahui efektivitas dalam menyerap berbagai tipe mikroplastik dengan karakteristik permukaan yang berbeda.



## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Permana Putra Sujana, G., & Sumadiyasa, M. (2021). *Sintesis Carbon Dot Dengan Bahan Dasar Asam Sitrat Menggunakan Metode Pemanasan Secara Berulang di Dalam Oven Microwave Synthesis of Carbon Dot with Citric Acid as a Base Material Using Repeated Heating in a Microwave Oven*.22(1), 29–37.
- Anggraini, G. A., & Dwandaru, W. S. B. (t.t.). *Sintesis dan Karakterisasi Nanomaterial Carbon Dots Berbahan Dasar Daun Kemangi Menggunakan Pemanasan Presto*.
- A. Isobe, S. Iwasaki, K. Uchida, T. Tokai, (2019) *Kelimpahan mikroplastik non-konservatif di laut bagian atasari tahun 1957 hingga 2066*, Nat. Komunitas. 10 417, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08316-9>.
- A. Y. W. Tage., “Mikroskop digital,” Surabaya, 2017ALKIAN, Ilham and Sutanto, Heri and Hadiyanto, Hadiyanto (2021) *DETEKSI KANDUNGAN ION LOGAM BERAT PADA AIR MINUM MENGGUNAKAN FLUORESENSI KARBON DOTS*. Masters thesis, School of Postgraduate Studies.
- Anam, C., Sirojudin dan Firdausi, K, S, (2007) “*Analisa Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus menggunakan Metode Spektroskopi FTIR*”. Jurnal Berkala Fisika, Vol. 10, No. 1: Hal. 79-85.
- Anggriawan, Agus, M. Yanggi Atwanda, Nurhazizah Lubis, dan Fathoni, R.. (2019) “*Kemampuan Absorpsi Logam Berat Cu dengan Menggunakan Absorben Kulit Jagung (Zea Mays)*.” Jurnal Chemurgy 3(2):27.
- Atchudan, Raji, Thomas Nesakumar Jebakumar Immanuel Edison, Mani Shanmugam, Suguna Perumal, Thirunavukkarasu Somanathan, and Yong Rok Lee. 2021. “*Sustainable Synthesis of Carbon Quantum Dots from Banana Peel Waste Using Hydrothermal Process for in Vivo Bioimaging*.” *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures* 126 (February): 114417. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2020.114417>.
- Bao, L. et al. (2015) ‘*Photoluminescence-tunable carbon nanodots: Surface-state energy-gap tuning*’, *Advanced Materials*, 27(10), pp. 1663–1667. doi: 10.1002/adma.201405070.
- Bilqis, S. M. (2017). *Perbandingan Sifat Optik Carbon Nanodots Berbahan Dasar Gula Pasir dan Air Jeruk dengan Metode Sintesis Hydrothermal dan Microwave*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Cui, X.; Zhu, L.; Wu, J.; Hou, Y.; Wang, P.; Wang, Z.; Yang, M. A (2015) *Fluorescent Biosensor Based on Carbon dots-Labeled*

*Oligodeoxyribonucleotide and Graphene Oxide for Mercury (II) Detection. Biosens. Bioelectron. , 63, 506–512*

- Chen, D., Wang, P., Liu, S., Wang, R., Wu, Y., Zhu, A.-X., & Deng, C. (2024). *Global patterns of lake microplastic pollution: Insights from regional human development levels. Science of The Total Environment*, 954, 176620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176620>
- Daniel S Bath, Jenal M Siregar, dan M Turmuzi Lubis. (2012) “*Penggunaan Tanah Bentonit Sebagai Absorben Logam Cu.*” *Jurnal Teknik Kimia USU* 1(1):1–4.
- Ehtesabi, Hamide, Zahra Hallaji, Shima Najafi Nobar, and Zeinab Bagheri. (2020). “*Carbon dots with PH-Responseive Fluorescence: A Review on Synthesis and Cell Biological Applications.*” *Microchimica Acta* 187 (2): 150. <https://doi.org/10.1007/s00604-019-4091-4>.
- Famia, Adine Melossa, and Mulda Muldarisnur. (2019). “*Pengaruh Temperatur Sintesis Hidrotermal Terhadap Diameter Nanopartikel Seng Oksida.*” *Jurnal Fisika Unand* 8 (2): 127–32. <https://doi.org/10.25077/jfu.8.2.127-132.2019>.
- Fang, Y., Xu, Y., Wang, Z., Zhou, W., Yan, L., Fan, X., & Liu, H. (2020). *3D porous kitin sponge with high absorbency, rapid shape recovery, and excellent antibacterial activities for noncompressible wound. Chemical Engineering Journal*, 388, 124169. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124169>
- F. Marrakchi, M.J. Ahmed, W.A. Khanday, M. Asif, B.H.L. Hameed (2017), *Mesoporous activated carbon prepared from chitosan flakes via single-step sodium hydroxide activation for the adsorption of methylene blue, Int. J. Boil. Macromol.* 98 233–239, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.119>.
- Grbic, J., Nguyen, B., Guo, E., You, J. B., Sinton, D., & Rochman, C. M. (2019). *Magnetic Extraction of Microplastics from Environmental Samples. Environmental Science & Technology Letters*, 6(2), 68–72. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.8b00671>
- Goryacheva, Irina Yu., Andrei V. Sapelkin, and Gleb B. Sukhorukov. (2017). “*Carbon Nanodots: Mechanisms of Photoluminescence and Principles of Application.*” *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 90 (May): 27–37. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.02.012>.
- Hallaji, Z., Bagheri, Z., & Ranjbar, B. (2023). *The role of fluorescent carbon dots in the fate of plastic waste. Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(5), 110322. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110322>

- Harry Agusnar., Syafruddin Ilyas.(2022). *Provision Of Oligomer Chitosan From Square Rawan Bonds (Squilla Mantis) As Effectanti Microba*. “Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat” Vol. 7, No.1, 2022  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122523>
- Hasanah (2020). *Sintesis Carboxyl-Carbon dots Berbahan Dasar Sekam Padi Menggunakan Metode Hidrotermal*. Jakarta: Universitas Pertamina
- J. Talvitie, A. Mikola, O. Setälä, M. Heinonen, A. Koistinen (2017), *How well is microlitterpurified from wastewater?—a detailed study on the stepwise removal of microlitterin a tertiary level wastewater treatment plant*, *Water Res.* 109 164–172,  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.046>
- Kang, Chao, Ying Huang, Hui Yang, Xiu Fang Yan, and Zeng Ping Chen. (2020). “*A Review of Carbon dots Produced from Biomass Wastes*.” *Nanomaterials* 10 (11): 2316. <https://doi.org/10.3390/nano10112316>
- K.K. Beltrame, A.L. Cazetta, P.S. de Souza, L. Spessato, T.L. Silva, V.C. Almeida (2018),*Adsorption of caffeine on mesoporous activated carbon fibers prepared from pineapple plant leaves*, *Ecotox. Environ. Safe.* 147 64–71,  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.08.034>
- Lasut, R., Wenas, D, R dan Silangen, P, M.2020. “*Kajian Gugus Fungsi dan Komposisi Mineral Batuan Teralterasi menggunakan Spektroskopi SEM-EDX dan FTIR pada Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Toraget, Langoan, Kabupaten Minahasa*”. *Jurnal Pendidikan Fisika*, Vol. 1, No. 2: Hal. 19-23,
- Liu, H. et al. (2019) ‘*Construction of biomass carbon dots based fluorescence sensors and their applications in chemical and biological analysis*’, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 118, pp. 315–337. doi: 10.1016/j.trac.2019.05.051.
- Liu, H., Zhang, L., & Wang, C. (2019). *Biomass-derived carbon dots: Synthesis and applications*. *Advanced Materials*, 31(10), 1805596.
- Liu, Junjun, Rui Li, and Bai Yang. (2020). “*Carbon dots: A New Type of CarbonBased Nanomaterial with Wide Applications*.” *ACS Central Science* 6 (12): 2179–95. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.0c01306>.
- Liu, Meng-Li, Bin-Bin Chen, Chun-Mei Li, and Cheng-Zhi Huang. (2019). “*Carbon dots Prepared for Fluorescence and Chemiluminescence Sensing*.” *Science China Chemistry* 62 (8): 968–81.  
<https://doi.org/10.1007/s11426-019-9449-y>

- Lu, H. et al. (2020) 'Modular and Integrated Systems for Nanoparticle and Microparticle Synthesis-A Review', *Biosensors*, 10(11), pp. 1–34. doi: 10.3390/bios10110165
- M. Bläsing, W. Amelung (2018), *Plastik dalam tanah: metode analisis dan sumber yang mungkin*, *Sci. Lingkungan Total*. 612 422–435, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>
- Maqasid syariah (2018): *Kajian Teoritis dan Aplikatif pada Isu-Isu Kontemporer*
- Ma, Xintong, Sirui Li, Volker Hessel, Liangliang Lin, Stefan Meskers, and Fausto Gallucci. (2019). "Synthesis of Luminescent Carbon Quantum Dots by Microplasma Process." *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification* 140 (June): 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.04.017>.
- M.M. Mokhtar, S.A. Abo-El-Enein, M.Y. Hassaan, M.S. Morsy, M.H. Khalil (2017), *Mechanical performance, pore structure and micro-structural characteristics of graphene oxide nano platelets reinforced cement*, *Constr. Build. Mater.* 138 333–339, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.021>.
- Muqoddam, M., Kartika, W., & Wibowo, S. A. (2020). *Modul Digitalisasi Mikroskop. Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 2(1). <https://doi.org/10.18196/mt.020113>
- Noviyanto, Fajrin (2020). *Penetapan Kadar Ketoptofen dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis*. CV. Media Sains Indonesia. Bandung
- Oktaviani, Yunisa, and Afdhal Muttaqin. (2015) "Pengaruh Temperatur Hidrotermal Terhadap Konduktivitas Listrik Zeolit Sintetis Dari Abu Dasar Batubara Dengan Metode Alkali Hidrotermal" 4 (4): 7.
- P. Kolandhasamy, L. Su, J. Li, X. Qu, K. Jabeen, H. Shi (2018), *Adherence of microplastics to soft tissue of mussels: a novel way to uptake microplastics beyond ingestion*, *Sci. Total Environ.* 610 635–640, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.053>
- Pine, S. (1980). *Kimia Organik*. Bandung: Terbitan Keempat. Penerbit ITB
- Putra (2021). *Sintesis Dan Karakterisasi Carbon Nanodots (C-Dots) Berbahan Dasar Kompos Kayu Putih Dan Campurannya Dengan Minyak Kayu Putih Sebagai Agen Antibakteri Terhadap Bakteri Escherichia Coli*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta

- Putri, Debby Firmantia, Helmi Maulina Ritonga, Vivin Murdiati, and Rahadian Zainul. (2018). "A Review What Is Hydrothermal ?" Preprint. INA-Rxiv. <https://doi.org/10.31227/osf.io/dm56c>
- Quraish Shihab (2002), *Tafsir Al-Misbah*, Ciputat, Lentera Hati: jilid VI, halaman 105
- S. Rezania, J. Park, M.F.M. Din, S.M. Taib, A. Talaiekhazani, K.K. Yadav, H. Kamyab (2018), *Microplastics pollution in different aquatic environments and biota: a review of recent studies*, *Mar. Pollut. Bull.* 133 191–208, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.022>
- Safavi, Afsaneh, Fatemeh Sedaghati, Hamidreza Shahbaazi, and Elaheh Farjami. (2012). "Facile Approach to the Synthesis of Carbon Nanodots and Their Peroxidase Mimetic Function in Azo Dyes Degradation." *RSC Advances* 2 (19): 7367. <https://doi.org/10.1039/c2ra20355c>.
- Sagbas, S. and Sahiner, N. (2018) Carbon dots: Preparation, properties, and application, Nanocarbon and its Composites: Preparation, Properties and Applications. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/B978-0-08-102509-3.00022-5
- Sapputra, Gede P.A. Dan Noerochim, Lukman. (2014). *Pengaruh Waktu Hidrotermal Pada Proses Sintesis Lithium Mangan Oksida Spinel (LiMn2O4) Nanopartikel Terhadap Efisiensi Absorpsi Dan Desorpsi Ion Lithium Dari Lumpur Sidoarjo*. Surabaya: Its
- Sari (2019). *Sintesis dan Karakterisasi CarbonDots Berbasis Minyak Zaitun Berbahan Dasar Limbah Tulang Ayam*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Sholihuddin (2019). *Konsep Rahmatan Li Al-Alamin; Perspektif Tafsir Al-Misbah dan Implementasi Aslinya dalam Kehidupan Sosial di Indonesia (Studi Penafsiran Surat al-Anbiya Ayat 107)*
- Sun, C., Wang, Z., Chen, L., & Li, F. (2020). *Fabrication of robust and compressive kitin and graphene oxide sponges for removal of microplastics with different functional groups*. *Chemical Engineering Journal*, 393, 124796. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124796>
- Sun, X., & Lei, Y. (2017). *Fluorescent carbon dots and their sensing applications*. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 89, 163–180. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.02.001>
- Sun, X. and Lei, Y. (2017) 'Fluorescent carbon dots and their sensing applications', *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 89, pp. 163–180. doi: 10.1016/j.trac.2017.02.001.
- Sun, X. and Lei, Y. (2017) *Fluorescent Carbon dots and Their Sensing Applications*. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 89, 163-180.

- Sun, Xiangcheng, and Yu Lei. 2017. "Fluorescent Carbon dots and Their Sensing Applications." *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 89 (April): 163–80. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.02.001>.
- Sun, C., Wang, Z., Zheng, H., Chen, L., & Li, F. (2021). *Biodegradable and re-usable sponge materials made from kitin for efficient removal of microplastics*. *Journal of Hazardous Materials*, 420, 126599. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126599>
- Suseno, J, E dan Firdausi, K, S (2008) "Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi". *Jurnal Berkala Fisika*, Vol. 11, No. 1: Hal. 23-28.
- Suzuki, Kazumasa, Luca Malfatti, Masahide Takahashi, Davide Carboni, Fabrizio Messina, Yasuaki Tokudome, Masanori Takemoto, and Plinio Innocenzi. (2017). "Design of Carbon dots Photoluminescence through OrganoFunctional Silane Grafting for Solid-State Emitting Devices." *Scientific Reports* 7 (1): 5469. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05540-5>.
- Tamina, S. K., Khan, A., & Rhim, J. W. (2023). *Advances and prospects of carbon dots for microplastic analysis*. *Chemosphere*, 313(November 2022), 137433. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137433>
- Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., & Li, M. (2016). *The behaviors of microplastics in the marine environment*. *Marine Environmental Research*, 113, 7–17.
- X. Ou, X. Yang, J. Zheng, M. Liu (2019), *Free-standing graphene oxide–chitin nanocrystal composite membrane for dye adsorption and oil/water separation*, *ACS Eng. Chem. Sustain.* 7 13379–13390, <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b02619>
- X. Song, S. Cui, Z. Li, Y. Jiao, C. Zhou (2018), *Fabrication of chitin/graphene oxide composite sponges with higher bilirubin adsorption capacity*, *J. Mater. Sci-Mater M.* 29 108, <https://doi.org/10.1007/s10856-018-6107-8>.
- Y. Xu, J. Chen, R. Chen, P. Yu, S. Guo, X. Wang (2019), *Adsorption and reduction of chromium (VI) from aqueous solution using polypyrrole/calcium rectorite composite adsorbent*, *Water Res.* 160 148–157, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.05.055>
- Zhang, R., Sun, Z., & Jiang, X. (2017). *Chemical composition and potential utilization of rice husk*. *Renewable Energy*, 103, 732–740
- Zhang, Y. et al. (2015) 'Water-soluble, nitrogen-doped fluorescent carbon dots for highly sensitive and selective detection of Hg<sup>2+</sup> in aqueous solution', *RSC Advances*, 5(50), pp. 40393–40401. doi: 10.1039/c5ra04653j.









- Zhao, H., Jiang, Z., Wang, C., & Li, Y. (2023). *Preparation of N, Cl Co-Doped Lignin Carbon Quantum Dots and Detection of Microplastics in Water. Crystals*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/cryst13060983>
- Zhao, H., Jiang, Z., Wang, C., & Li, Y. (2023). *Preparation of N, Cl Co-Doped Lignin Carbon Quantum Dots and Detection of Microplastics in Water. Crystals*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/cryst13060983>
- Zhou, Ying, Yao Liu, Yeqing Li, Ziyang He, Quan Xu, Yusheng Chen, Jason Street, Hao Guo, and Michael Nelles. 2018. "Multicolor Carbon Nanodots from Food Waste and Their Heavy Metal Ion Detection Application." *RSC Advances* 8 (42): 23657–62. <https://doi.org/10.1039/C8RA03272F> .
- Z.L. Zhu, S.C. Wang, F.F. Zhao, S.G. Wang, F.F. Liu, G.Z. Liu (2019), *Joint toxicity of microplastics with triclosan to marine microalgae Skeletonema costatum*, *Environ.Pollut.* 246 509–517, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.044>



# LAMPIRAN



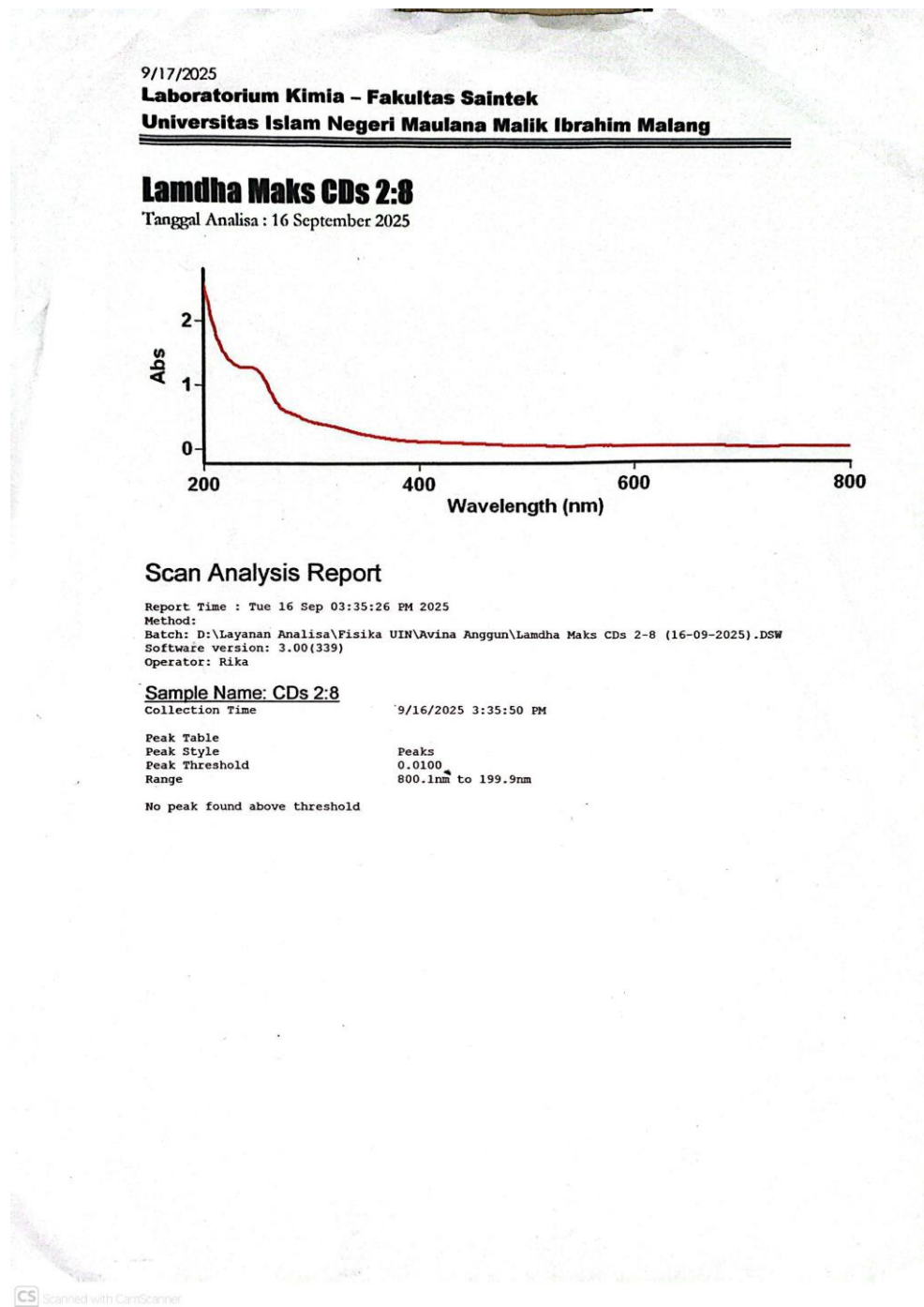
### Lampiran I Gambar Selama Pelaksanaan Penelitian

 <p>Menyiapkan sekam padi</p>	 <p>Membersihkan sekam padi</p>
 <p>Sekam padi dikeringkan setelah dicuci</p>	 <p>Sekam padi dihaluskan menggunakan blender</p>
 <p>Sekam padi setelah dihaluskan dan diayak</p>	 <p>Serbuk sekam padi ditimbang 10 gr dan ditambahkan 60 mL aquades kemudian diaduk dengan stirrer</p>
 <p>Dimasukkan kedalam reaktor hidrotermal</p>	 <p>Dimasukkan kedalam oven dengan suhu 200°C selama 5 jam</p>

	
Setelah 5 jam dan didiamkan semalaman	Larutan di sentrifugasi selama 15 menit
	
Larutan disaring dengan filter membran	Larutan <i>carbon dots</i> setelah disaring
	
Proses pengambilan gambar menggunakan UV-Light	Menyiapkan <i>chitin</i> , urea, dan NaOH untuk sintesis <i>sponge chitin</i>
	
<i>Chitin</i> , urean, dan NaOH diaduk menggunakan stirrer selama 30 menit	Larutan <i>chitin</i> ditambahkan <i>carbon dots</i> dengan variasi yang ditentukan

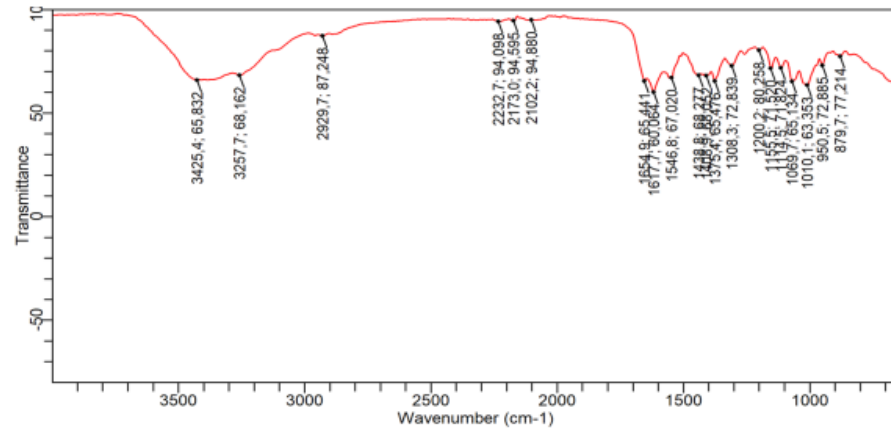
 <p>Proses pembekuan-pencairan dilakukan selama 3 kali</p>	 <p>Larutan <i>chitin</i> ditambahkan Glutaraldehyde sebanyak 3 mL secara perlahan</p>
 <p>Larutan <i>chitin</i> dimasukkan kedalam cetakan</p>	 <p><i>Sponge chitin</i> setelah proses sintesis</p>
 <p>Proses pengambilan gambar menggunakan mikroskop optik</p>	 <p>Proses absorpsi</p>
 <p>Sisa mikroplastik yang dikeringkan</p>	

## Lampiran 2 Data UV-Vis

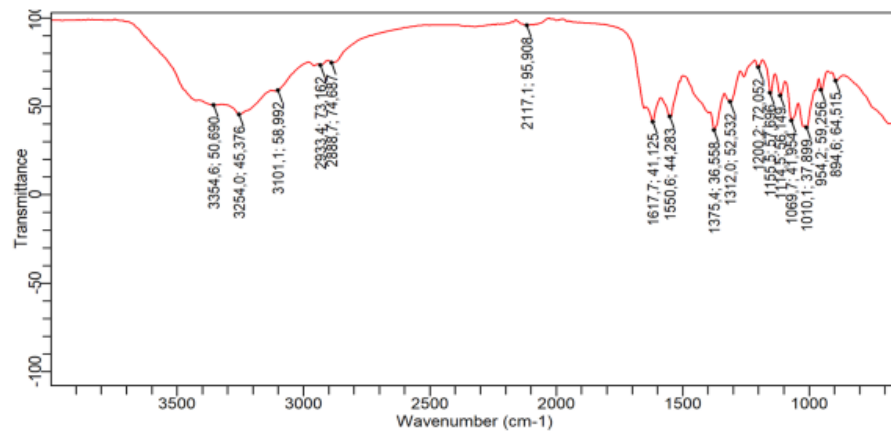


### Lampiran 3 Data FTIR

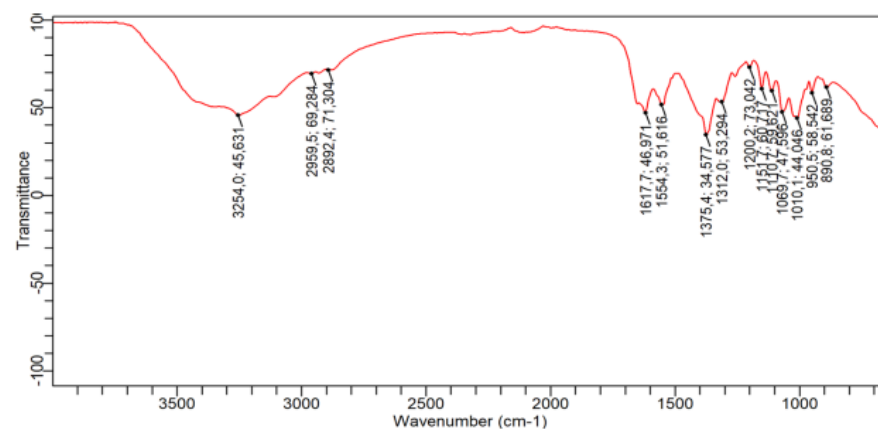
#### 1. Chitin



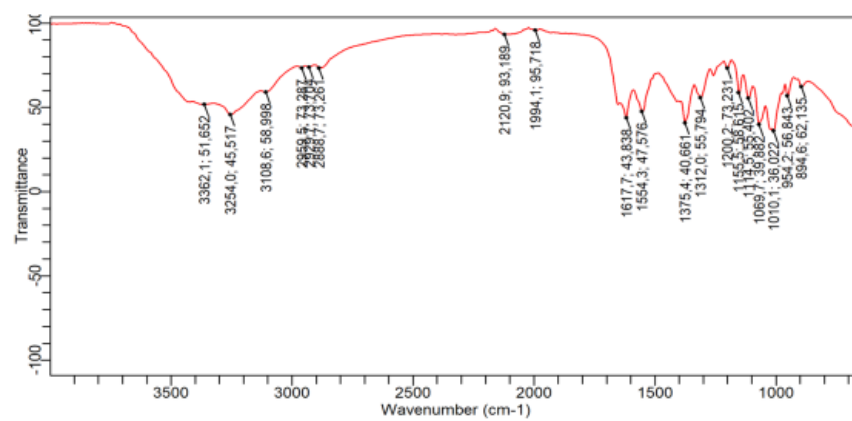
#### 2. ChCDs-0,5



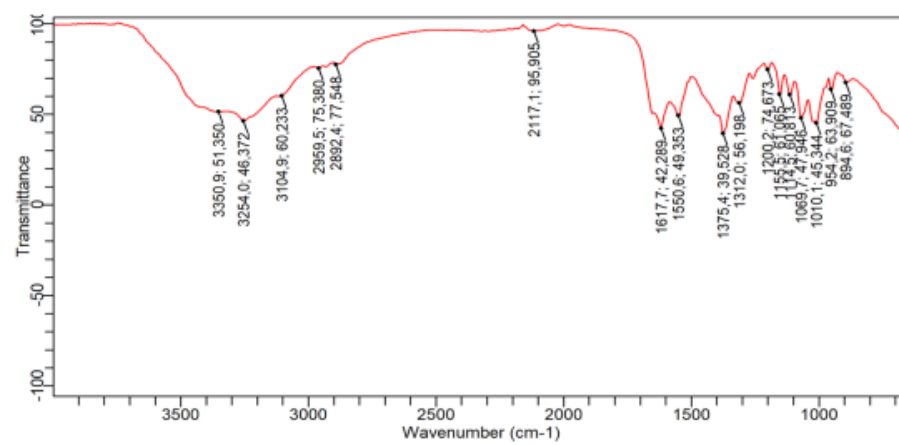
#### 3. ChCDs-1



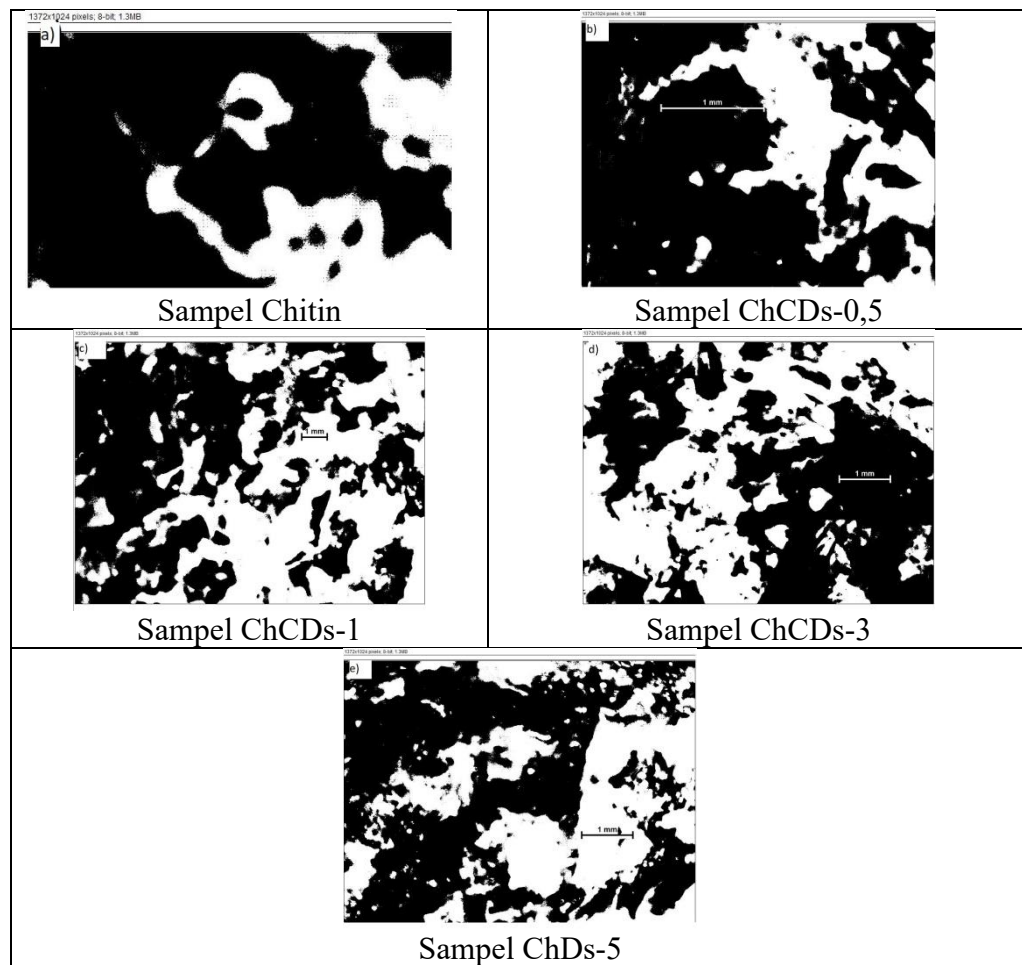
#### 4. ChCDs-3



## 5. ChCDs-5



#### Lampiran 4 Mengolah data mikroskop optik menggunakan *software ImageJ*



Data *summary* proses mengolah menggunakan *software imageJ*

Slice	Count	Total Area	Average S	%Area	Mean	Mode	Median
ChCDs	14	24620	1758.571	1.752	255	255	255
ChCDs-0,5	39	29290	751.026	2.085	255	255	255
ChCDs-1	68	43883	645.338	3.124	255	255	255
ChCDs-3	53	51396	969.736	3.658	255	255	255
ChCDs-5	98	137783	1405.949	9.807	255	255	255



Data *results* proses mengolah menggunakan *software imageJ*

	Area	Mean	StdDev	Mode	Min	Max	Median	%Area
1	344	255	0	255	255	255	255	100
2	177	255	0	255	255	255	255	100
3	186	255	0	255	255	255	255	100
4	557	255	0	255	255	255	255	100
5	174	255	0	255	255	255	255	100
6	186	255	0	255	255	255	255	100
7	121	255	0	255	255	255	255	100
8	418	255	0	255	255	255	255	100
9	60	255	0	255	255	255	255	100
10	186	255	0	255	255	255	255	100
11	51	255	0	255	255	255	255	100
12	6715	255	0	255	255	255	255	100
13	31	255	0	255	255	255	255	100
14	156	255	0	255	255	255	255	100
15	31	255	0	255	255	255	255	100
16	49	255	0	255	255	255	255	100
17	570	255	0	255	255	255	255	100
18	705	255	0	255	255	255	255	100
19	24	255	0	255	255	255	255	100
20	176	255	0	255	255	255	255	100
21	26	255	0	255	255	255	255	100
22	20	255	0	255	255	255	255	100
23	241	255	0	255	255	255	255	100
24	51	255	0	255	255	255	255	100
25	232	255	0	255	255	255	255	100
26	77	255	0	255	255	255	255	100
27	29	255	0	255	255	255	255	100
28	505	255	0	255	255	255	255	100
29	460	255	0	255	255	255	255	100
30	2006	255	0	255	255	255	255	100
31	21	255	0	255	255	255	255	100
32	408	255	0	255	255	255	255	100
33	814	255	0	255	255	255	255	100
34	49	255	0	255	255	255	255	100
35	43	255	0	255	255	255	255	100
36	297	255	0	255	255	255	255	100
37	463	255	0	255	255	255	255	100
38	39	255	0	255	255	255	255	100
39	98128	255	0	255	255	255	255	100
40	27	255	0	255	255	255	255	100
41	21	255	0	255	255	255	255	100
42	87	255	0	255	255	255	255	100
43	213	255	0	255	255	255	255	100
44	103	255	0	255	255	255	255	100
45	726	255	0	255	255	255	255	100
46	377	255	0	255	255	255	255	100
47	222	255	0	255	255	255	255	100
48	274	255	0	255	255	255	255	100
49	188	255	0	255	255	255	255	100
50	41	255	0	255	255	255	255	100
51	152	255	0	255	255	255	255	100
52	1893	255	0	255	255	255	255	100
53	555	255	0	255	255	255	255	100
54	40	255	0	255	255	255	255	100
55	309	255	0	255	255	255	255	100
56	158	255	0	255	255	255	255	100
57	30	255	0	255	255	255	255	100
58	60	255	0	255	255	255	255	100
59	642	255	0	255	255	255	255	100
60	64	255	0	255	255	255	255	100
61	93	255	0	255	255	255	255	100
62	206	255	0	255	255	255	255	100
63	118	255	0	255	255	255	255	100
64	20	255	0	255	255	255	255	100
65	55	255	0	255	255	255	255	100
66	44	255	0	255	255	255	255	100
67	327	255	0	255	255	255	255	100
68	302	255	0	255	255	255	255	100
69	42	255	0	255	255	255	255	100
70	42	255	0	255	255	255	255	100
71	163	255	0	255	255	255	255	100
72	797	255	0	255	255	255	255	100
73	9588	255	0	255	255	255	255	100
74	60	255	0	255	255	255	255	100
75	40	255	0	255	255	255	255	100
76	121	255	0	255	255	255	255	100



### Lampiran 3 Perhitungan absorpsi air

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\%$$

$$\% = \text{Absorpsi air}$$

$M_0$  = Berat *sponge* ChCDs ( g )

$M_t$  = Berat *sponge* ChCDs ( g )

#### 1. Sampel chitin

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{3,96 - 3,90}{3,90} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = 1,54\%$$

#### 2. Sampel ChCDs-0,5

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{4,02 - 3,92}{3,92} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = 2,55\%$$

#### 3. Sampel ChCDs-1

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{4,18 - 3,94}{3,94} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = 6,09\%$$

#### 4. Sampel ChCDs-3

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{4,18 - 3,91}{3,91} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = 6,91\%$$

#### 5. Sampel ChCDs-5

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = \frac{4,25 - 3,87}{3,87} \times 100\%$$

$$\text{Absorpsi air (\%)} = 9,82\%$$

**Lampiran 4** Perhitungan kapasitas absorpsi

$$\text{Kapasitas adsorpsi (Q)} = \frac{V \times (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{m}$$

Q = Kapasitas absorpsi ( mg/g )

C awal = Konsentrasi mula mula mikroplastik ( mg/ml)

C akhir = Konsentrasi mikroplastik setelah absorpsi ( mg/ml)

m = Massa *sponge* ChCDs yang digunakan ( g )

V = Volume larutan mikroplastik ( L )

## Hasil absorpsi

No	Sampel	Volume air (ml)		Massa mikroplastik (mg)		Massa <i>sponge</i> (g)
		Sebelum absorpsi	Setelah absorpsi	Sebelum absorpsi	Setelah absorpsi	
1.	Chitin	100	98,46	1000	837,67	3,92
2.	ChCDs-1	100	93,91	1000	792,67	3,92
3.	ChCDs-3	100	93,09	1000	715,33	3,88
4.	ChCDs-5	100	90,18	1000	711	3,90

## 1. Sampel chitin

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{V \times (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{m}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{98,46 \times (10 - 8,507)}{3,92}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = 37,482 \text{ mg/g}$$

## 2. Sampel ChCDs-1

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{V \times (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{m}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{93,91 \times (10 - 8,440)}{3,92}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = 37,354 \text{ mg/g}$$

## 3. Sampel ChCDs-3

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{V \times (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{m}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{93,09 \times (10 - 7,684)}{3,88}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = 55,559 \text{ mg/g}$$

## 4. Sampel ChCDs-5

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{V \times (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{m}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = \frac{90,18 \times (10 - 7,884)}{3,90}$$

$$\text{Kapasitas absorpsi (Q)} = 48,923 \text{ mg/g}$$

Data pengulangan uji absorpsi

Sampel	Sebelum (l)	Setelah (ml)	Kapasitas (mg/ml)	Massa (g)
ChCDs	10	8.4	40.81	3.92
	10	8.33	42.6	3.92
	10	8.4	40.81	3.92
Rata-rata	10	8376.7	41.41	3.92
ChCDs-1	10	8	50.76	3.92
	10	7.92	52.79	3.92
	10	7.86	54.31	3.92
Rata-rata	10	7926.7	52.621	3.92
ChCDs-3	10	7.2	72.16	3.88
	10	7.25	70.87	3.89
	10	7.01	77.06	3.88
Rata-rata	10	7153.3	73.368	3.88
ChCDs-5	10	7	76.92	3.9
	10	7.18	72.3	3.9
	10	7.15	73.07	3.9
Rata-rata	10	7.11	74.102	3.9

### Lampiran 5 Perhitungan efisiensi penyerapan

$$\eta = \frac{(m_{awal} - m_{akhir})}{m_{awal}} \times 100\%$$

$\eta$  = Efisiensi penyerapan mikroplastik (%)

$m_{awal}$  = Massa mikroplastik sebelum penyerapan (mg)

$m_{akhir}$  = Massa mikroplastik setelah penyerapan (mg)

#### 1. Sampel chitin

$$\eta = \frac{(m_{awal} - m_{akhir})}{m_{awal}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(10 - 8,507)}{10} \times 100\%$$

$$\eta = 14,922\%$$

#### 2. Sampel ChCDs-1

$$\eta = \frac{(m_{awal} - m_{akhir})}{m_{awal}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(10 - 8,440)}{10} \times 100\%$$

$$\eta = 15,592\%$$

#### 3. Sampel ChCDs-3

$$\eta = \frac{(m_{awal} - m_{akhir})}{m_{awal}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(10 - 7,684)}{10} \times 100\%$$

$$\eta = 23,157\%$$

#### 4. Sampel ChCDs-5

$$\eta = \frac{(m_{awal} - m_{akhir})}{m_{awal}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(10 - 7,884)}{10} \times 100\%$$

$$\eta = 21,157\%$$



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533  
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: [info@uin-malang.ac.id](mailto:info@uin-malang.ac.id)

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210604110049  
Nama : AVINA ANGGUN PUSPITA PUTRI  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jurusan : FISIKA  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. ERNA HASTUTI, M.Si  
Dosen Pembimbing 2 : MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I  
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH PENAMBAHAN CARBON DOTS PADA SPONGE CHITIN SEBAGAI MATERIAL PENYERAP MIKROPLASTIK

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	03 Januari 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Konsultasi judul skripsi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	18 Februari 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Persetujuan judul skripsi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	19 Maret 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Bimbingan bab 1,2, dan 3	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	21 April 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Persetujuan bab 1,2, dan 3	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	14 Mei 2025	MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I	Bimbingan integrasi bab 1, dan 2	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
6	12 Agustus 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Bimbingan bab 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	04 September 2025	MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I	Bimbingan integrasi bab 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	11 September 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Bimbingan bab 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	06 Oktober 2025	MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I	Bimbingan integrasi 1,2, dan 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
10	10 Oktober 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Persetujuan bab 1,2,3, dan 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
11	06 November 2025	Dr. ERNA HASTUTI, M.Si	Acc bab 1-5	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
12	06 November 2025	MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I	Acc bab 2 dan 4 ok	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi

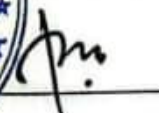
Telah disetujui  
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

  
MUBASYIROH, S.S., M.Pd.I



Kalijur / Kaprodi,



Malang, 12 November 2025

Dosen Pembimbing 1

  
Dr. ERNA HASTUTI, M.Si