

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KITOSAN-ALGINAT
TERMODIFIKASI KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBEN ZAT
WARNA METILEN BIRU**

SKRIPSI

Oleh:
FACHRU NISA SALSABILA ZAHRO
NIM. 210604110051



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

HALAMAN PENGAJUAN

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KITOSAN-ALGINAT
TERMODIFIKASI KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBEN ZAT
WARNA METILEN BIRU**

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:
FACHRU NISA SALSABILA ZAHRO
NIM. 210604110051**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KITOSAN-ALGINAT
TERMODIFIKASI KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA
METILEN BIRU

SKRIPSI

Oleh:

Fachru Nisa Salsabila Zahro
NIM. 210604110051

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada Tanggal, 16 Desember 2025

Pembimbing I

Utiya Hikmah, M.Si

NIP. 198806052023212054

Pembimbing II

Ahmad Luthfin, M.Si

NIP. 198605042019031099

Mengetahui
Ketua Program Studi



Farid Fauzan Hananto, S.Si, M.T

NIP. 197405132003121001

HALAMAN PENGESAHAN

SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KITOSAN-ALGINAT
TERMODIFIKASI KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA
METILEN BIRU

SKRIPSI

Oleh:

FACHRU NISA SALSABILA ZAHRO
NIM. 210604110051

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

Penguji Utama	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 198111192008012009	
Ketua Penguji	<u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 198106132006042002	
Sekretaris Penguji	<u>Utiya Hikmah, M.Si</u> NIP. 198806052023212054	
Anggota Penguji	<u>Ahmad Luthfin, M.Si</u> NIP. 198605042019031009	

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Farid Samsir Hamanto, S.Si, M.T
NIP. 197405132003121001

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : FACHRU NISA SALSABILA ZAHRO

NIM : 210604110051

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : SINTESIS DAN KARAKTERISTIK MEMBRAN
KITOSAN-ALGINAT TERMODIFIKASI KARBON AKTIF
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METILEN BIRU

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

Malang, 24 Desember 2025
Yang Membuat Pernyataan


Fachru Nisa Salsabila Zahro
NIM. 2106041100051

MOTTO

”One Day Iam Gonna Grow Wings”

-Thom Yorke

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apa yang telah diusahakannya.”

(QS. An-Najm: 39)

”Man Shabhara Zhafira”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap rasa syukur Alhamdulillah, Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku, Bapak Nur Fathir dan Ibu Linda Yuliana, terima kasih atas doa yang tak pernah terputus, cinta yang tulus, serta pengorbanan dan kesabaran yang menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah. Semoga karya ini menjadi bentuk bakti dan kebanggaan tersendiri untuk beliau.
2. Adik Abdullah Hadrami Firdaus, Adik Muhammad Arkananta Zivan Defanka, dan Adik Keenan Athala Alghani, yang selalu menjadi penyemangat dalam setiap langkah. Semoga ini menjadi motivasi untuk terus berjuang meraih cita-cita. Teruslah bermimpi, belajar, dan melangkah dengan penuh keyakinan.
3. Uti Warniati dan keluarga, yang senantiasa memberikan perhatian dan pengertian dan selalu bangga atas pencapaian kecil. Doa beliau menjadi penyemangat yang tidak pernah putus.
4. Teman- temanku, Saiful Haq, Keke, Dea, Adillia, Novalia, Nabila, Hujroh 41, dan seluruh teman teman Fisika angkatan 2021 terutama teman teman Lab Riset Material, yang selalu menemani, memberi semangat, memberi nasihat dan berbagi cerita dalam setiap proses. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungan yang tak ternilai.
5. Segenap dosen, pembimbing dan laboran untuk segala ilmu yang membantu membuka cakrawala dunia melalui keluasan ilmu dan dedikasinya semoga dapat bermanfaat di dunia dan akhirat.

6. Fachru Nisa Salsabila Zahro, Terima kasih untuk diriku sendiri yang telah bertahan hingga sejauh ini. Terima kasih karena tidak menyerah meskipun lelah, ragu, dan takut sering datang silih berganti. Terima kasih sudah berusaha dengan sebaik mungkin, belajar dari kegagalan, dan tetap melangkah meski perlahan. Semua proses, air mata, dan kesabaran ini adalah bukti bahwa kamu kuat, dan kamu pantas bangga pada dirimu sendiri.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul "SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN KITOSAN-ALGINAT TERMODIFIKASI KARBON AKTIF SEBAGAI ADSORBSI ZAT WARNA METILEN BIRU" dalam rangka sebagai tugas akhir untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si). Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi kita, Nabi Muhammad SAW. Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penelitian ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Bapak, Ibu, Adik, dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
2. Prof. Dr. Hj. Ilfi Nur Diana, M.Si. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. H. Agus Mulyono, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Farid Samsu Hananto, S.Si.,M.T selaku Ketua Progam Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Utiyah Hikmah M.Si dan Ahmad Luthfin, M.Si selaku dosen pembimbing.
6. Para pengajar, staf laboratorium, dan administrasi di program studi fisika Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa membantu dan berkontribusi dalam peningkatan pengetahuan.
7. Teman-teman angkatan 2021, yang memberi semangat dan dukungan kepada penulis. Dan semua pihak yang telah ikut andil.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, kurang lebihnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.Semoga skripsi ini dapat bermanfaat. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang. 17 Desember 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	i
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
هستخلص الب.....	xvii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	9

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metilen Biru	10
2.2 Teknologi Adsorpsi untuk Pengolahan Limbah.....	12
2.3 Karbon Aktif	13
2.4 Bonggol Jagung sebagai Bahan Baku Karbon Aktif	15
2.5 Kitosan	17
2.6 Alginat.....	19
2.7 Membran Komposit Kitosan–Alginat	20
2.7.1 Jenis Membran Berdasarkan Bahan Dasar Pembuatan	21
2.8 Karakteristik Membran	22
2.8.1 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)	22
2.8.2 Mikroskop Optik	24
2.8.3 Spektrometri <i>Ultraviolet-Visible</i> (UV-Vis).....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian.....	30
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.4 Diagram Alir	32
3.4.1 Sintesis Karbon Aktif Bonggol Jagung.....	32

3.4.2	Sintesis Membran Kitosan-Alginat-Karbon Aktif	33
3.4.3	Aplikasi Membran.....	34
3.5	Prosedur Penelitian	34
3.5.1	Pembuatan Karbon Aktif.....	34
3.5.2	Pembuatan Membran Karbon Aktif-Kitosan-Alginat.....	35
3.5.3	Proses Pengaplikasian untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru	36
3.6	Analisa Data	36
3.6.1	Analisa Menggunakan FTIR	36
3.6.2	Analisa Menggunakan Mikroskop Optik	37
3.6.3	Analisa Menggunakan UV-Vis	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Hasil Penelitian.....	40
4.1.1	Sintesis Karbon Aktif.....	40
4.1.2	Sintesis Membran Karbon Aktif-Kitosan-Alginat	41
4.1.3	Gugus Fungsi Membran KKA	42
4.1.4	Luas Permukaan Pori Membran KKA	46
4.1.5	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru.....	48
4.1.6	Pembuatan Kurva Standart Metilen Biru	49
4.1.7	Adsorpsi Membran KKA	50
4.2	Pembahasan.....	55
4.3	Keterkaitan Penelitian Dalam Prespektif Islam	60

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran.....	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Kimia Metilen Biru	11
Gambar 2.2	Struktur Kitosan	19
Gambar 3.1	Diagram Sintesis Karbon Aktif Bonggol Jagung.....	32
Gambar 3.2	Diagram Sintesis Membran Kitosan-Alginat-Karbon Aktif.....	33
Gambar 3.3	Diagram Alir Pengaplikasian Membran	34
Gambar 4.1	(a) Membran KKA (b) Membran KKA sebelum pengeringan.....	42
Gambar 4.2	Grafik FTIR Membran Karbon Aktif-Kitosan-Alginat (KKA)	42
Gambar 4.3	Morfologi luas permukaan pori sebelum pengamatan mikroskop optik (a)-(e) KA, KKA 0.25, KKA 0.5, KKA 0.75, KKA 1 sebelum pengamatan mikroskop optik dan (f)-(j) KA, KKA 0.25, KKA0.5, KKA 0.75, KKA 1 setelah pengamatan mikroskop optik	47
Gambar 4.4	Grafik Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru.....	48
Gambar 4.5	Grafik Kurva Standar Metilen Biru	50
Gambar 4.6	Grafik Efisiensi Adsorpsi Metilen Biru oleh KKA.....	52
Gambar 4.7	Grafik Laju Alir	53
Gambar 4.8	Standart Deviasi Nilai Absorbansi.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	25
Tabel 3.1 Blanko analisis gugus fungsi menggunakan FTIR	37
Tabel 3.2 Blanko analisis luas permukaan dengan mikroskop optic.....	38
Tabel 3.3 Tab Blanko analisis nilai absorbansi dengan UV-Vis	38
Tabel 4.1 Penamaan Sampel.....	40
Tabel 4.2 Gugus fungsi membran KKA	43
Tabel 4.3 Nilai luas permukaan pori membran KKA.....	48
Tabel 4.4 Nilai Adsorpsi.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 2. Data Hasil Penelitian

Lampiran 3. Perhitungan

ABSTRAK

Zahro, Fachru Nisa Salsabila. 2025. **Sintesis dan Karakterisasi Membran Kitosan–Alginat Termodifikasi Karbon Aktif sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru**. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (1) Utiyah Hikmah, M.Si. (II) Ahmad Luthfin, M.Si.

Kata Kunci: Kitosan–Alginat, Karbon Aktif, Membran Adsorben, Metilen Biru, Adsorpsi

Pencemaran perairan oleh zat warna sintetis seperti metilen biru mendorong perlunya pengembangan adsorben berbasis biomaterial yang efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengarakterisasi membran kitosan–alginat termodifikasi karbon aktif bonggol jagung serta menganalisis pengaruh variasi massa karbon aktif terhadap karakteristik kimia, morfologi, dan kinerja adsorpsi metilen biru. Metode penelitian meliputi sintesis membran melalui pencampuran larutan kitosan dan alginat dengan variasi massa karbon aktif sebesar 0; 0,25; 0,5; 0,75; dan 1 g, kemudian dikeringkan pada suhu ruang hingga terbentuk membran komposit. Karakterisasi dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*, sedangkan analisis morfologi pori dilakukan dengan mikroskop optik. Kinerja adsorpsi dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan laju dan efisiensi adsorpsi metilen biru. Hasil FTIR menunjukkan pelemahan pita O–H/N–H, COO, dan CO pada membran KKA 0,25–1 yang menandakan adanya interaksi karbon aktif dengan gugus aktif kitosan–alginat. Pengamatan morfologi memperlihatkan bahwa membran KKA 0,25 dan KKA 0,5 memiliki distribusi pori yang lebih merata, sedangkan KKA 0,75 dan KKA 1 mengalami aglomerasi dan penyumbatan pori. Analisis UV-Vis menunjukkan peningkatan laju dan efisiensi adsorpsi dari 38% dan laju alir 0,9 mL/ menit pada membran tanpa karbon aktif menjadi 44% pada KKA 0,25 dan mencapai nilai optimum sebesar 45% dan laju alir 2 mL/menit pada KKA 0,5, kemudian menurun menjadi 22,6% dan 15,8% pada KKA 0,75 dan KKA 1. KKA 0,25 dan KKA 0,5 memberikan kinerja adsorpsi yang setara, namun KKA 0,5 lebih unggul dalam aspek laju alir efisiensi adsorpsi dan morfologi membran. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan karbon aktif 0,5 g menghasilkan struktur membran paling stabil dan kinerja adsorpsi paling optimal karena keseimbangan antara luas pori efektif, laju adsorpsi cepat, serta interaksi π – π dan elektrostatik dengan metilen biru.

ABSTRACT

Zahro, Fachru Nisa Salsabila. 2025. **Synthesis and Characterization of Activated Carbon–Modified Chitosan–Alginate Membranes as Adsorbents for Methylene Blue Dye**. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim Malang State Islamic University, Malang. Advisor: (I) Utayah Hikmah, M.Si. (II) Ahmad Luthfin, M.Si.

Keywords: Chitosan–Alginate, Activated Carbon, Adsorbent Membrane, Methylene Blue, Adsorption

Water pollution by synthetic dyes such as methylene blue necessitates the development of effective and environmentally friendly biomaterial-based adsorbents. This study aimed to synthesize and characterize activated carbon–modified chitosan–alginate membranes derived from corncob activated carbon and to analyze the effect of activated carbon mass variation on the chemical characteristics, morphology, and adsorption performance toward methylene blue. The membranes were synthesized by mixing chitosan and alginate solutions with activated carbon mass variations of 0, 0.25, 0.5, 0.75, and 1 g, followed by drying at room temperature to form composite membranes. Chemical characterization was conducted using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), while pore morphology was analyzed using optical microscopy. Adsorption performance was evaluated using a UV–Vis spectrophotometer to determine the adsorption rate and efficiency of methylene blue. FTIR results showed the weakening of O–H/N–H, COO, and CO bands in KKA 0.25–1 membranes, indicating interactions between activated carbon and the active groups of chitosan–alginate. Morphological observations revealed that KKA 0.25 and KKA 0.5 membranes exhibited more uniform pore distribution, whereas KKA 0.75 and KKA 1 experienced agglomeration and pore blockage. UV–Vis analysis showed an increase in adsorption rate and efficiency from 38% in membranes without activated carbon to 44% at KKA 0.25, reaching an optimum value of 45% at KKA 0.5, followed by a decrease to 22.6% and 15.8% at KKA 0.75 and KKA 1, respectively. KKA 0.25 and KKA 0.5 provide equivalent adsorption performance, but KKA 0.5 was superior in terms rate, adsorption efficiency and membrane morphology. It can be concluded that the addition of 0.5 g activated carbon produces the most stable membrane structure and optimal adsorption performance due to a balance between effective pore area, rapid adsorption rate, and π – π as well as electrostatic interactions with methylene blue.

هستخلص الب

زهرة، فخر نساء سلسبيلا. 2025. تخليق وتوصيف غشاء الكيتوسان-ألغينات المعدل بالكربون النشط كمتص للأصباغ للصبغة الزرقاء الميثيلين. بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرفان: (1) أوتيا حكمة، الماجستير؛ (2) أحمد لطفين، الماجستير.

الكلمة الرئيسية: كيتوزان-ألغينات، الفحم النشط، غشاء ماص، الميثيل أزرق، الامتزاز

تلوث المياه بالصبغات الاصطناعية مثل الأزرق الميثيل يدفع إلى ضرورة تطوير مميزات قائمة على المواد الحيوية تكون فعالة وصديقة للبيئة. تهدف هذه الدراسة إلى تصنيع وتصنيف أغشية الكيتوزان-ألجينات المعدلة بالفحم النشط من ساق الذرة، بالإضافة إلى تحليل تأثير تغير كتلة الفحم النشط على الخصائص الكيميائية، والمورفولوجيا، وأداء امتصاص الأزرق الميثيل. تشمل منهجية البحث تصنيع الأغشية من خلال خلط محلول الكيتوزان والألجينات مع تغير كتلة الفحم النشط بمقدار 0؛ 0.25؛ 0.5؛ 0.75؛ و 1 غرام، ثم تجفيفها في درجة حرارة الغرفة لتكوين الغشاء المركب. وتم إجراء التحليل الكيميائي باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR)، بينما تم تحليل مورفولوجيا المسام باستخدام المجهر الضوئي. تم تحليل أداء الامتزاز باستخدام مطياف الامتصاص الضوئي فوق البنفسجي-المرئي لتحديد معدل وكفاءة امتزاز الأزرق الميثيلين. أظهرت نتائج FTIR ضعف نطاقات O-H/N-H و COO و CO على أغشية 0,25 KKA، مما يشير إلى وجود تفاعل بين الكربون النشط والمجموعات الفعالة للكيتوسان-ألغينات. أظهرت الملاحظات المورفولوجية أن أغشية 0,25 KKA و 0,5 KKA تتمتع بتوزيع مسامي أكثر انتظامًا، في حين أن 0,75 KKA و 1 KKA تعاني من التكتل وانسداد المسام. أظهر تحليل UV-Vis زيادة في معدل وكفاءة الامتزاز من 38٪ في الغشاء بدون كربون نشط إلى 44٪ في 0,25 KKA ووصولًا إلى القيمة المثلى 45٪ في KKA 0,5، ثم انخفضت إلى 22,6٪ و 15,8٪ في 0,75 KKA و 1 KKA. استنادًا إلى نتائج هذا البحث، يمكن الاستنتاج أن إضافة 0.5 غرام من الكربون النشط ينتج هيكل غشاء الأكثر استقرارًا وأداء الامتزاز الأمثل بسبب التوازن بين مساحة المسام الفعالة، وسرعة الامتزاز السريعة، والتفاعلات $\pi-\pi$ والكهروفعلية مع الميثيلين الأزرق.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metilen biru merupakan salah satu jenis zat warna sintetis yang banyak digunakan dalam industri tekstil, kertas, dan farmasi. Zat ini bersifat kationik, larut dalam air, serta memiliki struktur kimia yang stabil sehingga sulit terurai secara alami. Keberadaan metilen biru dalam limbah cair industri menjadi perhatian khusus karena sifatnya yang toksik, mutagenik, dan karsinogenik. Ketika terakumulasi di perairan, senyawa ini dapat mengurangi penetrasi cahaya, menghambat fotosintesis organisme akuatik, serta menurunkan kualitas air dan keseimbangan ekosistem. Bahkan dalam kadar rendah, metilen biru dapat menyebabkan gangguan biologis pada ikan dan organisme air lainnya (Gupta & Suhas, 2020).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metilen biru menjadi model zat warna yang paling sering digunakan dalam studi adsorpsi karena strukturnya yang stabil dan sifatnya yang mudah dianalisis secara spektrofotometri. Adsorben berbasis biomaterial seperti kitosan, alginat, serta karbon aktif dari limbah pertanian terbukti sangat efektif dalam mengadsorpsi metilen biru dibandingkan zat warna lainnya, karena adanya interaksi elektrostatik kuat antara gugus fungsional bermuatan negatif pada adsorben dan gugus kationik dari metilen biru (Hamad & Idrus, 2022).

Selain itu, penelitian oleh Mindriany et al. (2021) menunjukkan bahwa karbon aktif dari biomassa memiliki efisiensi penyerapan metilen biru hingga lebih dari 90% pada kondisi pH netral, menjadikannya standar uji utama dalam

pengembangan material adsorben baru. Penelitian serupa oleh Putri et al. (2023) juga menegaskan bahwa membran komposit kitosan–alginat dengan tambahan karbon aktif menunjukkan peningkatan signifikan dalam kapasitas adsorpsi terhadap metilen biru dibandingkan tanpa modifikasi. Oleh karena itu, penggunaan metilen biru sebagai model polutan dalam penelitian ini dianggap sangat representatif untuk menilai kinerja membran kitosan-alginat termodifikasi karbon aktif.

Fenomena kerusakan lingkungan akibat limbah ini sejatinya sudah diingatkan oleh Allah SWT dalam Surah Al-Baqarah ayat 205, di mana manusia diperingatkan agar tidak berbuat kerusakan di muka bumi:

وَإِذَا تَوَلَّى سَعَىٰ فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهْلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ ۗ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفُسَادَ ﴿٢٠٥﴾

Artinya : *"Dan apabila ia berpaling (dari kamu), ia berjalan di bumi untuk membuat kerusakan padanya, dan merusak tanam-tanaman dan keturunan. Dan Allah tidak menyukai kerusakan"*

Dalam *Tafsir Al-Muyassar*, ayat ini menggambarkan bahwa manusia yang tidak memperhatikan keseimbangan alam dan etika lingkungan menjadi sumber kerusakan terhadap bumi, baik terhadap tanah, air, maupun kehidupan di dalamnya. Nilai spiritual yang diinginkan oleh ayat ini adalah menjaga kelestarian lingkungan sebagai wujud tanggung jawab manusia terhadap ciptaan Allah. Dalam konteks penelitian ini, pesan tersebut selaras dengan upaya ilmiah untuk mengolah dan mengurangi limbah berbahaya seperti metilen biru agar tidak mencemari ekosistem perairan. Dengan demikian, integrasi antara ilmu pengetahuan dan nilai keagamaan menjadi penting untuk menegaskan bahwa sains tidak hanya berfungsi sebagai sarana teknis penyelesaian masalah, tetapi juga sebagai bentuk tanggung jawab

moral dan spiritual manusia dalam menjaga amanah Allah terhadap bumi (*khalifah fil ardh*).

Korelasi antara ayat tersebut dengan penelitian ini menunjukkan bahwa pencemaran akibat zat kimia seperti metilen biru merupakan bentuk nyata dari “*fasad fil ardh*” atau kerusakan di muka bumi yang perlu segera ditangani melalui inovasi ilmiah yang berkelanjutan. Hal ini dipertegas lagi dalam Surah Ar-Rum ayat 41, di mana Allah menegaskan bahwa berbagai kerusakan di darat dan di laut adalah akibat perbuatan tangan manusia sendiri:

يَرْجِعُونَ لَعَلَّهُمْ يَعْمَلُوا الَّذِي بَعْضَ لِيُذِيْقَهُمُ النَّاسِ آيِدِي كَسَبَتْ بِمَا وَالْبَحْرِ الْبَرِّ فِي الْفَسَادِ ظَهَرَ

Artinya : “*Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).*”

Menurut Tafsir Ibn Katsir, ayat ini menggambarkan bahwa “fasad” yang tampak di darat dan di laut mencakup berbagai bentuk kerusakan akibat dosa dan maksiat manusia, termasuk terganggunya keseimbangan alam yang menyebabkan berkurangnya keberkahan bumi. Ibn Katsir menjelaskan bahwa kerusakan itu berupa berkurangnya hasil bumi, meluasnya bencana, dan munculnya dampak negatif terhadap lingkungan sebagai akibat langsung dari perbuatan manusia. Allah menimpakan sebagian akibat dari perbuatan itu agar manusia mau mengambil pelajaran dan kembali kepada jalan kebenaran dengan memperbaiki perilaku serta menjaga bumi yang telah Allah amanahkan kepada mereka (Ibn Katsir, *Tafsir al-Qur’an al-‘Azim*, Juz 6, hlm. 320–321).

Dengan demikian, ayat ini menegaskan urgensi untuk mengembalikan keseimbangan lingkungan melalui tindakan nyata. Dalam konteks penelitian ini,

pengembangan membran kitosan–alginat termodifikasi karbon aktif menjadi bentuk kontribusi ilmiah yang sejalan dengan prinsip menjaga bumi dari kerusakan (*islah*), yakni dengan meminimalkan pencemaran limbah zat warna sintetis dan mendorong penerapan teknologi hijau dalam pengolahan limbah cair. Inovasi ini bukan hanya langkah ilmiah, tetapi juga refleksi tanggung jawab moral dan spiritual manusia dalam menjaga kelestarian ciptaan Allah.

Sementara itu, perintah Allah untuk memperbaiki dan menjaga bumi ditegaskan dalam Surah Al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ
الْمُحْسِنِينَ

Artinya : *“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi setelah (Allah) memperbaikinya, dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan harap. Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.”*

Menurut *Tafsir Al-Muyassar*, ayat ini merupakan seruan agar manusia tidak menimbulkan kerusakan di bumi setelah Allah menciptakannya dengan penuh keseimbangan dan keteraturan. Manusia diperintahkan untuk memelihara serta memperbaiki kondisi lingkungan sebagai wujud amal kebajikan yang dicintai Allah. Nilai yang terkandung dalam ayat ini relevan dengan urgensi penelitian ini, yakni mengembangkan teknologi pengolahan limbah yang ramah lingkungan guna meminimalkan pencemaran akibat aktivitas manusia, khususnya dari zat warna sintetis seperti metilen biru. Dengan demikian, ayat ini menjadi landasan moral dan spiritual bagi penelitian lingkungan, agar upaya ilmiah tidak hanya berorientasi pada efisiensi teknis, tetapi juga pada tanggung jawab ekologis terhadap bumi.

Menjawab tantangan tersebut, teknologi adsorpsi menjadi salah satu metode

yang efektif untuk mengurangi pencemaran zat warna. Proses ini sederhana, efisien, dan ekonomis (Zhang et al., 2020). Salah satu adsorben paling umum adalah karbon aktif, karena memiliki luas permukaan tinggi dan kapasitas serap besar. Penelitian oleh Vincent Liem, Aditya Putranto, dan Arenst Andreas (2020) menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit salak memiliki kapasitas adsorpsi metilen biru hingga 0,674 mg/g, mengikuti model isoterm Langmuir dan kinetika pseudo orde dua.

Namun, karbon aktif sintetis relatif mahal dan tidak ramah lingkungan. Oleh sebab itu, penelitian diarahkan pada pemanfaatan limbah biomassa, seperti bonggol jagung, tempurung kelapa, dan kulit buah, yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. Adha Ilmanafia dan Hadi Priya Sudarmint (2021) membuktikan bahwa arang aktif dari bonggol jagung mampu menurunkan kadar BOD dan COD limbah industri secara signifikan. Pendekatan ini mendukung konsep ekonomi sirkular dan Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya poin ke-12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan limbah pertanian dalam jumlah besar, termasuk bonggol jagung yang sering tidak dimanfaatkan dengan baik. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung nasional meningkat dari 19 juta ton pada tahun 2014 menjadi 30 juta ton pada tahun 2018. Volume limbah bonggol jagung yang besar ini dapat menimbulkan masalah lingkungan jika tidak dikelola dengan bijak. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah bonggol jagung sebagai bahan baku karbon aktif merupakan langkah strategis untuk mengurangi limbah dan meningkatkan nilai tambah sumber daya lokal.

Selain karbon aktif, penggunaan biomaterial alami seperti kitosan dan alginat

juga menarik perhatian karena ramah lingkungan dan efektif sebagai adsorben. Kitosan, hasil deasetilasi dari kitin, memiliki gugus amina dan hidroksil yang memungkinkan interaksi elektrostatik dengan ion logam dan zat warna (Salih et al., 2025; Liu et al., 2025). Sedangkan alginat, polisakarida dari rumput laut cokelat, memiliki kemampuan membentuk hidrogel yang fleksibel dan biokompatibel (Tordi et al., 2025; Felicia et al., 2025). Kombinasi keduanya dalam bentuk membran komposit menghasilkan material yang kuat, stabil, dan memiliki kapasitas adsorpsi tinggi (Sulistiyana et al., 2021).

Namun, sebagian besar studi yang ada masih terbatas pada bentuk serbuk atau gel. Padahal, membran komposit menawarkan banyak keunggulan praktis, seperti kemudahan penggunaan ulang, stabilitas struktur, dan tidak menimbulkan penyumbatan dalam sistem filtrasi (Alver & Metin, 2020). Penelitian oleh Margaretha Aditya Kurnia Purnaningtyas dkk. (2022) telah menunjukkan bahwa serbuk manik karbon aktif–kitosan–alginat memiliki kapasitas adsorpsi tinggi terhadap metilen biru, yaitu sebesar 1,34 mmol/g. Namun, kajian lebih lanjut terhadap kombinasi ketiganya dalam bentuk membran serta karakterisasi menyeluruh terhadap struktur dan sifat fisiknya masih sangat terbatas.

Studi oleh Wahid et al. (2021) dan Kumar et al. (2022) menekankan bahwa karakterisasi fisikokimia seperti analisis FTIR, SEM, porositas, dan kekuatan mekanik sangat penting untuk memahami interaksi antara membran dan molekul target. Tanpa karakterisasi ini, efisiensi adsorpsi tidak dapat dievaluasi secara menyeluruh, dan potensi aplikatifnya menjadi terbatas.

Seiring dengan upaya pengembangan material adsorben, karakterisasi fisik

menjadi aspek penting dalam mengevaluasi performa membran. Salah satu metode karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroskop optik, yang berfungsi untuk mengamati morfologi permukaan, homogenitas struktur, serta distribusi pori dan partikel penyusun membran komposit. Melalui pengamatan mikroskop optik, dapat diketahui tingkat penyebaran karbon aktif dalam matriks kitosan–alginat serta sejauh mana proses pencampuran menghasilkan struktur yang seragam dan stabil.

Metode ini memberikan data visual yang membantu dalam memahami hubungan antara struktur permukaan dan efisiensi adsorpsi terhadap zat warna seperti metilen biru. Penelitian oleh Putri et al. (2023) menunjukkan bahwa analisis menggunakan mikroskop optik efektif untuk mengamati morfologi membran kitosan–karbon aktif yang digunakan dalam pengolahan limbah zat warna reaktif, di mana distribusi partikel yang merata meningkatkan kapasitas adsorpsi. Demikian pula, Rahman dan Yulianti (2022) melaporkan bahwa karakterisasi optik pada membran alginat menunjukkan korelasi positif antara ukuran pori yang seragam dan peningkatan kemampuan filtrasi.

Dengan demikian, penggunaan mikroskop optik tidak hanya membantu memastikan kualitas fisik dan kestabilan struktural membran, tetapi juga menjadi dasar penting dalam mengevaluasi keterkaitan antara morfologi, kekompakan, dan efektivitas adsorpsi pada material berbasis biomassa ramah lingkungan.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini memiliki urgensi dan nilai strategis yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi membran komposit berbasis kitosan–alginat termodifikasi karbon aktif, khususnya

dari bahan limbah seperti bonggol jagung. Dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku dan biomaterial ramah lingkungan sebagai dasar membran, penelitian ini berkontribusi dalam menyediakan solusi teknologi pengolahan air limbah yang murah, efisien, dan berkelanjutan. Lebih dari itu, penelitian ini merupakan bentuk kontribusi ilmiah terhadap pelestarian lingkungan dan implementasi nilai-nilai tanggung jawab ekologis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi massa karbon aktif terhadap karakteristik (gugus fungsi dan luas permukaan pori) material membran karbon aktif-kitosan-alginat?
2. Bagaimana pengaruh variasi karbon aktif terhadap efisiensi adsorpsi membran karbon aktif-kitosan-alginat dalam mengadsorpsi zat warna metilen biru?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi massa karbon aktif terhadap karakteristik (gugus fungsi dan luas permukaan pori) membran karbon aktif-kitosan-alginat
2. Mengetahui pengaruh variasi massa karbon aktif terhadap efisiensi adsorpsi membran karbon aktif-kitosan-alginat dalam mengadsorpsi zat warna metilen biru.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bahan utama karbon aktif adalah limbah bonggol jagung.
2. Kitosan menggunakan kitosan kulit udang komersil
3. Aktivator untuk karbon aktif yang digunakan adalah HCL 15%
4. Variasi massa karbon aktif yang digunakan 0g (tanpa karbon aktif), 0,25g, 0,5g, 0,75g, dan 1g
5. Jenis limbah yang digunakan hanya zat warna metilen biru sebagai model kontaminan dari limbah cair industri.
6. Karakterisasi sampel menggunakan FTIR, Mikroskop Optik, dan UV-Vis

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Menambah literatur tentang sintesis dan karakterisasi membran komposit kitosan- alginat yang dimodifikasi karbon aktif sebagai solusi alternatif dalam pengolahan limbah.
2. Memberikan informasi ilmiah kepada masyarakat dan peneliti tentang aplikasi karbon aktif bonggol jagung dan karakteristik membran kitosan- alginat-karbon aktif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

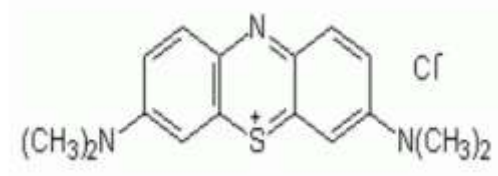
2.1 Metilen Biru

Metilen Biru ($C_{16}H_{18}ClN_3S$) merupakan zat warna sintetis golongan thiazine yang bersifat kationik dan larut dalam air. Warna khas biru intens dan stabilitas kimianya menjadikannya umum digunakan dalam industri tekstil, kertas, serta sebagai indikator redoks di bidang farmasi dan laboratorium (Gupta & Suhas, 2020). Meski bermanfaat secara industri, metilen biru termasuk senyawa toksik, mutagenik, dan karsinogenik. Senyawa ini dapat menyebabkan iritasi kulit, gangguan sistem saraf, dan berbahaya bagi organisme air. Ketika dibuang ke badan air tanpa pengolahan, zat ini dapat menghambat fotosintesis akibat berkurangnya penetrasi cahaya dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

Pemilihan metilen biru sebagai model polutan dalam penelitian ini bukan tanpa alasan. Zat warna ini sering digunakan sebagai standar atau representatif utama untuk uji efisiensi adsorpsi, karena memiliki stabilitas kimia tinggi, warna yang mudah dideteksi secara spektrofotometrik, dan ukuran molekul yang seragam, sehingga hasil pengukuran dapat lebih akurat dan mudah dibandingkan dengan zat warna lainnya. Selain itu, metilen biru merupakan zat warna kationik yang paling sering ditemukan dalam limbah industri tekstil dan laboratorium, menjadikannya contoh ideal untuk menggambarkan pencemaran akibat pewarna sintetis. Oleh karena itu, pengujian efektivitas membran terhadap metilen biru dapat menjadi indikator kinerja awal yang relevan dalam menilai kemampuan adsorben terhadap polutan lain sejenis di lingkungan perairan.

Metilen Biru merupakan senyawa pewarna kationik yang banyak digunakan

dalam studi adsorpsi karena stabilitasnya dalam air dan struktur aromatiknya. Senyawa ini memiliki nama IUPAC *3,7-bis(dimethylamino)phenothiazin-5-ium chloride* dan menunjukkan puncak serapan maksimum pada panjang gelombang sekitar 660 nm dalam spektrum UV-Vis (Ziantoni et al., 2025). Metilen biru memiliki rumus 32 molekul $C_{16}H_{18}N_3SCl$, dengan massa molar 319,85 g/mol. Struktur metilen biru dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Struktur Kimia Metilen Biru

Penggunaan Metilen biru saat ini sudah cukup luas, antara lain pada bidang industri, kimia, biologi, dan kesehatan. Dalam bidang industri Metilen Biru digunakan secara luas pada industri tekstil, plastik, kertas, dan kosmetik. Hal tersebut dikarenakan Metilen biru mudah diperoleh dan harganya yang relatif murah. Metilen biru merupakan zat warna dasar yang penting dalam proses pewarnaan seperti pewarnaan kulit, kain mori, kain katun, dan tannin. Dalam bidang kimia Metilen biru digunakan sebagai reagen serta indikator redoks. Pada bidang biologi, Metilen biru digunakan sebagai pewarna pada penelitian bakteriologi, serta pada bidang kesehatan dapat digunakan sebagai antiseptik, agen antihemoglobin dan penangkal racun sianida. Luasnya penggunaan metilen biru dalam berbagai sektor industri seperti tekstil, kertas, farmasi, dan bioteknologi telah menimbulkan kekhawatiran terhadap pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air. Metilen biru termasuk dalam golongan zat warna kationik yang

bersifat toksik, persisten, dan sulit terdegradasi secara alami di lingkungan perairan. Oleh karena itu, senyawa ini berpotensi menjadi polutan berbahaya yang mengancam ekosistem akuatik dan kesehatan manusia (Latifi et al., 2025).

Metilen biru dapat memberikan dampak merugikan terhadap kesehatan manusia apabila terpapar dalam konsentrasi tinggi. Paparan langsung dapat menyebabkan iritasi kulit, gangguan pernapasan seperti sianosis bila terhirup, serta gejala sistemik seperti muntah, peningkatan detak jantung, dan bahkan kerusakan jaringan. Selain itu, metilen biru diklasifikasikan sebagai senyawa yang berpotensi bersifat karsinogenik, sehingga penggunaannya dalam lingkungan industri memerlukan pengendalian yang ketat (Bopape et al., 2024). Berdasarkan bahaya yang ditimbulkan maka Metilen biru yang diperbolehkan di lingkungan relatif rendah. Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup yaitu Kep51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair, konsentrasi maksimum Metilen biru yang diperbolehkan yaitu 5-10 mg/L. Hal tersebut mendorong dilakukannya pengembangan metode untuk menurunkan konsentrasi zat warna Metilen biru sehingga aman untuk dibuang ke perairan.

2.2 Teknologi Adsorpsi untuk Pengolahan Limbah

Adsorpsi adalah metode yang umum digunakan untuk menghilangkan polutan organik dalam limbah cair. Teknik ini melibatkan penyerapan molekul zat terlarut oleh permukaan padatan (adsorben) melalui gaya fisik atau kimia. Kelebihan teknologi adsorpsi antara lain kemudahan pengoperasian, biaya rendah, efisiensi tinggi, serta tidak menghasilkan produk samping berbahaya (Zhang et al., 2020). Pemilihan jenis adsorben sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyerapan,

dan karbon aktif menjadi salah satu material yang paling banyak digunakan.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk menangani limbah yang mengandung zat warna, di antaranya adalah proses biodegradasi, koagulasi-flokulasi, adsorpsi, dan fotodegradasi. Metode adsorpsi merupakan salah satu pendekatan fisikokimia yang efektif dalam menghilangkan zat warna dari air limbah. Salah satu contoh keberhasilan teknik ini adalah proses adsorpsi Metilen biru yang mampu mencapai efisiensi hingga 99,96% dalam waktu kontak selama 24 jam pada kondisi optimal. Berbagai jenis adsorben telah diuji, termasuk mineral lempung dan material berbasis oksida logam. Penelitian oleh Jumaeri, Mahatmanti, dan Wati (2021) menunjukkan bahwa abu layang batu bara yang telah diaktivasi menggunakan proses hidrotermal dengan bantuan gelombang mikro mampu secara signifikan menyerap metilen biru dari larutan, membuktikan efektivitasnya sebagai adsorben alternatif. Sementara itu, kombinasi material seperti montmorillonit yang dimodifikasi dengan logam oksida seperti alumina (Al_2O_3) telah dilaporkan menunjukkan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan montmorillonit murni. Namun demikian, meskipun proses adsorpsi relatif sederhana, adsorben yang telah jenuh tetap menghasilkan limbah padat yang harus diproses ulang melalui regenerasi untuk menghindari pencemaran sekunder.

2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan bahan yang mengandung sejumlah besar karbon bebas dan memiliki struktur berpori, sehingga memiliki kemampuan penyerapan yang tinggi sebagai hasil reaksi dengan bahan kimia sebelum atau setelah proses karbonisasi. Kelebihan karbon aktif dibandingkan adsorben lainnya yaitu, memiliki

permukaan yang besar, porositasnya tinggi, serta berbagai gugus fungsi yang terdapat pada permukaannya (Ardianti et al., 2022; Bushra et al., 2021). Namun, proses sintesis karbon aktif menghasilkan karbon berbentuk serbuk yang memiliki kelemahan sulit dipisahkan dari air, sehingga memiliki efektivitas penggunaan kembali rendah. Oleh sebab itu, perlu adanya modifikasi secara fisika, kimia atau biologi terhadap karbon aktif untuk mempermudah pemisahan adsorben dengan air dan juga dapat meningkatkan kapasitas adsorpsinya (Lestari et al., 2021; Sultana et al., 2022). Penelitian terkait modifikasi karbon aktif telah dilakukan oleh Purnaningtyas et al. (2020), terkait modifikasi karbon aktif menggunakan kitosan dan alginat menjadi berbentuk beads untuk adsorpsi metilen biru dengan kapasitas adsorpsi mencapai 428 mg/g. Sementara itu, penelitian Basir et al. (2017) berhasil melakukan modifikasi karbon aktif menggunakan kitosan menjadi bentuk beads dengan kapasitas adsorpsi terhadap logam Cu(II) yang lebih besar dibandingkan karbon aktif murni. Selain keberhasilan penelitian tersebut, menurut Ananda et al. (2023) komposit berbentuk beads juga memiliki kekuatan mekanis yang relatif tinggi, permeabilitas gas rendah, dan kemampuan regenerasi yang baik.

Karbon aktif merupakan bentuk karbon amorf yang memiliki luas permukaan spesifik tinggi, porositas besar, dan struktur internal kompleks. Karakteristik ini membuatnya sangat efektif dalam proses adsorpsi. Sumber karbon aktif dapat berasal dari bahan sintesis maupun limbah biomassa. Dalam konteks keberlanjutan, penggunaan limbah biomassa seperti bonggol jagung sebagai bahan baku karbon aktif sangat menarik karena ekonomis dan ramah lingkungan (Adha Ilmanafia & Sudarmint, 2021). Proses aktivasi umumnya menggunakan agen kimia seperti HCl,

ZnCl₂, atau KOH untuk meningkatkan jumlah pori dan area permukaan.

Modifikasi karbon aktif menggunakan kitosan dan alginat menjadi berbentuk beads, sangat relevan terutama dalam penanganan permasalahan limbah cair industri tekstil yang seringkali mengandung zat warna atau logam berat yang berbahaya bagi lingkungan sekitar. Molekul pewarna dalam limbah dapat menyebabkan mutagenisitas, karsinogenesitas, serta disfungsi ginjal manusia, hati, otak, sistem reproduksi, dan sistem saraf pusat.

2.4 Bonggol Jagung sebagai Bahan Baku Karbon Aktif

Bonggol jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang sangat potensial dimanfaatkan untuk dijadikan karbon aktif, karena mengandung kadar unsur karbon dan hidrogen, dengan nilai kalornya berkisar antara 14,7-18,9 MJ/Kg. Selama ini masyarakat cenderung memanfaatkan limbah bonggol jagung hanya sebagai bahan pakan ternak, bahan bakar atau terbuang percuma. Untuk menghindari hal ini perlu adanya pemanfaatan limbah bonggol jagung tersebut, salah satunya yaitu sebagai bahan baku karbon aktif. Bonggol jagung memiliki kandungan kadar abu yang rendah, karbon aktif dari tongkol jagung ini memiliki kelebihan diantaranya mempunyai potensi yang baik sebagai adsorben karena kandungan karbonnya lebih besar daripada kadar abunya, mudah didapat, bahan bakunya mudah diolah, aman dan murah (Anggraini, 2023)

Bonggol jagung memiliki kadar abu yang rendah dan kandungan karbon yang tinggi, menjadikannya bahan yang ideal untuk dijadikan adsorben. Karbon aktif yang dihasilkan dari bonggol jagung memiliki keunggulan berupa luas permukaan yang besar, porositas tinggi, mudah didapat, murah, serta ramah lingkungan

(Ilmanafia & Sudarmint, 2021). Kandungan lignoselulosa pada bonggol jagung terdiri atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat diubah menjadi karbon melalui proses pirolisis atau aktivasi kimia. Proses ini menghasilkan struktur mikropori yang efektif dalam menyerap zat warna dan polutan organik seperti metilen biru.

Pemanfaatan limbah bonggol jagung juga sejalan dengan prinsip *circular economy* dan mendukung Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs), khususnya poin 12 tentang konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab. Dengan demikian, pengolahan limbah pertanian menjadi produk bernilai guna tinggi bukan hanya bernilai ekonomi, tetapi juga mencerminkan tanggung jawab ekologis manusia terhadap alam.

Dalam perspektif Islam, pemanfaatan limbah alam seperti bonggol jagung merupakan bentuk penerapan nilai *rahmatan lil 'alamin*, yaitu memanfaatkan segala ciptaan Allah untuk kemaslahatan dan keberlanjutan hidup manusia. Prinsip ini mencerminkan bahwa tidak ada satu pun ciptaan Allah yang sia-sia, semuanya memiliki fungsi dan manfaat apabila dikelola dengan bijak. Hal ini sesuai dengan firman Allah Swt. dalam Surah Ali Imran ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَاطِلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

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

Ibnu Katsir menegaskan bahwa perenungan (*tafakkur*) terhadap ciptaan Allah bukan sekadar aktivitas intelektual, melainkan sarana untuk memperkuat keimanan,

karena melalui pengamatan keteraturan dan kesempurnaan alam semesta, manusia akan sampai pada keyakinan bahwa penciptaan tersebut tidaklah sia-sia. Ayat ini menunjukkan bahwa setiap tahapan ciptaan Allah memiliki tujuan dan manfaat tertentu, tidak ada yang sia-sia. Dengan kesadaran itu, mereka berzikir, bersyukur, dan berdoa agar diberi petunjuk untuk beramal saleh serta dijauhkan dari azab-Nya. bahwa ayat tersebut menggambarkan kesempurnaan sistem ciptaan Allah yang teratur dan memiliki manfaat bagi kehidupan.

Dengan memahami prinsip tersebut, manusia dituntut untuk mengelola sumber daya alam secara bertanggung jawab, termasuk memanfaatkan limbah pertanian seperti bonggol jagung untuk menghasilkan inovasi yang bermanfaat. Dalam konteks penelitian ini, pengolahan bonggol jagung menjadi karbon aktif ramah lingkungan bukan hanya bernilai ilmiah, tetapi juga merupakan perwujudan rasa syukur dan tanggung jawab ekologis sebagai khalifah di bumi. Dengan demikian, sains dan iman berjalan berdampingan dalam upaya menjaga kelestarian alam dan memberikan manfaat bagi kehidupan umat manusia.

2.5 Kitosan

Kitosan adalah polisakarida alami yang diperoleh dari proses deasetilasi kitin, senyawa yang banyak terdapat dalam eksoskeleton udang, kepiting, dan serangga. Kehadiran gugus amino bebas ($-NH_2$) pada struktur kitosan memungkinkan senyawa ini memiliki kemampuan tinggi dalam mengadsorpsi logam berat, zat warna, serta senyawa organik dari lingkungan perairan. (Ayach, J. et al., 2024). Sifat kitosan yang biodegradable, biokompatibel, dan mudah dimodifikasi secara kimia menjadikannya kandidat ideal sebagai komponen

membran adsorben. Namun, kekuatan mekanik kitosan murni cenderung rendah sehingga sering dikombinasikan dengan polimer lain.

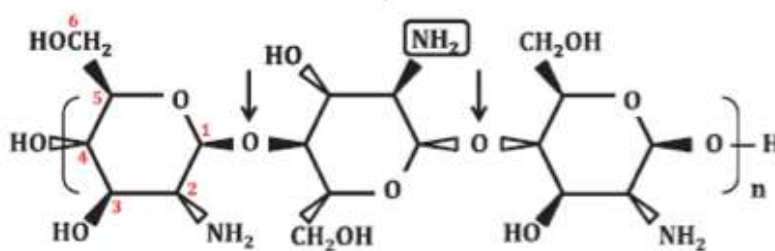
Kitosan adalah padatan amorf berwarna kitin murni, memiliki sifat biologi dan mekanik yang tinggi. Kitosan juga mempunyai sifat polielektrolit. Pada umumnya kitosan larut dalam pelarut asam organik pada kisaran pH 4 –6,5 (Setha et al., 2019). Kitosan juga merupakan biopolimer alami dengan kelimpahan terbesar kedua setelah selulosa, yang merupakan produk deasetilasi kitin, baik melalui proses reaksi kimia maupun reaksi enzimatik. senyawa ini dapat ditemukan pada cangkang udang, kepiting, serangga, kerang, serta beberapa dinding sel jamur dan alga (Kaimudin dan Leounupun, 2016).

Kitosan pertama kali dikenali pada tahun 1859 oleh C. Rouget melalui proses deasetilasi kitin menggunakan larutan kalium hidroksida pekat. Perkembangan signifikan terjadi pada tahun 1934 ketika Rigby memperoleh dua paten terkait konversi kitin menjadi kitosan serta pembuatan film dari serat kitosan. Minat terhadap penggunaan kitin dan kitosan meningkat pesat pada era 1940-an dan terus berkembang selama dekade 1970-an, seiring meningkatnya kebutuhan akan bahan alami di berbagai industri. Sejak saat itu, penelitian mengenai kitosan berkembang pesat dalam berbagai aplikasi fungsional, mulai dari material biomedis hingga pengolahan limbah (Vo et al., 2024).

Kitosan telah dikenal luas sebagai adsorben alami yang efektif, dan karena itu banyak dimanfaatkan dalam proses penjernihan air limbah. Sifat kationiknya memungkinkan kitosan berinteraksi dengan berbagai jenis kontaminan, termasuk logam berat, zat warna, pestisida, dan senyawa fenolik. Penelitian terbaru

menunjukkan bahwa kitosan dan derivatnya mampu meningkatkan efisiensi penyerapan berbagai polutan tersebut, menjadikannya kandidat unggul dalam aplikasi pengolahan limbah cair industri (Nangia, et al., 2018). Penggunaan kitosan sebagai adsorben atau biosorben pada berbagai macam polutan air cukup baik pada pengolahan limbah di industri karena kandungan amino dan gugus fungsional hidroksi. Kitosan memiliki karakterisasi fisika kimia, stabilitas kimia, rektivitas yang tinggi, sifat chelation yang tinggi, dan selektifitas yang tinggi terhadap polutan (Oktarina et al., 2017).

Berikut merupakan struktur kimia dari kitosan :



Gambar 2.2 Struktur Kitosan

Kitosan memiliki kemampuan berinteraksi dengan berbagai molekul bermuatan seperti protein, polisakarida, senyawa anionik, asam lemak, asam empedu, dan fosfolipid. Senyawa ini larut dalam pelarut asam dan dapat membentuk gel stabil yang menunjukkan karakteristik amfoterik, yaitu memiliki muatan negatif pada gugus karboksilat dan muatan positif pada gugus amino ($-NH_2$).

2.6 Alginat

Alginat adalah polisakarida anionik yang diekstraksi dari rumput laut cokelat. Alginat mampu membentuk gel stabil dalam keberadaan ion kalsium (Ca^{2+}),

sehingga sering digunakan dalam pembentukan struktur tiga dimensi seperti membran atau bead. Alginat juga bersifat hidrofilik, biodegradable, dan tidak toksik. Sifat-sifat ini menjadikannya kompatibel untuk dikombinasikan dengan kitosan dalam aplikasi adsorpsi (Szekalska et al., 2016).

2.7 Membran Komposit Kitosan–Alginat

Membran merupakan lapisan tipis yang bersifat selektif dan semipermeabel, yang berfungsi sebagai pemisah antara dua fasa, yaitu fasa umpan (feed) dan fasa permeat. Fasa umpan mengandung komponen-komponen yang tidak dapat menembus membran dan akan tertahan sebagai residu atau konsentrat, sedangkan fasa permeat adalah bagian yang berhasil melewati pori-pori membran. Sifat semipermeabel ini memungkinkan membran hanya meloloskan molekul tertentu berdasarkan ukuran, bentuk, atau sifat kimianya. Oleh karena itu, membran banyak dimanfaatkan dalam proses pemisahan dan pemurnian dalam berbagai aplikasi industri (Wahyuningsi et al., 2025). Secara umum, membran didefinisikan sebagai suatu penghalang selektif yang memisahkan dua fasa, yaitu fasa umpan dan fasa permeat. Proses pemisahan menggunakan membran terjadi akibat perpindahan materi dari fasa umpan ke fasa permeat yang dipicu oleh adanya gaya dorong (driving force).

Membran merupakan penghalang antara dua fasa atau komponen yang mempunyai sifat selektif sehingga memungkinkan fasa atau komponen tersebut menembus dengan cepat, karena pengaruh gaya penggerak atau lebih disering dikenal dengan driving force. Teknologi pemanfaatan membran mempunyai keunggulan dibanding proses mikrofiltrasi yang lain, sehingga sangat

memungkinkan untuk teknologi ini terus dikembangkan (Harianingsih dan Maharani, 2018). Membran bersifat semipermeabel yang dapat menahan spesi-spesi tertentu dengan ukuran lebih besar dari ukuran pori membran. Sifat selektif yang dimiliki membran dapat digunakan dalam proses pemisahan (Sulistiawaty et al., 2018). Membran dapat berupa padatan atau campuran material yang dirancang sebagai media pemisah selektif, berdasarkan perbedaan dalam koefisien difusi, muatan listrik, maupun kelarutan dari spesies yang melewatinya. Selektivitas ini memungkinkan membran memisahkan molekul secara efisien sesuai dengan sifat fisis dan kimia masing-masing komponen. Faktor-faktor seperti kompatibilitas polimer, ukuran pori, serta interaksi elektrostatik sangat berpengaruh terhadap kinerja pemisahan membran (Asad et al., 2025).

Membran komposit yang menggabungkan kitosan dan alginat dapat memperbaiki kelemahan masing-masing bahan tunggal. Kombinasi ini menciptakan material yang memiliki kekuatan mekanik lebih baik, kapasitas adsorpsi tinggi, dan ketahanan terhadap degradasi. Penelitian oleh Sulistiyana dkk. (2021) menunjukkan bahwa film komposit kitosan–alginat memiliki kemampuan antioksidan dan adsorpsi zat warna yang baik. Penambahan karbon aktif ke dalam matriks ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi dan kestabilan struktur membran.

2.7.1 Jenis Membran Berdasarkan Bahan Dasar Pembuatan

Jenis membran berdasarkan bahan dasar pembuatannya dibagikan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Membran Biologis, yaitu membran yang sangat kompleks pada struktur dan

funksinya. Membran biologis ini banyak dijumpai dalam sel makhluk hidup yang terdiri dari struktur dasar dari dua lapisan lemak. Contohnya adalah sel kulit, ginjal, jantung, dan sebagainya.

2. Membran Sintesis, yaitu membran yang sengaja dibuat untuk kepentingan tertentu. Membran sintesis terbagi menjadi dua, yaitu membran organik dan membran anorganik (Muliawati, 2012). Membran organik adalah membran yang terbuat dari bahan utama polimer. Material polimer yang biasanya digunakan untuk pembuatan membran adalah polycrylonitrile (PAN), poly (Vinylidene fluoride) (PVDF), cellulose acetate (CA) dan polysulfone (PSF) (Arahman, 2017). Biopolimer yang umumnya dikembangkan sebagai bahan dasar pembuatan membran adalah kitosan, agar-agar, dan selulosa (Husni et al., 2018). Membran anorganik adalah membran yang terbuat dari susunan senyawa anorganik. Membran yang terbuat dari bahan anorganik disebut dengan ceramic membrane. Bahan anorganik yang dapat digunakan untuk pembuatan membran adalah alumina, borosilicate glass, pyrolyzed carbon dan zirconia (Arahman, 2017).

2.8 Karakteristik Membran

2.8.1 FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Spektroskopi inframerah menyelidiki getaran molekuler. Gugus fungsi dapat diasosiasikan dengan pita serapan infra merah yang khas, yang sesuai dengan vibrasi fundamental gugus fungsi. Untuk molekul nonlinier dengan atom N, ada $3N-6$ gerakan vibrasi atom molekul, atau $3N-6$ vibrasi fundamental atau mode normal. Modus getaran normal adalah inframerah aktif (yaitu, ia menyerap sinar infra merah

yang datang) jika ada perubahan momen dipol molekul selama getaran. Dengan demikian, getaran simetris biasanya tidak terdeteksi dalam inframerah. Secara khusus, ketika sebuah molekul memiliki pusat simetri, semua getaran yang simetris terhadap pusatnya adalah infra merah tidak aktif.

Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengetahui karakteristik gugus fungsi yang terbentuk dari membran komposit. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melihat gugus-gugus fungsi yang terkandung di dalam hidroksiapatit cangkang kerang darah sehingga dapat dinilai kesesuaiannya untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan membran komposit pada rekayasa jaringan periodontitis (Milla. Lalita El. dkk. 2016). Data yang diperoleh dari uji FTIR berupa puncak spektrum serapan karakteristik gugus fungsi yang digambarkan sebagai kurva transmitansi (%) terhadap bilangan gelombang (cm^{-1}) (Asa. Faiq Nadiatul Mardiasa et al., 2016).

FTIR merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul dengan menggunakan radiasi elektromagnetik yang berada pada panjang gelombang 0,75-1000 μm atau pada bilangan gelombang 13.000 cm^{-1} (Lubis, 2015). FTIR adalah salah satu alat instrumen yang banyak digunakan untuk memprediksi struktur senyawa kimia (Sulistiyani dan Huda, 2017). Prinsip dari FTIR yaitu mengenali gugus fungsi suatu senyawa dari absorbansi infra merah yang akan dilakukan pada senyawa tersebut. Pola absorbansi yang diserap oleh setiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa tersebut dapat dikuantifikasikan (Sjahfirdi et al., 2015).

2.8.2 Mikroskop Optik

Mikroskop optik merupakan alat karakterisasi dasar yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan dan homogenitas distribusi partikel pada material, termasuk membran komposit berbasis kitosan–alginat. Pengamatan menggunakan mikroskop optik memungkinkan peneliti menilai struktur permukaan membran secara visual, seperti keberadaan pori-pori, retakan, dan penyebaran karbon aktif dalam matriks polimer (Syafila et al., 2021). Dalam penelitian ini, penggunaan mikroskop optik bertujuan untuk memastikan bahwa penambahan karbon aktif dari bonggol jagung terdispersi secara merata pada permukaan dan penampang membran, yang berpengaruh langsung terhadap kemampuan adsorpsi terhadap zat warna metilen biru.

Selain itu, mikroskop optik memberikan informasi kualitatif mengenai tekstur dan kekompakan membran. Permukaan yang lebih halus dan homogen biasanya menunjukkan ikatan polimer yang kuat antara kitosan dan alginat, sementara permukaan berpori menandakan adanya jalur difusi yang lebih baik untuk proses adsorpsi (Putri et al., 2023). Dengan demikian, karakterisasi menggunakan mikroskop optik menjadi tahap penting untuk memahami hubungan antara morfologi permukaan dan efisiensi adsorpsi metilen biru.

2.8.3 Spektrometri *Ultraviolet-Visible* (UV-Vis)

Spektrofotometer UV-Vis (Ultraviolet-Visible) merupakan perangkat analitik yang digunakan untuk mengukur besaran transmitansi, reflektansi, dan absorbansi suatu sampel berdasarkan panjang gelombang tertentu, baik pada wilayah sinar ultraviolet maupun cahaya tampak. Prinsip kerja alat ini didasarkan pada

penyerapan cahaya oleh senyawa tertentu, dengan menggunakan cahaya yang sedekat mungkin dengan monokromatis. Sesuai dengan namanya, spektrofotometer terdiri dari dua bagian utama: spektrometer, yang berfungsi menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu dari spektrum, dan fotometer, yang berfungsi mengukur intensitas cahaya yang diserap atau diteruskan oleh sampel.

Spektrofotometri UV-Vis secara umum merupakan metode untuk menentukan panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet (180–380 nm) serta cahaya tampak (380–780 nm) yang diserap oleh suatu sampel. Radiasi yang diserap ini akan menyebabkan eksitasi elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi, terutama pada gugus fungsi yang dikenal sebagai kromofor. Proses eksitasi ini direkam dalam bentuk spektrum UV-Vis, yang menampilkan hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi. Semakin mudah suatu elektron tereksitasi, maka panjang gelombang cahaya yang diserap akan lebih besar, dan semakin banyak elektron yang tereksitasi, maka nilai absorbansi juga akan meningkat (Pratiwi et al., 2022).

2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian	Kesimpulan
1	Synthesis of Activated Carbon/Chitosan/Alginate Beads Powder as an Adsorbent for Methylene Blue and Methyl Violet 2B Dyes	Margaretha Aditya Kurnia Purnaningtyas, Sri Sudiono, dan Dwi Siswanta	Menentukan komposisi optimum serbuk manik KKA (karbon aktif-kitosan-alginat) untuk adsorpsi zat warna	Serbuk manik KKA berhasil disintesis dengan kapasitas adsorpsi maksimum 1,34 mmol/g untuk metilen biru dan 1,23 mmol/g untuk metil violet	Kombinasi karbon aktif dengan kitosan dan alginat meningkatkan efisiensi adsorpsi zat warna kationik secara signifikan

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian	Kesimpulan
			kationik (metilen biru dan metil violet 2B) serta mempelajari pengaruh pH, massa adsorben, waktu kontak, dan konsentrasi awal zat warna terhadap kapasitas adsorpsi; juga dilakukan studi desorpsi untuk memahami mekanisme adsorpsi.	2B. Model kinetika terbaik adalah pseudo orde dua, dan isotherm adsorpsi mengikuti model Freundlich. Medium desorpsi paling efektif adalah etanol 60%. Adsorpsi juga menunjukkan selektivitas berdasarkan ukuran molekul zat warna, di mana molekul metilen biru lebih cepat terserap	dibandingkan karbon aktif murni. Serbuk manik KKA menunjukkan potensi sebagai adsorben ramah lingkungan dengan efisiensi tinggi dalam menghilangkan zat warna berbahaya dari air limbah.
	Sintesis dan Karakterisasi Film Pengemas Aktif dari Kombinasi Kitosan-Alginat dan Asam Sitrat	Sulistiyana, Sulistiyana, Baiq Amelia Riyandari, dan Nini Nurkamariati	Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam sitrat terhadap karakteristik film pengemas berbasis Kompleks Polielektrolit (KPE) kitosan-alginat, mencakup ketebalan, kadar air, kelarutan,	Film kitosan-alginat-asam sitrat berhasil disintesis. Penambahan asam sitrat berpengaruh signifikan dalam meningkatkan ketebalan, densitas, dan transparansi film, serta menurunkan kadar air dan kelarutan. Film A3 (dengan asam sitrat	Kombinasi kitosan-alginat dengan asam sitrat menghasilkan film pengemas aktif dengan karakteristik fisikokimia yang baik dan aktivitas antioksidan tinggi, menjadikannya kandidat potensial untuk aplikasi pengemasan makanan yang

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian	Kesimpulan
			densitas, transparansi, FTIR, dan aktivitas antioksidan.	tertinggi) menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi. Uji FTIR mengonfirmasi interaksi molekuler dalam film.	ramah lingkungan.
	Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa KOH sebagai Adsorben Proses Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru	Vincent Liem, Aditya Putranto, Arenst Andreas	Menyintesis karbon aktif dari limbah kulit salak melalui aktivasi kimia menggunakan KOH dan menguji efektivitasnya sebagai adsorben untuk zat warna metilen biru, serta menganalisis model isothermal dan kinetika adsorpsi	Karbon aktif dari kulit salak berhasil disintesis dengan luas permukaan 1939 m ² /g dan volume pori 1,088 cc/g. Proses adsorpsi terhadap metilen biru menunjukkan kapasitas maksimum adsorpsi sebesar 0,674 mg/g. Model isothermal Langmuir paling sesuai ($R^2 = 0,869$), dan kinetika adsorpsi mengikuti model pseudo orde-2 dengan $R^2 > 0,997$. Intraparticle diffusion berperan di awal proses adsorpsi.	Kulit salak merupakan bahan baku potensial untuk produksi karbon aktif berkualitas tinggi. Karbon aktif yang dihasilkan efektif sebagai adsorben metilen biru dalam air, dengan karakteristik mesopori dan performa terbaik mengikuti model isothermal Langmuir serta kinetika pseudo orde-2.
	Pemanfaatan Adsorben	Adha	Mengetahui	Hasil terbaik	Arang aktif

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian	Kesimpulan
	Arang Aktif Bonggol Jagung untuk Penurunan BOD dan COD pada Limbah Cair Pengolahan Rumput Laut	Ilmanafia dan Hadi Priya Sudarmint	efektivitas arang aktif dari bonggol jagung dalam menurunkan kadar BOD dan COD limbah cair hasil industri pengolahan rumput laut dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak.	diperoleh pada variabel B1 dengan 100 gram adsorben dan waktu kontak 2 jam, yang menurunkan BOD dari 79,2 mg/L menjadi 74,4 mg/L (efisiensi 6,06%) dan COD dari 286 mg/L menjadi 224,1 mg/L (efisiensi 21,64%). Semakin besar massa adsorben dan semakin lama waktu kontak, semakin tinggi efisiensi penurunan BOD dan COD.	dari bonggol jagung terbukti mampu menurunkan kandungan BOD dan COD dalam limbah cair industri rumput laut. Faktor massa adsorben dan durasi kontak memengaruhi efektivitas adsorpsi. Adsorben ini berpotensi sebagai bahan murah dan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair
	Pemanfaatan Arang Bonggol Jagung sebagai Adsorben Minyak Bekas Gorengan (Jelantah)	Juherah, Khiki Purnawati Kasim, Inna Isnaniah	Mengetahui kemampuan arang bonggol jagung dalam menurunkan kadar asam lemak bebas (Free Fatty Acid/FFA) pada minyak jelantah menggunakan tiga variasi	Massa adsorben 20 g menghasilkan rata-rata penurunan FFA sebesar 0,43%; massa 25 g sebesar 0,44%; dan massa 30 g sebesar 0,50%. Semua hasil belum memenuhi	Arang aktif dari bonggol jagung memiliki kemampuan menyerap asam lemak bebas dari minyak jelantah, tetapi belum cukup efektif mencapai standar SNI. Penambahan

No	Judul	Peneliti	Tujuan Penelitian	Hasil Kajian	Kesimpulan
			massa adsorben (20 g, 25 g, dan 30 g)	standar SNI 01-3741-2002 (<0,30%). Penurunan paling konsisten dan efektif terjadi pada massa 20 g. Massa adsorben yang berlebihan menurunkan efektivitas akibat kejenuhan permukaan adsorben.	massa adsorben harus disesuaikan dengan volume minyak untuk menghindari kejenuhan adsorben. Massa 20 g dinilai paling optimal dari ketiga variasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, kitosan bersumber dari kulit udang dan karbon aktif bersumber dari limbah bonggol jagung yang diaktivasi menggunakan HCl dengan konsentrasi 15% lalu dikompositkan dengan kitosan dan alginat. Membran karbon aktif-kitosan-alginat yang dihasilkan akan diaplikasikan untuk material adsorben zat warna metilen biru dan di karakterisasi menggunakan FTIR, Mikroskop optik, dan UV-Vis

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada Agustus-November 2025. Tempat penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Furnace
2. Ayakan 200 mesh
3. Magnetic stirrer
4. Hot plate stirrer
5. Oven
6. Gelas beker
7. Gelas ukur
8. Labu Erlenmeyer
9. Corong kaca

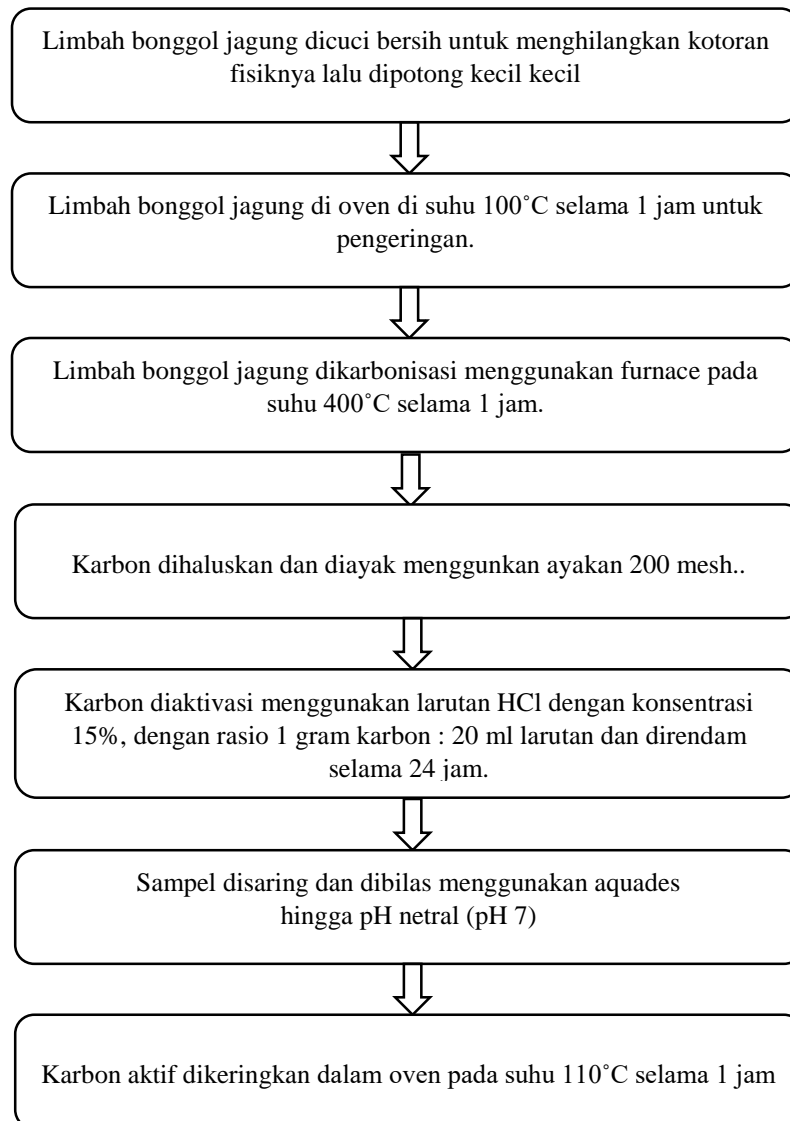
10. Cawan petri
11. Buncher
12. Timbangan
13. Mortar dan alu
14. Spatula
15. Pipet tetes
16. Alumunium foil
17. Kertas saring
18. pH meter

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Limbah bonggol jagung
2. Kitosan kulit udang komersil
3. HCl 15%
4. Asam asetat 2%
5. Aquades
6. Metilen biru

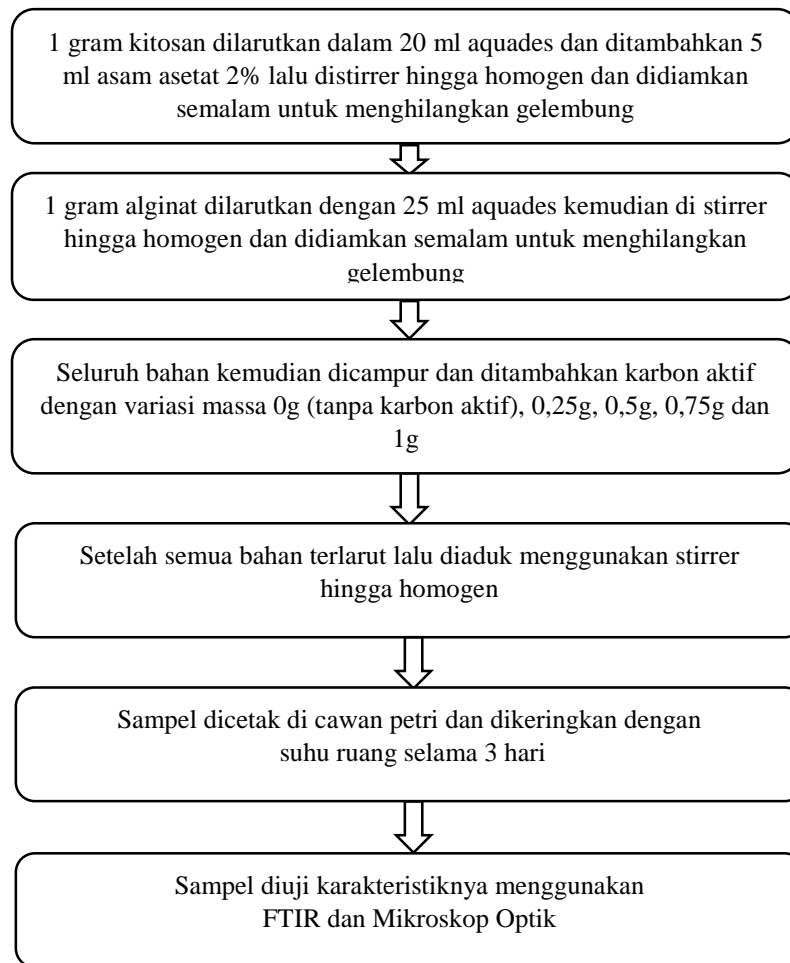
3.4 Diagram Alir

3.4.1 Sintesis Karbon Aktif Bonggol Jagung



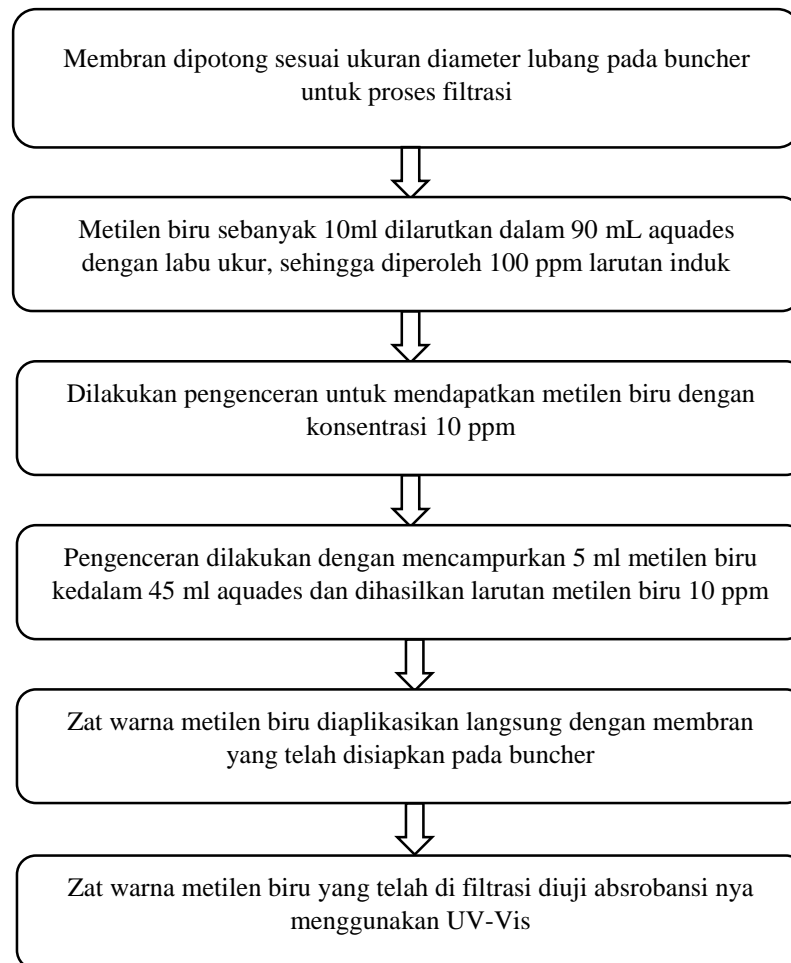
Gambar 3.1 Diagram Sintesis Karbon Aktif Bonggol Jagung

3.4.2 Sintesis Membran Kitosan-Alginat-Karbon Aktif



Gambar 3.2 Diagram Sintesis Membran Kitosan-Alginat-Karbon Aktif

3.4.3 Aplikasi Membran



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengaplikasian Membran

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Pembuatan Karbon Aktif

1. Limbah bonggol jagung dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran fisiknya lalu dipotong kecil kecil
2. Limbah bonggol jagung di oven di suhu 100°C selama 1 jam untuk pengeringan.

3. Limbah bonggol jagung dikarbonisasi menggunakan furnace pada suhu 400°C selama 1 jam.
4. Karbon dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh.
5. Karbon diaktivasi menggunakan larutan HCl dengan konsentrasi 15%, dengan rasio 1 gram karbon : 20 ml larutan dan direndam selama 24 jam.
6. Sampel disaring dan dibilas menggunakan aquades hingga pH netral (pH 7)
7. Karbon aktif dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam

3.5.2 Pembuatan Membran Karbon Aktif-Kitosan-Alginat

1. 1 gram kitosan dilarutkan dalam 20 ml aquades dan ditambahkan 5 ml asam asetat 2% lalu distirrer hingga homogen dan didiamkan semalaman untuk menghilangkan gelembung
2. 1 gram alginat dilarutkan dengan 25 ml aquades kemudian di stirrer hingga homogen dan didiamkan semalaman untuk menghilangkan gelembung
3. Seluruh bahan kemudian dicampur dan ditambahkan karbon aktif dengan variasi massa 0g (tanpa karbon aktif), 0,25g, 0,5g, 0,75 dan 1g
4. Setelah semua bahan terlarut lalu diaduk menggunakan stirrer hingga homogen
5. Sampel dicetak di cawan petri dan dikeringkan dalam suhu ruang selama 3 hari
6. Sampel diuji karakteristiknya menggunakan FTIR dan Mikroskop optik

3.5.3 Proses Pengaplikasian untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru

1. Membran dipotong sesuai ukuran diameter lubang pada buncher untuk proses filtrasi
2. Metilen biru sebanyak 10 mg dilarutkan dalam 100 mL aquades dengan labu ukur, sehingga diperoleh 100 ppm larutan induk
3. Dilakukan pengenceran untuk mendapatkan metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm
4. Pengenceran dilakukan dengan mencampurkan 5 ml metilen biru kedalam 45 ml aquades
5. Zat warna metilen biru diaplikasikan langsung dengan membran yang telah disiapkan pada buncher
6. Zat warna metilen biru yang telah di filtrasi diuji absorbansi nya menggunakan UV-Vis

3.6 Analisa Data

3.6.1 Analisa Menggunakan FTIR

FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada membran kitosan-alginat- karbon aktif, hasil data FTIR berupa grafik transmisi dan bilangan gelombang dari setiap sampel yang dianalisis menggunakan *software origin*. Kemudian puncak gugus fungsi yang terbentuk grafik dianalisis menggunakan referensi literatur sehingga dapat membantu memahami interaksi antar komponen.

Tabel 3.1 Blanko analisis gugus fungsi menggunakan FTIR

Sampel	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Nama Senyawa
KA			
KKA 0,25			
KKA 0,5			
KKA 0,75			
KKA 1			

3.6.2 Analisa Menggunakan Mikroskop Optik

Pengujian luas permukaan pori menggunakan mikroskop optik yang dilakukan pada semua sampel membran KKA. Data hasil pengamatan berupa citra permukaan pori sampel yang kemudian dianalisis menggunakan *software image j*. Penentuan luas area dan penampilan outline hitam-putih dilakukan menggunakan *software image j* dengan cara berikut:

1. Gambar terlebih dahulu dibuka melalui menu File → Open
2. Kemudian dikalibrasi skalanya apabila terdapat skala pada gambar dengan memilih Analyze → Set Scale agar hasil pengukuran memiliki satuan yang sesuai.
3. Selanjutnya, gambar diubah menjadi citra abu-abu dengan memilih Image → Type → 8-bit untuk mempermudah proses pemisahan objek dan latar belakang.
4. Proses thresholding dilakukan melalui Image → Adjust → Threshold dengan mengatur batas intensitas hingga objek yang dianalisis terpisah jelas dari latar belakang, kemudian diterapkan sehingga terbentuk citra biner hitam-putih.
5. Untuk menampilkan garis tepi objek, digunakan menu Process → Binary → Outline atau dengan memilih opsi Show: Outlines pada Analyze → Analyze Particles.

6. Luas area objek ditentukan menggunakan Analyze → Analyze Particles, di mana hasil pengukuran luas area akan ditampilkan pada jendela results sesuai dengan outline objek yang telah terbentuk.

Citra tersebut digunakan untuk membandingkan luas permukaan pori dari setiap sampel membran KKA

Tabel 3.2 Blanko analisis luas permukaan dengan mikroskop optic

No	Sampel	Luas Permukaan Pori (μm^2)
1.	KA	
2.	KKA 0.25	
3.	KKA 0.5	
4.	KKA 0.75	
5.	KKA 1	

3.6.3 Analisa Menggunakan UV-Vis

Analisa UV-Vis digunakan untuk mengukur konsentrasi metilen biru sebelum dan sesudah adsorpsi, dengan konsentrasi metilen biru 10ppm diaplikasikan dengan membran dan diuji konsentrasinya sebelum dan sesudah aplikasi. Sehingga diperoleh grafik dan dianalisis hasilnya.

Tabel 3.3 Tab Blanko analisis nilai absorbansi dengan UV-Vis

Sampel	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Efisiensi Adsorpsi (%)	Laju Alir (mL/menit)
KA				
KKA 0,25				
KKA 0,5				
KKA 0,75				
KKA 1				

Kemudian diolah data untuk mengetahui nilai efisiensi adsorpsi dan laju alir metilen biru:

Efisiensi Adsorpsi :

$$E = \frac{(C_{awal} - C_{akhir})}{C_{awal}} \times 100\%$$

Dimana :

E : Efisiensi adsorpsi %

C awal : Konsentrasi mula mula metilen biru (mg/L)

C akhir : Konsentrasi metilen biru setelah adsorpsi (mg/L)

Laju Alir:

$$\text{Laju Alir} = \frac{V}{t} \text{ (mL/menit)}$$

Dimana:

V = Volume Metilen Biru (mL)

t = Waktu Alir (menit)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap, tahap pertama yaitu sintesis karbon aktif bonggol jagung, tahap kedua yaitu sintesis untuk mengkompositkan karbon aktif, kitosan, dan alginat, dan tahap ketiga yaitu proses pengaplikasian membran pada model polutan berupa metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm.

Selanjutnya membran dikarakterisasi menggunakan *Spektroskopi Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi dan senyawa yang terbentuk pada membran, Mikroskop Optik untuk mengetahui luas permukaan pori pada membran, dan UV-Vis untuk mengetahui konsentrasi metilen biru sebelum aplikasi dan sesudah aplikasi sehingga diketahui efisiensi adsorbsinya. Sampel membran karbon aktif kitosan alginat dengan variasi massa karbon aktif 0g (tanpa karbon aktif), 0,25g, 0,5g, 0,75g, dan 1g diberi kode untuk memudahkan penjelasan yang ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Penamaan Sampel

No	Nama Sampel	Kode
1	Kitosan- Alginat	KA
2	Karbon Aktif-Kitosan-Alginat (0,25g)	KKA 0,25
3	Karbon Aktif-Kitosan-Alginat (0,5g)	KKA 0,5
4	Karbon Aktif-Kitosan-Alginat (0,75g)	KKA 0,75
5	Karbon Aktif-Kitosan-Alginat (1g)	KKA 1

4.1.1 Sintesis Karbon Aktif

Sintesis karbon aktif dilakukan dengan menggunakan bahan dasar limbah bonggol jagung, limbah bonggol jagung di cuci bersih dan dikeringkan

menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam selanjutnya setelah kering limbah bonggol jagung difurnace untuk proses karbonisasi pada suhu 400°C selama 1 jam, setelah itu karbon dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh untuk menyamakan ukuran karbon, selanjutnya karbon diaktifasi menggunakan HCL 15% selama 24 jam untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi pada karbon, dan karbon yang telah diaktifasi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam.

4.1.2 Sintesis Membran Karbon Aktif-Kitosan-Alginat

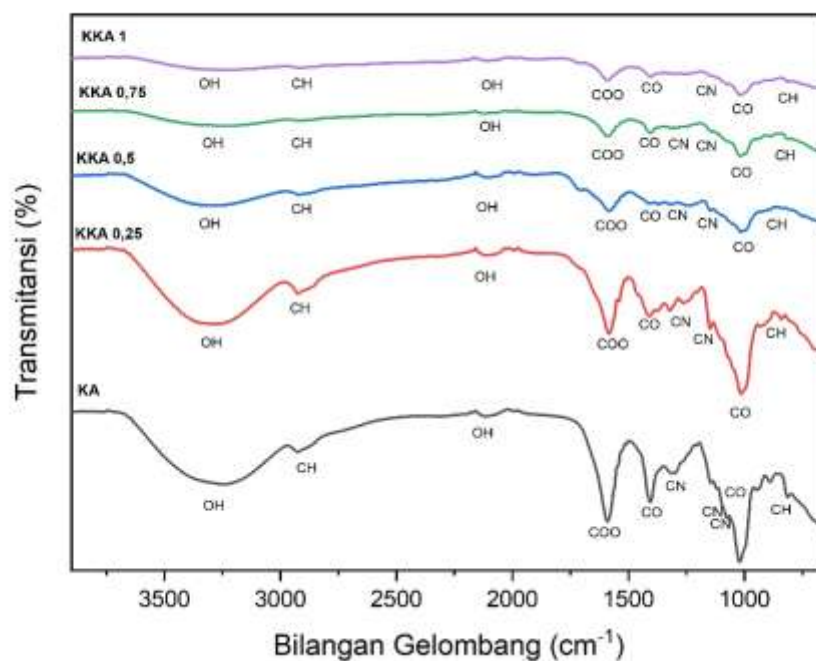
Dalam penelitian ini sintesis membran dilakukan dengan melarutkan 1 gram kitosan dengan aquades dan asam asetat 2% dan 1 gram alginat yang dilarutkan dengan aquades. Komposit dilakukan dengan mencampurkan 3 bahan dan memvariasikan karbon aktif sebagai filler dengan variasi massa 0g (tanpa karbon aktif), 0,25g, 0,5g, 0,75g, dan 1g, dan selanjutnya distirrer hingga homogen lalu dicetak pada cawan petri dan didiamkan pada suhu ruang selama 3 hari untuk proses pengeringan. Membran yang telah terbentuk diaplikasikan dengan model polutan berupa metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm dengan bantuan buchner. Untuk mengkarakterisasi membran KKA yang dihasilkan, dilakukan pengujian menggunakan beberapa alat karakterisasi seperti FTIR, Mikroskop Optik, dan UV-Vis.



Gambar 4.1 (a) Membran KKA (b) Membran KKA sebelum pengeringan

4.1.3 Gugus Fungsi Membran KKA

Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Halal Center Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian FTIR bertujuan mengidentifikasi adanya gugus fungsi dalam membran komposit hasil KKA (karbon aktif–kitosan–alginat) dan menganalisis hasil penambahan variasi massa karbon.



Gambar 4.2 Grafik FTIR Membran Karbon Aktif-Kitosan-Alginat (KKA)

Hasil grafik FTIR pada komposit KKA yang menunjukkan hubungan antara bilangan gelombang dan transmitansi disajikan pada Gambar 4.2. Memperlihatkan adanya beberapa puncak serapan yang merepresentasikan gugus fungsi khas KKA sesuai dengan referensi yang mengindikasikan keberhasilan proses penggabungan ketiga material dalam bentuk membran komposit. Tabel 4.2 menampilkan hasil analisis FTIR.

Tabel 4.2 Gugus fungsi membran KKA

No	Sampel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Nama Senyawa
1.	Purnaningtyas et al. (2020)	3400-3200	-OH dan N-H	Hidroksil Amina
	Yaqin et al. (2022)	1620 1628	COO C=C	Karbonil Ikatan Aromatik
		1134-1180 1100-1500	C-O C-N	Karboksilat Nitril
2.	KA	3242.8	-OH dan N-H	Hidroksil Amina
		2922.2	-CH	Kitosan
		2135.7	-OH	Vibrasi Hidroksil
		1591.6	COO	Karbonil
		1408.9	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		1300	CN	Kitosan
		1151.7 1088.4 1021.3	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		890.8 812.6	CH	Kitosan
3.	KKA 0.25	3280.1	-OH dan N-H	Hidroksil Amina
		2922	-CH	Kitosan
		2135.7	-OH	Vibrasi Hidroksil
		1580.4	COO C=C	Karbonil Ikatan Aromatik
		1408.9	C-O	Karboksilat

			C-N	Nitril
		1323.2	CN	Kitosan
		1013.8	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		842.4	CH	Kitosan
4.	KKA 0.5	3235.3	-OH dan N-H	Hidroksil Amina
		2918.5	-CH	Kitosan
		2135.7	-OH	Vibrasi Hidroksil
		1587.8	COO C=C	Karbonil Ikatan Aromatik
		1408.9	C-O	Karboksilat
		1300.8	C-N	Nitril
		1017.6	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		890.8 812.6	CH	Kitosan
5.	KKA 0.75	3287.5	-OH dan N-H	Hidroksil Amina
		2922.2	-CH	Kitosan
		2135.7	-OH	Vibrasi Hidroksil
		1580.4	COO C=C	Karbonil Ikatan Aromatik
		1408.9	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		1364.2	C-N	Nitril
		1013.8	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		887.1 808	CH	Kitosan
6.	KKA 1	3324.8	-OH dan N-H	Hidroksil Amina
		2922.2	-CH	Kitosan
		2135.7	-OH	Vibrasi Hidroksil
		1591.6	COO C=C	Karbonil Ikatan Aromatik

		1405.2	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		1293.4 1021.3	C-O C-N	Karboksilat Nitril
		887.1 812.6	CH	Kitosan

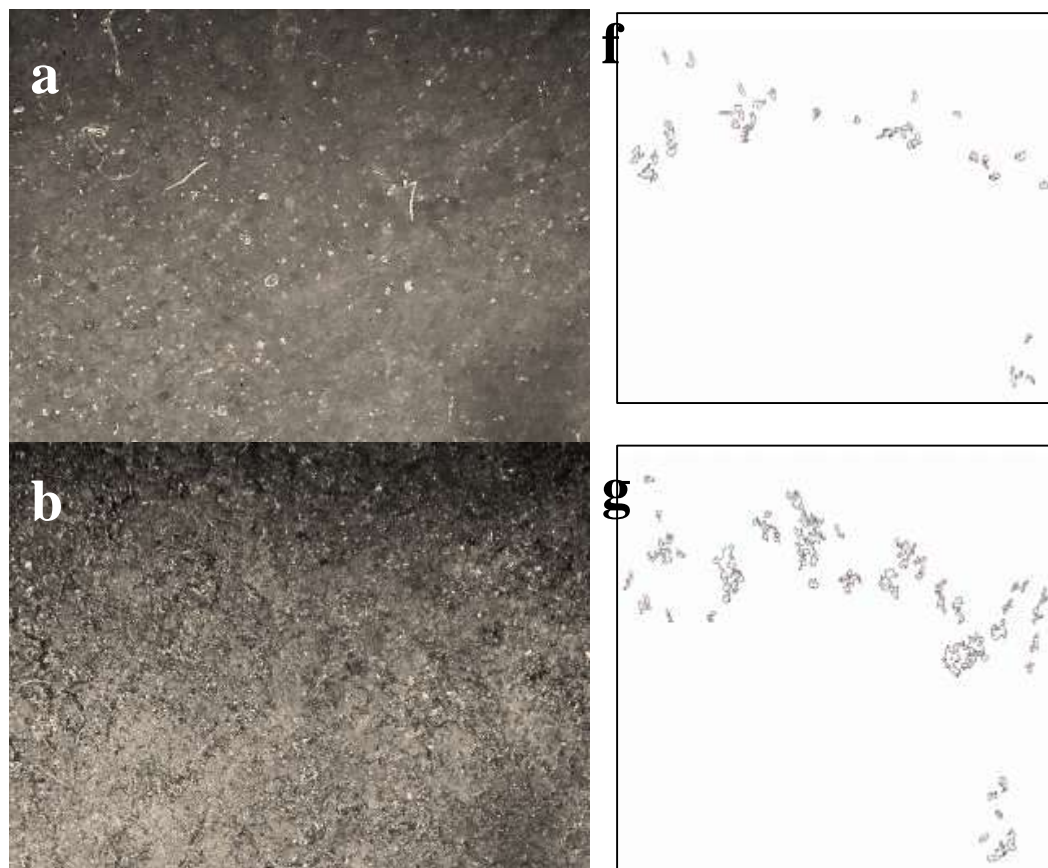
Berdasarkan spektra FTIR pada Gambar 4.2, material KKA dengan variasi massa karbon aktif (0g; 0.25g; 0.5g; 0.75g; dan 1g) diperoleh beberapa puncak serapan utama yang menunjukkan keberadaan berbagai gugus fungsi penyusun material. karbon alginat (KKA) menyebabkan perubahan intensitas pada beberapa gugus fungsi utama. Pada sampel KA tanpa karbon, pita karakteristik kitosan tampak jelas pada bilangan gelombang sekitar 3240–3300 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi regangan O–H dan N–H, sedangkan alginat juga menunjukkan serapan –OH pada daerah yang sama dan vibrasi –COO^- asimetris pada 1590–1610 cm^{-1} . Pita polisakarida lainnya muncul pada 1000–1100 cm^{-1} yang terkait dengan vibrasi C–O dan C–O–C pada rantai biopolimer. Pola ini sesuai dengan laporan Purnaningtyas et al. (2020), yang menyatakan bahwa kitosan memiliki pita O–H/N–H kuat pada 3400 cm^{-1} dan pita amida/ COO^- pada 1590–1650 cm^{-1} , serta dengan temuan Yaqin et al. (2023) bahwa alginat menunjukkan serapan –OH lebar pada $\sim 3400 \text{ cm}^{-1}$ dan pita –COO^- pada daerah 1600 cm^{-1} .

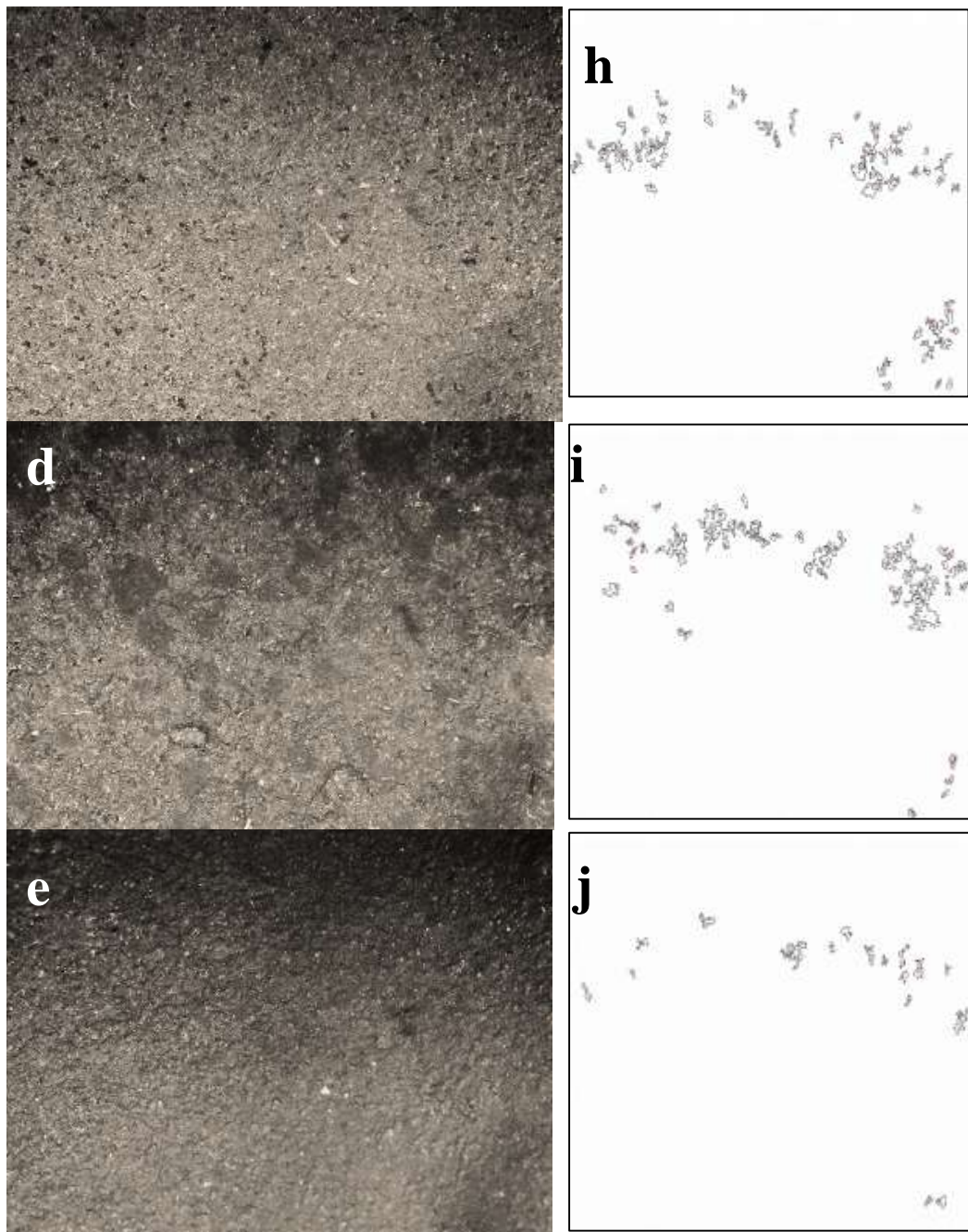
Pada penambahan karbon intensitas 0.25 s/d 1 spektra KKA menunjukkan bahwa penambahan karbon menyebabkan pelemahan intensitas pada gugus fungsi kitosan dan alginat, terutama pada pita O–H/N–H (3240–3300 cm^{-1}), pita $\text{COO}^-/\text{C–N}$ (1400–1420 cm^{-1}), dan pita polisakarida C–O/C–O–C (1000–1100 cm^{-1}). Pada sampel KKA 0,5 pita 1590–1610 cm^{-1} tetap terlihat jelas sehingga menunjukkan

bahwa gugus -COO^- dan amida dari biopolimer tidak tertutupi berlebihan oleh karbon, sementara pita C-O/C-O-C juga masih tampak kuat sehingga struktur polisakarida tetap berfungsi sebagai matriks aktif.

4.1.4 Luas Permukaan Pori Membran KKA

Pengujian luas permukaan pori menggunakan 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 pori sampel KKA melalui analisis citra hasil pengamatan mikroskopis. Visualisasi hasil luas permukaan pori membran KKA pada perbesaran 4x disajikan pada Gambar 4.3





Gambar 4.3 Morfologi luas permukaan pori sebelum pengamatan mikroskop optik (a)-(e) KA, KKA 0.25, KKA 0.5, KKA 0.75, KKA 1 sebelum pengamatan mikroskop optik dan (f)-(j) KA, KKA 0.25, KKA 0.5, KKA 0.75, KKA 1 setelah pengamatan mikroskop optik

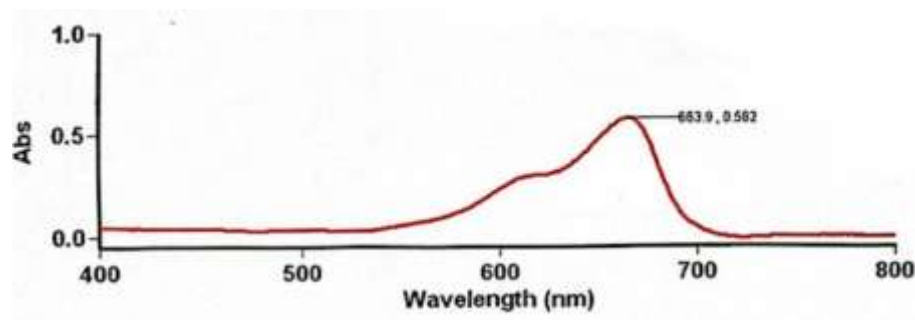
Nilai luas permukaan pada gambar ditunjukkan pada Tabel 4.3 yang menunjukkan adanya peningkatan porositas seiring dengan bertambahnya konsentrasi KKA yang ditambahkan ke dalam komposit

Tabel 4.3 Nilai luas permukaan pori membran KKA

No	Sampel	Luas Permukaan Pori (μm^2)
1.	KKA 0	94,300
2.	KKA 0.25	601,463
3.	KKA 0.5	696,592
4.	KKA 0.75	638,000
5.	KKA 1	246,936

Gambar 4.3 menunjukkan variasi struktur pori pada sampel pada perbesaran 4x, dengan nilai luas area berpori yang berkisar antara 94,300 μm^2 hingga 696,592 μm^2 . Nilai luas area berpori tertinggi terdapat pada sampel KKA 0,5 696,592 μm^2 , yang menunjukkan terbentuknya jaringan pori yang luas serta saling terhubung. Sebaliknya, nilai luas area berpori terendah hanya 94,30 μm^2 , menandakan morfologi yang lebih padat dan minim pori. Variasi porositas ini sejalan dengan karakteristik penelitian biomaterial berbasis karbon aktif, yang menjelaskan bahwa penambahan karbon aktif berlebih dapat menyebabkan aglomerasi, sehingga mengurangi luas permukaan pori (Nandanwar,2022). Faktor-faktor tersebut berkontribusi terhadap pembentukan rongga dengan distribusi ukuran dan kerapatan yang berbeda-beda, sehingga menghasilkan tingkat porositas yang bervariasi pada setiap sampel.

4.1.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

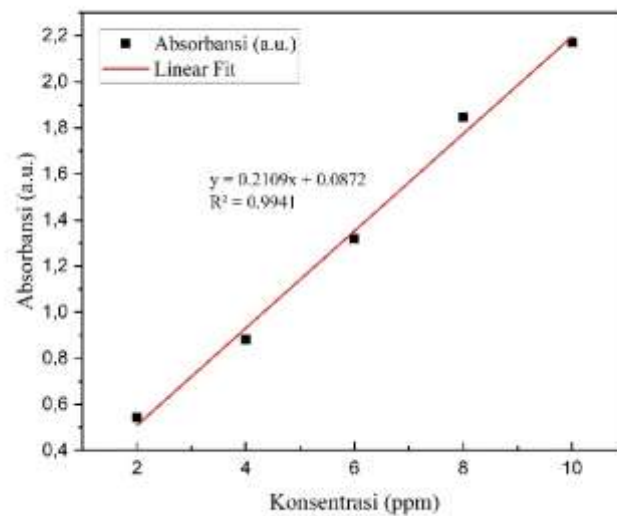


Gambar 4.4 Grafik Panjang Gelombang Maksimum Metilen Biru

Berdasarkan hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400-800 nm, kurva menunjukkan bahwa larutan metilen biru memiliki kecenderungan absorbansi yang sangat rendah pada daerah 400–664 nm. Hal ini wajar karena struktur metilen biru tersusun atas sistem cincin benzena terkonjugasi dan gugus alifatik yang menyebabkan adanya delokalisasi elektron π . Elektron π pada sistem aromatik ini mudah tereksitasi menuju tingkat energi yang lebih tinggi. Seiring bertambahnya panjang gelombang, absorbansi meningkat secara signifikan dan mencapai puncak maksimum di sekitar 663,9 nm dengan nilai absorbansi $\pm 0,582$. Adanya puncak tajam di sekitar 664 nm menandakan bahwa panjang gelombang ini merupakan λ maks metilen biru, yang kemudian digunakan sebagai standar pengukuran kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pada λ maks ini sensitivitas absorbansi terhadap perubahan konsentrasi paling tinggi, sehingga akurat digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

4.1.6 Pembuatan Kurva Standart Metilen Biru

Pembuatan kurva standar dilakukan untuk menentukan hubungan antara absorbansi dan konsentrasi metilen biru (MB). Pengukuran absorbansi dilakukan pada larutan standar MB dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Selanjutnya, nilai konsentrasi diplot pada sumbu X, sedangkan nilai absorbansi diplot pada sumbu Y untuk memperoleh persamaan regresi linear. Grafik kurva standar metilen biru dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.5 Grafik Kurva Standar Metilen Biru

Gambar kurva standar metilen biru menunjukkan hubungan linier antara konsentrasi MB dan nilai absorbansinya sebagaimana ditetapkan melalui Hukum Lambert Beer, yakni bahwa absorbansi suatu larutan berbanding lurus dengan konsentrasi zat penyerap pada panjang gelombang tertentu. Pada grafik tersebut, titik-titik absorbansi untuk konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm menghasilkan grafik linier yang baik, dengan persamaan regresi $y = 0.2109x + 0.0872$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0.9941$. Nilai R^2 yang sangat tinggi mendekati 1 menunjukkan bahwa variasi absorbansi hampir sepenuhnya dijelaskan oleh perubahan konsentrasi MB, sehingga kurva ini memiliki akurasi tinggi untuk digunakan sebagai dasar perhitungan konsentrasi sampel.

4.1.7 Adsorpsi Membran KKA

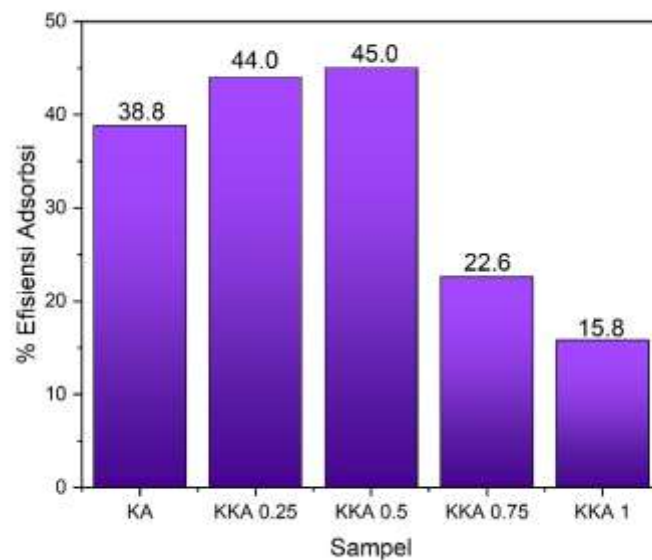
Pengujian kemampuan adsorpsi membran KKA terhadap metilen biru dilakukan di Laboratorium Riset Fisika, Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan

Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi adsorpsi sampel KKA dalam mengadsorpsi metilen biru melalui perbandingan konsentrasi larutan sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Pada tahap awal, sampel KKA disiapkan. Larutan metilen biru dibuat dengan konsentrasi 10 ppm, kemudian sampel KKA diaplikasikan dengan larutan metilen biru. Setelah proses adsorpsi selesai, konsentrasi metilen biru sisa diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan konsentrasi akhir metilen biru yang tidak teradsorpsi. Hasil karakterisasi sampel ditunjukkan pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Nilai Adsorpsi

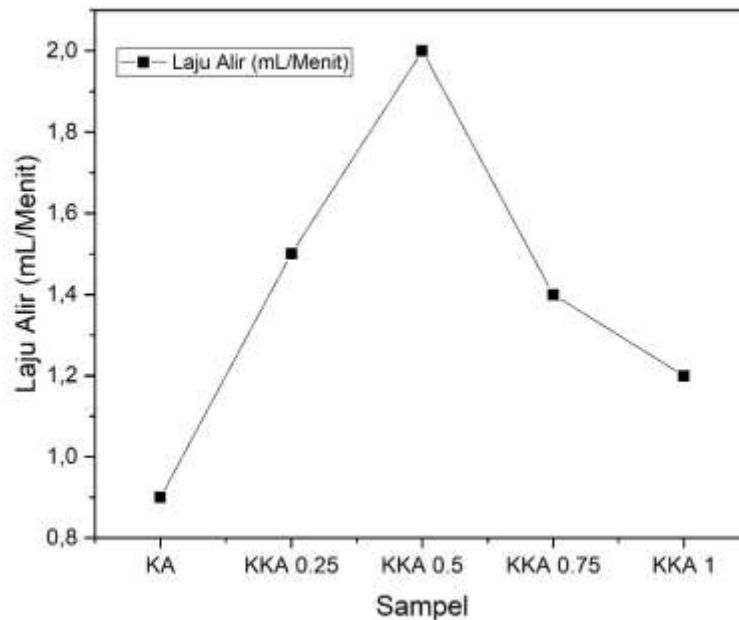
Sampel	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Efisiensi Adsorpsi (%)	Waktu Adsorpsi (menit)	Laju Alir (mL/Menit)
KA	10	6.20	38.0	22	0.9
KKA 0.25		5.60	44.0	13	1.5
KKA 0.5		5.50	45.0	10	2
KKA 0.75		7.74	22.6	14	1.4
KKA 1		8.42	15.8	17	1.2

Berdasarkan Tabel 4.4 efisiensi adsorpsi membran KKA terhadap metilen biru menunjukkan variasi yang signifikan antar sampel KKA yang menegaskan bahwa komposit KKA memiliki konsentrasi karbon aktif optimum, dan kelebihan karbon aktif berdampak negatif terhadap kemampuan adsorpsi membran. Visualisasi lengkap perbandingan efisiensi antar sampel disajikan pada gambar 4.5



Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Adsorpsi Metilen Biru oleh KKA

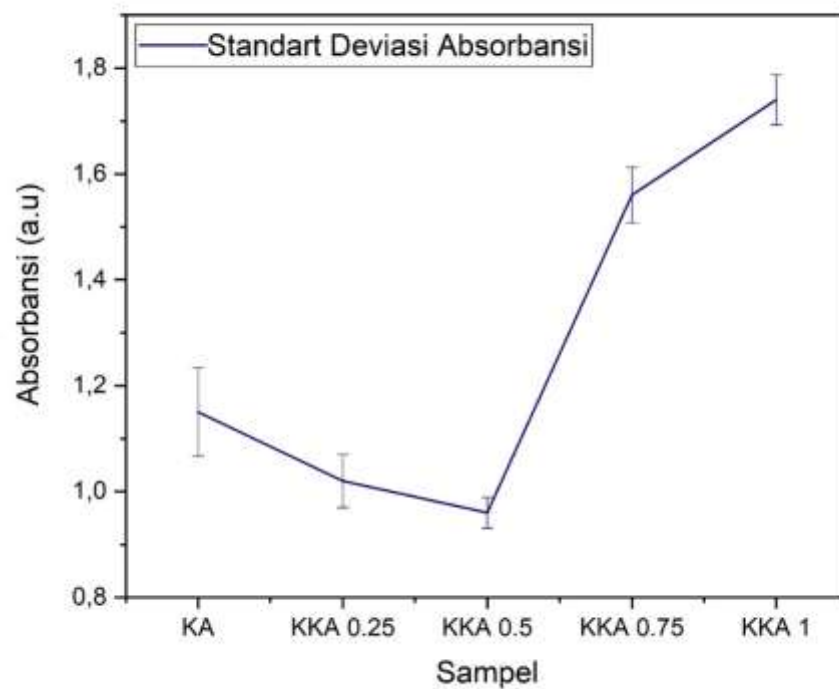
Hasil pengujian adsorpsi yang ditampilkan pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa variasi konsentrasi karbon aktif pada material KKA memberikan pengaruh yang nyata terhadap efisiensi adsorpsi metilen biru. Sampel KA tanpa penambahan karbon aktif mampu menurunkan konsentrasi MB dari 10 ppm menjadi 6,20 ppm dengan efisiensi 38%. Peningkatan massa karbon aktif pada KKA 0.25 dan KKA 0.5 menghasilkan peningkatan efisiensi adsorpsi menjadi masing-masing 44% dan 45%, menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif pada tingkat tertentu mampu meningkat kemampuan adsorpsi material. Namun, saat massa karbon aktif ditingkatkan lebih lanjut pada KKA 0.75, efisiensi adsorpsi menurun menjadi 22,6% dan mencapai nilai terendah pada KKA 1, yaitu 15,8%.



Gambar 4.7 Grafik Laju Alir

Pada grafik laju alir menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif meningkatkan permeabilitas membran hingga mencapai kondisi optimum pada KKA 0,5 dengan laju alir tertinggi sekitar 2,0 mL/menit, yang menandakan struktur pori paling homogen dan terbuka. Sampel KA memiliki laju alir terendah akibat pori yang lebih rapat, sedangkan pada KKA 0,25 terjadi peningkatan laju alir karena perbaikan keterhubungan pori. Namun, pada penambahan karbon aktif yang lebih tinggi (KKA 0,75 dan KKA 1), laju alir menurun kembali akibat aglomerasi karbon aktif yang menyebabkan penyumbatan pori dan peningkatan hambatan aliran. Dengan demikian, KKA 0,5 merupakan komposisi paling optimal dari sisi kinerja aliran membran.

4.1.8. Standart Deviasi Nilai Absorbansi



Gambar 4.8 Standart Deviasi Nilai Absorbansi

Analisis standar deviasi absorbansi menunjukkan bahwa nilai STD pada komposisi KKA 0,25 dan KKA 0,5 relatif kecil dan saling mendekati, yang mengindikasikan bahwa hasil pengukuran adsorpsi metilen blue pada kedua komposisi tersebut bersifat stabil dan konsisten. Perbedaan efisiensi adsorpsi yang sangat kecil antara KKA 0,25 ($\pm 44\%$) dan KKA 0,5 ($\pm 45\%$) tidak diikuti oleh peningkatan variasi data, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan karbon dari 0,25 ke 0,5 tidak memberikan perubahan signifikan terhadap performa adsorpsi, melainkan hanya meningkatkan jumlah material tanpa menambah efektivitas situs aktif secara nyata. Rendahnya nilai standar deviasi ini juga menunjukkan bahwa sistem adsorpsi telah mendekati kondisi jenuh, di mana

sebagian besar situs aktif yang tersedia telah terisi, sehingga proses adsorpsi berlangsung secara seragam namun tidak semakin efektif.

4.2 Pembahasan

Membran KKA telah berhasil disintesis dengan menggunakan bahan dasar karbon aktif sebagai filler dan kitosan, alginat sebagai matriks dari membran komposit. Karbon aktif di sintesis menggunakan bahan dasar limbah bonggol jagung yang difurnace pada suhu 400°C selama 1 jam dan di aktivasi menggunakan HCL 15% selama 24 jam untuk meningkatkan kemampuan karbon aktif sebagai material adsorpsi. Karbon aktif yang diperoleh kemudian dikompositkan dengan kitosan dan alginat dengan menggunakan variasi karbon aktif 0g (tanpa karbon aktif), 0,25g, 0,5g, 0,75g, dan 1g. Membran yang telah terbentuk kemudian diaplikasikan dengan model polutan yaitu metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm, pengaplikasian menggunakan bantuan buchner. Membran dikarakterisasi menggunakan FTIR, Mikroskop Optik, dan UV-Vis.

Pada hasil Spektra FTIR menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif ke dalam komposit KKA menyebabkan perubahan intensitas pada beberapa gugus fungsi utama. Pada sampel KA tanpa karbon aktif, pita karakteristik kitosan tampak jelas pada bilangan gelombang sekitar $3240\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi regangan --OH dan N--H , sedangkan alginat juga menunjukkan serapan --OH pada daerah yang sama dan vibrasi COO asimetris pada $1590\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$. Pola ini sesuai dengan laporan Purnaningtyas et al. (2020), yang menyatakan bahwa kitosan memiliki pita --OH/N--H kuat pada 3400 cm^{-1} dan pita COO pada $1590\text{--}1650\text{ cm}^{-1}$,

serta dengan temuan Yaqin et al. (2023) bahwa alginat menunjukkan serapan –OH lebar pada 3400 cm^{-1} dan pita COO pada daerah 1600 cm^{-1} .

Pada penambahan massa karbon aktif 0.25g s/d 1g spektra KKA menunjukkan bahwa penambahan karbon aktif menyebabkan pelemahan intensitas pada gugus fungsi kitosan dan alginat, terutama ada pita –OH/N–H ($3240\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$), dan pita polisakarida CO ($1000\text{--}1420\text{ cm}^{-1}$). Melemahnya pita-pita FTIR menandakan terjadinya interaksi antara permukaan karbon dan gugus aktif biopolimer, seperti kompetisi ikatan hidrogen dan penumpukan gugus fungsi. Secara mekanistik, partikel karbon aktif yang memiliki luas permukaan tinggi dan energi permukaan besar cenderung saling berinteraksi melalui gaya Van der Waals antar domain aromatik, serta jembatan ikatan hidrogen dengan gugus –OH dan –COO⁻ dari biopolimer, sehingga membentuk aglomerat. Aglomerasi ini menyebabkan banyak gugus fungsional tertutup dan tidak lagi bergetar bebas, yang menurunkan perubahan momen dipol selama vibrasi dan berujung pada pelemahan intensitas pita FTIR, sebagaimana dijelaskan oleh Yaqin et al. (2023). Selain itu, Balasooriya (2025) melaporkan bahwa peningkatan kandungan karbon aktif dalam komposit memperparah fenomena ini melalui efek masking gugus fungsional polimer dan meningkatnya karakter aromatik karbon, sehingga pita FTIR menjadi semakin lemah dan kurang tajam.

Pada sampel KKA 0,5 ini, pita –OH/N–H mengalami pelemahan yang menandakan interaksi antar komponen berjalan optimal tanpa menghilangkan karakteristik kitosan alginat. Pita pada $1590\text{--}1610\text{ cm}^{-1}$ tetap terlihat jelas sehingga menunjukkan bahwa gugus COO dari biopolimer tidak tertutupi berlebihan oleh

karbon aktif, sementara pita CO juga masih tampak kuat sehingga struktur polisakarida tetap berfungsi sebagai matriks aktif.

Formulasi KKA 0,25 masih mengandung karbon aktif dalam jumlah terbatas sehingga kontribusinya terhadap pembentukan situs aromatik dan interaksi π - π belum signifikan, yang tercermin dari perubahan gugus fungsional yang relatif kecil pada spektra FTIR. Sebaliknya, pada variasi KKA 0,75 dan 1, peningkatan massa karbon yang berlebihan menyebabkan pelemahan pita FTIR secara menyeluruh, yang mengindikasikan dominasi fase karbon serta berkurangnya peran gugus aktif kitosan–alginat akibat kemungkinan aglomerasi dan penutupan situs aktif biopolimer.

Analisis luas permukaan pori menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 4x menunjukkan variasi porositas yang muncul pada setiap sampel sangat relevan dalam memahami kinerja adsorpsi pewarna oleh KKA, karena biomaterial berbasis kitosan mengandalkan kombinasi mekanisme adsorpsi untuk menurunkan konsentrasi pewarna dalam larutan. Hal ini sejalan dengan laporan (Nandanwar,2022) yang menyatakan bahwa kapasitas adsorpsi biomaterial berbasis kitin sangat ditentukan oleh luas permukaan dan derajat porositas.

Pada sampel dengan nilai luas area berpori yang sangat tinggi, seperti KKA 0.5, penyebaran pori yang merata menunjukkan bahwa proses pencampuran material berlangsung efektif dan tidak menimbulkan aglomerasi. Namun, pada massa karbon aktif tertentu, komponen penyusun KKA berpotensi mengalami aglomerasi yang menyebabkan sebagian pori tertutup atau menyempit, sehingga luas permukaan efektif menurun. Fenomena ini umum terjadi pada biomaterial

polisakarida, sebagaimana dijelaskan oleh (Wang,2019) yang menemukan bahwa peningkatan jumlah partikel pengisi sering kali memicu pembentukan cluster sehingga menurunkan porositas material.

Keterkaitan antara porositas dan kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi pewarna menjadi semakin jelas ketika mempertimbangkan bahwa pori yang besar dan saling terhubung dapat meningkatkan jumlah pewarna yang dapat diadsorpsi. (Nandanwar,2022) melaporkan bahwa biomaterial berpori tinggi menunjukkan efisiensi adsorpsi pewarna yang lebih besar dibandingkan struktur yang lebih padat karena peningkatan akses pewarna ke dalam matriks material. Secara keseluruhan, perbedaan nilai luas area berpori yang signifikan antar sampel menunjukkan bahwa struktur pori pada KKA memiliki pengaruh langsung terhadap efektivitas adsorpsi. Sampel dengan porositas terbesar berpotensi memberikan efisiensi tertinggi karena menawarkan keseimbangan yang optimal antara luas permukaan.

Efisiensi Adsorpsi membran pada sampel KA menghasilkan nilai sebesar 38,0%, yang merefleksikan kinerja dasar matriks kitosan alginat. Penambahan karbon aktif pada komposit meningkatkan performa adsorpsi, ditandai dengan naiknya efisiensi pada KKA 0.25 (44,0%) dan mencapai nilai optimum pada KKA 0.5 (45,0%). Peningkatan ini mengindikasikan bahwa modifikasi dengan karbon aktif mampu menambah jumlah situs aktif, sehingga mekanisme adsorpsi berlangsung lebih efektif (Batista,2020). Namun, peningkatan karbon aktif yang lebih tinggi justru menurunkan efisiensi adsorpsi, seperti ditunjukkan oleh KKA 0.75 (22,6%) dan KKA 1 (15,8%). Penurunan ini menunjukkan terbentuknya aglomerasi dan penyumbatan pori pada material, sehingga mengurangi luas

permukaan aktif yang berperan dalam proses adsorpsi (Nandanwar,2022; Cai,2020)

Laju alir meningkat dari membran tanpa karbon aktif (KA) hingga mencapai puncaknya pada variasi KKA 0,5. Peningkatan ini menggambarkan bahwa karbon aktif dapat memperbaiki struktur pori membran sehingga menjadi lebih terbuka dan saling terhubung, sehingga aliran fluida melalui membran menjadi lebih mudah. Perubahan morfologi semacam ini juga dilaporkan dalam studi membran komposit lain, dimana penambahan filler berpori seperti karbon aktif memodifikasi ukuran pori, distribusi pori, dan porositas yang akhirnya memengaruhi permeabilitas membran secara signifikan. Misalnya, penelitian pada membran polimer yang dicampur dengan karbon aktif menunjukkan bahwa keberadaan AC memengaruhi morfologi dan distribusi pori yang mendasari perubahan sifat permeasi membran. Namun pada komposisi yang lebih tinggi seperti KKA 0,75 dan KKA 1, laju alir menurun, yang kemungkinan besar disebabkan oleh aglomerasi partikel karbon aktif yang menyumbat pori sehingga meningkatkan hambatan aliran.

Purnaningtyas (2020) melaporkan bahwa komposit KKA menunjukkan kinerja optimum pada rasio 1:0,8:1 (kitosan:karbon aktif:alginat), di mana keseimbangan antara jumlah karbon aktif sebagai situs aktif dan alginat sebagai matriks pengikat menghasilkan struktur pori yang stabil dan efisien. Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi optimum bergeser pada rasio 1:0.5:1, yang mengindikasikan bahwa penurunan fraksi karbon aktif justru meningkatkan efisiensi sistem. Perbedaan ini menunjukkan bahwa rasio optimum KKA bersifat *system-dependent*, dipengaruhi oleh karakter prekursor, kondisi sintesis, dan distribusi pori, sehingga komposisi karbon aktif yang terlalu tinggi dapat

menyebabkan aglomerasi dan menurunkan performa adsorpsi (Purnaningtyas, 2020).

4.3 Keterkaitan Penelitian Dalam Prespektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan keberhasilan sintesis material membran komposit KKA sebagai adsorben zat warna metilen biru. Material ini memiliki kemampuan untuk menghilangkan zat warna lewat interaksi fisikokimia, sehingga efektif dalam memperbaiki kualitas air yang terkontaminasi terutama terkontaminasi oleh zat warna. Kemampuan adsorpsi ini menjadi salah satu manifestasi kebesaran Allah SWT, karena sifat alami dari bahan seperti kitosan, alginat, dan karbon aktif dirancang dengan struktur serta karakteristik yang bisa digunakan oleh manusia untuk menjaga keberlanjutan lingkungan. Peristiwa ini membuktikan bahwa umat manusia, khususnya umat Islam, dianjurkan untuk senantiasa belajar tentang ciptaan-Nya, mengembangkan ilmu pengetahuan, serta menerapkan hasil riset tersebut dalam rangka beribadah dan melakukan amal baik untuk memakmurkan bumi. Hal ini ditegaskan oleh Allah SWT dalam QS. Al-Jatsiyah ayat 13 :

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمُوتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١٣﴾

Artinya : *“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.”*

Menurut Tafsir Ibnu Katsir, kata *“sakhkhara”* (menundukkan) dalam ayat tersebut bermakna bahwa Allah menjadikan seluruh ciptaan di langit dan di bumi dapat digunakan, dikelola, dan dimanfaatkan oleh manusia sesuai kebutuhan

mereka, baik berupa bahan mentah, sumber daya alam, maupun hukum-hukum yang mengatur proses alam. Ibnu Katsir menjelaskan bahwa penundukan ini mencakup segala hal yang bisa dimanfaatkan manusia, dari bahan biologis, mineral, air, tumbuhan, hingga kemampuan akal untuk mengembangkan teknologi dari bahan tersebut. Dalam konteks penelitian ini, bahan-bahan seperti kitosan dari kitin cangkang udang, alginat dari rumput laut, serta karbon aktif dari biomassa merupakan contoh nyata sumber daya yang telah “ditundukkan” oleh Allah sehingga manusia dapat mengolahnya menjadi material fungsional. Pemanfaatan sifat ilmiah bahan-bahan tersebut seperti kemampuan kitosan dan alginat membentuk membran serta porositas karbon aktif yang mendukung adsorpsi selaras dengan pesan ayat yang menutup dengan “*tanda-tanda bagi kaum yang berpikir*”, menunjukkan bahwa penelitian ilmiah adalah bagian dari penggunaan akal untuk memanfaatkan karunia Allah.

Nilai spiritual yang dapat diambil dari penelitian ini adalah kesadaran akan kebesaran Allah SWT yang telah menciptakan alam dengan sifat dan keteraturan tertentu sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia melalui ilmu pengetahuan. Keberhasilan penggunaan kitosan, alginat, dan karbon aktif sebagai adsorben menunjukkan bahwa Allah telah menundukkan sumber daya alam bagi manusia, sekaligus memberikan akal untuk mengolah dan memanfaatkannya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki nilai ilmiah, tetapi juga mencerminkan implementasi tafsir ayat tersebut untuk memanfaatkan ciptaan Allah dengan bijak dengan menjaga lingkungan dan memberikan kemaslahatan bagi manusia.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Penambahan karbon aktif mempengaruhi karakteristik kimia dan morfologi membran. Hasil FTIR menunjukkan pelemahan pita O–H/N–H, COO, dan CO pada KKA 0,25–1, yang menandakan adanya interaksi antara karbon aktif dan gugus aktif kitosan–alginat. Pengamatan mikroskop optik memperlihatkan bahwa KKA 0,25 dan KKA 0,5 memiliki distribusi pori yang lebih merata, sedangkan pada KKA 0,75 dan KKA 1 terjadi aglomerasi partikel yang menyebabkan penyumbatan pori. Variasi karbon aktif 0,5 menghasilkan struktur membran yang paling stabil dan homogen, sementara penambahan karbon yang berlebih menurunkan keteraturan serta efektivitas pori.
2. Berdasarkan data UV–Vis, penambahan karbon aktif meningkatkan kinerja adsorpsi hingga komposisi tertentu, namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara KKA 0,25 dan KKA 0,5. Efisiensi adsorpsi meningkat dari 38% pada KA menjadi 44% pada KKA 0,25 dan 45% pada KKA 0,5, yang secara statistik berada pada rentang yang sama. Meskipun demikian, KKA 0,5 menunjukkan laju alir yang lebih cepat, sehingga dipilih sebagai kondisi optimum dari sisi kinetika dan stabilitas struktur. Pada komposisi karbon aktif yang lebih tinggi (KKA 0,75 dan KKA 1), efisiensi adsorpsi menurun drastis menjadi 22,6% dan 15,8% akibat aglomerasi karbon aktif yang menghambat difusi dan menutupi

pori, sehingga mengurangi jumlah situs aktif efektif. Dengan demikian, KKA 0,25 dan KKA 0,5 memberikan kinerja adsorpsi yang setara, namun KKA 0,5 lebih unggul dalam aspek laju adsorpsi dan kestabilan morfologi membran.

5.2 Saran

Perlu dilakukan karakterisasi tambahan seperti BET, SEM-EDS, dan Raman untuk memahami lebih lanjut tentang luas permukaan, distribusi pori, dan interaksi kimia antar komponen. Selain itu, uji regenerasi dan penggunaan berulang perlu dilakukan untuk menilai ketahanan membran dalam aplikasi pengolahan limbah jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha Ilmanafia, A., & Sudarmint, H. P. (2021). Pemanfaatan Arang Bonggol Jagung untuk Pengolahan Limbah Industri. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 22(1), 45–52. Gupta, V. K., & Suhas. (2020). Application of low-cost adsorbents for dye removal: A review. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2313–2342.
- Alawiyah, T. 2012. Pengembangan TiO₂ Pada Abu Dasar Batubara (bottom Ash) dan Uji Aktifitasnya Sebagai Fotokatalis dalam Degradasi Zat warna Metilen Biru. Thesis. FMIPA. UGM. Yogyakarta.
- Ananda, S., Elystia, S., & Fitria, D. (2023). Aplikasi Beads Komposit Chitosan – Clay sebagai Adsorben dalam Penyerapan Ion Klorida (Cl⁻) Pada Air Payau. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 9(3), 450–465, <https://doi.org/10.29303/jstl.v9i3.362>.
- Anggraini, I. F., Kusniawati, E., & Mayangsari, M. (2023). Pemanfaatan tongkol jagung pada pembuatan karbon aktif dengan menggunakan aktivator (Na₂CO₃) serta pengaruhnya terhadap sampel air sumur gali menggunakan parameter ph, turbidity, total suspended solid (TSS) & total dissolved solid (TDS). *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(5), 2261–2272.
- Asad, E., Raza, A., Safdar, A., Khan, M. N. A., & Roafi, H. (2025). Advanced Cellulose Triacetate-Based Mixed Matrix Membranes Enhanced by Bimetallic Ni-Cu-BTC MOFs for CO₂/CH₄ Separation. *Polymers*, 17(16), 2258.
- Ayach, J., Duma, L., Badran, A., Hijazi, A., & Martinez, A. (2024). Enhancing Wastewater Depollution: Sustainable Biosorption Using Chemically Modified Chitosan Derivatives for Efficient Removal of Heavy Metals and Dyes. *Materials*, 17(11), 2724. <https://www.mdpi.com/1996-1944/17/11/2724>
- Azkya, R. (2021). Pengolahan air limbah pencucian kendaraan bermotor dengan metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis ZnO. *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/19164/>
- Basir, I. F., Mahatmanti, F. W., & Haryani, S. (2017). Sintesis Komposit Beads Kitosan/Arang Aktif Tempurung Kelapa untuk Adsorpsi Ion Cu(II). *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 181–188, <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Bopape, D. A., Ntsendwana, B., & Mabasa, F. D. (2024). Photocatalysis as a pre-discharge treatment to improve the effect of textile dyes on human health: A

critical review. *Heliyon*, 10(7), e23496.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e23496>

- Bushra, R., Mohamad, S., Alias, Y., Jin, Y., & Ahmad, M. (2021). Current Approaches and Methodologies to Explore the Perceptive Adsorption Mechanism of Dyes on Low-cost Agricultural Waste: A Review. *Microporous and Mesoporous Materials*, 319, 1–29, <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2021.111040>
- Ebrahimi, P., & Kumar, A. (2021). *Diatomite Chemical Activation for Effective Adsorption of Methylene Blue Dye from Model Textile Wastewater*. *International Journal of Environmental Science and Development*, 12(1)
- Esti, M., Gusnedi, & Ratnawulan. (2023). *Kajian kapasitansi membran akibat variasi massa kitosan menggunakan LCR Meter*. *Pillar of Physics*, Universitas Negeri Padang.
- Felicia, W. X. L., Rovina, K., Supri, S., & Matanjun, P. (2025). Next-generation sodium alginate hydrogels for heavy metal ion removal: Properties, dynamic adsorption–desorption mechanisms, and sustainable application potential. *Polymer Bulletin*. <https://doi.org/10.1007/s00289-025-05956-4>
- Hamad, N. H., & Idrus, S. (2022). *Recent developments in the application of bio-waste-derived adsorbents for the removal of methylene blue from wastewater: A review*. *Polymers*, 14(4), 783. <https://doi.org/10.3390/polym14040783>
- Ismail, S., Mustafa, M. Z., & Awang, N. A. (2022). *Electrical characterization of chitosan-alginate composite membranes using LCR meter and correlation with structural properties*. *Materials Today: Proceedings*, 63, 456–462.
- Jumaeri, J., Mahatmanti, F. W., & Wati, A. M. (2021). *Adsorpsi Metilen Biru oleh Abu Layang Batu Bara yang Teraktivasi Menggunakan Proses Hidrotermal dengan Bantuan Gelombang Mikro*. *ALCHEMY: Jurnal Penelitian Kimia*.
- Kaimudin, M., & Leounupun, M. F. (2016). Karakterisasi Kitosan dari Limbah Kulit Udang dengan Proses Bleaching dan Deasetilasi yang Berbeda. *Majalah BIAM*, 12 (01) : 1-7
- Kot, A., Nowacki, K., Galiński, M., & Stępnia, I. (2020). *Synthesis and characterization of chitosan/sodium alginate blend membrane for application in an electrochemical capacitor*. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and its Derivatives*, 25, 180–190
- Kumar, A., et al. (2022). Structural and adsorption studies of biopolymer-based membranes for wastewater treatment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 10(1), 106971
- Kumari, B., & Sit, N. (2025). Filtration and Clarification. *Mechanical Separation*

Processes in the Food Industry (pp. 155–192). Elsevier.

- Latifi, S., Saoiabi, S., Alanazi, M. M., Boukra, O., & Krime, A. (2025). Low-cost titania-hydroxyapatite (TiHAp) nanocomposites were synthesized for removal of methylene blue under solar and UV irradiation. *Next Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.nxmat.2025.100377>
- Lestari, I., Prasetyo, E., & Gusti, D. R. (2021). Penggunaan Karbon Aktif Magnetit-Fe₃O₄ sebagai Penyerap Zat Warna Remazol Yellow. *Jurnal BiGME*, 1(1), 29–37
- Liu, H., Wang, C., Li, C., Qin, Y., Wang, Z., Yang, F., ... & Wang, J. (2018). A functional chitosan-based hydrogel as a wound dressing and drug delivery system in the treatment of wound healing. *RSC advances*, 8(14), 7533-7549.
- Liu, X., Ren, W., Song, W., Zhang, W., Wang, Y., & Wang, Y. (2025). Novel EDTA-chitosan/alginate porous composite beads for the removal of Pb(II) and methylene blue from aqueous solutions. *RSC Advances*. <https://doi.org/10.1039/D5RA00940E>
- Lolo, E. U., & Pambudi, Y. S. (2020). Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Tekstil Secara Koagulasi Flokulasi (Studi Kasus: IPAL Kampung Batik Laweyan, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia). *Serambi Engineering*, V(3).
- Mindriany, S., Helmy, Q., & Musthofa, A. M. H. (2021). *Methylene blue adsorption by activated carbon and nano-activated carbon from biomass waste: A review*. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 19(3), 553–565. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v19i3.553-565>
- Nangia, S., Warkar, S., & Katyal, D. (2018). A review on environmental applications of chitosan biopolymeric hydrogel based composites. *Journal of Macromolecular Science, Part A*, 55(11-12), 747-763.
- Purnaningtyas, M. A. K., Sudiono, S., & Siswanta, D. (2020). Synthesis of Activated Carbon/Chitosan/Alginate Beads Powder as an Adsorbent for Methylene Blue and Methyl Violet 2B Dyes. *Indonesian Journal of Chemistry*, 20(5), 1119. <https://doi.org/10.22146/ijc.49026>
- Putri, D. N., Hidayat, N., & Wibowo, D. (2023). *Characterization of chitosan-based composite membranes with natural fillers for dye removal applications*. *Indonesian Journal of Environmental Research and Technology*, 5(2), 87–96.
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31(7), 603–632.

- Salih, S. S., Shihab, M. A., Kadhom, M., & Albayati, N. (2025). Simultaneous removal of organic and inorganic pollutants onto chitosan-coated pumice adsorbent. *Water Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2025.07.004>
- Saragih, H., & Pasaribu, K. F. (2018). Aktivitas fotokatalis nano komposit ZnO–Polystyrene dalam mendegradasi senyawa Methylene Blue. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/326666914>
- Setha, B., Rumata, F., & Silaban, B. (2019). Karakteristik Kitosan dari Kulit Udang Vaname dengan Menggunakan Suhu dan Waku yang Berbeda dalam Proses Deasetilasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 22(3): 498- 507.
- Sitanggang, P. Y. (2017). Pengolahan limbah tekstil dan batik di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*. <https://www.academia.edu/82648848>
- Srivastava, A., Rani, R. M., Patle, D. S., & Kumar, S. (2022). Emerging bioremediation technologies for the treatment of textile wastewater containing synthetic dyes: a comprehensive review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 97(1), 26-41.
- Subyekti, N. R. (2018). Biodegradasi methylene blue dalam metode perawatan aerob/anaerob. *Skripsi, Universitas Brawijaya*. <http://repository.ub.ac.id/183013/2/Novia%20Rina%20Subyekti.pdf>
- Suhartini, S. (2021). Potensi limbah cair batik sebagai sumber bioenergi: Studi kasus di UKM Batik Blimbing Malang. *AgriTECH*. <https://www.academia.edu/download/111351777/32675.pdf>
- Sulistiyana, S., et al. (2021). Pengembangan film aktif berbasis kitosan dan alginat dengan penambahan antioksidan alami. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 23(3), 211–220.
- Syafila, M., Helmy, Q., & Musthofa, A. M. H. (2021). Adsorpsi metilen biru oleh karbon aktif dari limbah biomassa: Tinjauan morfologi dan kinerja. *Jurnal Presipitasi*, 19(3), 553–565.
- Szekalska, M., et al. (2016). Alginate: current use and future perspectives in pharmaceutical and biomedical applications. *International Journal of Polymer Science*, 2016.
- Tariq, A., Ali, M., & Mehmood, M. S. (2020). Dielectric and impedance analysis of biopolymer-based composite films for environmental applications. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(4), 1095–1105.
- Tordi, P., Gelli, R., Tamantini, S., & Bonini, M. (2025). Alginate crosslinking beyond calcium: Unlocking the potential of a range of divalent cations for

- fiber formation. *International Journal of Biological Macromolecules*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.05.031>
- Vincent Liem, A., Putranto, A., & Andreas, A. (2020). Adsorpsi metilen biru menggunakan karbon aktif dari kulit salak. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 28(2), 140–148.
- Vo, T. S., Chit, P. P., Nguyen, V. H., Hoang, T., & Lwin, K. M. (2024). A comprehensive review of chitosan-based functional materials: from history to specific applications. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Wahid, M. R., et al. (2021). Membran komposit sebagai teknologi adsorpsi limbah zat warna: Tinjauan karakterisasi. *Jurnal Teknologi Material*, 14(1), 11–18.
- Wahyuni, D. (2020). Isoterm adsorpsi metilen biru oleh biochar dari kulit singkong yang dimodifikasi menggunakan magnetit (Fe_3O_4). *Universitas Islam Indonesia*.
<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/28276>
- Wahyuni, D. W. (2020). Biochar/ Fe_3O_4 dalam adsorpsi methylene blue dari air limbah tekstil. *Universitas Islam Indonesia*.
<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/28276/16613032%20Dwik%20Wahyuni.pdf?sequence=1>
- Wahyuningsi, A., Setiorini, I. A., & Gusti, R. (2025). Pembuatan membran polimer berbasis makrofilter menggunakan alpa selulosa dengan penambahan ZnO dan silika fiber. *Media Bina Ilmiah*,
- Wang, Q., Sun, Z., Zhang, Z., Zhou, C., Zhang, T., & Liu, Y. (2025). Strong and tough chitosan-based conductive hydrogels cross-linked by dual ionic networks for flexible strain sensors. *International Journal of Biological Macromolecules*.
- Widiastuti, N. (2019). Penghilangan zat warna crystal violet menggunakan metode gabungan oksidasi lanjut reagen Fenton dan filtrasi membran. *CORE*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/291473404.pdf>
- Yang, J., Monnot, M., Ercolei, L., & Moulin, P. (2020). Membrane-based processes used in municipal wastewater treatment for water reuse: state-of-the-art and performance analysis. *Membranes*, 10(6), 131.
- Zhang, L., et al. (2020). Adsorption of methylene blue from aqueous solution using biomass-based activated carbon. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(7), 7882–7895.
- Ziantoni, B., Demichelis, F., Premchand, P., & Galletti, C. (2025). *Conversion of corncob into high-performance biochar: Pyrolysis conditions, activation methods, and adsorption capabilities*. Proceedings of Cyprus 2025

Conference. Retrieved from
<http://brinemining.ntua.gr/cyprus2025/files/proceedings/Conversion-of-corn-cob-into-high-performance-biochar-pyrolysis-conditions-activation-methods-and-adsorption-capabilities-B>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian**Dokumentasi Eksperimen**

Bonggol jagung setelah di furnace



Aktifasi karbon bonggol jagung



Membilas karbon aktif



Karbon aktif bonggol jagung



Sintesis larutan alginat



Sintesis larutan kitosan



Sintesis komposit karbon aktif,
kitosan, dan alginat



Komposit kitosan, alginat, karbon aktif



Membran KKA



Membran KA



Aplikasi membran

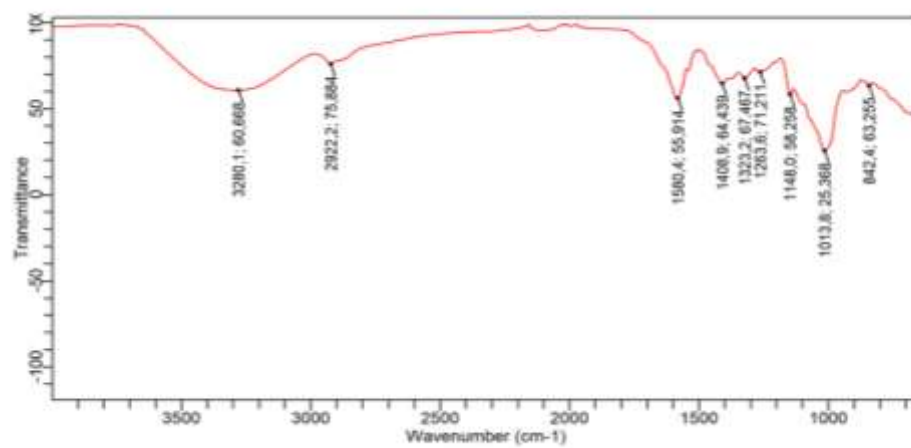
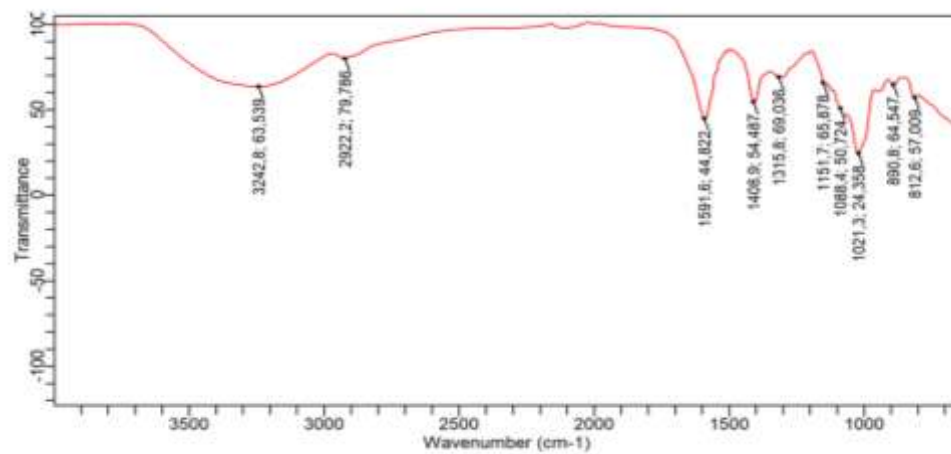


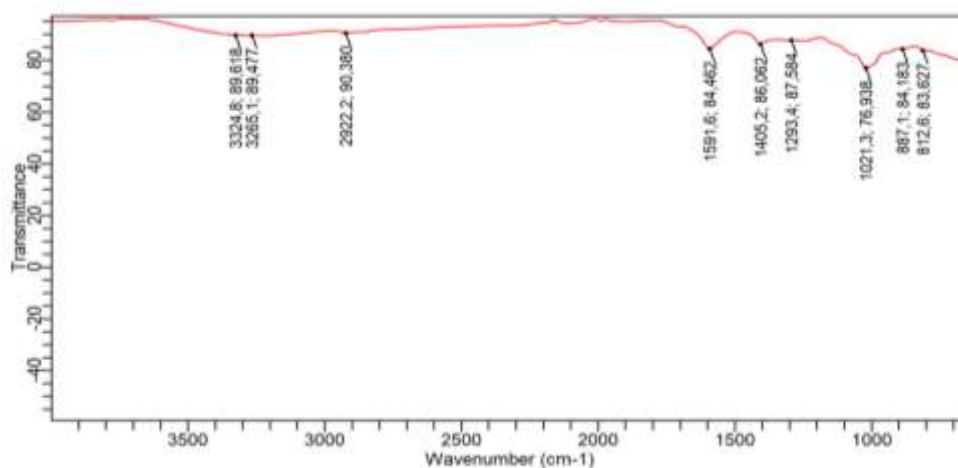
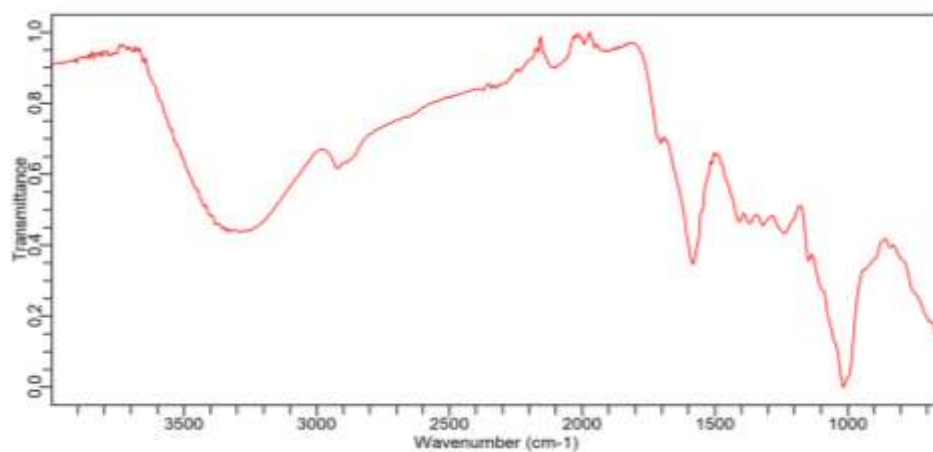
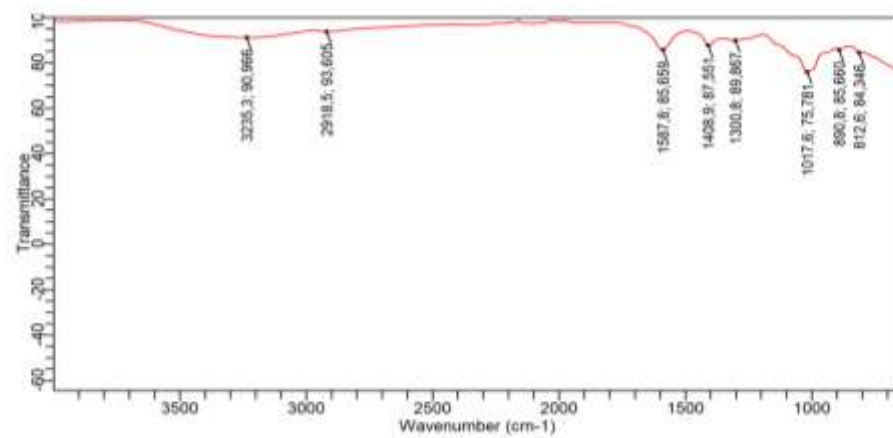
Membran setelah aplikasi

Lampiran 2. Data Hasil Penelitian

Data Hasil Uji

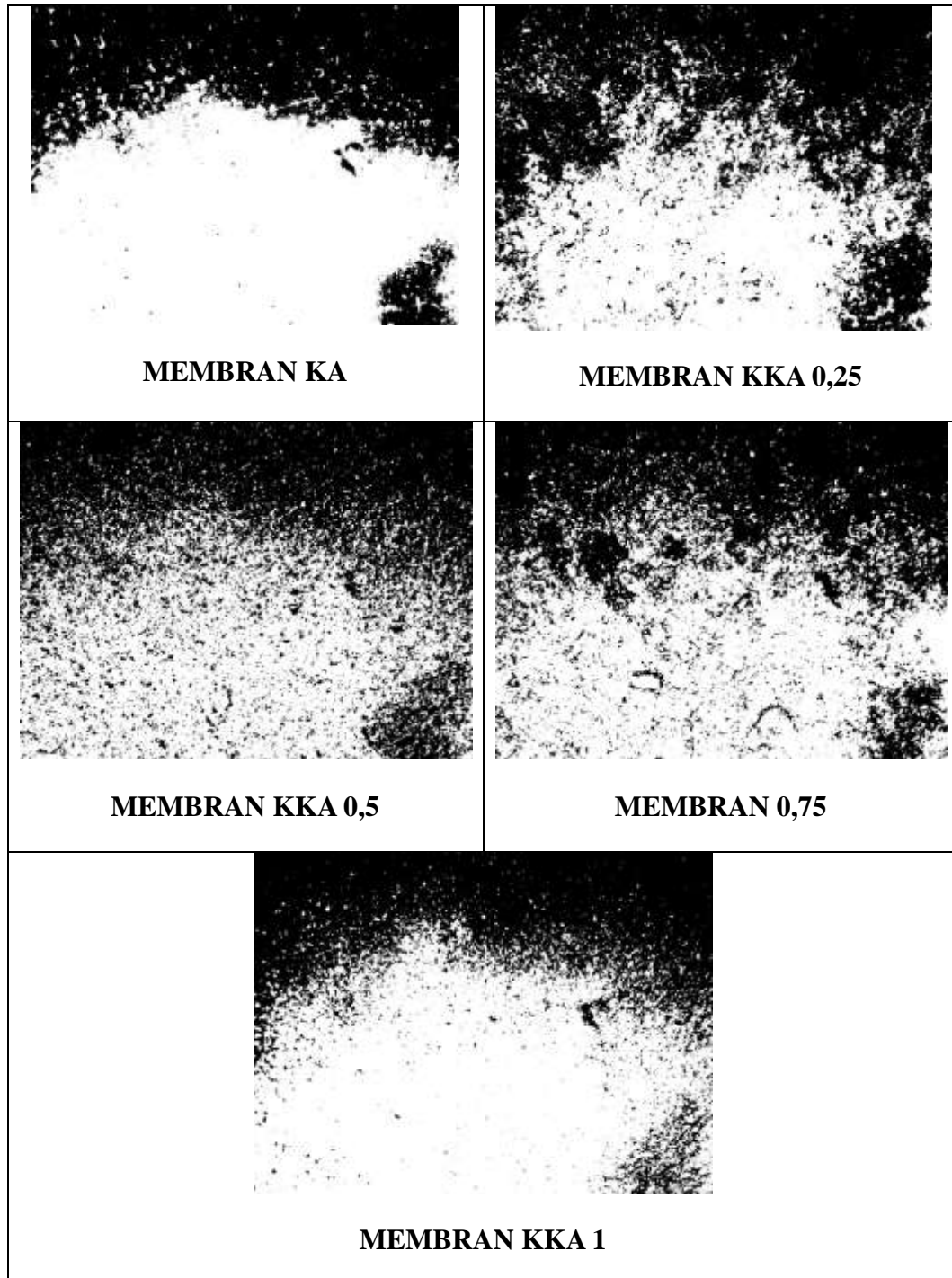
Uji FTIR





Uji Mikroskop Optik

Mengolah data mikroskop optic menggunakan *software image j*



Data summary proses mengolah menggunakan software image j

Sampel	Count	Total Area	% Area	Mean	Mode	Median
KA	31	13247	94.300	249.559	0.329	0.673
KKA 0,25	54	32479	601.463	250.990	0.248	0.603
KKA 0,5	56	29884	696.592	246.936	0.203	0.570
KKA 0,75	49	34133	638.000	248.327	0.235	0.589
KKA 1	22	8963	246.936	246.419	0.242	0.588

Uji UV-Vis

Kurva standart dan lamda max metilen biru

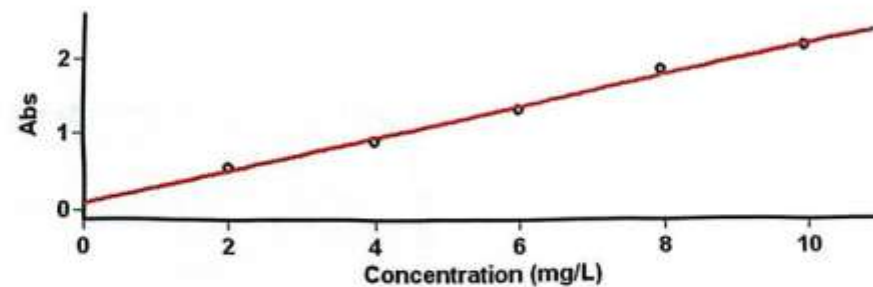
11/12/2025

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Kurva Standar Methylene Blue

Tanggal Analisa : 12 November 2025



Concentration Analysis Report

Report time 11/12/2025 3:18:08 PM
 Method
 Batch name D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Fachru Nisa\Kurva
 Standar Methylene Blue (12-11-2025).BCN
 Application Concentration 3.00(339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 663.9
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Standard/Sample averaging OFF
 Weight and volume corrections OFF
 Fit type Linear
 Min R² 0.95000
 Concentration units mg/L

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1186)	663.9

Calibration

Collection time 11/12/2025 3:18:21 PM

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1	2.0	0.5431	0.0009	0.16	0.16	0.5436
						0.5435
						0.5420
Std 2	4.0	0.8803	0.0020	0.23	0.23	0.8781
						0.8806
						0.8821
Std 3						1.3253

11/12/2025

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

	6.0	1.3188	0.0058	0.44	1.3173 1.3140
Std 4					1.8548 1.8342
	8.0	1.8467	0.0110	0.59	1.8511
Std 5					2.1864 2.1506
	10.0	2.1698	0.0181	0.83	2.1726

Calibration eqn
Correlation Coefficient
Calibration time

Abs = 0.21100*Conc +0.08574
0.99399
11/12/2025 3:19:55 PM

Results Flags Legend

U = Uncalibrated
N = Not used in calibration

O = Overage
R = Repeat reading

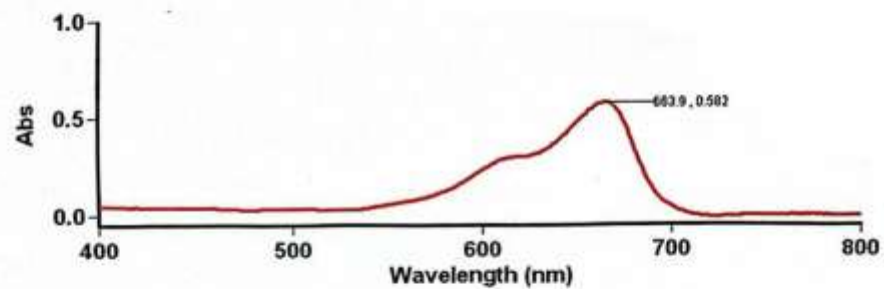
11/12/2025

Laboratorium Kimia – Fakultas Saintek

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Lamda Maks Methylene Blue 2 ppm

Tanggal Analisa : 12 November 2025

**Scan Analysis Report**

Report Time : Wed 12 Nov 03:12:35 PM 2025

Method:

Batch: D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Fachru Misa\Lamda Maks Methylene Blue (12-11-2025).DSW

Software version: 3.00(329)

Operator: Rika

Sample Name: Methylene Blue 2 ppm

Collection Time 11/12/2025 3:13:06 PM

Peak Table

Peak Style

Peak Threshold

Range

Peaks

0.0100

800.0nm to 400.0nm

Wavelength (nm)	Abs
663.9	0.582

Data Absorbansi Metilen Biru

Sampel	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata rata	Conc
Absorbansi MB 10 PPM : 2,145					
KA	1,271	1,118	1,075	1,1546 67	0,32937466 7
KKA 0,25	1,093	0,992	0,982	1,0223 33	0,30145233 3
KKA 0,5	1,013	0,955	1,02	0,996	0,295896
KKA 0,75	1,495	1,616	1,593	1,568	0,416588
KKA 1	1,782	1,767	1,675	1,7413 33	0,45316133 3

Data Efisiensi Metilen Biru

Sampel	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Efisiensi Adsorpsi (%)	Waktu Adsorpsi (menit)	Laju Alir (mL/Menit)
KA	10	6.20	38.0	22	0,9
KKA 0.25		5.60	44.0	13	1,5
KKA 0.5		5.50	45.0	10	2
KKA 0.75		7.74	22.6	14	1,4
KKA 1		8.42	15.8	17	1,2

Data Standart Deviasi Nilai Absorbansi

Sampel	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rata Rata	STD
--------	------------------	------------------	------------------	--------------	-----

KA	1, 2711	1,118	1,075	1,154667	0,084112
KKK 0,25	1,093	0,992	0,982	1,022333	0,050135
KKK 0,5	1,013	0,955	1,02	0,966	0,029131
KKK 0,75	1,495	1,616	1,593	1,568	0,052465
KKK 1	1,782	1,767	1,675	1,741333	0,047302

Lampiran 3. Perhitungan

Perhitungan Conc

$$\text{Abs} = 0,2100 \times \text{conc} + 0,08574$$

Metilen Biru

$$2,145 = 0,2100 \times \text{conc} + 0,08574$$

$$\text{Conc} = 0,538335$$

1. Membran KA

$$1,154667 = 0,2100 \times \text{conc} + 0,08574$$

$$\text{Conc} = 0,329374667$$

2. Membran KKA 0,25

$$1,022333 = 0,2100 \times \text{conc} + 0,08574$$

$$\text{Conc} = 0,301452333$$

3. Membran KKA 0,5

$$0,996 = 0,2100 \times \text{conc} + 0,08574$$

$$\text{Conc} = 0,295896$$

4. Membran KKA 0,75

$$1,568 = 0,2100 \times \text{conc} + 0,08574$$

$$\text{Conc} = 0,416588$$

5. Membran KKA 1

$$1,741333 = 0,2100 \times \text{conc} + 0,08574$$

$$\text{Conc} = 0,45316133$$

Perhitungan efisiensi adsorpsi

Efisiensi Adsorpsi :

$$E = \frac{(C_{awal} - C_{akhir})}{C_{awal}} \times 100\%$$

Dimana :

E : Efisiensi adsorpsi %

C awal : Konsentrasi mula mula metilen biru (mg/L)

C akhir : Konsentrasi metilen biru setelah adsorpsi (mg/L)

1. Membran KA

$$E = \frac{(0,538335 - 0,329374667)}{0,538335} \times 100\%$$

$$= 38,8 \%$$

2. Membran KKA 0,25

$$E = \frac{(0,538335 - 0,301452333)}{0,538335} \times 100\%$$

$$= 44\%$$

3. Membran KKA 0,5

$$E = \frac{(0,538335 - 0,295896)}{0,538335} \times 100\%$$

$$= 45\%$$

4. Membran KKA 0,75

$$E = \frac{(0,538335 - 0,416588)}{0,538335} \times 100\%$$

$$= 22,6\%$$

6. Membran KKA 1

$$E = \frac{(0,538335 - 0,453161333)}{0,538335} \times 100\%$$

$$= 15,8 \%$$

Perhitungan Laju Alir

$$\text{Laju Alir} = \frac{V}{t} \text{ (mL/menit)}$$

1. KA

$$\text{Laju Alir} = \frac{20}{22} = 0,9 \text{ mL/menit}$$

2. KKA 0,25

$$\text{Laju Alir} = \frac{20}{13} = 1,5 \text{ mL/menit}$$

3. KKA 0,5

$$\text{Laju Alir} = \frac{20}{10} = 2 \text{ mL/menit}$$

4. KKA 0,75

$$\text{Laju Alir} = \frac{20}{14} = 1,4 \text{ mL/ menit}$$

5. KKA 1

$$\text{Laju Alir} = \frac{20}{17} = 1,2 \text{ mL/menit}$$

12/04/2025, 10:43 AM

Sistem Informasi Akademik Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang 2.0



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
Jalan Gajayana Nomor 51, Telepon (0341) 551354, Fax: (0341) 572533
Website: <http://www.uin-malang.ac.id> Email: info@uin-malang.ac.id

JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI/TESIS/DISERTASI

IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 210604110051
Nama : FACHRU NISA-SALSABILA ZAHRO
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Jurusan : FISIKA
Dosen Pembimbing 1 : UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si
Dosen Pembimbing 2 : AHMAD LUTHFIN,M.Si
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : Sintesis dan karakterisasi membran kitosan alginat termodifikasi karbon aktif sebagai adsorben zat warna metilen biru

IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	13 Januari 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	Konsultasi Judul Skripsi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
2	26 Februari 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	Persetujuan judul skripsi	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
3	16 April 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	Bimbingan bab 1,2 dan 3	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
4	24 Juli 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	Persetujuan bab 1,2, dan 3	Genap 2024/2025	Sudah Dikoreksi
5	20 Agustus 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	Bimbingan revisi bab 3	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
6	17 September 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Bimbingan integrasi bab 1 dan 2	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
7	22 Oktober 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Bimbingan integrasi bab 1 dan 2	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
8	03 November 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	Bimbingan bab 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
9	11 November 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	Bimbingan integrasi bab 1,2, dan 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
10	24 November 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	Persetujuan bab 1,2,dan 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
11	16 Desember 2025	UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si	ACC BAB 1-5	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi
12	17 Desember 2025	AHMAD LUTHFIN,M.Si	ACC BAB 1,2, dan 4	Ganjil 2025/2026	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui
Untuk mengajukan ujian Skripsi/Tesis/Desertasi

Dosen Pembimbing 2

AHMAD LUTHFIN,M.Si

Malang,

Dosen Pembimbing 1

UTIYA HIKMAH,S.Si., M.Si

