

**ISOTERMIS DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI METHYLENE BLUE
MENGGUNAKAN BATANG JAGUNG TERMODIFIKASI ASAM SITRAT**

SKRIPSI

Oleh:
KHAERUL ANWAR
NIM. 13630029



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**ISOTERMIS DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI METHYLENE BLUE
MENGGUNAKAN BATANG JAGUNG TERMODIFIKASI ASAM SITRAT**

SKRIPSI

Oleh:
KHAERUL ANWAR
NIM. 13630029

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

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

ISOTERMIS DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI METHYLENE BLUE
MENGGUNAKAN BATANG JAGUNG TERMODIFIKASI ASAM SITRAT

SKRIPSI

Oleh:
KHAERUL ANWAR
NIM. 13630029

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 10 Desember 2019

Pembimbing I

Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006

Pembimbing II

A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002



Mengetahui,
Ketua Jurusan

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

ISOTERMIS DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI METHYLENE BLUE
MENGGUNAKAN BATANG JAGUNG TERMODIFIKASI ASAM SITRAT

SKRIPSI

Oleh:
KHAERUL ANWAR
NIM. 13630029

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 10 Desember 2019

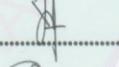
Pengaji Utama : Diana Candra Dewi, M.Si
NIP. 19770720 200312 2 001

(

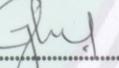
Ketua Pengaji : Febi Yusniyanti,S.Si., M.Sc
LB. 68004

(

Sekretaris Pengaji : Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006

(

Anggota Pengaji : A. Ghanim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002

(



Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khaerul Anwar
NIM : 13630029
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Isotermis Dan Termodinamika Adsorpsi *Methylene Blue*
Menggunakan Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pemikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 8 Desember 2019

Yang membuat pernyataan



KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil 'Alamin, segala puji bagi Allah Pengusa alam semesta atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“Isotermis Dan Termodinamika Adsorpsi Methyelene Blue Menggunakan Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat”** dapat terselesaikan dengan baik dan harapan adanya perbaikan untuk hasil maksimal. Semoga sholawat serta keselamatan yang berlimpah selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Laporan hasil penelitian ini tentunya tidak terlepas dari kekurangan dan kesalahan, adanya beberapa hambatan dan keterbatasan pengetahuan penulis, namun dalam penulisan ini selalu ada dukungan secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu dan Ayah atas kasih sayang dan doa yang senantiasa menyertai.
2. Ibu Eny Yulianti, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini.
3. Ibu Febi Yusniyanti,S.Si., M.Sc selaku Dosen Konsultan yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini.
4. Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si selaku Dosen Pembimbing Agama yang telah memberikan bimbingan integrasi agama dan sains dalam laporan ini.
5. Segenap Bapak dan Ibu Laboran Laboratorium Jurusan Kimia yang telah memberikan pelayanan selama proses penelitian.
6. Teman-teman tim penelitian batang jagung yang telah memberikan semangat dan motivasi selama penelitian sampai penyusunan laporan hasil penelitian ini.

7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu dimana telah membantu dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini.

Demikian ucapan terima kasih yang dapat disampaikan. Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dan keterbatasan dalam laporan hasil penelitian ini. Kritik dan saran diharapkan untuk perbaikan laporan ini agar dapat menjadi naskah skripsi yang baik dan bermanfaat.

Malang, 14 November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
الملخص	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Batang Jagung (<i>Zea mays L.</i>)	7
2.2 Aktivasi Batang Jagung	8
2.3 Asam Sitrat sebagai Bahan Modifikasi Adsorben	9
2.4 Batang Jagung sebagai Biosorben <i>Methylene Blue</i>	14
2.5 Isotermis Adsorpsi	17
2.6 Termodinamika Adsorpsi	19
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	22
3.3 Rancangan Penelitian	22
3.4 Tahapan Penelitian	24
3.5 Cara Kerja	24
3.5.1 Optimasi Analisis <i>Methylene Blue</i> dengan UV-Vis	24
3.5.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Methylene Blue</i>	24
3.5.1.2 Pembuatan Kurva Standar <i>Methylene Blue</i>	24
3.5.2 Preparasi Sampel Batang Jagung	24

3.5.2.1 Demineralisasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan HCl 0,1 M	25
3.5.2.2 Modifikasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat	25
3.5.3 Penentuan Isotermis Adsorpsi Biosorben Batang Jagung Terhadap <i>Methylene Blue</i>	26
3.5.4 Penentuan Termodinamika Adsorpsi Biosorben Batang Jagung Terhadap <i>Methylene Blue</i>	26
3.5.5 Karakterisasi biosorben batang jagung menggunakan <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) dan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	27
3.6 Analisis Data	27
3.6.1 Penentuan Persamaan Isotermis Adsorpsi	27
3.6.2 Penentuan Persamaan Termodinamika Adsorpsi	30
BAB IV PEMBAHASAN	33
4.1 Optimasi Analisis <i>Methylene Blue</i> Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis	33
4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum <i>Methylene Blue</i>	33
4.1.2 Pembuatan Kurva Standar <i>Methylene Blue</i>	33
4.2 Preparasi Demineralisasi dan Modifikasi Batang Jagung	34
4.3 Penentuan Isotermis Adsorpsi Pada Batang Jagung	38
4.4 Penentuan Termodinamika Adsorpsi <i>Methylene Blue</i>	41
4.5 Karakterisasi Morfologi Batang Jagung	42
4.6 Hasil Penelitian dalam Prespektif Islam	44
BAB V PENUTUP	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan penelitian	55
Lampiran 2 Diagram Alir	56
Lampiran 3 Pembuatan larutan	60
Lampiran 4 Data Pengamatan dan Perhitungan	64
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian	73
Lampiran 6 Data Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-Vis	77



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rumus molekul asam sitrat	10
Gambar 2.2	Reaksi selulosa dengan asam sitrat	10
Gambar 2.3	Mekanisme reaksi esterifikasi selulosa dengan asam sitrat	11
Gambar 2.4	Spektrum Inframerah dari batang jagung alami (NC), batang jagung termodifikasi asam sitrat	12
Gambar 2.5	Karakterisasi morfologi: Hasil SEM batang jagung (a), Serat batang jagung (b) dan CSF-g-PAA (c)	13
Gambar 2.6	Struktur <i>Methylene Blue</i>	15
Gambar 2.7	Grafik panjang gelombang <i>methylene blue</i> variasi pH 2-11	16
Gambar 2.8	Permukaan adsorben membentuk lapisan <i>Monolayer</i>	18
Gambar 2.9	Permukaan adsorben membentuk lapisan <i>Multilayer</i>	18
Gambar 3.1	Grafik Persamaan isotermis Langmuir	27
Gambar 3.2	Grafik persamaan isotermis Freundlich	28
Gambar 3.3	Grafik persamaan Termodinamika Adsorpsi	31
Gambar 4.1	Panjang Gelombang Optimum <i>methylene blue</i>	32
Gambar 4.2	Kurva Standar <i>Methylene Blue</i>	33
Gambar 4.3	Spektra IR batang jagung (a) Alami, (b) Demineralisasi, (c) Modifikasi, (d) Adsorpsi <i>methylene blue</i>	35
Gambar 4.4	Grafik persamaan Isotermis Langmuir	37
Gambar 4.5	Grafik Persamaan Isotermis Freundlich	37
Gambar 4.6	Grafik Penentuan Termodinamika Adsorpsi	40
Gambar 4.7	Karakterisasi Morfologi Batang Jagung menggunakan SEM (a) tanpa modifikasi, (b) setelah modifikasi, (c) setelah adsorpsi <i>methylene blue</i>	43
Gambar L.4.1	Kurva standar <i>methylene blue</i>	64
Gambar L.4.2	Isotermis Adsorpsi Langmuir	66
Gambar L.4.3	Isotermis Adsorpsi Freundlich	67
Gambar L.4.4	Grafik Termodinamika Adsorpsi	69
Gambar L.4.5	Spektra IR batang jagung tanpa modifikasi	70
Gambar L.4.6	Spektra IR batang jagung terdeminalisasi	71
Gambar L.4.7	Spektra IR batang jagung termodifikasi	71
Gambar L.4.8	Spektra IR batang jagung setelah proses adsorpsi	72

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kandungan unsur dalam batang jagung alami dan batang jagung teraktivasi HCl 0,1 M menggunakan XRF	34
Tabel 4.2	Interpretasi spektra IR	36
Tabel 4.3	Persamaan Isotermis Adsorpsi	38
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan nilai parameter termodinamika adsorpsi	40
Tabel L.4.1	Hasil pengukuran Kurva Standar	63
Tabel L.4.2	Penentuan isotermis adsorpsi <i>methylene blue</i>	63
Tabel L.4.3	Penentuan isotermis adsorpsi Langmuir	66
Tabel L.4.4	Penentuan isotermis adsorpsi Freundlich	67
Tabel L.4.5	Hasil Perhitungan Isotermis Adsorpsi	68
Tabel L.4.6	Penentuan Termodinamika Adsorpsi <i>Methylene Blue</i>	68
Tabel L.4.7	Interpretasi Spektra IR	70

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Persamaan Isotermis Langmuir	17
Persamaan 2.2 Persamaan Isotermis Freundlich	18



ABSTRAK

Anwar, Khaerul. 2019. **Isotermis dan Termodinamika Adsorpsi *Methylene Blue* Menggunakan Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat.** Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si., Pembimbing II: A. Ghanaim Fasya, M.Si., Konsultan: Febi Yusniyanti,S.Si., M. Sc.

Kata Kunci: batang jagung, *methylene blue*, isotermis adsorpsi, termodinamika adsorpsi, spektra IR, SEM

Batang jagung memiliki potensi sebagai biosorben dalam penurunan kadar zat warna dalam limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tipe isotermis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi batang jagung terhadap *methylene blue*. Selain itu dilakukan karakterisasi morfologi dan gugus fungsi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) pada biosorben batang jagung.

Tahapan penelitian ini meliputi: (1) Optimasi analisis *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis. (2) Preparasi sampel meliputi demineralisasi dan modifikasi batang jagung (3) Penentuan isotermis adsorpsi dengan variasi konsentrasi *methylene blue* 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 450 mg/L (4) Penentuan termodinamika adsorpsi dengan variasi suhu 30, 40, 50 dan 60 °C, (5) Karakterisasi batang jagung menggunakan FTIR dan SEM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa isotermis pada penelitian ini mengikuti tipe isotermis adsorpsi Langmuir dengan (R^2) 0,9911 dan kapasitas adsorpsi sebesar 40,3226 mg/g. Hasil termodinamika adsorpsi menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* berlangsung secara spontan dengan nilai (ΔG°) adalah -0,8880 kJ/mol, proses eksotermis dengan nilai (ΔH°) adalah -8,912 kJ/mol dan terjadi penurunan ketidakteraturan antara permukaan adsorben dengan adsorbat selama proses adsorpsi dengan nilai (ΔS°) -0,0265 kJ/mol.K. Karakterisasi morfologi permukaan batang jagung menggunakan SEM menunjukkan batang jagung tanpa modifikasi memiliki struktur serpihan yang tak beraturan. Dan setelah modifikasi batang jagung berbentuk serat, sedangkan setelah adsorpsi *methylene blue* seratnya lebih terdispersi. Hasil analisis spektra IR menunjukkan bahwa setelah proses modifikasi, muncul puncak baru pada bilangan gelombang 1736 cm⁻¹ menunjukkan vibrasi C=O yang menandai adanya gugus ester.

ABSTRACT

Anwar, Khaerul. 2019. **Isotherms and Thermodynamics Adsorption of Methylene Blue Using Citric Acid Modified Corn Stalks.** Supervisor I: Eny Yulianti, M.Si., Supervisor II: A. Ghanaim Fasya, M.Si., Consultant: Febi Yusniyanti,S.Si., M. Sc.

Keywords: Corn Stalks, Methylene Blue, Adsorption Isotherm, and Adsorption Thermodynamic, IR Spectra, SEM

Corn stalks has the potential as a biosorbents in decreasing levels of dyes in waste. This research aims to determine the type of isothermal and thermodynamic adsorption of corn stalks on methylene blue. Furthermore, the morphological and functional groups were characterized using the Scanning Electron Microscopy (SEM) and Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) on the biosorbent corn stalks.

The stages of this research are: (1) Optimization of methylene blue analysis using UV-Vis spectrophotometer, (2) Sample preparation includes demineralization and modification of corn stalks, (3) Determination of isothermal adsorption with variations in concentration of Methylene Blue of 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, and 450 mg/L, (4) Determination of thermodynamic adsorption with temperature variations of 30, 40, 50, and 60 °C, (5) Characterization of corn stalks using FTIR and SEM.

The results showed that the isotherms in this research followed the Langmuir isothermal adsorption type with (R^2) 0,9911 and the adsorption capacity was 40,3226 mg/g. The thermodynamic adsorption showed that methylene blue spontaneously with the value (ΔG°) was -0,8880 kJ/mol, the exothermic process with the value (ΔH°) was -8,912 kJ/mol and there was a decrease in irregularity between the surface adsorbent with adsorbate during the adsorption process with the value (ΔS°) -0,0265 kJ/mol.K. The morphological characterization of the surface corn stalks using SEM showed that unmodified corn stalks has an irregular flake structure. And after modification the corn stalks were thought in the form of fiber, while after adsorption of methylene blue the fiber is more dispersed. The result of the IR spectra analysis showed that after the modification process, a new peak appeared at the wave number 1736 cm⁻¹ indicating a C=O vibration that indicated the presence of an ester group.

المُلْخَص

الألوان ، خير . ٢٠١٩ . متساوي الحرارة والديناميكي الحراري الميثيلين الأزرق باستخدام حامض الستريك ينبع الذرة المعدلة . المشرفة الأولى: أيني بوليانتي ، الماجستير ، المشرفة الثانية: أحمد غنام فشا ، الماجستير ، استشارة: فيبي يوسنياتي ، الماجستير .

الكلمات المفتاحية: سيقان الذرة ، الميلين الأزرق ، الامتياز الحراري ، الامتياز الديناميكي الحراري ، أطیاف الأشعة تحت الحمراء .SEM ،

سيقان النرنة لديه القدرة كمواد حيوية في تقليل مستويات الأصباغ في النفايات. تهدف هذه البحوث إلى تحديد النوع المتساوي من الامتنازر و امتصاص الديناميكا الحرارية لسيقان النرنة على الميشلين الأزرق. بخلاف ذلك، تقيّز المجموعات المورفولوجية (FTIR) والوظيفية باستخدام الفحص الجهرى للمسح الإلكتروني (SEM) و تقنية التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء فوريية (FTIR) على الماكينة الحيوية لسيقان النرنة.

المراحل هذه البحث ما يلي: (١) الاستفادة المثلثى من تحليل الميثيلين الأزرق باستخدام الأشعة فوق البنفسجية الطيفية. (٢) يشمل اعداد العينات إزالة المعادن وتعديل سيقان الذرة (٣) تحديد درجة حرارة الإمتراز عن طريق تغيير تركيز الميثيلين الأزرق ٥٠ ، ١٠٠ ، ١٥٠ ، ٢٠٠ ، ٢٥٠ ، ٣٠٠ ، ٣٥٠ ، و ٤٠٠ ملغم / لتر . (٤) تحديد الديناميكي الحرارية الإمتراز مع التغيرات في درجات الحرارة من ٣٠ ، ٤٠ ، ٥٠ ، و ٦٠ درجة مئوية ، (٥) توصيف سيقان الذرة باستخدام FTIR و SEM.

أظهرت النتائج البحث أن الإيزوثرم في هذه البحث ابعت نوع الامتصاص الحراري الآخر لأنجمويتيحة (R^2) ٩٩١١،٠٠، وتبلغ سعة الامتصاص ٣٢٢٦،٤٠ مجم/جم. تظهر نتائج الامتصاص الديناميكي الحراري أن امتصاص أزرق الميثيلين يحدث تلقائياً وأن القيمة (ΔG°) هي -٠٠،٨٨٨٠ كيلو جول / مول، عملية الامتصاص الطاردة للحرارة والجسديه بقيمة (ΔH°) هي -٠٠،٢٦٥ كيلو جول / مول. ك وانخفضت عدم انتظام بين سطح المادة الماصة مع كتف أثناء عملية الإمتراز بقيمة (ΔS°) -٩١٢،٠٠، كيلو جول / مول. التوصيف المورفولوجي لسطح جذع الذرة باستخدام SEM يدل على أن ذرة الذرة غير المعدلة لديها بنية تقشر غير منتظمة. وبعد تعديل ساق الذرة ، يُعتقد أن لها العديد من المسام وعلى شكل ألياف ، بينما بعد امتصاص الأزرق الميثيلين ، يكون الألياف أكثر تشتتاً. أظهرت نتائج تحليل ألياف الأشعة تحت الحمراء أنه بعد عملية التعديل ، ظهرت ذروة جديدة عند رقم الموجة ١٧٣٦ سم^{-١} مما يدل على اهتزاز C=O الذي يشير إلى وجود مجموعة استر.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna banyak digunakan di industri pencelupan, kertas, percetakan, farmasi, dan kosmetik tekstil dan kulit. Sekitar 10.000 zat warna berbeda dengan berat sekitar 0,7 juta ton diproduksi setiap tahun untuk berbagai proses industri. Sebagian besar zat warna telah diidentifikasi sebagai racun atau bahkan karsinogenik. Pembuangan zat beracun ini ke dalam badan air dapat mencemari air dan tidak layak untuk kehidupan akuatik. Sinar matahari tidak dapat masuk ke dasar perairan yang tercemari limbah zat warna sehingga mengganggu fotosintesis (Mangedong, dkk. 2006).

Methylene blue merupakan salah satu zat jenis warna yang sering digunakan. Zat warna ini memiliki gugus benzene yang menyebabkan senyawa ini sulit untuk didegradasi (Christina, dkk. 2007). Dalam proses pengolahan limbah zat warna methylene blue menjadi perhatian besar dikarenakan senyawanya sulit untuk diuraikan. Senyawa ini dapat berpengaruh pada reproduksi dan juga menyebabkan mutasi genetik karena senyawanya yang bersifat toksik (Hawley dalam Riapanitra, dkk. 2012).

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penghilangan zat warna adalah adsorpsi. Proses adsorpsi menunjukkan kemampuan menempelnya suatu adsorbat pada bahan penjerap. Sehingga proses ini dapat diterapkan dalam pemisahan polutan (Igwe and Abia, 2006). Penggunaan biomassa sebagai

adsorben memiliki kelebihan untuk menghilangkan zat warna dari limbah cair dengan biaya yang rendah (Wen, dkk. 2018).

Batang Jagung merupakan salah satu jenis biomassa yang dapat digunakan sebagai adsorben. Batang jagung (*Zea mays L.*) merupakan komponen terbesar tanaman jagung yang mencapai 83,28 % total berat biomassa. Batang jagung setelah panen mengandung sekitar 45 % selulosa, 25 % hemiselulosa, 15 % lignin dan 15 % komponen lainnya (Yulianti, dkk. 2019). Sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Quran surat Ali Imran ayat 190-191 (Quthb, 2001):

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَآخْتِفِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَتٍ لِّأُولَئِكَ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيمًا وَقُعُودًا وَعَلَى جُنُوبِهِمْ وَيَتَكَبَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْنَا هُدًى بِطِلَاءِ سُبْحَانَكَ فَقَنَّا عَذَابَ النَّارِ (١٩٠-١٩١)

Artinya : “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka."(Ali Imron:190-191).

Menurut Quthb, (2001) menjelaskan bahwa suatu kehidupan seseorang yang selalu memikirkan dan menganalisis, bahwa tiadalah Allah SWT menciptakan alam beserta isinya dengan sia-sia dan batil, yang menciptakan dengan benar dan merupakan kebenaran. Penciptaan langit, bumi dan diantara keduanya tidak sia-sia dan hanya untuk tujuan yang benar. Seperti pemanfaatan batang jagung dapat dimanfaatkan sebagai adsorben limbah zat warna *methylene blue*, hal ini menunjukkan bahwa kebesaran Allah SWT untuk makhluk-Nya yang berfikir.

Kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben dapat ditingkatkan melalui proses demineralisasi. Demineralisasi digunakan dengan tujuan untuk menghilangkan

logam-logam mineral yang tertempel dalam biomassa. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Hendri, (2008), melakukan aktivasi pada cangkang udang untuk mendekomposisi kandungan mineral pada cangkang udang. Pada tahap demineralisasi proses yang terjadi yaitu mineral yang terdapat dalam sampel akan bereaksi dengan HCl sehingga cangkang udang tersebut mengalami pemisahan mineral. Terbentuknya gas CO₂ berupa gelembung udara pada saat sampel ditambahkan larutan HCl menunjukkan terjadinya proses pemisahan mineral (Hendri, 2008),

Selain proses demineralisasi, modifikasi adsorben juga dibutuhkan untuk meningkatkan daya adsorbsinya. Salah satu modifikasi yang dilakukan adalah penambahan asam sitrat yang mampu memperbanyak jumlah gugus aktif. R. Leyva-Ramos, dkk. (2012) telah melaporkan, tongkol jagung yang dimodifikasi dengan asam sitrat sebagai adsorben logam Cd (II). Asam sitrat akan bereaksi dengan selulosa dan meningkatkan situs asam karbosilat. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimal pada modifikasi asam sitrat 1 M sebesar 42,9 mg/g. Penelitian Wen, dkk. (2018) menunjukkan bahwa batang jagung yang telah dimodifikasi dengan asam poliakrilik terhadap *methylene blue* memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 370 mg/g. Wu, dkk. (2017) dalam penelitiannya juga melaporkan bahwa *methylene blue* yang teradsopsi oleh batang jagung setelah dimodifikasi menggunakan epoksikloropropana dan dietilentriamina sebesar 8,75 mg/g.

Ukuran biosorben juga mempengaruhi hasil kapasitas adsorpsi. Pada penelitian R. Leyva-Ramos, dkk. (2012) menggunakan tongkol jagung berukuran ± 10-50 mesh dengan kapasitas adsorpsi logam optimum 42,9 mg/g. Wu, dkk.

(2017) dalam penelitiannya menggunakan batang jagung berukuran \pm 100 mesh mempunyai kapasitas adsorpsi *methylene blue* optimum 8,75 mg/g. Sedangkan Wen, dkk. (2018) menggunakan batang jagung berukuran 5 cm dengan kapasitas adsorpsi optimum 370 mg/g.

Model adsorpsi isotermis Langmuir dan Freundlich sering digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi (Baral, dkk. 2007). Proses adsorpsi akan mengikuti dimana nilai koefisien regresi (R^2) mendekati 1 (Falahiyah, 2015). Wen, dkk. (2018) hasil dari eksperimen menunjukkan representasi data yang baik dengan menggunakan model isotermis Langmuir dengan nilai R^2 adalah 0,995 yang berarti bahwa adsorpsi pada *methylene blue* adalah *monolayer*, permukaan adsorben cenderung homogen dan proses adsorpsi terjadi secara kimia. Untuk mengetahui informasi tentang tipe adsorpsi dan kondisi permukaan adsorben, maka perlu ditetapkan linieritas yang paling tepat untuk kondisi kesetimbangan.

Adapun parameter termodinamika adsorpsi yaitu nilai entalpi (ΔH°), entropi (ΔS°) dan energi bebas Gibbs (ΔG°). Wen, dkk. (2018) proses adsorpsi *methylene blue* optimal pada suhu 30 °C dengan nilai ΔG° adalah -4,956 kJ/mol, $\Delta H^\circ = -21,471$ kJ/mol dan $\Delta S^\circ = -0,054$ kJ/mol.K yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi *methylene blue* berlangsung secara spontan dan eksotermis. Distribusi kation diantara fasa cair dan fasa padat merupakan ukuran posisi keseimbangan dalam proses adsorpsi, dimana sistem adsorpsi tersebut dapat dinyatakan dengan termodinamika yang melibatkan pengukuran panas dan spontanitas reaksi adsorpsi (Mouta and Casagrande, 2008).

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam penelitian ini akan dikaji tentang pola adsorpsi isotermis, termodinamika adsorpsi yang terjadi pada adsorpsi *methylene*

blue terhadap batang jagung termodifikasi asam sitrat dan karakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui perubahan gugus fungsi sebelum dan sesudah dimodifikasi pada permukaan batang jagung dan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben batang jagung.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan diatas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana tipe isotermis adsorpsi dari biosorben batang jagung terhadap *methylene blue*?
2. Bagaimana termodinamika adsorpsi dari biosorben batang jagung terhadap *methylene blue*?
3. Bagaimana karakter morfologi dan gugus fungsi dari biosorben batang jagung menggunakan FTIR dan SEM?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Untuk mempelajari tipe isotermis adsorpsi dari biosorben batang jagung terhadap *methylene blue*
2. Untuk mempelajari termodinamika adsorpsi dari biosorben batang jagung terhadap *methylene blue*
3. Untuk mempelajari karakter morfologi dan gugus fungsi dari biosorben batang jagung menggunakan FTIR dan SEM

1.4 BATASAN MASALAH

Sampel batang jagung yang digunakan yaitu limbah pertanian yang berasal dari Kabupaten Malang.

1.5 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang isotermis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi serta karakteristik dari batang jagung yang sudah termodifikasi asam sitrat dan hasil adsorpsinya terhadap limbah zat warna.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batang Jagung (*Zea mays L.*)

Batang jagung (*Zea mays L.*) merupakan komponen terbesar tanaman jagung yang mencapai 83,28 % total berat biomassa. Batang jagung setelah panen mengandung sekitar 45 % selulosa, 25 % hemiselulosa, 15 % lignin dan 15 % (Yulianti, dkk. 2019). Sedangkan Wu, dkk. (2017) melaporkan bahwa kandungan selulosa pada batang jagung mencapai 78,7 %. Gugus karboksil dalam selulosa berpengaruh penting pada kapasitas adsorpsi batang jagung.

Berbagai penelitian mengatakan bahwa adanya potensi dari limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan. Menurut Wen, dkk. (2018) limbah pertanian terutama batang jagung lebih ekonomis dan ramah lingkungan untuk dijadikan sebagai adsorben karena terdapat banyak kandungan selulosa yang kaya akan gugus hidroksil. Rahmayani dan Siswarni, (2013) menyatakan berbagai hasil dari limbah pertanian yang memiliki kadar selulosa tinggi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif, salah satunya adalah adsorben dari limbah batang jagung (*Zea mays L.*).

Segala sesuatu penciptaan yang ada di langit dan bumi adalah tanda-tanda kebesaran Allah SWT yang telah diberikan pada umat-Nya sebagai rahmat. Sesuatu hal sekecil apapun merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT, seperti tanaman dan tumbuhan yang memiliki berbagai manfaat. Seperti yang dijelaskan Allas SWT dalam firman-Nya Al-Qur'an surat Al An'am ayat 99 (Elkan, 2015):

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَنَا بِهِ نَبَاتٍ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجَنَا مِنْهُ حَضِيرًا أُخْرَجْ مِنْهُ
حَبَّاً مُنَرَّاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعَهَا قَنْوَانٌ دَائِنَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالرَّيْثُونَ وَالرُّمَانَ مُسْتَنْبِهَا
وَغَيْرُ مُنَشَّابِهٖ انْظُرُوا إِلَى ثَمَرَهِ إِذَا أَنْثَرَ وَبَيْنَهُ إِنَّ فِي ذِكْرٍ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ (٩٩)

Artinya : “dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun angur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohnnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.”(Q.S Al An’am: 99).

Beberapa tahun terakhir kebutuhan dalam penggunaan jagung oleh industri pakan telah mencapai 50 % dari total kebutuhan nasional. Untuk 20 tahun kedepan penggunaan jagung sebagai pakan diperkirakan akan terus meningkat hingga mencapai 60 % lebih banyak dari total kebutuhan nasional setelah tahun 2020

(Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2010). Berdasarkan perhitungan Badan Perhitungan Pusat Statistik (BPS) dan Direktorat Jendral Tanaman Pangan melaporkan bahwa selama tahun 2009-2013 rata-rata produksi tanaman jagung di Indonesia telah mencapai 18,3 juta ton pertahun.

2.2 Aktivasi Batang Jagung

Asam klorida (HCl) adalah salah satu aktivator kimia yang digunakan untuk proses demineralisasi. Nurmasari, (2008) melaporkan bahwa demineralisasi pada tandan kosong kelapa sawit yang digunakan untuk mendekomposisi kandungan

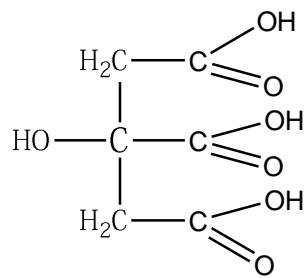
mineral dan mendesorpsi logam-logam yang tertempel pada dinding sel biomasa dilakukan melalui pertukaran ion.

Proses aktivasi secara kimia maupun fisika terhadap adsorben dapat meningkatkan kemampuan penyerapan dari adsorben tersebut (Danarto dan Samun, 2008). Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan bantuan panas dan uap dari CO_2

(Sembiring dan Sinaga, 2003). Sedangkan aktivasi kimia adalah aktivasi dengan penambahan senyawa kimia. Aktivator yang biasa digunakan adalah klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah, hidroksida logam alkali, dan asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 . Pengotor dalam suatu material dapat dilarutkan dengan aktivasi menggunakan larutan asam. Keuntungan aktivasi kimia yaitu tidak memerlukan temperatur tinggi, mendapatkan hasil yang lebih tinggi dan mikropori yang dapat dikontrol (Wu, dkk. 2017).

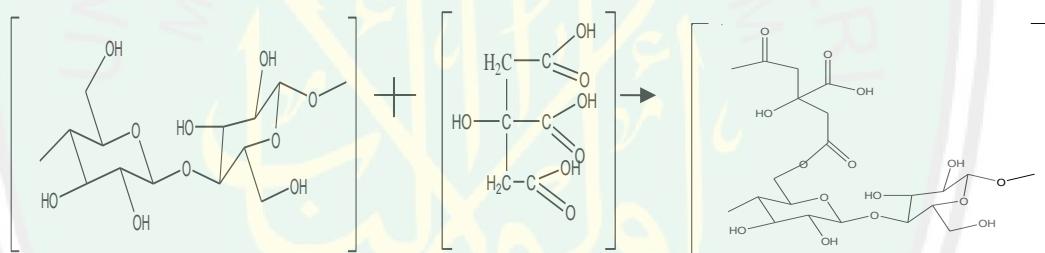
2.3 Asam Sitrat Sebagai Bahan Modifikasi Adsorben

Asam sitrat adalah senyawa karboksilat yang berwujud Kristal putih, berasa masam, dan biasa terkandung dalam buah jeruk serta buah asam lainnya sebagai asam bebas. Asam sitrat memiliki sifat polar yang larut dalam air. Rumus molekul asam sitrat: $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (Fatih, 2008). Asam sitrat adalah asam lemah yang mempunyai tiga gugus asam karboksilat (trikarboksilat). Asam sitrat bisa meningkatkan kapasitas adsorpsi pada adsorben dengan cara membentuk situs karboksilat pada permukaan saat bereaksi dengan selulosa (Vaughan, dkk. 2001).



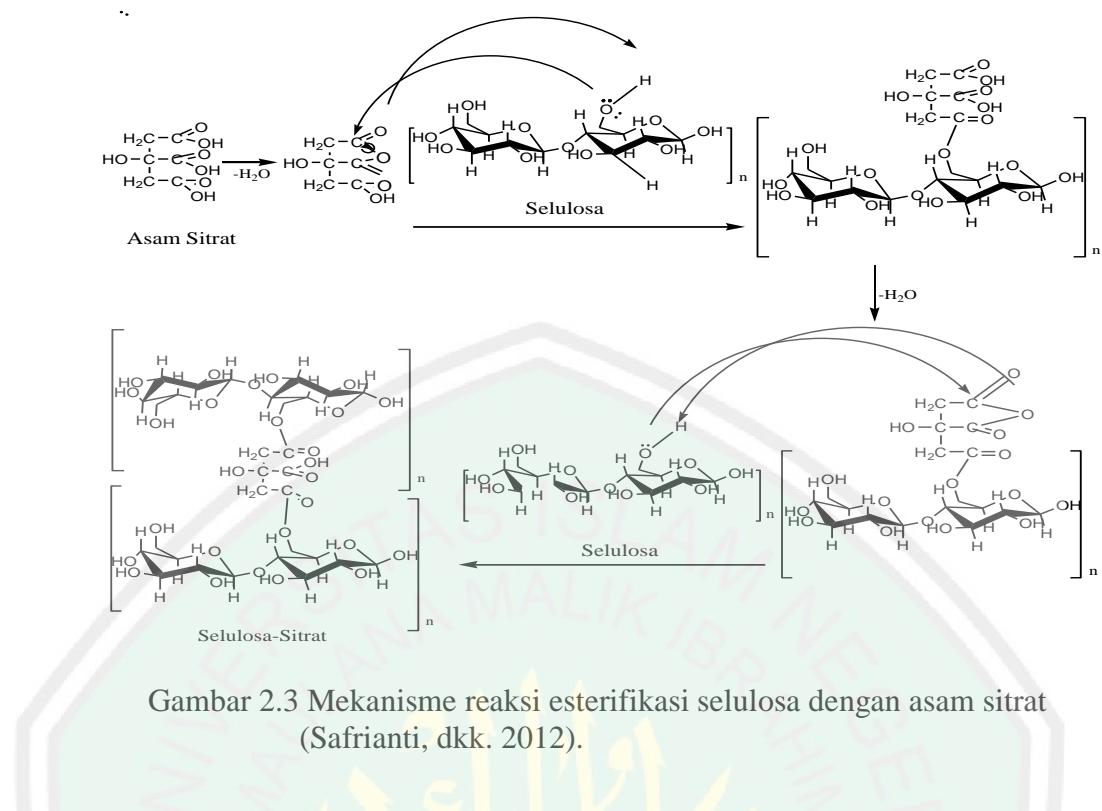
Gambar 2.1 Rumus molekul asam sitrat (Mahbubah, 2016)

Modifikasi batang jagung menggunakan asam sitrat dapat menghasilkan hidroksil dan karboksilat, sementara tidak dijumpai pembentukan gugus lakton (Yulianti et al., 2019). Selama modifikasi kimia setiap molekul asam sitrat terikat selulosa, dua situs karboksilat dimasukkan ke dalam permukaan tongkol (R. Leyva-Ramos, dkk. 2012).



Gambar 2.2 Reaksi selulosa dengan asam sitrat (Sopiah, dkk. 2015).

Mahbubah, (2016) melaporkan bahwa asam sitrat digunakan sebagai bahan modifikasi dalam karakterisasi gugus aktif batang jagung. Reaksi yang terjadi dalam asam sitrat dan selulosa yang ada pada batang jagung merupakan reaksi esterifikasi. Reaksi esterifikasi adalah pengubahan dari asam karboksilat dan alkohol menjadi ester. Hasil penelitiannya menjelaskan bahwa semakin besar konsentrasi asam sitrat yang ada pada batang jagung maka total gugus fungsi akan semakin besar. Jumlah konsentrasi asam sitrat tertinggi adalah 1,5 M dengan nilai gugus fungsi total (karboksil, lakton, dan hidroksil) sebesar 0,783 Eq/g.

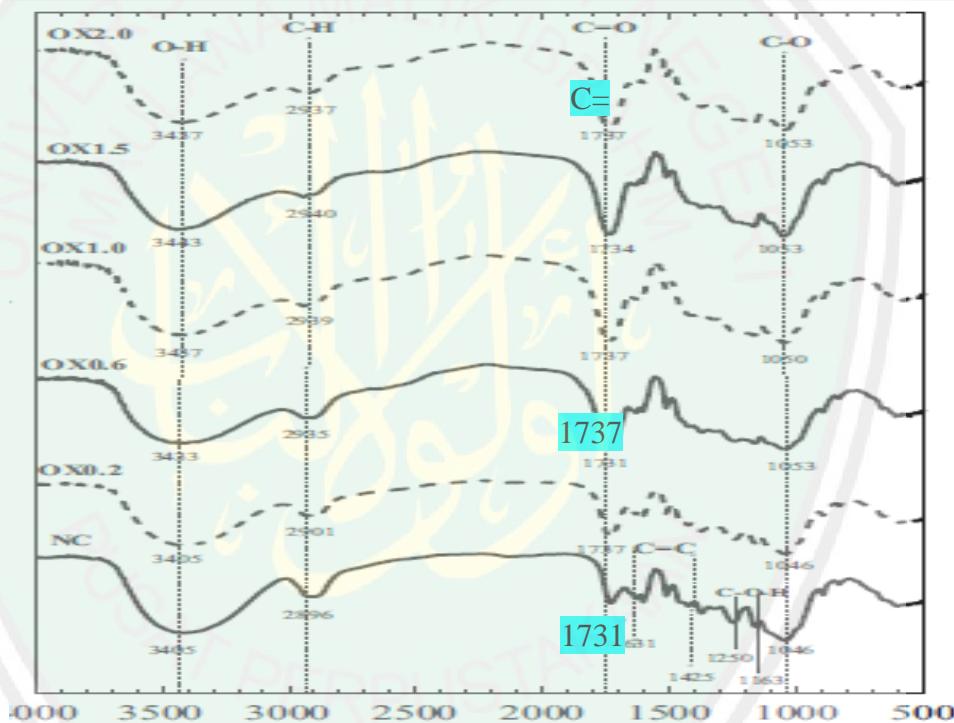


Gambar 2.3 Mekanisme reaksi esterifikasi selulosa dengan asam sitrat
(Safrianti, dkk. 2012).

Teori HSAB (*Hard soft acid base*) menjelaskan bahwa kation yang bersifat asam keras dapat berinteraksi kuat dengan dengan ligan yang bersifat basa keras, sedangkan kation yang bersifat asam lunak dapat berinteraksi kuat dengan ligan basa lunak (Lestari dan Mudasir, 2003). Penurunan kapasitas adsorpsi biomassa sesudah diesterifikasi dapat dijelaskan berdasarkan konsep asam basa keras lunak (ABKL). Pada proses adsorpsi, gugus karboksil dapat terdeprotonasi menjadi gugus karboksilat (-COO-) yang bersifat asam keras, sehingga cenderung kurang suka berikatan dengan Cu²⁺ yang merupakan asam lunak-*borderline* (Yunita, dkk. 2013).

Kapasitas adsorpsi logam menggunakan tongkol jagung murni dan tongkol jagung yang termodifikasi HNO₃ dan asam sitrat sebanding dengan konsentrasi yang dimiliki situs karboksilat pada tongkol jagung (Marshall, W.E., 2001 dalam R. Leyva-Ramos, dkk. 2011). R. Leyva-Ramos, dkk. (2012) melaporkan bahwa

penelitian pada tongkol jagung yang sudah dimodifikasi dengan asam sitrat sebagai adsorben logam Cd (II). Asam sitrat yang bereaksi dengan selulosa dapat meningkatkan situs asam karboksilat. Pada penelitiannya dijelaskan bahwa kapasitas adsorpsi bergantung pada konsentrasi situs karboksilat. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimal yang dimodifikasi asam sitrat 1 M yaitu 42,9 mg/g dengan total situs asam 4,83 meq/g pada pH 7 dan suhu 25 °C. Sedangkan kapasitas adsorpsi tongkol jagung tanpa modifikasi hanya sebesar 1,62 mg/g dengan total situs asam 2,11 meq/g.



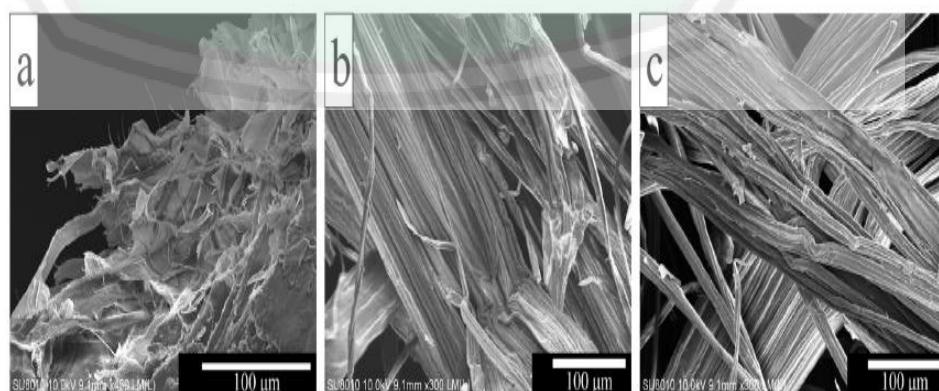
Gambar 2.4 Spektrum inframerah dari batang jagung alami (NC), batang jagung termodifikasi asam sitrat (OX0,2; OX0,6; OX1,0; OX1,5; dan OX2,0) (R. Leyva-Ramos, dkk. 2012)

Reaksi antara asam sitrat dan tongkol jagung dapat menyebabkan peningkatan intensitas pita gugus karbonil ester yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, hal ini dikarenakan adanya peningkatan jumlah -COO di tongkol jagung

sesudah dimodifikasi. Pita ini terletak pada rentang 1731-1737 cm⁻¹ meningkat drastis ketika konsentrasi asam sitrat adalah 0,6 M. Perlakuan dengan konsentrasi asam sitrat yang lebih besar dari 0,6 M, menunjukkan bahwa peningkatan intensitas pita sangat lambat. Total situs asam maksimum pada konsentrasi asam sitrat adalah 1,0 M. Hasil ini menunjukkan bahwa situs karboksilat terikat pada tongkol jagung selama proses modifikasi dengan asam sitrat (R. Leyva-Ramos, dkk 2012).

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah instrumen yang biasa digunakan untuk mengamati morfologi permukaan suatu materi dengan memanfaatkan berkas elektron. Morfologi dari suatu sampel dapat dilihat dari tiga sisi diantaranya permukaan atas, permukaan samping, dan permukaan ruang dalam. (Permanasari, dkk. 2010).

Pada penelitian Wen, dkk. (2018) hasil SEM pada gambar 2.5 adsorben batang jagung strukturnya mirip serpihan, karena serat selulosa dihubungkan oleh lignin, hemiselulosa dan pektin, sedangkan hasil dari batang jagung yang telah diaktivasi, batang jagung menjadi berserat karena penghilangan sebagian pengotor dan mineral yang terikat pada dinding sel biomassa.



Gambar 2.5 Karakterisasi morfologi: Hasil SEM batang jagung (a), Serat batang jagung (b) dan CSF-g-PAA (c) (Wen, dkk. 2018)

2.4 Batang Jagung Sebagai Adsorben *Methylene Blue*

Methylene blue adalah salah satu zat warna yang sering digunakan karena mudah diperoleh dan harga terjangkau. Zat warna berperan penting sebagai warna dasar dalam proses pewarnaan di industri kulit, kain katun, dan kain mori. Dalam penggunaan *methylene blue* dapat menimbulkan adanya beberapa efek seperti iritasi jika tersentuh kulit, iritasi saluran pencernaan jika tertelan, dan menimbulkan sianosis jika terhirup (Hamdaoui dan Chiha, 2006). Al-Qur'an menegaskan bahwa air adalah sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup yang ada di muka bumi ini, sebagaimana Allah SWT dalam firmanNya Al-Qur'an surat Al Anbiya ayat 30:

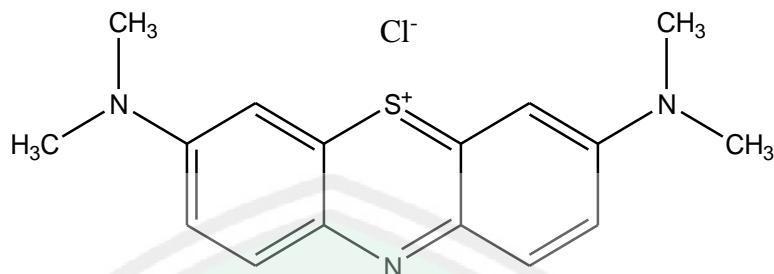
أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَبْقًا فَنَفَقْنَا هُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ
حَسْنَىٰ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ (٣٠)

Artinya : “Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman?” (Q.S. Al Anbiya': 30).

Allah SWT menciptakan bumi dan segala isinya serta segala macam yang berhubungan dengannya, berupa lingkungan yang alami bagi manusia, dalam keadaan bersih dari segala kotoran dan terhindar dari segala pencemaran, seimbang dan tidak ada kepincangannya di sana, layak bagi kehidupan manusia untuk menjalankan tugasnya (Qardhawi, 2002).

Methylene blue memiliki rumus molekul $C_{16}H_{18}ClN_3S$ memiliki berat molekul 319,91 gram/mol, berwarna hijau tua, tidak berbau, stabil dalam udara, dan mudah larut dalam air (larutannya berwarna biru tua), kloroform, dan

alkohol. Suhu optimal pada penyerapan *methylene blue* yaitu 30 °C (Wen, dkk. 2018).



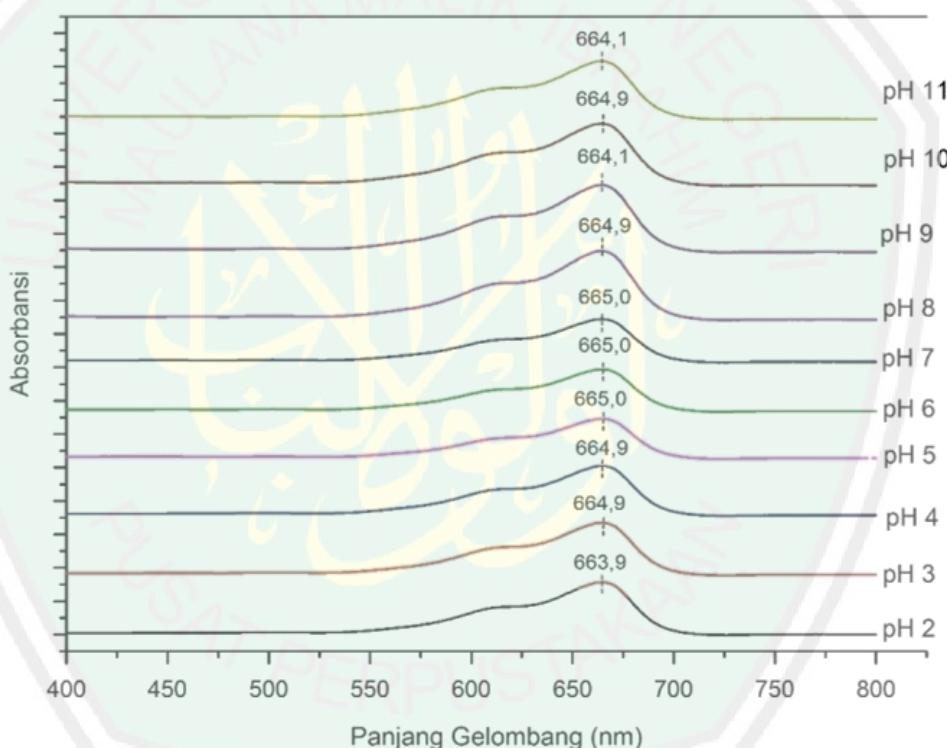
Gambar 2.6 Struktur *Methylene Blue* (Falahiyah, 2015)

Methylene blue memiliki warna komplementer berupa warna biru dengan spektrum cahaya pada panjang gelombang daerah *visible* yaitu pada rentang 500-700 nm, sehingga penentuan panjang gelombang maksimum itu digunakan *range* pada panjang gelombang tersebut (Day dan Underwood, 2002). Pada penelitian Pujiana (2014) melaporkan bahwa pengukuran absorbansi *methylene blue* dilakukan pada panjang gelombang 665 nm dan tidak jauh beda dengan penelitian Andriko (2011) melakukan pengukuran pada panjang gelombang 664 nm menggunakan UV-Vis, hal ini sesuai dengan puncak serapan maksimum *methylene blue*.

Batang jagung dapat digunakan sebagai adsorben karena sifatnya ramah lingkungan. Batang jagung memiliki kandungan selulosa sebesar 36,9 – 41,43 % (Wang, dkk. 2016). Selulosa memiliki banyak hidroksil yang mana terdapat reaksi kimia yang terjadi pada selulosa. Wen, dkk. (2018), melaporkan bahwa batang jagung yang termodifikasi asam poliakrilik dapat digunakan untuk mengadsorpsi *methylene blue*. Proses adsorpsi *methylene blue* termasuk dalam jenis adsorpsi kimia dimana terjadi *ion-exchange* dengan adsorben.

Methylene blue adalah salah satu parameter untuk mengetahui kemampuan dari suatu adsorben dalam menyerap molekul berukuran besar. Tingginya daya serap terhadap *methylene blue* menggambarkan bahwa molekul yang terserap oleh adsorben berukuran 15 Å. Pengujian pada *methylene blue* menunjukkan jumlah relatif makropori yang terdapat pada adsorben (Saragih, 2008).

Optimasi pengukuran *methylene blue* dilakukan dengan variasi pH 2-11. Variasi pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH *methylene blue* dalam penentuan panjang gelombang maksimum.



Gambar 2.7 Grafik panjang gelombang *methylene blue* variasi pH 2-11
(Irviyanti, 2019)

Gambar 2.7 menjelaskan bahwa panjang gelombang *methylene blue* pada rentang pH 2-11 tidak berubah secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pada struktur *methylene blue* tidak terlalu terpengaruh oleh perubahan pH. Variasi pH 7 dipilih sebagai pH optimum yang tidak jauh dari pH 6 *methylene blue*.

2.5 Isotermis Adsorpsi

Isotermis adsorpsi adalah hubungan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada temperatur tertentu (Herawati, 2009). Proses penyerapan suatu adsorben dipengaruhi banyak faktor dan juga memiliki pola isotermis adsorpsi tertentu yang spesifik. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi antara lain yaitu jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi dan suhu. Oleh karena faktor-faktor tersebut maka setiap adsorben yang menyerap suatu zat satu dengan zat lain tidak akan mempunyai pola isotermis adsorpsi yang sama (Handayani dan Sulistiyono, 2009).

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap oleh permukaan disebut adsorbat dan zat yang menyerap adsorbat disebut adsorben (Atkins, 1999). Model adsorpsi yang sering digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi adalah isotermis Langmuir dan Freundlich (Baral, dkk. 2007).

1. Isotermis Langmuir

Isotermis adsorpsi Langmuir memiliki asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang homogen. Setiap molekul adsorben hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat (*monolayer*). Teori isotermis Langmuir ini juga berlaku untuk adsorpsi kimia yaitu membentuk lapisan *monolayer* (Perez-Marin, dkk. 2007). Isotermis Langmuir ditentukan dengan mengikuti persamaan 2.1:

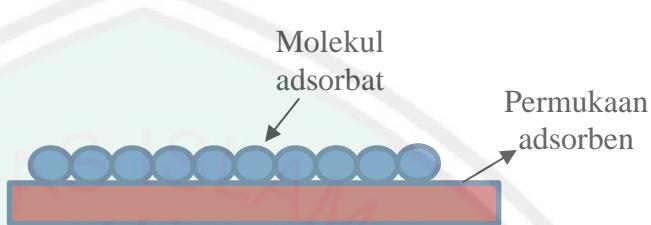
Keterangan:

Q_e = banyaknya zat yang terserap pada saat kesetimbangan (mg/g)

C_e = konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L)

X_m = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

K = Konstanta Langmuir (L/mol)



Gambar 2.8 Permukaan adsorben membentuk lapisan *Monolayer* (Handayani dan Sulistiyono, 2009)

2. Isotermis Freundlich

Isotermis adsorpsi Freundlich memiliki asumsi bahwa mempunyai permukaan yang heterogen. Setiap molekul adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda (*multilayer*). Asumsi isotermis Freundlich ini berlaku untuk adsorpsi fisika yaitu membentuk lapisan *multilayer* (Kumar, dkk. 2013). Isotermis Freundlich ditentukan dengan mengikuti persamaan 2.2:

$$q_{e\pm} = K_F C_e^{-1/n} \dots \quad (2.2)$$

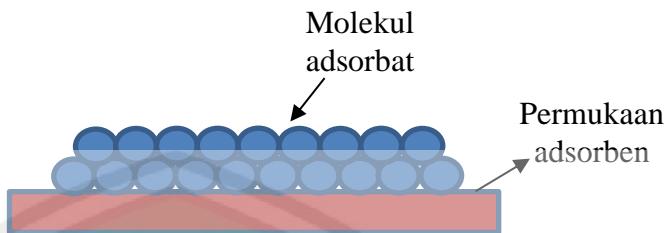
Keterangan:

Q_e = banyaknya zat yang terserap pada saat kesetimbangan (mg/g)

C_e = konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L)

K_f = Konstanta Freundlich (L/mol)

n = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)



Gambar 2.9 Permukaan adsorben membentuk lapisan *multilayer* (Zahroh, 2010)

Dalam penelitian Abubakar dan Batagarawa, (2018) *methylene blue* yang teradsorb pada batang jagung mengikuti model isotermis freundlich dengan nilai R^2 adalah 0,998 hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi pada *methylene blue* adalah *multilayer*, permukaan adsorben cenderung heterogen dan proses adsorpsi terjadi secara fisika.

Sedangkan pada penelitian Wen, dkk. (2018) hasil dari eksperimen menunjukkan representasi data yang baik dengan menggunakan model isotermis Langmuir dengan nilai R^2 adalah 0,995 yang berarti bahwa adsorpsi pada *methylene blue* adalah *monolayer*, permukaan adsorben cenderung homogen dan proses adsorpsi terjadi secara kimia.

2.6 Kajian Termodinamika

Studi termodinamika digunakan untuk memprediksi spontanitas dan sifat interaksi adsorben / pewarna pada kondisi kesetimbangan. Termodinamika memberikan informasi tentang kisaran suhu di mana adsorpsi menguntungkan atau tidak menguntungkan (Foletto, dkk. 2016). Termodinamika melibatkan pengukuran panas dan spontanitas reaksi adsorpsi (Mouta and Casagrande, 2008).

Adapun parameter termodinamika adsorpsi yaitu nilai entalpi (ΔH°), entropi (ΔS°) dan energi bebas Gibbs (ΔG°). Nilai entalpi (ΔH°) menunjukkan proses adsorpsi berjalan endotermis atau eksotermis. Nilai entropi (ΔS°) menunjukkan derajat ketidakteraturan pada antarmuka adsorben dan adsorbat selama proses adsorpsi (Zarrouk, dkk. 2011), sedangkan nilai energi bebas Gibbs (ΔG°) menunjukkan spontanitas suatu reaksi. Ngah and Hanafiah, (2008) menyebutkan rentang entalpi 40-120 kJ/mol merupakan proses endotermis, sedangkan entalpi di bawahnya adalah eksotermis. Parameter termodinamika adsorpsi yaitu nilai entalpi (ΔH°), entropi (ΔS°) dan energi bebas Gibbs (ΔG°) dapat dihitung dengan persamaan (Wen, dkk. 2017):

Keterangan:

ΔG° = Energi bebas Gibbs (kJ/mol)

ΔH° = Perubahan entalpi (kJ/mol)

ΔS° = Perubahan entropi (kJ/mol.K)

$C_{ad,e}$ = Jumlah MB teradsorpsi pada kesetimbangan (mg)

C_0 = Konsentrasi awal adsorbat (mg/L)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

K = Konstanta adsorpsi

$$T = \text{Suhu (K)}$$

R = Konstanta gas (8.314 J/mol.K)

Wen, dkk. (2018) proses adsorpsi *methylene blue* optimal pada suhu 30 °C dengan nilai ΔG° adalah -4,956 kJ/mol, $\Delta H^\circ = -21,471$ kJ/mol dan $\Delta S^\circ = -0,054$ kJ/mol.K yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi *methylene blue* berlangsung secara spontan dan eksotermis.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2018 sampai bulan Desember 2018 di Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat alat gelas laboratorium, kertas saring, timbangan analitik, pH-meter, wadah plastik, ayakan 100 dan 200 mesh, oven, *magnetic stirer*, *hot plate*, *shaker*, Spektrofotometer UV-Vis, seperangkat alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

3.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah batang jagung kering dari pertanian di Kabupaten Malang, asam sitrat 1 M, Asam Klorida (HCl) 0,1 M, AgNO₃, NaOH, zat warna *methylene blue* dan aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan penelitian eksperimental di laboratorium. Penentuan panjang gelombang maksimum *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-700 nm, selanjutnya

dilakukan penentuan kurva baku *methylene blue* dengan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Hasil absorbansi dan regresi yang didapat digunakan untuk menentukan konsentrasi *methylene blue*.

Sampel batang jagung kering dicuci bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Batang jagung kering dipotong-potong dan dihaluskan dengan penggilingan kemudian diayak dengan ukuran ±100-200 mesh. Kemudian sampel batang jagung didemineralisasi dengan larutan HCl 0,1 M selama 24 jam. Setelah itu dicuci dengan aquades hingga bebas dari ion Cl⁻ dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Selanjutnya biosorben batang jagung direndam dalam larutan asam sitrat 1 M dan dipanaskan. Setelah itu dibiarkan dingin sampai suhu kamar dan disaring. Kemudian sampel batang jagung dikeringkan dalam oven dan selanjutnya dibiarkan dingin sampai suhu kamar. Kemudian sampel batang jagung dikeringkan dalam oven dan selanjutnya dibiarkan dingin. Batang jagung yang telah dimodifikasi dicuci menggunakan aquades sampai pH netral. Selanjutnya batang jagung dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C sampai berat konstan.

Batang jagung yang telah dimodifikasi dengan asam sitrat dilakukan penentuan isotermis adsorpsi dengan variasi konsentrasi *methylene blue* 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 450 mg/L dan dimasukkan batang jagung. Sampel ditutup dengan penyumbat, kemudian dishaker 120 rpm disaring dan diukur absorbansinya. Selanjutnya dilakukan penentuan termodinamika adsorpsi dengan variasi suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C dan 60 °C kemudian dishaker dan disaring, selanjutnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis. Hasil sampel batang jagung dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Optimasi analisis *methylene blue* menggunakan spektrofotometer UV-Vis
2. Preparasi batang jagung meliputi demineralisasi biosorben batang jagung menggunakan HCl 0,1 M dan modifikasi biosorben batang jagung dengan menggunakan asam sitrat 1 M
3. Penentuan isotermis adsorpsi biosorben batang jagung terhadap *methylene blue*
4. Penentuan termodinamika adsorpsi biosorben batang jagung terhadap *methylene blue*
5. Karakterisasi biosorben batang jagung menggunakan FTIR dan SEM

3.5 Cara Kerja

3.5.1 Optimasi Analisis *Methylene Blue* Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

3.5.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum *Methylene Blue*

Larutan *methylene blue* sebanyak 5 ppm ditentukan pH-nya menjadi pH 7 dan dimasukkan dalam kuvet, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-700 nm dan dicatat panjang gelombang maksimumnya.

3.5.1.2 Pembuatan Kurva Standar *Methylene Blue*

Larutan baku *methylene blue* dibuat seri dengan konsentrasi 0,7, 1,4, 2,8, 4,2 dan 5,6 ppm dalam labu ukur 100 mL, dikondisikan pH-nya menjadi pH 7 dengan penambahan HCl dan NaOH sebelum larutan ditandabataskan. Selanjutnya larutan dimasukkan dalam kuvet dan diukur absorbansi masing-

masing larutan pada panjang gelombang optimum dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, kemudian dibuat kurva standar dengan sumbu x menyatakan konsentrasi dan sumbu y menyatakan absorbansi. Maka akan diperoleh persamaan garis $y = ax+b$.

3.5.2 Preparasi Sampel Batang Jagung

Sampel batang jagung kering dicuci bersih kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga mengering. Batang jagung kering dipotong-potong dan dihaluskan dengan penggilingan kemudian diayak dengan ukuran $\pm 100-200$ mesh.

3.5.2.1 Demineralisasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan HCl 0,1 M (Nurmasari, 2008)

Sampel batang jagung berukuran $\pm 100-200$ mesh diambil 40 gram dan direndam menggunakan HCl 0,1M 300 mL selama 24 jam. Setelah itu dicuci dengan aquades hingga bebas dari ion Cl^- keberadaan ion Cl^- dapat dideteksi dengan penambahan AgNO_3 pada air pencucian batang jagung yang membentuk endapan putih AgCl . Jika pada air pencuci tidak terbentuk endapan putih lagi maka batang jagung sudah bersih dari ion Cl^- . Selanjutnya padatan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam.

3.5.2.2 Modifikasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat (R. Leyva-Ramos, dkk. 2012)

Biosorben batang jagung diambil 40 gram dan direndam dalam 300 mL larutan asam sitrat 1 M dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu 60 °C. Setelah itu dibiarkan dingin sampai suhu kamar dan disaring. Kemudian sampel batang jagung dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 24 jam. Suhu dinaikkan

sampai 120 °C selama 3 jam dan selanjutnya dibiarkan dingin sampai suhu kamar. Batang jagung yang telah dimodifikasi dicuci beberapa kali menggunakan aquades sampai pH netral. Selanjutnya batang jagung dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C sampai berat konstan.

3.5.3 Penentuan Isotermis Adsorpsi Biosorben Batang Jagung Terhadap *Methylene Blue* (Wen, dkk. 2018)

Disiapkan larutan masing-masing 100 mL larutan *methylene blue* dengan variasi konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 450 mg/L dengan pH 7 dalam 8 buah erlenmeyer 250 mL. Kemudian dimasukkan batang jagung 500 mg. Sampel ditutup dengan penyumbat, kemudian dishaker 120 rpm dengan suhu 30 °C selama 18 jam, disaring dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis. Percobaan diulang sebanyak 3 kali.

3.5.4 Penentuan Termodinamika Adsorpsi Biosorben Batang Jagung Terhadap *Methylene Blue* (Wen, dkk. 2018)

Disiapkan larutan masing-masing 100 mL larutan *methylene blue* 350 mg/L dalam 4 buah erlenmeyer 250 mL. Ditambahkan adsorben batang jagung 500 mg dan ditutup dengan penyumbat. Kemudian dishaker dengan kecepatan 120 rpm selama 4 jam dan masing masing larutan dilakukan dengan variasi suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C dan 60 °C. Kemudian disaring dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis. Percobaan diulang sebanyak 3 kali.

3.5.5 Karakterisasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dan Scanning Electron Microscopy (SEM)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada sampel batang jagung. Preparasi sampel batang jagung dilakukan dengan menggunakan pelet KBr, yakni dengan mengambil 1-10 mg sampel dihaluskan dan dicampur dengan 100 mg KBr kemudian dicetak menjadi cakram tipis atau disebut pelet lalu dianalisis. Dalam penelitian ini sampel yang akan dikarakterisasi dengan FTIR adalah sampel batang jagung sebelum dan setelah dimodifikasi dengan asam sitrat 1 M.

Tabel 3.1 Karakterisasi menggunakan FTIR

Jenis Sampel	Jumlah
Batang jagung sebelum dimodifikasi	1 sampel
Batang jagung setelah demineralisasi	1 sampel
Batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M	1 sampel
Batang jagung setelah adsorpsi <i>methylene blue</i>	1 sampel

Karakterisasi menggunakan SEM dilakukan pada sampel batang jagung sebelum dimodifikasi, termodifikasi asam sitrat 1 M dan setelah adsorpsi *methylene blue*. Sampel ditempatkan pada *sample holder*, selanjutnya *sample holder* ditambahkan pelapis sampel dan diletakkan pada instrument SEM dan dilakukan pengamatan dengan perbesaran 600-3.000 kali.

Tabel 3.2 Karakterisasi menggunakan SEM

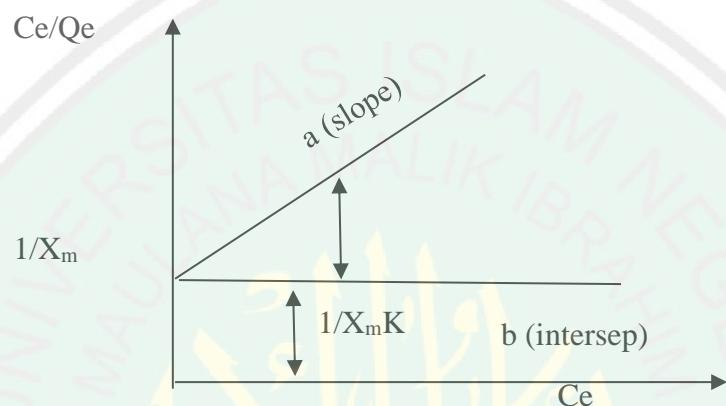
Jenis Sampel	Jumlah
Batang jagung sebelum dimodifikasi	1 sampel
Batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M	1 sampel
Batang jagung setelah adsorpsi <i>methylene blue</i>	1 sampel

3.6 Analisis Data

3.6.1 Penentuan Persamaan Isotermis Adsorpsi (Adamson, 1990)

Data yang digunakan untuk menentukan persamaan isotermis adsorpsi diperoleh analisis spektrofotometer UV-Vis larutan *methylene blue*. Isotermis

adsorpsi *methylene blue* pada batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M diduga memiliki salah satu persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Persamaan isotermis adsorpsi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan regresi linier isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara C_e dengan C_e/Q_e . Seperti pada gambar 3.1 berikut (Adamson, 1990) :



Gambar 3.1 Grafik Persamaan isotermis Langmuir (Adamson, 1990)

Jumlah *methylene blue* yang terserap oleh batang jagung dapat diperoleh dengan persamaan berikut (Anbari dan Ghaffari, 2010):

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{W} \quad \dots \dots \dots \quad (3.1)$$

Keterangan:

Q_e = Banyaknya zat yang terserap pada saat kesetimbangan (mg/g)

C_0 = Konsentrasi awal adsorbat (mg/L)

C_e = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L)

V = Volume (L)

W = Berat adsorben (g)

Persamaan isotermis Langmuir:

Keterangan:

Q_e = Banyaknya zat yang terserap pada saat kesetimbangan (mg/g)

C_e = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L)

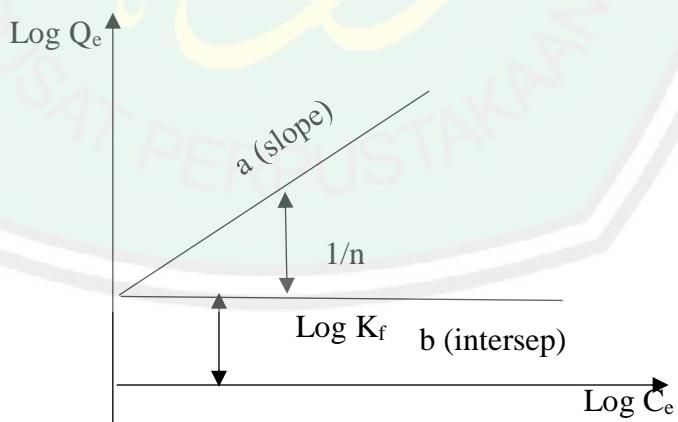
X_m = Kapasitas Adsorpsi maksimum (mg/g)

K = Konstanta Langmuir (L/mol)

Persamaan diatas dapat dilinierkan menjadi:

Berdasarkan grafik persamaan isotermis Langmuir pada Gambar 3.1 dengan sumbu x= C_e dan sumbu y= C_e/Q_e maka didapatkan sebuah persamaan garis $y = ax + b$ dengan a (slope)= $\frac{1}{X_m}$ dan b (intersep)= $\frac{1}{X_m K}$.

Persamaan isotermis Freundlich dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara $\log C_e$ dan $\log Q_e$ seperti pada gambar 3.2 (Adamson, 1990):



Gambar 3.2 Grafik persamaan isotermis Freundlich (Adamson, 1990)

Persamaan isotermis Freundlich:

Keterangan:

Q_e = Banyaknya zat yang terserap pada saat kesetimbangan (mg/g)

C_e = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L)

K_f = Konstanta Freundlich (L/mol)

n = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

persamaan 3.4 diatas dapat diliinearakan dengan mengambil bentuk logaritmanya, yaitu:

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \dots \quad (3.5)$$

Berdasarkan grafik persamaan isotermis Freundlich pada Gambar 3.2 dengan sumbu $x = \log C_e$ dan sumbu $y = \log Q_e$ maka didapatkan sebuah persamaan garis $y = ax + b$ dengan a (slope) = $\frac{1}{n}$ dan b (intersep) = $\log K_f$.

Hasil persamaan garis $y=ax+b$ dari persamaan isotermis Langmuir dan persamaan isotermis freundlich dapat diketahui besarnya nilai R^2 (koefisien regresi linier). Apabila nilai R^2 mendekati 1 maka adsorpsi isotermis *methylene blue* terhadap batang jagung termodifikasi asam sitrat sesuai dengan persamaan isotermis Langmuir atau persamaan isotermis Freundlich yang mempunyai nilai R^2 mendekati 1.

3.6.2 Penentuan Termodinamika Adsorpsi

Data yang digunakan untuk menentukan persamaan termodinamika adsorpsi diperoleh dari analisis spektrofotometer UV-Vis larutan *methylene blue*. Nilai ΔG° dapat diketahui dengan persamaan berikut (Wen, dkk. 2018):

$$K_0 = \frac{c_{ad, e}}{c_e} = \frac{c_0 - c_e}{c_e} \quad \dots \dots \dots \quad (3.6)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T \Delta S \dots \quad (3.8)$$

Keterangan:

ΔG° = Energi bebas Gibbs (kJ/mol)

ΔH° = Perubahan entalpi (kJ/mol)

ΔS° = Perubahan entropi (kJ/mol.K)

K_0 = Konstanta kesetimbangan termodinamika

$C_{ad,e}$ = Jumlah *methylene blue* teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/L)

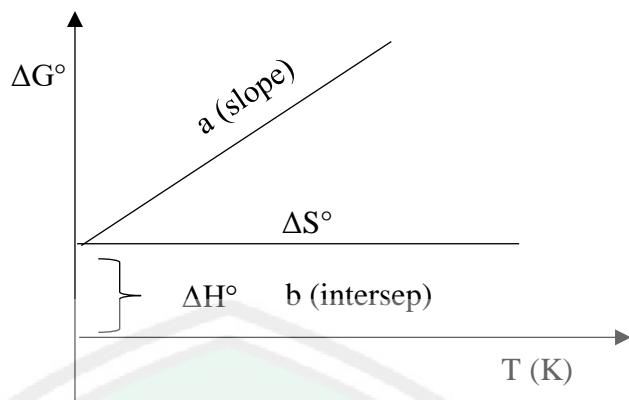
C_0 = Konsentrasi awal adsorbat (mg/L)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

$$T = \text{Suhu (K)}$$

R = Konstanta gas (8.314 J/mol.K)

Persamaan termodinamika adsorpsi dapat diperoleh dengan membuat plot atau hubungan antara ΔG° dan T dengan sumbu x= T dan sumbu y= ΔG° . Berdasarkan grafik persamaan termodinamika adsorpsi pada gambar 3.3 maka didapatkan sebuah persamaan garis $y= ax+b$ dengan a (slope)= ΔS° dan b (intersep)= ΔH° .



Gambar 3.3 Grafik persamaan termodinamika adsorpsi (Wen, dkk. 2018)



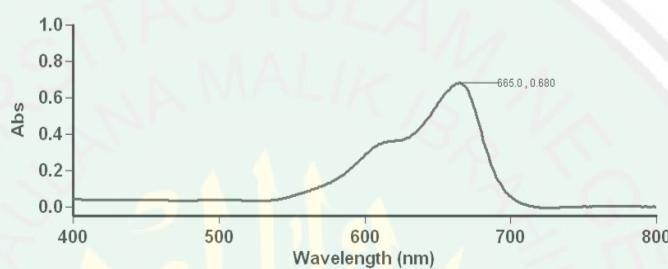
BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Optimasi Analisis *Methyelene Blue* Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum *Methylene Blue*

Penentuan panjang gelombang *methylene blue* dilakukan pada pH 7 sebagai pH optimum dengan panjang gelombang 665,0 nm (Irviyanti, 2019).

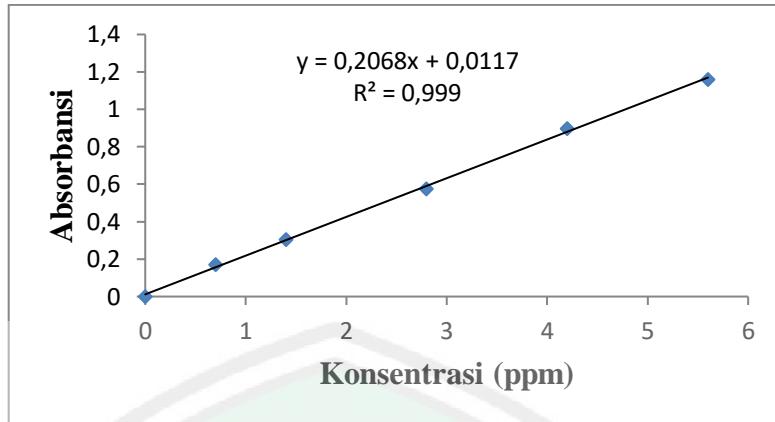


Gambar 4.1 Panjang gelombang optimum *methylene blue* pada pH 7
(Irviyanti, 2019)

Gambar 4.1 menjelaskan bahwa penentuan panjang gelombang *methylene blue* pada pH 7 yaitu 665,0 nm dengan absorbansi 0,680. Berdasarkan hasil penentuan panjang gelombang *methylene blue* ini maka dilakukan pengukuran pada setiap sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665,0 nm dengan pengaturan pH pada larutan sampel pH 7.

4.1.2 Pembuatan Kurva Standar *Methylene Blue*

Pembuatan kurva baku dilakukan untuk membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi *methylene blue*. Variasi konsentrasi *methylene blue* yang digunakan yaitu 0; 0,7; 1,4; 2,8; 4,2; dan 5,6 ppm



Gambar 4.2 Kurva Standar *methylene blue*

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi *methylene blue* maka nilai absorbansinya semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan hukum *Lambert-Beer* bahwa intensitas diteruskan oleh zat penyerap berbanding lurus dengan konserasi suatu larutan. Dari kurva baku tersebut diperoleh persamaan regresi linear yaitu $0,2068x + 0,0117$ dengan $R^2= 0,999$ dimana y merupakan absorbansi dan x adalah konsentrasi *methylene blue*. Persamaan regresi linear yang digunakan untuk menentukan konsentrasi *methylene blue* sebelum dan sesudah adsorpsi.

4.2 Preparasi Demineralisasi dan Modifikasi Batang Jagung

Preparasi batang jagung dilakukan untuk proses persiapan batang jagung supaya layak digunakan sebagai adsorben. Preparasi yang dilakukan meliputi pengeringan, penggilingan dan pengayakan.

Demineralisasi bertujuan menghilangkan mineral-mineral yang dapat mengganggu saat proses adsorpsi dan mampu menghidrolisis hemiselulosa yang terkandung pada batang jagung. Hasil demineralisasi sampel batang jagung 30,404 gram dari berat awal 39,965 gram. Hal ini terjadi diduga karena adanya

mineral alami yang mengalami penurunan dan peningkatan persentase (Royana, dkk. 2016). Hasil karakterisasi instrumen XRF disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kandungan unsur dalam batang jagung alami dan batang jagung teraktivasi HCl 0,1 M menggunakan XRF

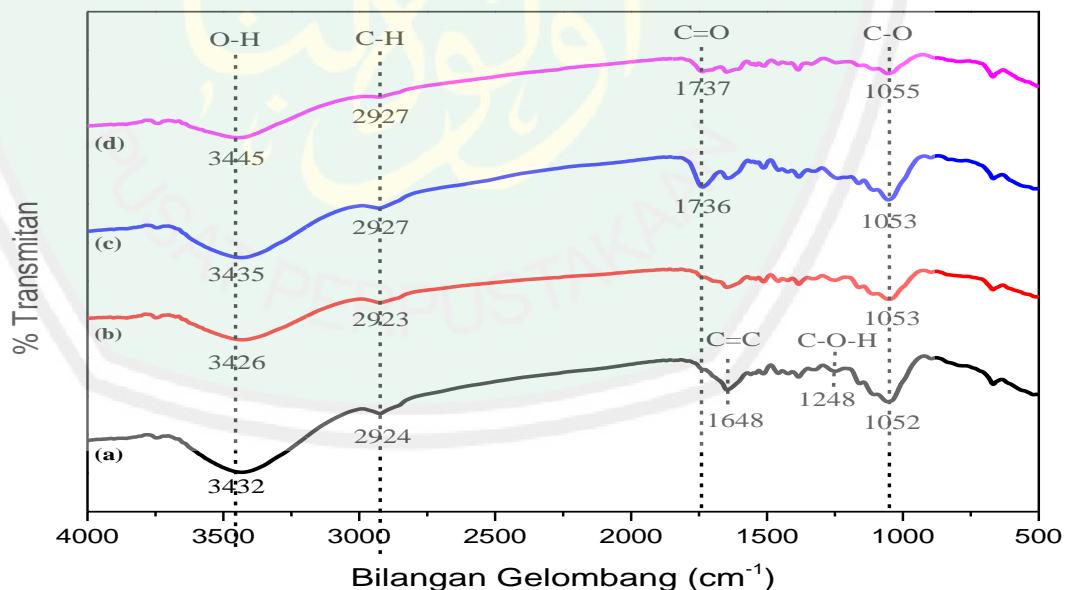
Senyawa	Berat (%)	
	Batang Jagung Alami	Batang Jagung Teraktivasi HCl 0,1 M
Si	7,4	59
P	1,6	15
K	87,9	2,4
Fe	1,8	3,8
Cu	0,86	2,6
Rb	0,32	-
Zr	0,03	0,1
Mn	-	0,84
Ca	-	11
Hf	-	5,2
Total	99,91	99,94

Berdasarkan Tabel 4.1 tersebut unsur paling banyak terkandung dalam batang jagung yaitu unsur K. Kandungan Si, P, Fe, dan Cu telah mengalami peningkatan persentase sesudah batang jagung didemineralisasi menggunakan HCl 0,1 M. Hal ini terjadi dikarenakan unsur lain dalam batang jagung mengalami penurunan presentase. Seperti unsur K yang mengalami penurunan persentase sesudah didemineralisasi dengan HCl 0,1 M.

Batang jagung yang telah didemineralisasi selanjutnya dimodifikasi dengan asam sitrat untuk menambah gugus aktif seperti gugus hidroksil dan karbonil yang berperan penting dalam proses adsorpsi. Zheng, (2016) menyatakan bahwa gugus hidroksil dalam selulosa pada batang jagung mempunyai peran penting dalam proses adsorpsi. Kapasitas adsorpsi *methylene blue* pada batang jagung dapat ditingkatkan melalui reaksi esterifikasi antara selulosa dengan asam sitrat.

Pemaksimalan reaksi esterifikasi antara selulosa pada batang jagung dengan asam sitrat perlu dilakukan proses pemanasan. Pada penelitian R. Leyva-Ramos, dkk. (2012) melaporkan bahwa asam sitrat yang mengalami dehidrasi pertama karena proses pemanasan diubah menjadi anhidrat reaktif yang dapat bereaksi dengan gugus hidroksil dalam selulosa yang kemudian terbentuk ester. Batang jagung dikeringkan dalam oven bertujuan untuk mengurangi kandungan air pada sampel.

Situs aktif yang berperan penting dalam proses adsorpsi diantaranya yaitu gugus karbonil dan hidroksil. Gugus-gugus yang terbentuk pada proses modifikasi dan gugus yang berperan penting dalam proses adsorpsi dapat diketahui melalui karakterisasi batang jagung menggunakan FTIR.



Gambar 4.3 Spektra IR Batang Jagung (a) Alami, (b) Demineralisasi, (c) Modifikasi, (d) Adsorpsi *Methyelene Blue*

Tabel 4.2 Interpretasi Spektra IR

Gugus	Bilangan Gelombang (cm^{-1})			
	Batang jagung (alami)	Batang jagung (demineralisasi)	Batang jagung (modifikasi)	Batang jagung (adsorpsi)
O-H	3432	3426	3435	3445
C-H	2924	2923	2927	2927
C=C	1648	1648	1646	1648
C-O-H	1248	1250	1250	1245
C=O	-	-	1736	1737
C-O	1052	1053	1053	1055

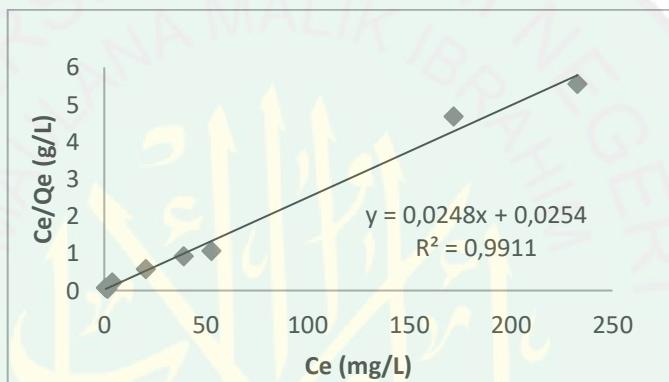
Berdasarkan hasil spektra IR batang jagung alami, batang jagung sesudah demineralisasi, dan batang jagung setelah modifikasi menunjukkan modus vibrasi pada (a) bilangan gelombang 3426, 3432, dan 3435 cm^{-1} menjelaskan adanya gugus O-H *stretching band* kuat dan melebar, (b) bilangan gelombang 2923, 2924, dan 2927 cm^{-1} menunjukkan C-H *stretching band* untuk atom karbon sp^3 , (c) bilangan gelombang 1646, 1648, 1512, 1513, 1383, dan 1384 cm^{-1} menunjukkan C=C *stretching band* untuk cincin aromatis, (d) bilangan gelombang 1052 dan 1053 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-O dan (e) bilangan gelombang 1248 dan 1250 cm^{-1} menunjukkan C-O-H *vibration band*. Setelah proses modifikasi muncul puncak baru pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C=O yang menandai adanya gugus ester. Gugus ester terbentuk melalui proses reaksi esterifikasi antara gugus asam karboksilat pada asam sitrat dan gugus hidroksil dalam batang jagung.

4.3 Penentuan Isotermis Adsorpsi Pada Batang Jagung

Isotermis adsorpsi merupakan hubungan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada temperatur

tertentu (Herawati, 2009). Isotermis adsorpsi digunakan untuk mengetahui informasi tentang tipe adsorpsi dan kondisi permukaan adsorben. Persamaan isotermis adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini adalah persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Jenis adsorpsi dapat diketahui dengan menguji persamaan regresi linier isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Isotermis Langmuir ditentukan dengan mengikuti persamaan 3.2 dan 3.3.

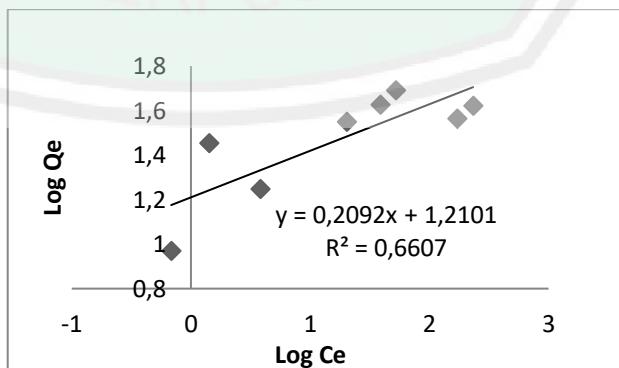
Grafik persamaan isotermis adsorpsi Langmuir diperoleh dengan memplotkan C_e (mg/L) dan C_e/Q_e (g/L) (Adamson, 1990).



Gambar 4.4 Grafik persamaan isotermis Langmuir

Isotermis Freundlich ditentukan dengan persamaan 3.4 dan 3.5.

Grafik persamaan isotermis adsorpsi Freundlich diperoleh dengan memplotkan $\log C_e$ dan $\log Q_e$ (Adamson, 1990).



Gambar 4.5 grafik persamaan isotermis Freundlich

Jenis adsorpsi *methylene blue* pada batang jagung akan mengikuti dimana nilai koefisien regresi (R^2) persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich mendekati 1 (Falahiyah, 2015). Berdasarkan Gambar 4.4 grafik persamaan isotermis Langmuir diatas menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* pada batang jagung memberikan nilai derajat linieritas (R^2) 0,9911. Sedangkan pada Gambar 4.5 grafik persamaan isotermis Freundlich memberikan nilai koefisien linier (R^2) 0,6607 dengan demikian isotermis adsorpsi *methylene blue* pada penelitian ini mengikuti persamaan isotermis adsorpsi Langmuir yang berarti adsorpsi pada *methylene blue* adalah *monolayer*, permukaan adsorben cenderung homogen dan proses adsorpsi terjadi secara kimia. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi yang terjadi antara *methylene blue* dengan batang jagung melibatkan reaksi-reaksi kimia. Interaksi antara absorbat dengan biosorben dapat dianalisa menggunakan FTIR. Hasil spektra IR pada Gambar 4.3 menunjukkan pada puncak vibrasi gugus O-H bilangan gelombang 3435 cm^{-1} terjadi pergeseran ke 3445 cm^{-1} setelah proses adsorpsi. Penurunan intensitas pada puncak ester setelah proses adsorpsi menunjukkan adanya interaksi antara gugus ester pada absorben dengan kation pada absorbat (R. Leyva-Ramos, dkk. 2012).

Hasil dari isotermis adsorpsi ini sesuai dengan penelitian Wen, dkk. (2018) yang menunjukkan bahwa representasi data yang baik dengan menggunakan model isotermis Langmuir dengan nilai R^2 adalah 0,995.

Tabel 4.3 Persamaan isotermis adsorpsi

Isotermis Adsorpsi Langmuir			Isotermis Adsorpsi Freundlich		
Xm (mg/g)	KL (L/mg)	R ²	1/n	KF (mg/g)	R ²
40,3226	0,9764	0,9911	4,7801	0,0828	0,6607

Tabel 4.3 menunjukkan nilai parameter pada isotermis adsorpsi. Hasil perhitungan persamaan isotermis dapat dilihat pada lampiran 4. Nilai X_m merupakan jumlah maksimum *methyelene blue* yang dapat terserap pada batang jagung dalam mg. Berdasarkan data Tabel 4.3 tersebut dapat diketahui bahwa batang jagung memiliki kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 40,3226 mg/g.

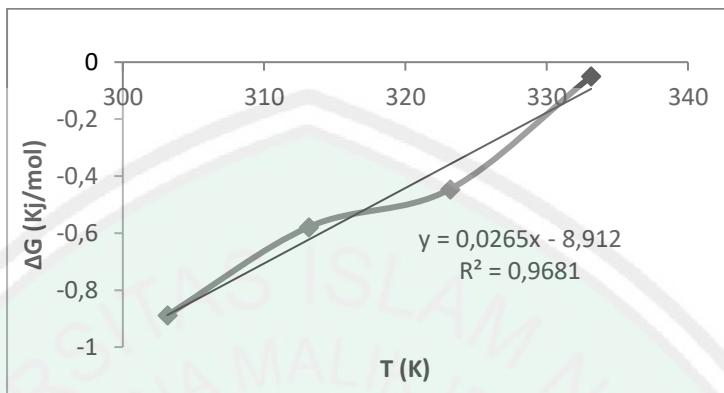
Isotermis Langmuir memiliki asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan monolayer terhadap adsorbat. Pérez-Marín, dkk. (2007) menyebutkan bahwa isotermis adsorpsi Langmuir memiliki permukaan yang homogen dan spesifik, sehingga satu sisi aktif pada permukaan adsorben hanya dapat menyerap satu molekul adsorbat. Jenis adsorpsi pada isotermis adsorpsi Langmuir merupakan adsorpsi secara kimia (kemisorpsi). Adsorpsi kimia terjadi karena adanya pertukaran elektron dan pembentukan ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat yang membentuk lapisan adsorpsi tunggal. Teori ini menjelaskan bahwa hanya satu molekul *methylene blue* yang teradsorpsi pada satu sisi aktif permukaan batang jagung. Penjelasan tersebut telah diilustrasikan pada gambar 2.8.

4.4 Penentuan Termodinamika Adsorpsi *Methyelene Blue*

Studi termodinamika digunakan untuk memprediksi spontanitas dan sifat interaksi adsorben / pewarna pada kondisi kesetimbangan. Termodinamika memberikan informasi tentang kisaran suhu di mana adsorpsi menguntungkan atau tidak menguntungkan (Foletto et al. 2016).

Termodinamika adsorpsi ditentukan dengan melakukan variasi suhu. Variasi suhu penelitian ini yaitu 25 °C, 40 °C, 50 °C, dan 60 °C. Parameter termodinamika yang ditentukan diantaranya energi bebas Gibbs (ΔG°), entalpi

(ΔH°), dan entropi (ΔS°). Penentuan nilai ΔH° dan ΔS° dengan cara dibuat gafik dengan memplotkan ΔG° (kJ/mol) dan T (K). Hasil grafik dan perhitungan termodinamika adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Tabel 4.4.



Gambar 4.6 Grafik penentuan termodinamika adsorpsi

Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai parameter termodinamika adsorpsi

T (K)	ΔG° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (kJ/mol.K)	R ²
303,15	-0,8880	-8,912	-0,0265	0,9681
313,15	-0,5788			
323,15	-0,4459			
333,15	-0,0500			

Berdasarkan dari nilai perhitungan persamaan termodinamika adsorpsi dapat dilihat pada lampiran 4. Nilai negatif ΔG° menunjukkan bahwa adsorpsi *methyelene blue* pada batang jagung berjalan secara spontan. Sedangkan nilai positif ΔG° menunjukkan bahwa adsorpsi *methyelene blue* pada batang jagung berjalan secara tidak spontan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semua variasi suhu seluruh proses adsorpsi berjalan secara spontan ditandai dengan nilai ΔG° (-0,8880 kJ/mol). Pada penelitian ini jika suhunya dinaikkan maka nilai negatif ΔG° semakin menurun. Hal ini mungkin dikarenakan peningkatan suhu

dapat meningkatkan mobilitas *methylene blue*, sehingga kapasitas adsorpsi menurun (Wen, dkk. 2018).

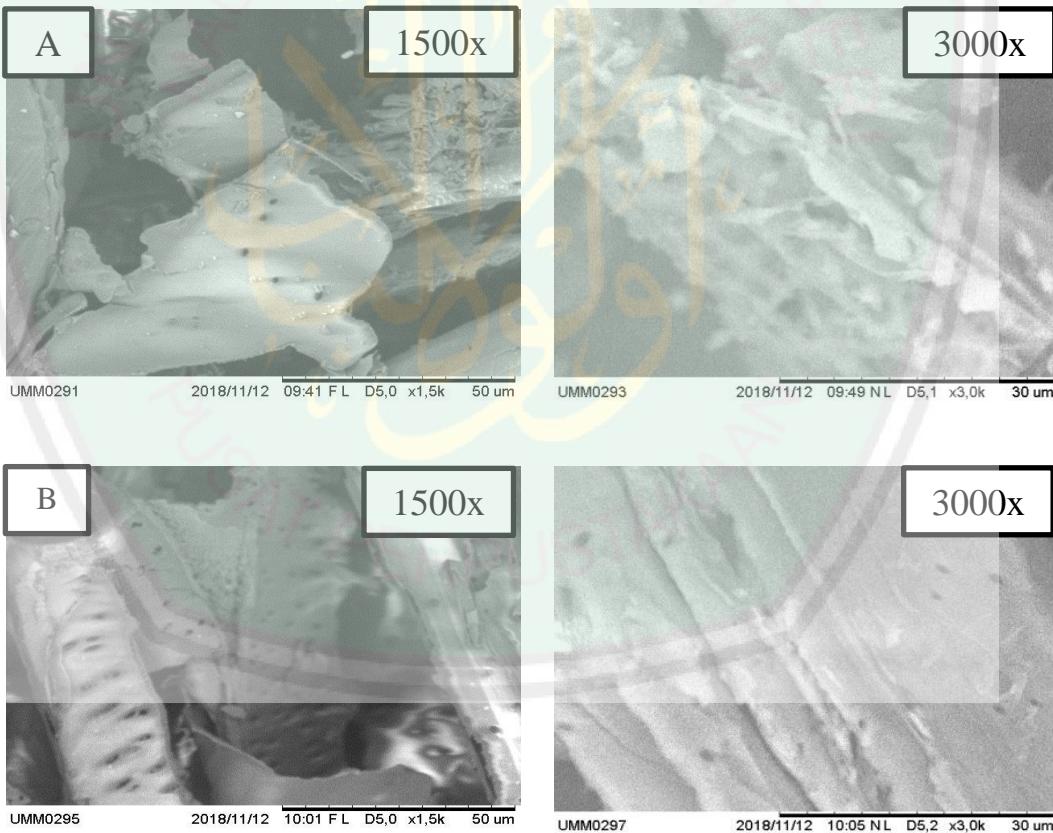
Nilai negatif ΔH° menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* adalah proses eksotermis. Sedangkan nilai positif menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* adalah proses endotermis (Zarrouk, dkk. 2011). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* pada batang jagung adalah proses eksotermis ditandai dengan nilai ΔH° (-8,912 kJ/mol).

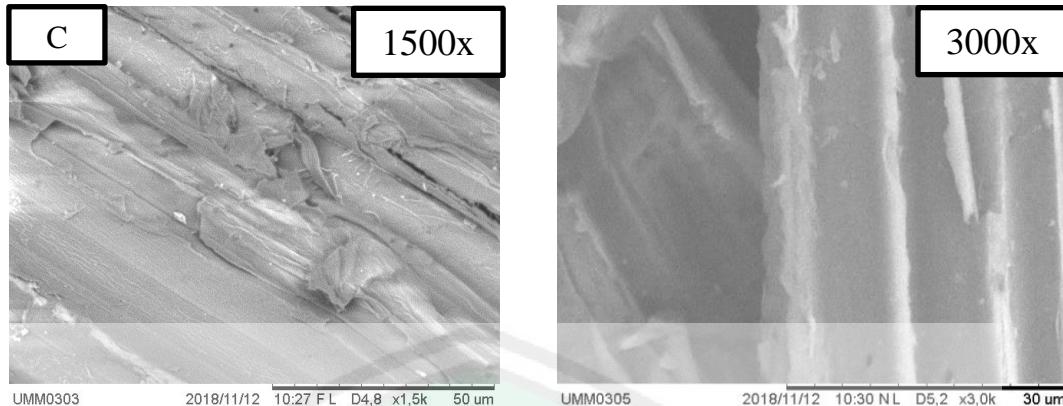
Nilai positif (ΔS°) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ketidakteraturan pada antarmuka adsorben dan adsorbat selama proses adsorpsi, sedangkan nilai negatif terjadi penurunan (Zarrouk, dkk. 2011). Nilai ΔS° (-0,0265 kJ/mol.K) pada penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan ketidakteraturan antara permukaan adsorben dengan adsorbat selama proses adsorpsi ditandai dengan nilai negatif ΔS° . Nilai rendah ΔS° juga menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan pada entropi yang terjadi. Dengan demikian pada penelitian ini adsorpsi *methylene blue* pada batang jagung lebih efektif pada suhu 30 °C.

4.5 Karakterisasi Morfologi Batang Jagung

Karakterisasi morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada perbesaran 1500x dan 3000x. Hasil karakterisasi morfologi batang jagung pada penelitian ini sesuai dengan Wen, dkk. (2018). Gambar 4.8(a) batang jagung tanpa modifikasi terlihat struktur berbentuk serpihan yang tak beraturan karena serat selulosa terhubung oleh lignin, hemiselulosa, dan pektin. Setelah adanya proses modifikasi dengan asam sitrat pada Gambar 4.8(b)

menunjukkan bahwa batang jagung berbentuk serat, dimana permukaan adsorpsi lebih tersebar merata sehingga daya adsorpsi lebih besar juga. Hal ini didukung pada penelitian Irviyanti, (2019) bahwa batang jagung termodifikasi asam sitrat memiliki kapasitas adsorpsi lebih besar daripada batang jagung murni. Kapasitas adsorpsi *methylene blue* pada batang jagung murni adalah 66,82 mg/g, sedangkan pada batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M adalah 89,35 mg/g. Batang jagung setelah adsorpsi *methylene blue* pada Gambar 4.8(c) menjelaskan bahwa batang jagung berbentuk serat dan lebih terdispersi.





Gambar 4.7 Karakterisasi morfologi batang jagung menggunakan SEM, (a) tanpa modifikasi, (b) setelah modifikasi, (c) setelah adsorpsi *methylene blue*

4.6 Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Segala penciptaan yang ada di langit dan di bumi merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT yang diberikan pada umat-Nya sebagai rahmat. Sesuatu hal sekecil apapun merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT, seperti tanaman dan tumbuhan yang memiliki berbagai manfaat. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Al-Quran surat Ali Imran ayat 190-191:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ وَآخْتِلَافِ الَّيَلِ وَالنَّهَارِ لَآيٌّتٍ لِّأُولَئِي الْأَلْبَابِ (١٩٠) الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيمًا وَقُعُودًا وَعَلَى جُنُوبِهِمْ وَيَتَقَرَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هُدًى بِطِلَاءٍ سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ (١٩١)

Artinya : “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan pergantian malam dan siang terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka." (Ali Imron:190-191).

Ayat tersebut mendeskripsikan suatu kehidupan seseorang yang selalu memikirkan dan menganalisis, bahwa tiadalah Allah SWT menciptakan alam

beserta isinya dengan sia-sia dan batil, yang menciptakan dengan benar dan merupakan kebenaran (Quthb, 2001). Penciptaan langit, bumi dan diantara keduanya tidak sia-sia dan hanya untuk tujuan yang benar. Seperti pemanfaatan batang jagung dapat dimanfaatkan sebagai adsorben limbah zat warna *methylene blue*, hal ini menunjukkan bahwa kebesaran Allah SWT untuk makhluk-Nya yang berfikir.

Segala penciptaan yang ada di langit dan di bumi merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT yang diberikan pada umat-Nya sebagai rahmat. Sesuatu hal sekecil apapun merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT, seperti tanaman dan tumbuhan yang memiliki berbagai manfaat. Tumbuhan memiliki beragam manfaat, selain buah bagian lain tumbuhan dapat dimanfaatkan (Elkan, 2015), seperti yang dijelaskan Allas SWT dalam firman-Nya Al-Qur'an surat Al An'am ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَنَا بِهِ نَبَاتٌ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجَنَا مِنْهُ حَضِيرًا ثُرِّجٌ مِنْهُ
حَبَّاً مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُسْتَنْبِهَا
وَغَيْرٌ مُمْتَشَابٍ إِنْظُرُوا إِلَى ثَمَرَهٖ إِذَا أَنْثَرَ وَيَنْعِهٖ إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ (٩٩)

Artinya : “dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.”(Q.S Al An'am: 99).

Al-Qur'an menegaskan bahwa air adalah sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup yang ada di muka bumi ini, sebagaimana Allah SWT dalam firmanNya Al-Qur'an surat Al Anbiya ayat 30:

أَوْلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَبْقًا فَنَفَخْنَا هُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ
حَسْنَى مَلَائِكَلَا يُؤْمِنُونَ (٣٠)

Artinya : "Dan apakah orang-orang yang kafir tidak mengetahui bahwasanya langit dan bumi itu keduanya dahulu adalah suatu yang padu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. Maka mengapakah mereka tiada juga beriman?" (Q.S. Al Anbiya': 30).

Allah SWT menciptakan bumi dan segala isinya serta segala macam yang berhubungan dengannya, berupa lingkungan yang alami bagi manusia, dalam keadaan bersih dari segala kotoran dan terhindar dari segala pencemaran, seimbang dan tidak ada kepincangannya di sana, layak bagi kehidupan manusia untuk menjalankan tugasnya (Qardhawi, 2002).

Pemanfaatan segala sesuatu yang ada di bumi tidak lain hanyalah semata-mata untuk mendekatkan diri kepada Allah SWT. Hal ini hanya dapat dilakukan oleh manusia yang benar-benar berfikir akan segala ciptaan Allah SWT. Seperti yang telah dijelaskan dalam firmanNya Al-Quran surat Ar Ra'd ayat 3 :

وَهُوَ الَّذِي مَدَ الْأَرْضَ وَجَعَلَ فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْهَارًا وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ جَعَلَ فِيهَا رَوْحَيْنِ اثْنَيْنِ
يُغْشِي اللَّيْلَ النَّهَارَ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (٣)

Artinya : "Dan Dia-lah Tuhan yang membentangkan bumi dan menjadikan gunung-gunung dan sungai-sungai padanya. dan menjadikan padanya semua buah-buahan berpasang-pasangan, Allah menutupkan malam kepada siang. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang memikirkannya" (Q.S. Ar Ra'd :3).

Segala penciptaan yang ada di langit dan di bumi merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT yang diberikan pada umat-Nya sebagai rahmat. Sesuatu hal sekecil apapun merupakan tanda-tanda kebesaran Allah SWT, seperti kandungan pada batang jagung diantaranya karboksil, hidroksil, dan laktin sehingga dapat digunakan sebagai biosorben. Pada penelitian ini batang jagung dimodifikasi menggunakan larutan HCl 0,1 M dan asam sitrat 1 M yang bertujuan untuk memperbesar daya serap batang jagung.

Pemanfaatan limbah pertanian berupa batang jagung sebagai biosorben untuk menyerap limbah pewarna *methylene blue* merupakan salah satu upaya untuk mengurangi kadar pencemaran dan mencegah kerusakan lingkungan. Perbuatan memperbaiki sesuatu menjadi lebih baik merupakan perbuatan amal shaleh yang dianjurkan dalam islam seperti menjaga lingkungan agar tidak mengalami kerusakan.

Al-Qur'an menegaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu dalam bentuk yang baik tidak terkecuali dengan air, sebagaimana firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-Furqon ayat 48:

وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيِ رَحْمَتِهِ وَأَنْزَلَنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا (٤٨)

Artinya : "Dialah yang meniupkan angin (sebagai) pembawa kabar gembira dekat sebelum kedatangan rahmat-nya (hujan); dan Kami turunkan dari langit air yang amat bersih"(Q.S. Al Furqon: 48).

Maka pada dasarnya di alam ini tidak satupun yang rusak, tercemar ataupun tidak seimbang sebagaimana penciptaanya. Akan tetapi datangnya kerusakan lingkungan adalah hasil perbuatan tangan-tangan manusia, yang secara sengaja mengubah fitrah Allah SWT pada lingkungan dan mengubah ciptaan-Nya pada kehidupan dan diri manusia (Qardhawi, 2002).

أَلَمْ نَسْرَحْ لَكَ صَدْرَكَ (١) وَوَضَعْنَا عَذْكَ وَزْرَكَ (٢) الَّذِي أَنْقَضَ ظَهْرَكَ (٣) وَرَفَعْنَا لَكَ بِكُرْكَ (٤) فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٥) إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٦) فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ (٧) وَإِلَيْكَ رِبِّكَ فَارْغَبْ (٨)

Artinya : “Bukankah Kami telah melapangkan untukmu dadamu? dan Kami telah menghilangkan daripadamu bebanmu yang memberatkan punggungmu? Dan Kami tinggikan bagimu sebutan (nama)mu, Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap ”(Q.S. Al Insyirah: 1-8).

Ayat tersebut mendeskripsikan suatu kehidupan seseorang yang selalu berjuang dan berusaha. Setiap satu kesulitan terdapat dua kemudahan. Setidaknya akan berupa penyelesaian yang terbaik serta pahala kebaikan yang hanya diketahui Allah SWT jika bersabar dalam menghadapinya. Setelah kesulitan dan beban-beban yang berat dalam kehidupan, Allah SWT akan memberikan kemudahan dan kemenangan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Isotermis adsorpsi pada penelitian ini mengikuti tipe isotermis adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien linier (R^2) 0,9911 dan kapasitas adsorpsi sebesar 40,3226 mg/g.
2. Parameter termodinamika adsorpsi dengan nilai ΔG° adalah -0,8880 kJ/mol, nilai ΔH° adalah -8,912 kJ/mol, dan nilai ΔS° adalah -0,0265 kJ/mol.K menunjukkan bahwa adsorpsi *methylene blue* berlangsung secara spontan dan eksotermis.
3. Karakterisasi morfologi permukaan batang jagung menggunakan SEM menunjukkan batang jagung tanpa modifikasi memiliki struktur serpihan yang tak beraturan, setelah modifikasi batang jagung berbentuk serat dan setelah adsorpsi *methylene blue* seratnya lebih terdispersi. Hasil analisis IR menunjukkan bahwa setelah proses modifikasi, muncul puncak baru pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C=O yang menandai adanya gugus ester.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut mengenai modifikasi batang jagung dengan bahan lain seperti asam nitrat untuk mengetahui kemampuan kapasitas adsorpsi batang jagung terhadap *Methylene Blue*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, Abdurrahman, dan Samaila Muazu Batagarawa. 2018. Kinetic and isotherm studies of malachite green and Congo red adsorption from aqueous solution by corn stalk bio-waste material. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* 10 (1): 350-355
- Adamson, A. W. 1990. *Physical Chemistry of Surface Fifth Edition*. New York: John Wiley and Son.
- Atkins, P.W., 1999. *Kimia Fisika Edisi keempat Jilid 2*. Terjemahan Irma I. Kartohadiprodjo. Jakarta: Erlangga.
- Azmiyani, U. 2018 Adsorpsi Logam Fe dan Cu Menggunakan Biosorben Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat pada Limbah Laboratorium UIN Maliki Malang. *Skripsi*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2010. *Pembuatan Kompos Batang Jagung*.
- Baral, S.S., Dasa, S.N. Chaudhury G.R., Swamy, Y.V and Rath P. 2007. Removal of Cr(VI) by thermally activated weed *Salvinia cucullata* in a fixed-bed column, *Journal of Hazardous Materials* 161:1427-1435.
- Christina P, Mu'nisatun S, Rany Saptaaji, Djoko Marjanto, 2007. Study Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam pelarut air menggunakan mesin berkas elektron 350 keV/10 mA, in: *Jurnal Forum Nuklir*. pp 31-44.
- Falahiyah. 2015. Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Abu dari Sabut dan Tempurung Kelapa Teraktivasi Asam Sulfat. *Skripsi*. Malang: UIN Malang.
- Fatih. 2008. *Kamus Kimia*. Panji Pustaka: Yogyakarta.
- Foletto. VS., Ferreira, AB., Severo, EC., Colazzo, GC., Folletto, EL, dan Dotto, GL. 2016. Iron-Based Adsorbent Prepared from Litchi Peel Biomass Via Pyrolysis Process for The Removal of Pharmaceutical Pollutant from Synthetic Aqueous Solution, *Environ Sci Pollut Res* 24:10547–10556
- Gasser, R.P.H. 1985. *An introduction to chemisorption and catalysis by metals*. Oxford; New York: Clarendon Press ; Oxford University Press.

- Handayani, Murni dan Sulistiyono, Eko. 2009. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Penyerapan Limbah Chrom (Vi) oleh Zeolit, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTBNBR-BATAN.
- Hendri, John. 2008. Teknik Deproteinasi Kulit Rajungan (*Portunus pelagius*) Secara Enzimatik dengan Menggunakan Bakteri *Pseudomonas eruginosa* untuk Pembuatan Polimer Kitin dan Deasetilasinya. *Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. Universitas Lampung* 271-283.
- Igwe, J.C. and Abia, A.A. 2006. A Bioseparation Process for Removing Heavy Metals from Waste Water Using Biosorbents. *African Journal of Biotechnology*, 5(12): 1167-1179.
- Irviyanti, Anastika Suri 2019. Modifikasi batang jagung menggunakan asam sitrat sebagai biosorben methylene blue. *Undergraduate thesis*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Kumar, A., Chaudhary, P., and Verma, P. 2013. Adsorption of Reactive Red 194 Dye from Textile Effluent by Using Class F Fly Ash, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1 (2): 111-116.
- Lestari, S., E. Sugiharto dan Mudasir. 2003. Studi Kemampuan Biosorpsi Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimobilkan pada Silika Gel Terhadap Tembaga (II), *Teknosains*, 16A (3): 357 – 371.
- Mahbubah, Arini. 2016. Karakterisasi Gugus Aktif Batang Jagung (*Zea mays L.*) Menggunakan Asam Sitrat sebagai Bahan Pengaktivasi. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia UIN Malang.
- Mangedong, Gisella Tamara., Taba, Paulina., dan Hala, Y. 2006. *Pemanfaatan Karbon Aktif Tempurung Kluwak (Pangium Edule Reinw) Sebagai Adsorben Zat Warna Metanil Kuning*. Universitas Hasanuddin : Makassar.
- Mouta, E.R. Soares, M.R. and Casagrande, J.C. 2008. Copper adsorption as a function of solution parameters of variable charge soils. *J. Braz. Chem. Soc* 19: 996-1009.
- Ngah, W.S.W. and Hanafiah, M.A.K.M. 2008. Adsorption of copper on rubber (*Hevea Brasiliensis*) leaf powder: Kinetic, Equilibrium and thermodynamic studies. *Biochemical Engineering Journal* 39: 521-530.

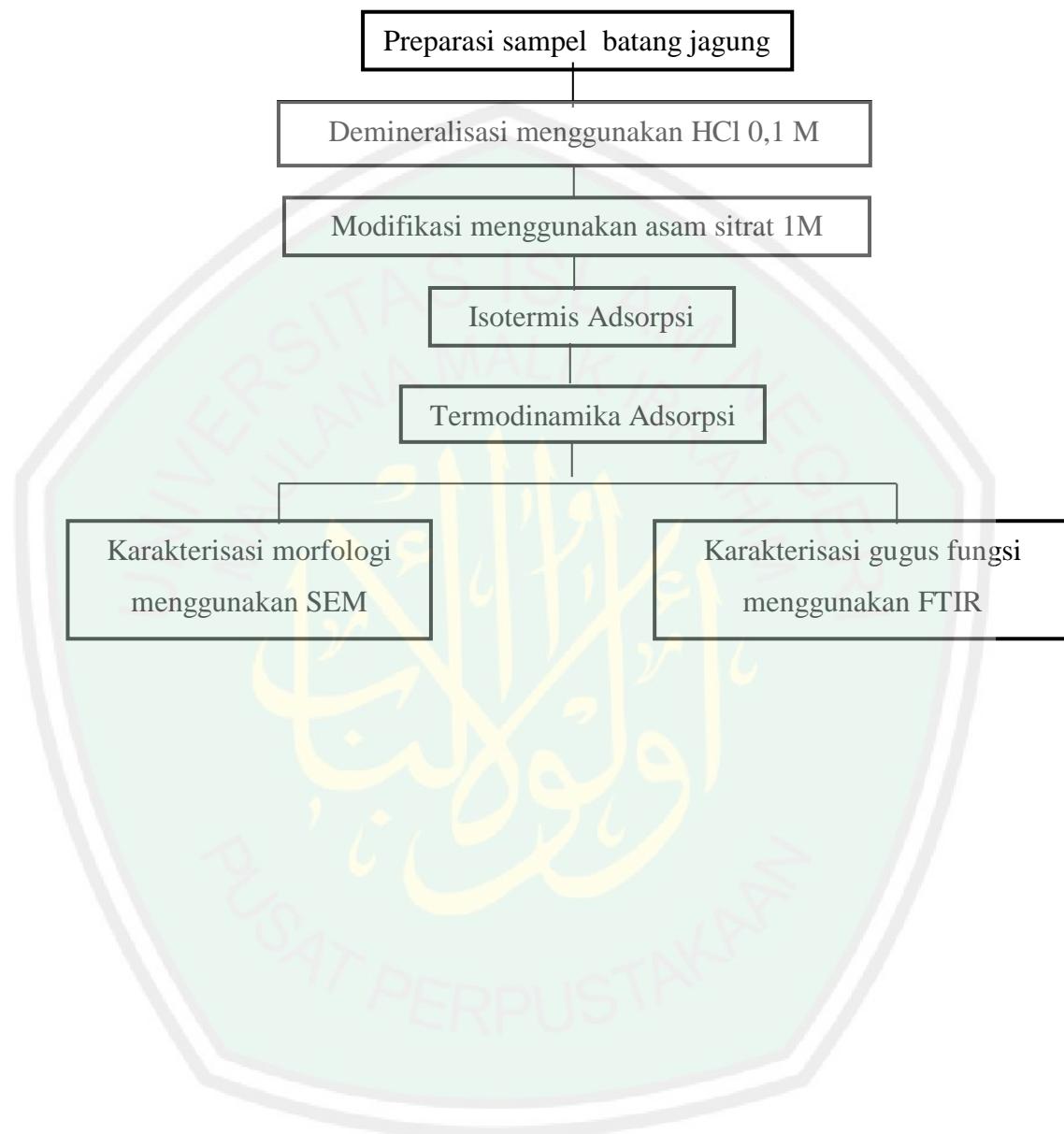
- Nurmasari, Radna. 2008. Kajian Adsorpsi Krom (III) Pada Biomasa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Sains dan Terapan Kimia*, 2(2): 80-92. Kalimantan Selatan: Universitas Lambung Mangkurat
- Perez-Marín, V., Meseguer Zapata, J.F., Ortúno, M. Aguilar, J. Saez, dan M. Llofens, 2007. Removal of Cadmium from Aqueous Solutions by Adsorption Onto Orange Waste, *Journal of Hazardous Materials* B1, 39 (2007): 122–13.
- Permanasari, A., Siswaningsih, W., and Wulandari, I. (2010) Uji Kinerja Adsorben Kitosan-Bentonit Terhadap Logam Berat dan Diazinon Secara Simultan. *J. Sains dan Teknol. Kim.* 1, 121-134
- Qardhawi, Y. 2002. *Islam Agama Ramah Lingkungan*. Jakarta: Pustaka Al-Kautsar.
- R. Leyva-Ramos, L.E. Landin-Rodriguez, S. Leyva-Ramos, dan N.A. Medellin-Castillo. 2012. Modification of Corncob with Citric Acid to Enhance Its Capacity for Adsorbing Cadmium(II) from Water Solution. *Chemical Engineering Journal* 180 (Januari): 113–20.
- Rahmayani, Fatimah dan Siswarsi, MZ. 2013. Pemanfaatan Limbah Batang Jagung Sebagai Adsorben Alternatif pada Pengurangan Kadar Klorin dalam Air Olahan (Treated Water), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2).
- Royana, R. M. I., Restu Kurniawan, Eny Yulianti, and R. Mahmudah. 2016. ‘Pemanfaatan Biosorben Batang Jagung Teraktivasi Asam Nitrat Dan Asam Sulfat Untuk Penurunan Angka Peroksida–Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas’. *Alchemy J. Chem* 1 (5): 10–18.
- Safrianti, I, Wahyuni dan Titin. 2012. Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH Dan Waktu Kontak. *Jurnal Kimia*, 1: 1-7.
- Sembiring, M.T. dan Sinaga, T.S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan)*. Medan: Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Sopiah, Nida., Hanifah, Ummu., dan Nurhasni. 2015. Pengaruh Penambahan Asam pada Jerami Padi dalam Meningkatkan Kapasitas Sorpsi Oil Sorbent. *Ecolab*, 9(2): 47 – 104.
- Sukmawati, Patria dan Utami, Budi. 2014. Adsorbsi Zat Pewarna Tekstil *Malachite Green* Menggunakan Adsorben Kulit Buah Kakao (*Theobroma*

Cacao) Teraktivasi HNO_3 , *Prosiding Seminar Nasional Fisikadan Pendidikan Fisika (SNFPF) Ke-5*, 5(1): ISSN 2302-7827

- Vaughan, T, C.W. Seo, W.E. Marshall. 2001. Removal of selected metal ions from aqueous solution using modified corncobs. *Bioresour. Technol.* 78:133 – 139.
- Wang, Ya-Ting, Hou Chen, Dong-Ju Wang, Liang-Jiu Bai, Hui Xu, dan Wen-Xiang Wang. 2016. Preparation of corn stalk-based adsorbents and their specific application in metal ions adsorption. *Chemical Papers* 70 (9).
- Wen, Xue, Chunjie Yan, Na Sun, Tiantian Luo, Shilai Zhou, dan Wenjun Luo. 2018. A Biomass Cationic Adsorbent Prepared From Corn Stalk: Low-Cost Material and High Adsorption Capacity. *Journal of Polymers and the Environment* 26 (4): 1642–51.
- Wu, Lishun., Sun, Junfen., and Wu, Mengting. 2017. Modified Cellulose Membrane Prepared From Corn Stalk For Adsorption Of Methlene Blue. *Original Paper*. China: Department of Chemistry and Chemical Engineering.
- Yulianti, Eny, RIf'atul Mahmudah, Ainul Ma'rifah, and Ulal Azmiyani. 2019. ‘Adsorpsi Logam Ni Dan Cu Pada Limbah Cair Laboratorium Kimia Menggunakan Biosorben Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat’. *ALCHEMY* 7 (1): 13–19.
- Yunita, Tatik., Purwonugroho, Danar., dan Khunur, M. Misbah. 2013. Adsorpsi Tembaga (II) Menggunakan Biomassa *Azolla microphylla* diesterifikasi dengan Asam Sitrat. *Kimia student journal*, 2(1): 435-441.
- Zahroh, F. 2010. Kajian Kesetimbangan Adsorpsi Cr (VI) pada Biomassa Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* FORSK). *Skripsi*, Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Zarrouk A, Hammouti B, Zarrok H, Al-Dayyab SS, Messali M. 2011. Temperature Effect, Activation Energies, and Thermodynamic Adsorption Studies of 1-Cysteine Methyl Ester Hydrochloride as Copper Corrosion Inhibitor In Nitric Acid 2 M. *Int J. Electrochem Sci.* 6:6261–6274.

LAMPIRAN

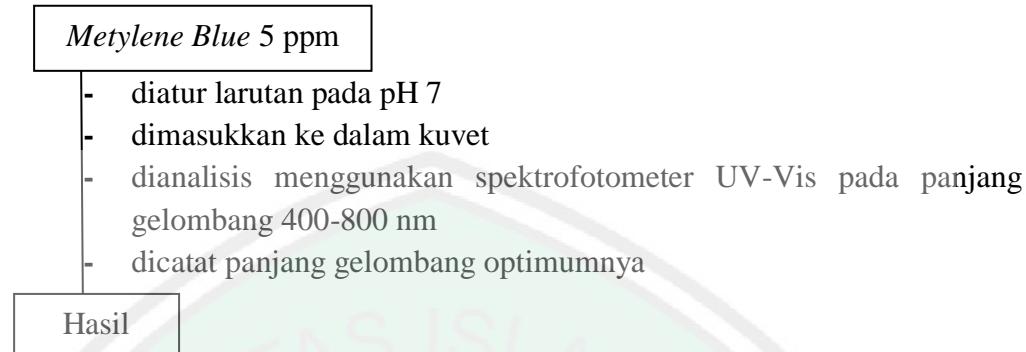
Lampiran 1 Rancangan Penelitian



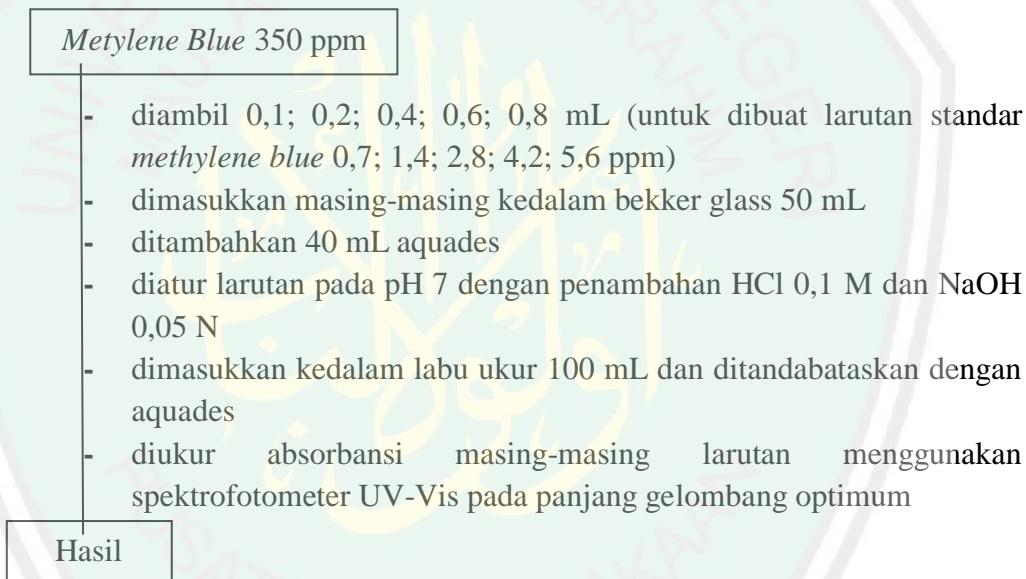
Lampiran 2 Diagram Alir

1. Optimasi Analisis *Methylene Blue* Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

1.1 Penentuan Panjang Gelombang Optimum *Methylene Blue*



1.2 Penentuan Kurva Baku



2 Preparasi Sampel Batang Jagung

2.1 Preparasi Sampel

Batang Jagung

- dicuci menggunakan aquades
- dikeringkan dibawah sinar matahari hingga mengering
- dipotong-potong dan dihaluskan dengan penggilingan
- diayak dengan ukuran 100-200 mesh
- dicuci dengan aquades
- dikeringkan dalam oven pada suhu 70 °C selama 24 jam

Hasil

2.2 Demineralisasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan HCl 0,1 M

Batang Jagung

- direndam dalam HCl 0,1 M selama 24 jam
- disaring dengan kertas saring
- dicuci dengan aquades hingga bebas dari ion Cl⁻ (penambahan AgNO₃ pada air pencucian sampel batang jagung)
- dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam

Hasil

2.3 Modifikasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat 1 M

Batang Jagung

- diambil 40 gram
- dicampurkan ke dalam 300 mL asam sitrat 1 M
- dipanaskan selama 2 jam dengan dijaga suhunya pada 60 °C
- dibiarkan dingin
- dipisahkan larutan dari serbuk batang jagung
- dikeringkan serbuk batang jagung dalam oven pada suhu 50 °C selama 24 jam
- dinaikkan suhu sampai 120 °C selama 3 jam
- dibiarkan dingin
- dicuci serbuk batang jagung yang telah dimodifikasi menggunakan aquades hingga pH netral
- dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C sampai berat konstan

Hasil

3. Penentuan Isotermis Adsorpsi Batang Jagung

Methylene Blue

- dibuat larutan *methylene blue* dengan variasi konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 400 mg/L
- dikondisikan pada pH optimum 7 *methylene blue*
- diambil 100 mL
- dimasukkan dalam 8 buah erlenmeyer 250 mL

Batang Jagung

- diambil 500 mg
- dimasukkan masing-masing kedalam erlenmeyer 250 mL
- ditutup dengan penyumbat
- dishaker 120 rpm selama 18 jam
- disaring
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis

Hasil

4. Penentuan Termodinamika Adsorpsi Biosorben Batang Jagung Terhadap *Methylene Blue*

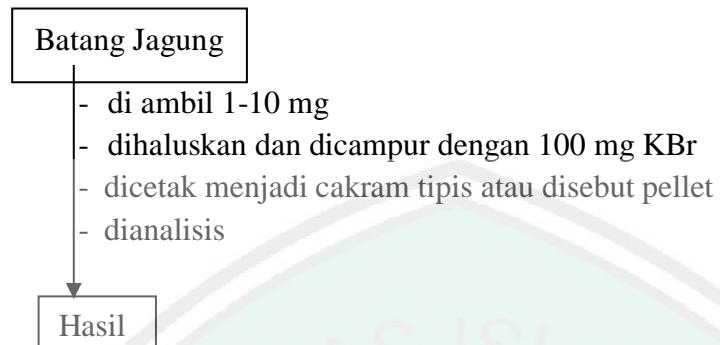
Methylene Blue

- diambil 100 mL dengan konsentrasi 350 mg/L
- dikondisikan pada pH optimum 7 *methylene blue*
- dimasukkan dalam 4 erlenmeyer 250 mL
- ditambah 500 mg batang jagung dan ditutup dengan penyumbat
- dishaker dengan kecepatan 120 rpm selama 4 jam
- masing masing larutan dilakukan dengan variasi suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C dan 60 °C.
- disaring
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis

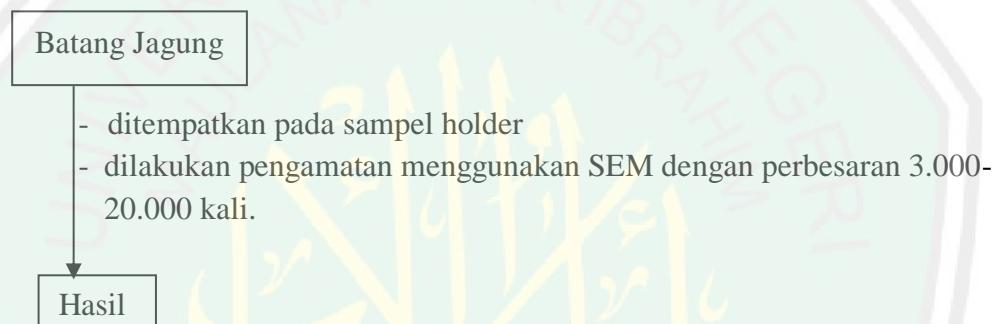
Hasil

5. Karakterisasi Biosorben Batang Jagung Menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

5.1 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*



5.2 *Scanning Electron Microscopy (SEM)*



Lampiran 3 Pembuatan Larutan

3.1 Larutan Asam Sitrat 1 M

Diket : Konsentrasi asam sitrat p.a = 99,5%

$$\text{Massa jenis asam sitrat } (\rho) = 1,66 \text{ gr/mL}$$

$$\text{Mr asam sitrat} = 192 \text{ gr/mol}$$

$$M = \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr} = \frac{99,5 \% \times 1,66 \text{ g/mL} \times 10}{192 \text{ g/mol}} = 8,603 \text{ M}$$

- 1M asam sitrat dalam 250 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$8,603 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 29,06 \text{ mL}$$

$$- \rho = \frac{m}{V} \quad 1,66 \text{ gr/mL} = \frac{m}{29,06 \text{ mL}} \quad m = 48,2396 \text{ gram}$$

Diambil 48,2396 gram dari asam sitrat 8,603 M, kemudian ditandabataskan dengan aquades hingga 250 mL untuk membuat larutan asam sitrat 1M.

3.2 Larutan HCl 0,1 M

Diket : Konsentrasi HCl p.a = 37%

$$\text{Massa jenis HCl } (\rho) = 1,19 \text{ gr/mL}$$

$$\text{Mr HCl} = 36,5 \text{ gr/mol}$$

- Konsentrasi (Normalitas) HCl pekat

$$M = \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr} = \frac{37 \% \times 1,19 \text{ g/mL} \times 10}{36,5 \text{ g/mol}} = 12,06 \text{ M}$$

- Larutan HCl 0,1 M dalam 250 ml

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ N} \times V_1 = 0,1 \text{ N} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 2,07 \text{ mL}$$

Diambil 2,07 mL dari HCl 12,06 M, kemudian ditandabataskan dengan aquades hingga 250 mL untuk membuat HCl 0,1 M.

3.3 Larutan NaOH 0,05 N

Massa = N x V x Mr

$$= 0,05 \text{ N} \times 0,5 \text{ L} \times 40 \text{ gr/mol}$$

$$= 1 \text{ gram}$$

Melarutkan 1gr padatan NaOH ke dalam 500 mL aquades untuk membuat larutan 0,05 N NaOH.

3.4 Larutan AgNO₃ 0,01 N

Diket : Mr AgNO₃ = 169,87 gr/mol

Valensi = 1

Volume = 0,05 L

Normalitas = 0,01 N

$$N = \frac{g}{Mr \times V} \times \text{Valensi}$$

$$0,01 \text{ N} = \frac{(g \times 1)}{169,87 \text{ gr/mol}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$\text{gr} = 0,01 \text{ N} \times 169,87 \text{ gr/mol} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,0849 \text{ gr}$$

Diambil 0,0849 gr serbuk AgNO₃, kemudian ditandabataskan dengan aquades hingga 50 mL untuk membuat AgNO₃ 0,01 N.

3.5 Larutan Methylene Blue

- Larutan *methylene blue* 400 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{400 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{100 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 400 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 100 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

- Larutan *methylene blue* 350 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{350 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{87,5 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 350 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 87,5 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

- Larutan *methylene blue* 300 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{300 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{75 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 300 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 75 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

- Larutan *methylene blue* 250 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{250 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{62,5 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 250 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 62,5 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

- Larutan *methylene blue* 200 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{200 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{50 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 200 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 50 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

- Larutan *methylene blue* 150 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{150 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{37,5 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 150 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 37,5 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

- Larutan *methylene blue* 100 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{100 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{25 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 100 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 25 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

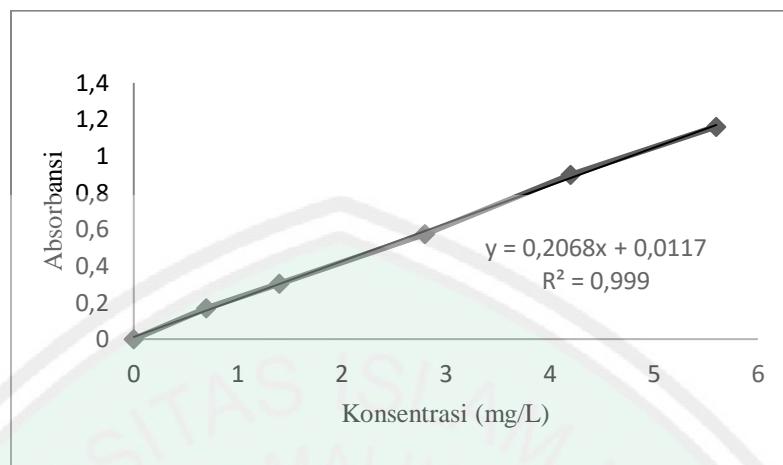
- Larutan *methylene blue* 50 ppm

$$\frac{\text{Methylene Blue}}{\text{Aquades}} = \frac{50 \text{ mg}}{1000 \text{ mL}} = \frac{12,5 \text{ mg}}{250 \text{ mL}}$$

Jadi untuk 50 mg *methylene blue* dibutuhkan 1000 mL aquades, sehingga dalam 12,5 mg *methylene blue* maka dibutuhkan 250 mL aquades.

Lampiran 4. Data Pengamatan dan Perhitungan

1. Kurva Baku *Methyelene Blue*



Gambar L.4.1 Kurva Standar *Methyelene Blue*

Tabel L.4.1 Hasil Pengukuran Kurva Standar

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,7	0,1704
1,4	0,3045
2,8	0,5756
4,2	0,8988
5,6	1,1612

2. Isotermis Adsorpsi Methylene Blue Pada Batang Jagung

Tabel L.4.2 Penentuan Isotermis Adsorpsi *Methyelene Blue*

<i>Methylene Blue</i> (ppm)	Absorbansi (Co)	Absorbansi (Ce)	Absorbansi rata-rata (Co)	Absorbansi rata-rata (Ce)
47	0,1112	0,147	0,1098	0,1530
	0,1048	0,1551		
	0,1133	0,1568		
93	0,2195	0,1569	0,2031	0,2488
	0,1959	0,3478		
	0,194	0,2417		
144	0,2919	0,1945	0,3089	0,1894
	0,3194	0,1862		

		0,3154	0,1875		
198		0,4324	0,1765	0,4205	0,1804
		0,4092	0,1818		
		0,42	0,183		
251		0,5096	0,0891	0,5311	0,0922
		0,5392	0,091		
		0,5446	0,0966		
298		0,6265	0,2347	0,6289	0,2298
		0,6449	0,2184		
		0,6154	0,2363		
356		0,7403	0,3595	0,747	0,3673
		0,7516	0,3681		
		0,7491	0,3743		
442		0,4683	0,4771	0,4689	0,4930
		0,4685	0,4954		
		0,47	0,5066		

Fp Co (mL)	Fp Ce (mL)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Co-Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
100	-	47,42102	0,68311	46,73791	9,34758
100	3,333	92,56931	3,82173	88,74758	17,74952
100	1,667	143,71373	1,43214	142,28159	28,45632
100	25	197,69504	20,39813	177,29691	35,45938
100	100	251,17666	38,94262	212,23404	42,44681
100	50	298,46873	52,73211	245,73662	49,14732
100	100	355,56093	171,95358	183,60735	36,72147
200	100	442,19858	232,75306	209,44552	41,88910

$$y = 0,2068x + 0,0117$$

$$C_0 (\text{Konsentrasi Awal}) \quad \underline{\text{Absorbansi} - 0,0117} \quad x Fp$$

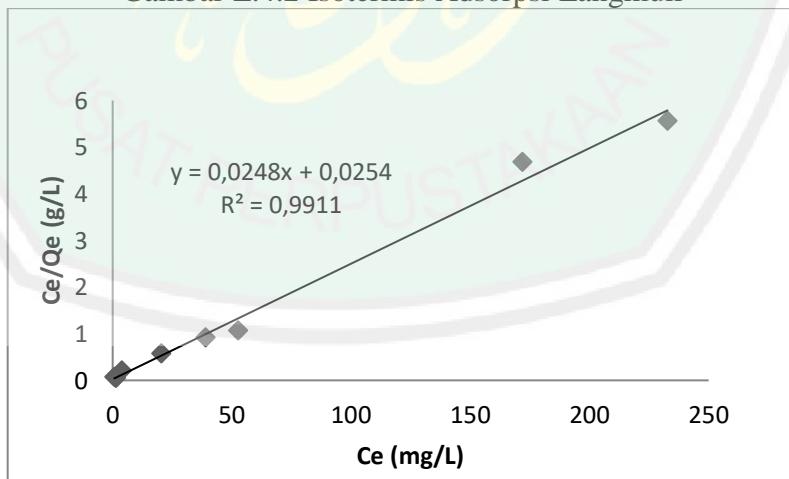
$$= \frac{0,2068}{0,2068} \times 100 = 47,42102 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned}
 C_e (\text{Konsentrasi Akhir}) &= \frac{\text{Absorbansi} - 0,0117}{0,2068} \times F_p \\
 &= \frac{0,1530 - 0,0117}{0,2068} = 0,68311 \text{ ppm} \\
 Q_e &= \frac{(C_0 - C_e) V}{W} \\
 &= \frac{(47,42102 - 0,68311) \times 0,1}{0,5} \\
 &= 9,34758 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Tabel L.4.3 Penentuan Isotermis Adsorpsi Langmuir

C ₀ (mg/L)	C _e (mg/L)	Q _e (mg/g)	C _e /Q _e (g/L)
47,42102	0,68311	9,34758	0,07308
92,56931	3,82173	17,74952	0,21532
143,71373	1,43214	28,45632	0,05033
197,69504	20,39813	35,45938	0,57525
251,17666	38,94262	42,44681	0,91745
298,46873	52,73211	49,14732	1,07293
355,56093	171,95358	36,72147	4,68264
442,19858	232,75306	41,88910	5,55641

Gambar L.4.2 Isotermis Adsorpsi Langmuir



$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{X_m K} + \frac{C_e}{X_m}$$

$$y = 0,0248x + 0,0254$$

$$a \text{ (slope)} = \frac{1}{x_m}$$

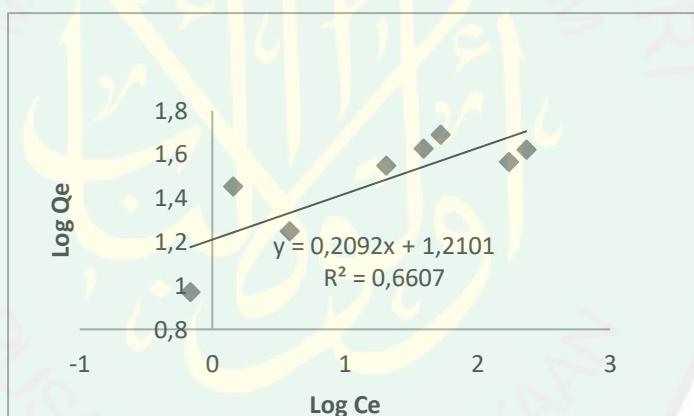
$$b \text{ (intersep)} = \frac{1}{x_m K}$$

$$\frac{1}{x_m} = 0,0248; X_m = 40,3226 \text{ mg/g}$$

$$\frac{1}{x_m K} = 0,0254; K_L = \frac{1}{0,0254 \times 40,3226} = 0,9764 \text{ L/mg}$$

Tabel L.4.4 Penentuan Isotermis Adsorpsi Freundlich

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
47,42102	0,68311	9,34758	-0,16551	0,97070
92,56931	3,82173	17,74952	0,58226	1,24919
143,71373	1,43214	28,45632	0,15599	1,45418
197,69504	20,39813	35,45938	1,30959	1,54973
251,17666	38,94262	42,44681	1,59043	1,62785
298,46873	52,73211	49,14732	1,72208	1,69150
355,56093	171,95358	36,72147	2,23541	1,56492
442,19858	232,75306	41,88910	2,36690	1,62210



Gambar L.4.3 Isotermis Adsorpsi Freundlich

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

$$y = 0,2092x + 1,2101$$

$$a \text{ (slope)} = \frac{1}{n} \quad b \text{ (intersep)} = \log K_f.$$

$$\frac{1}{n} = 0,2092; n = 4,7801 \text{ mg/g}$$

$$\log K_f = 1,2101; K_f = 0,0828 \text{ mg/g}$$

Tabel L.4.5 Hasil Perhitungan Isotermis Adsorpsi

Isotermis Langmuir			Isotermis Freundlich		
Xm (mg/g)	K _L (L/mg)	R ²	1/n	K _F (mg/g)	R ²
40,3226	0,9764	0,9911	4,7801	0,0828	0,6607

3. Penentuan Termodinamika Adsorpsi

Tabel L.4.6 Penentuan Termodinamika Adsorpsi *Methyelene Blue*

Suhu (K)	Absorbansi	Absorbansi rata-rata	Fp	C _e (mg/L)	ΔG(kJ/mol)
Awal	0,7559	0,7835	100	373,19471	-
	0,7913				
	0,8032				
303,15	0,3361	0,3303	100	154,06190	-0,88799
	0,327				
	0,3278				
313,15	0,3623	0,3549	100	165,94133	-0,57878
	0,3552				
	0,3471				
323,15	0,3617	0,3656	100	171,14765	-0,44592
	0,3656				
	0,3696				
333,15	0,393	0,3941	100	184,91296	-0,05001
	0,3819				
	0,4074				

$$y = 0,2068x + 0,0117$$

$$\begin{aligned} C_0 \text{ (konsentrasi awal)} &= \frac{\text{Absorbansi} - 0,0117}{0,2068} \times F_p \\ &= \frac{0,7835 - 0,0117}{0,2068} \times 100 = 373,19471 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_e \text{ (kons. Kesetimbangan)} &= \frac{\text{Absorbansi} - 0,0117}{0,2068} \times F_p \\ &= \frac{0,3303 - 0,0117}{0,2068} \times 100 = 154,06190 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$K_0 = \frac{C_{ad. e}}{C_e} = \frac{C_0 - C_e}{C_e}$$

$$= 373,19471 - 154,06190$$

$$\hline 154,06190$$

$$= 1,42237$$

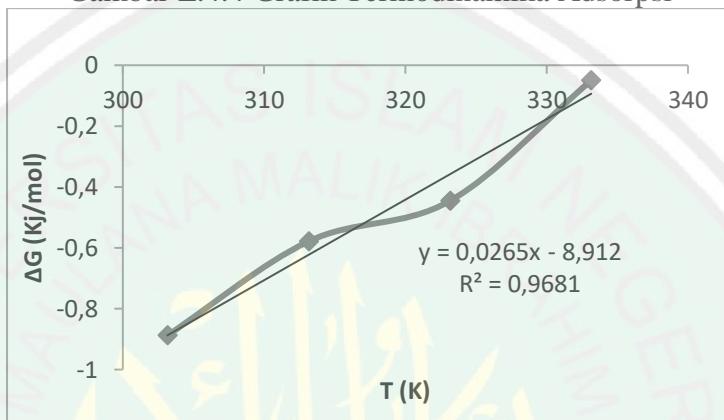
$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_0$$

$$= -8,314 \times 303,15 \times \ln 1,42237$$

$$= -887,993 \text{ J/mol}$$

$$= -0,888 \text{ kJ/mol}$$

Gambar L.4.4 Grafik Termodinamika Adsorpsi



$$y = 0,0265x - 8,912$$

$$a (\text{slope}) = \Delta S^\circ \quad b (\text{intersep}) = \Delta H^\circ$$

$$\Delta S^\circ = -0,0265 \text{ kJ/mol. K}$$

$$\Delta H^\circ = -8,912 \text{ kJ/mol}$$

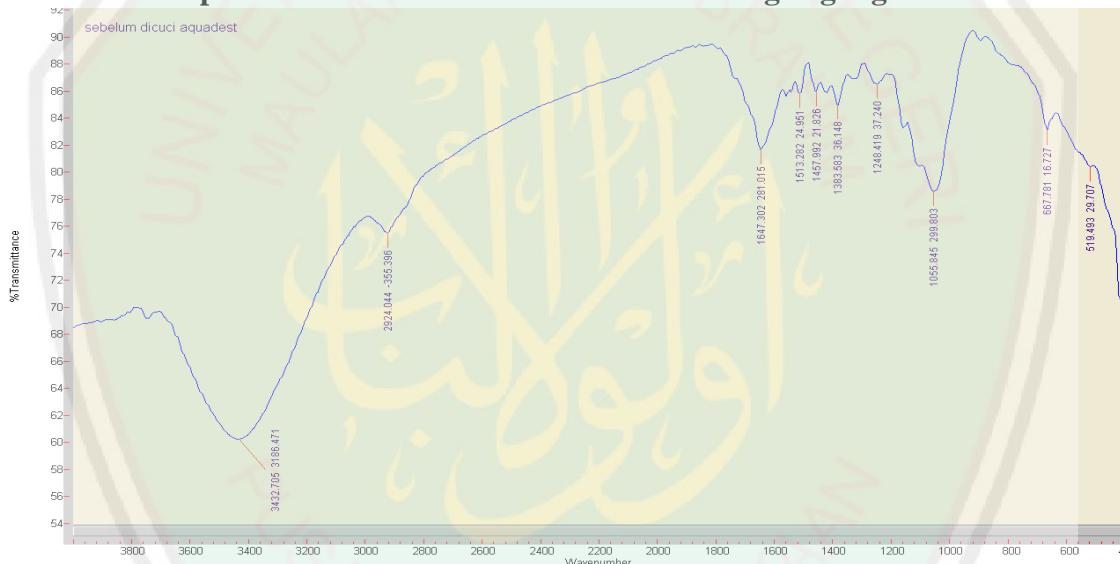
Suhu (K)	ΔG° (kJ/mol)	ΔH° (kJ/mol)	ΔS° (kJ/mol.K)	R^2
303,15	-0,8880	-8,912	-0,0265	0,9681
313,15	-0,5788			
323,15	-0,4459			
333,15	-0,0500			

4. Karakterisasi Biosorben

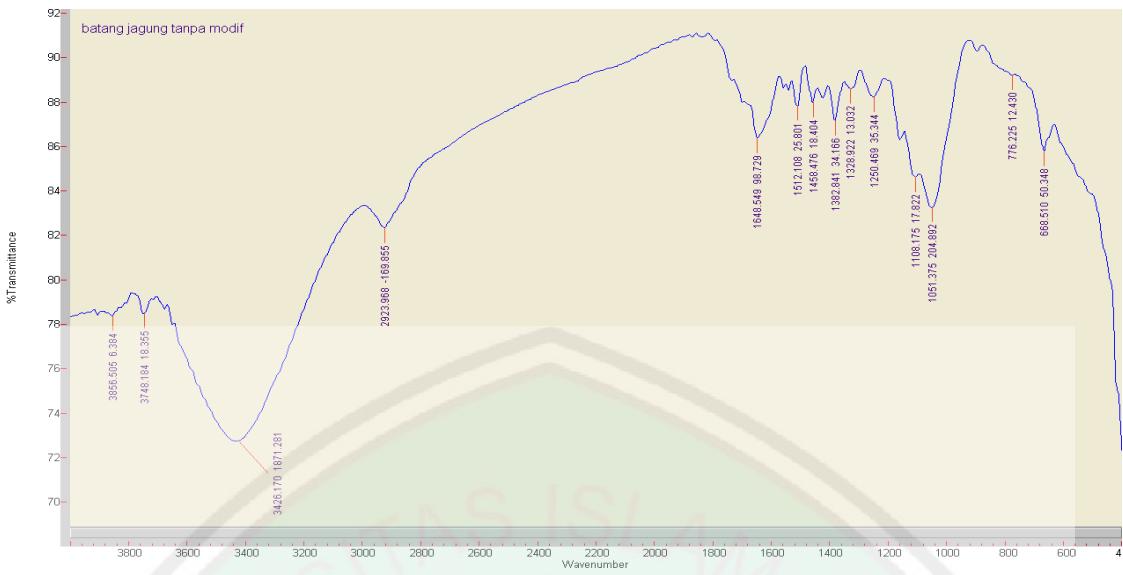
Tabel L.4.7 Interpretasi spektra IR

Gugus	Bilangan Gelombang (cm^{-1})			
	Batang jagung (alami)	Batang jagung (demineralisasi)	Batang jagung (modifikasi)	Batang jagung (adsorpsi)
O-H	3432	3426	3435	3445
C-H	2924	2923	2927	2927
C=C	1648	1648	1646	1648
C-O-H	1248	1250	1250	1245
C=O	-	-	1736	1737
C-O	1052	1053	1053	1055

5. Spektra IR Karakterisasi Biosorben Batang Jagung



Gambar L.4.5 Spektra IR batang jagung tanpa modifikasi



Gambar L.4.6 Spektra IR batang jagung terdemineralasi



Gambar L.4.7 Spektra IR batang jagung termodifikasi



Gambar L.4.8 Spektra IR batang jagung termodifikasi setelah adsorpsi

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

➤ Preparasi Sampel



Batang Jagung Termodifikasi



Proses Penyaringan



Pencampuran Asam Sitrat dan BJ



Cek pH saat proses



Demineralisasi

Proses Pencucian



Sampel setelah dioven

Proses pemanasan dalam modifikasi



Batang Jagung Alami



➤ Proses Adsorpsi



Proses Termodinamika



Sampel disimpan untuk UV-Vis



Sebelum adsorpsi Isotermis *Methyelene Blue*
Methyelene Blue



Setelah adsorpsi Isotermis



Batang Jagung



Methyelene Blue



Hasil Penyaringan Methyelene Blue



Botol Tempat Sampel



Teradsorpsi

Proses Shaker Sampel



Proses Penyaringan

➤ Karakterisasi Morfologi



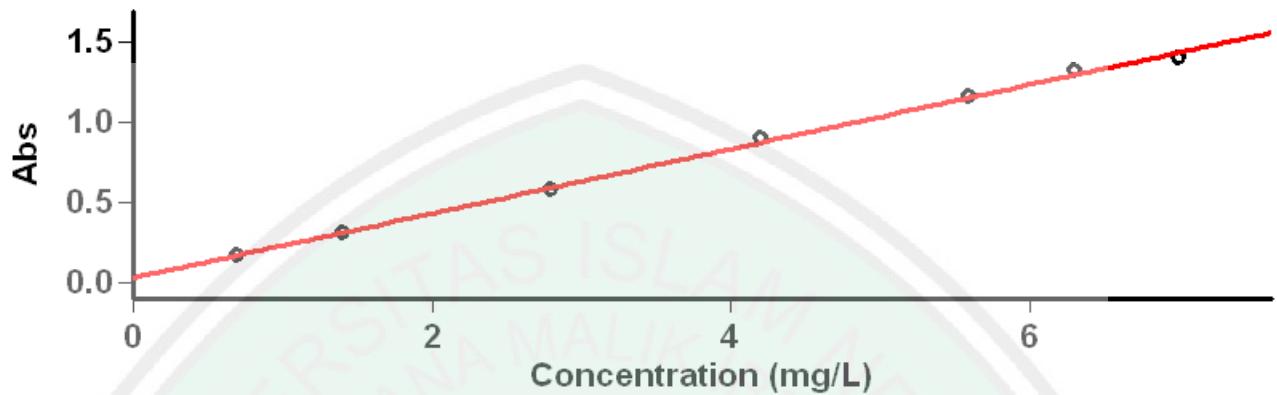
Seperangkat alat SEM.



Lampiran 6. Data Hasil Analisis Spektrofotometer Uv-vis

Kurva Standar Methylene Blue

Tanggal Analisa : 10 April 2019



Concentration Analysis Report

Report time: 4/10/2019 1:35:49 PM
 Method:
 Batch name: D:\Guruh\Kurva Standar Methiylene Blue
 (10-04-2019).BCN
 Application: Concentration 3.00 (339)
 Operator: Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	665.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Standard/Sample averaging	OFF
Weight and volume corrections	OFF
Fit type	Linear
Min R ²	0.95000
Concentration units	mg/L

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1410)	665.0

Calibration

Collection time 4/10/2019 1:36:04 PM

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1	0.7	0.1704	0.0005	0.32	0.1708	0.1706
						0.1698
						0.1708
Std 2	1.4	0.3045	0.0003	0.10	0.3046	0.3042
						0.3048
Std 3	2.8	0.5756	0.0008	0.13	0.5750	0.5764
						0.5753
Std 4	4.2	0.8988	0.0016	0.18	0.9007	0.8979
						0.8979
Std 5	5.6	1.1612	0.0005	0.05	1.1613	1.1617
						1.1606
Std 6	6.3	1.3230	0.0052	0.39	1.3194	1.3289
						1.3206
Std 7	7.0	1.3964	0.0061	0.44	1.3904	1.4025
						1.3965

Calibration eqn Abs = 0.20081*Conc +0.02962
 Correlation Coefficient 0.99771
 Calibration time 4/10/2019 1:37:49 PM

Results Flags Legend

U = Uncalibrated

O = Overrange

N = Not used in calibration

R = Repeat reading



Absorbansi Methylene Blue Variasi Konsentrasi Awal

Tanggal Analisa : 31 Oktober 2018

Advanced Reads Report

Report time 10/31/2018 3:24:09 PM
 Method
 Batch name D:\Anwar\Absorbansi Methylene Blue 50 ppm
 (31-10-2018).BAB
 Application Advanced Reads 3.00 (339)
 Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50
 Instrument version no. 3.00
 Wavelength (nm) 665.0
 Ordinate Mode Abs
 Ave Time (sec) 0.1000
 Replicates 3
 Sample averaging OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1089)	665.0

Analysis

Collection time 10/31/2018 3:24:09 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
50Co a					0.1115 0.1113
	0.1112	0.0003	0.31		0.1108
50Co b					0.1050 0.1047
	0.1048	0.0002	0.21		0.1046
50Co c					0.1130

				0.1133	
		0.1133	0.0003	0.25	0.1136
100Co	a				0.2200
					0.2194
		0.2195	0.0005	0.21	0.2191
100Co	b				0.1964
					0.1957
		0.1959	0.0005	0.25	0.1955
100Co	c				0.1942
					0.1942
		0.1940	0.0003	0.16	0.1936
150Co	a				0.2922
					0.2916
		0.2919	0.0003	0.11	0.2919
150Co	b				0.3198
					0.3191
		0.3194	0.0003	0.10	0.3193
150Co	c				0.3154
					0.3151
		0.3154	0.0003	0.10	0.3158
200Co	a				0.4332
					0.4320
		0.4324	0.0006	0.15	0.4321
200Co	b				0.4092
					0.4087
		0.4092	0.0005	0.12	0.4096
200Co	c				0.4201
					0.4203
		0.4200	0.0004	0.09	0.4196
250Co	a				0.5097
					0.5102
		0.5096	0.0006	0.12	0.5090
250Co	b				0.5410
					0.5388
		0.5392	0.0016	0.30	0.5378
250Co	c				0.5447
					0.5438
		0.5446	0.0006	0.12	0.5451

300Co a				0.6276
				0.6255
	0.6265	0.0010	0.16	0.6265
300Co b				0.6451
				0.6447
	0.6449	0.0002	0.03	0.6448
300Co c				0.6155
				0.6151
	0.6154	0.0003	0.05	0.6157
350Co a				0.7418
				0.7390
	0.7403	0.0014	0.19	0.7400
350Co b				0.7511
				0.7521
	0.7516	0.0005	0.07	0.7515
350Co c				0.7490
				0.7489
	0.7491	0.0004	0.05	0.7496
400Co a				0.4692
				0.4679
	0.4683	0.0008	0.17	0.4679
400Co b				0.4688
				0.4683
	0.4685	0.0003	0.05	0.4683
400Co c				0.4708
				0.4701
	0.4700	0.0009	0.18	0.4691

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Methylene Blue Variasi Konsentrasi Akhir

Tanggal Analisa : 01 November 2018

Advanced Reads Report

Report time	11/1/2018 3:13:16 PM
Method	
Batch name	D:\Anwar\Absorbansi MB 50 ppm Setelah Adsorpsi (01-11-2018).BAB
Application	Advanced Reads 3.00 (339)
Operator	Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	665.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Sample averaging	OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1192)	665.0

Analysis

Collection time 11/1/2018 3:13:16 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
50 a					0.1471
					0.1468
	0.1470	0.0002	0.13	0.1471	
50 b					0.1548
					0.1552
	0.1551	0.0002	0.16	0.1553	
50 c					0.1569
					0.1567
	0.1568	0.0001	0.08	0.1567	

100	a				0.1571
					0.1572
		0.1569	0.0004	0.25	0.1565
100	b				0.3475
					0.3479
		0.3478	0.0002	0.07	0.3480
100	c				0.2418
					0.2421
		0.2417	0.0004	0.16	0.2413
150	a				0.1955
					0.1947
		0.1945	0.0011	0.57	0.1933
150	b				0.1857
					0.1867
		0.1862	0.0005	0.26	0.1861
150	c				0.1873
					0.1873
		0.1875	0.0003	0.17	0.1879
200	a				0.1769
					0.1761
		0.1765	0.0004	0.21	0.1765
200	b				0.1823
					0.1815
		0.1818	0.0004	0.24	0.1817
200	c				0.1832
					0.1830
		0.1830	0.0002	0.13	0.1827
250	a				0.0890
					0.0893
		0.0891	0.0002	0.20	0.0890
250	b				0.0912
					0.0910
		0.0910	0.0003	0.29	0.0907
250	c				0.0967
					0.0968
		0.0966	0.0002	0.18	0.0965

300 a				0.2350
				0.2346
	0.2347	0.0002	0.10	0.2346
300 b				0.2188
				0.2182
	0.2184	0.0003	0.14	0.2183
300 c				0.2366
				0.2361
	0.2363	0.0002	0.10	0.2363
350 a				0.3595
				0.3598
	0.3595	0.0003	0.09	0.3591
350 b				0.3679
				0.3681
	0.3681	0.0002	0.04	0.3682
350 c				0.3745
				0.3743
	0.3743	0.0002	0.05	0.3741
400 a				0.4718
				0.4704
	0.4711	0.0007	0.16	0.4712
400 b				0.4967
				0.4951
	0.4954	0.0012	0.24	0.4943
400 c				0.5066
				0.5064
	0.5066	0.0002	0.03	0.5067

Results Flags Legend

R = Repeat reading

Absorbansi Methylene Blue Variasi Suhu

Tanggal Analisa : 18 Juli 2019

Advanced Reads Report

Report time	7/18/2019 3:11:00 PM
Method	
Batch name	D:\Anwar\Absorbansi Methylene Blue 350 COTM (18-07-2019).BAB
Application	Advanced Reads 3.00 (339)
Operator	Rika

Instrument Settings

Instrument	Cary 50
Instrument version no.	3.00
Wavelength (nm)	665.0
Ordinate Mode	Abs
Ave Time (sec)	0.1000
Replicates	3
Sample averaging	OFF

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1250)	665.0

Analysis

Collection time 7/18/2019 3:11:00 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Awal 1					0.7565
					0.7551
	0.7559	0.0007	0.09	0.09	0.7561
Awal 2					0.7901
					0.7914
	0.7913	0.0012	0.15	0.15	0.7924
Awal 3					0.8051
					0.8018

		0.8032	0.0017	0.21	0.8026
T 30 a					0.3365
					0.3361
		0.3361	0.0004	0.11	0.3358
T 30 b					0.3270
					0.3268
		0.3270	0.0002	0.05	0.3271
T 30 c					0.3275
					0.3285
		0.3278	0.0006	0.18	0.3275
T 40 a					0.3617
					0.3629
		0.3623	0.0006	0.16	0.3623
T 40 b					0.3557
					0.3547
		0.3552	0.0005	0.14	0.3553
T 40 c					0.3472
					0.3471
		0.3471	0.0001	0.02	0.3471
T 50 a					0.3621
					0.3619
		0.3617	0.0004	0.12	0.3612
T 50 b					0.3657
					0.3655
		0.3656	0.0001	0.02	0.3656
T 50 c					0.3700
					0.3698
		0.3696	0.0005	0.14	0.3690
T 60 a					0.3928
					0.3933
		0.3930	0.0002	0.06	0.3929
T 60 b					0.3816
					0.3824
		0.3819	0.0004	0.10	0.3818
T 60 c					0.4077
					0.4067
		0.4074	0.0006	0.15	0.4077

Results Flags Legend

R = Repeat reading

