

**ISOTERMIS ADSORPSI DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI MALASIT  
HIJAU PADA BATANG JAGUNG (*Zea mays L.*) TERMODIFIKASI ASAM  
SITRAT**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**ARI FITHRIYA ROMADHONI**  
NIM. 14630011



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

**ISOTERMIS ADSORPSI DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI MALASIT  
HIJAU PADA BATANG JAGUNG (*Zea mays* L.) TERMODIFIKASI ASAM  
SITRAT**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**ARI FITHRIYA ROMADHONI**  
NIM. 14630011

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 ADSORPSI DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI MALASIT  
HIJAU PADA BATANG JAGUNG (*Zea mays* L.) TERMODIFIKASI ASAM  
SITRAT**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**ARI FITHRIYA ROMADHONI**  
NIM. 14630011

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji  
Tanggal: 15 Februari 2019

**Pembimbing I**

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

**Pembimbing II**

**Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc**  
NIDT. 19900906 20180201 2 239

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan**



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

**ISOTERMIS ADSORPSI DAN TERMODINAMIKA ADSORPSI MALASIT HIJAU PADA BATANG JAGUNG (*Zea mays* L.) TERMODIFIKASI ASAM SITRAT**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**ARI FITHRIYA ROMADHONI**  
NIM. 14630011

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 15 Februari 2019

**Penguji Utama : Rachmawati Ningsih, M.Si**  
NIP. 19810811 200801 2 010

(.....)

**Ketua Penguji : Rif'atul Mahmudah, M.Si**  
NIDT. 19830125 20160801 2 068

(.....)

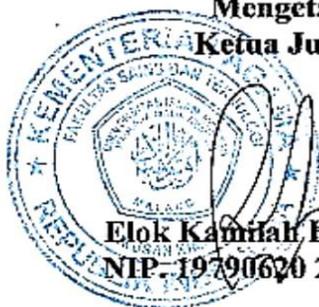
**Sekretaris Penguji : Eny Yulianti, M.Si**  
NIP. 19760611 200501 2 006

(.....)

**Anggota Penguji : Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc**  
NIDT. 19900906 20180201 2 239

(.....)

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan**



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

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ari Fithriya Romadhoni

NIM : 14630011

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Isotermis Adsorpsi Dan Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung (*Zea mays L.*) Termodifikasi Asam Sitrat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai 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 perbuatan tersebut.

Yang membuat pernyataan  
Malang, 20 Maret 2019



Ari Fithriya Romadhoni  
NIM. 14630011

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT akhirnya bisa menyelesaikan tugas akhir ini. Tanpa kehendak-Nya dan dukungan dari orang-orang sekitar, saya tidak dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Oleh karena itu, saya ingin mempersembahkan tulisan ini untuk:

Kedua orang tua saya, Bapak Sudibyanto dan Ibu Robiyah dan saudara saya, Mbak Ida, Mas Ainun, dan Mas Ady yang selama ini telah memberikan segala bentuk dukungan mulai dari awal masuk kuliah hingga saya bisa memperoleh gelar sarjana ini. Terima kasih untuk segalanya, mungkin kiranya tulisan ini hanya sebagian kecil hal yang bisa saya persembahkan, karena semua kebaikan kalian takkan bisa terbalas dengan apapun. Semoga selalu diberi kesehatan, kebahagiaan dan panjang umur, Aamiin ..

Bapak dan Ibu Dosen Kimia, khususnya Ibu Eny Yulianti, M.Si, Ibu Rif'atul Mahmudah, M. Si, Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M. Sc, dan Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si yang telah memotivasi, memberikan arahan, dan membimbing dengan sangat sabar selama ini. Dari proses pembelajaran selama S-1 ini saya bisa lebih mengerti dan memahami ilmu kimia dengan baik. Semoga kebaikan Bapak dan Ibu Dosen mendapat balasan yang lebih baik dari Allah SWT, Aamiin...

Seluruh teman-teman kimia 2014 khususnya KIMIA-A 2014 yang telah menjadi bagian dari penelitian ini. Untuk Tassya, Vika, Makdor, Aisy, Mbak Qory, Sopay, Paili, Sister Ulya, Nafis, Mama jijaah, Windul, Chaca dan Lecong terima kasih untuk segala bantuan supportnya selama ini. Semoga Allah memberikan keberkahan atas semua kerja keras yang kita lakukan. Semoga cita-cita kita semua bisa terwujud dan kita semua sukses, Aamiin ..

## KATA PENGANTAR

Puji syukur bagi Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, atas segala nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan SKRIPSI yang berjudul **“Isotermis Adsorpsi Dan Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung (*Zea mays* L.) Termodifikasi Asam Sitrat”** dengan sebaik mungkin. Sholawat serta salam selalu penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, sosok teladan dalam membangun peradaban dan budaya pemikiran. Iringan doa dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Sudibyanto dan Ibu Robiyah, serta kedua saudara yang telah banyak memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materiil kepada penulis yang tak mungkin terbalaskan.
2. Bapak Prof. Dr. H. Abd. Haris, M.Ag., selaku rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ibu Eny Yulianti, M.Si., Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si dan Ibu Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc selaku dosen pembimbing dan konsultan dalam penulisan skripsi ini.
6. Seluruh dosen, laboran dan staff administrasi Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan ilmu,

pengetahuan, pengalaman, dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.

7. Teman-teman Jurusan Kimia angkatan 2014 serta semua mahasiswa Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan motivasi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan secara satu persatu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa moril maupun materiil.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna.

Saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah ilmu pengetahuan baru bagi para pembaca.

Malang, 09 Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
المخلص .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Masalah .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Perspektif Islam Terhadap Tanaman Sebagai Biosorben Limbah .....	7
2.2 Batang Jagung .....	9
2.3 Aktivasi Adsorben .....	10
2.4 Asam Sitrat Sebagai Bahan Modifikasi Adsorben.....	11
2.5 Batang Jagung Sebagai Biosorben Malasit Hijau .....	13
2.6 Isotermis Adsorpsi .....	15
2.7 Termodinamika Adsorpsi .....	17
2.8 Karakterisasi Morfologi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan Mikroskop Optik .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.2.1 Alat .....	21
3.2.2 Bahan .....	21
3.3 Rancangan Penelitian .....	22
3.4 Tahapan Penelitian .....	23
3.5 Cara Kerja .....	23
3.5.1 Penentuan Kondisi Optimum Malasit Hijau .....	23
3.5.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Malasit Hijau .....	23

3.5.1.2 Pembuatan Kurva Baku Malasit Hijau .....	23
3.5.2 Preparasi Sampel Batang Jagung .....	24
3.5.2.1 Preparasi dan Demineralisasi Batang Jagung Menggunakan HCl 0,1 N .....	24
3.5.2.2 Modifikasi Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat 1 M .....	24
3.5.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Malasit Hijau .....	25
3.5.4 Penentuan Isotermis Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung .....	25
3.5.5 Penentuan Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau .....	25
3.5.6 Karakterisasi Morfologi Batang Jagung Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan Mikroskop Optik .....	26
3.6 Analisis Data .....	27
3.6.1 Penentuan Kondisi Optimum Malasit Hijau .....	27
3.6.2 Penentuan Persamaan Isotermis Adsorpsi .....	27
3.6.3 Penentuan Termodinamika Adsorpsi .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Penentuan Kondisi Optimum Malasit Hijau .....	32
4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Malasit Hijau .....	32
4.1.2 Pembuatan Kurva Baku Malasit Hijau .....	35
4.2 Preparasi Sampel Batang Jagung .....	36
4.2.1 Preparasi dan Demineralisasi Batang jagung menggunakan HCl .....	36
4.2.2 Modifikasi batang jagung menggunakan asam sitrat .....	37
4.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Malasit Hijau .....	39
4.4 Isotermis Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung .....	41
4.5 Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung .....	44
4.6 Karakterisasi Morfologi Menggunakan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) dan Mikroskop Optik .....	45
4.7 Pemanfaatan Batang Jagung ( <i>Zea mays</i> L.) Dalam Perspektif Islam .....	47
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spektra inframerah batang jagung.....	13
Gambar 2.2 Struktur malasit hijau .....	14
Gambar 2.3 Permukaan adsorben membentuk lapisan <i>monolayer</i> .....	16
Gambar 2.4 Permukaan adsorben membentuk lapisan <i>multilayer</i> .....	17
Gambar 2.5 Karakterisasi morfologi batang jagung .....	20
Gambar 3.1 Grafik persamaan isoteremis Langmuir .....	27
Gambar 3.2 Grafik persamaan isoteremis Freundlich .....	29
Gambar 3.3 Grafik persamaan termodinamika adsorpsi .....	31
Gambar 4.1 Kurva panjang gelombang maksimum malasit hijau variasi pH.....	33
Gambar 4.2 Reaksi malasit hijau dengan basa .....	34
Gambar 4.3 Kurva baku malasit hijau .....	35
Gambar 4.4 Mekanisme reaksi esterifikasi selulosa dengan asam sitrat .....	38
Gambar 4.5 Spektra IR karakterisasi batang jagung.....	39
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara waktu kontak dengan jumlah malasit hijau	40
Gambar 4.7 Grafik persamaan isoteremis adsorpsi Langmuir.....	41
Gambar 4.8 Grafik persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich .....	42
Gambar 4.9 Ilustrasi permukaan <i>monolayer</i> .....	43
Gambar 4.10 Grafik persamaan termodinamika adsorpsi.....	44
Gambar 4.11 Karakterisasi morfologi menggunakan SEM .....	46
Gambar 4.12 Karakterisasi morfologi menggunakan mikroskop optik .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakterisasi menggunakan SEM.....	26
Tabel 3.2 Karakterisasi menggunakan mikroskop optik.....	26
Tabel 4.1 Panjang gelombang maksimum malasit hijau.....	34
Tabel 4.2 Kandungan unsur dalam batang jagung .....	37
Tabel 4.3 Persamaan Isotermis adsorpsi .....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian .....	56
Lampiran 2 Diagram Alir .....	57
Lampiran 3 Perhitungan Pembuatan Larutan.....	61
Lampiran 4 Data Pengamatan dan Perhitungan .....	63
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian.....	70
Lampiran 6 Data Hasil Analisis Spektrofotometer UV-Vis .....	71



## ABSTRAK

Romadhoni, A.F. 2019. **Isotermis Adsorpsi Dan Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung (*Zea mays* L.) Termodifikasi Asam Sitrat**. Pembimbing I: Eny Yulianti, M.Si; pembimbing II: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc; Konsultan: Rif'atul Mahmudah, M. Si

---

**Kata Kunci** : batang jagung, malasit hijau, isotermis adsorpsi, termodinamika adsorpsi

Batang jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang belum dimanfaatkan. Komponen terbesar yang terkandung dalam batang jagung adalah selulosa. Batang jagung memiliki potensi sebagai biosorben dalam penurunan limbah zat warna. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tipe isotermis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi malasit hijau pada batang jagung termodifikasi asam sitrat serta mengetahui morfologinya menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan mikroskop optik.

Batang jagung didemineralisasi menggunakan HCl 0,1 M dan dimodifikasi menggunakan asam sitrat 1 M. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi malasit hijau pada batang jagung. Penentuan isotermis adsorpsi dengan pendekatan isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich, dilanjutkan dengan penentuan termodinamika adsorpsi dengan variasi suhu. Karakterisasi morfologi permukaan batang jagung menggunakan SEM dan mikroskop optik.

Isotermis adsorpsi pada penelitian ini mengikuti tipe isotermis adsorpsi Langmuir dengan kapasitas adsorpsi 87,7193 mg/g. Hasil dari parameter termodinamika adsorpsi dengan nilai ( $\Delta G^\circ$ ), ( $\Delta H^\circ$ ), dan ( $\Delta S^\circ$ ) secara berturut-turut adalah -9,991 kJ/mol, -18,41 kJ/mol, -0,0285 kJ/mol.K yang menunjukkan bahwa adsorpsi malasit hijau pada batang jagung terjadi secara spontan dan eksotermik. Karakterisasi morfologi permukaan batang jagung menggunakan SEM menunjukkan batang jagung tanpa modifikasi memiliki struktur serpihan yang tak beraturan, setelah adanya modifikasi batang jagung diduga memiliki banyak pori dan berbentuk serat. Permukaan batang jagung setelah adsorpsi malasit hijau berbentuk serat dan lebih terdispersi. Hasil mikroskop optik yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi malasit hijau terjadi secara merata pada seluruh permukaan batang jagung termodifikasi asam sitrat.

## ABSTRACT

Romadhoni, A.F. 2019. **Adsorption Isotherms And Thermodynamic Of Malachite Green In Corn Stalk (*Zea mays L.*) Modified With Citric Acid**. Supervisor I: Eny Yulianti, M.Si; Supervisor II: Lulu'atul Hamidatu Ulya, M.Sc; Consultant: Rif'atul Mahmudah, M. Si

---

**Keywords:** corn stalk, malachite green, adsorption isotherms, thermodynamic adsorption

Corn stalk is one of the untapped agricultural wastes. The biggest component contained in corn stalk is cellulose. Corn stalk have the potential as biosorbents in reducing dyestuff waste. This study aims to determine the type of isotherm adsorption and thermodynamic adsorption of malachite green on corn stalks modified citric acid and to know the surface morphology using Scanning Electron Microscopy (SEM) and optical microscopy.

Deminerallized of corn stalk using 0.1 M HCl and modified using 1 M citric acid. Determination of optimum contact time for malachite green adsorption on corn stalk. Determination of the adsorption isotherm with approach Langmuir and Freundlich adsorption isotherm, followed by the determination of thermodynamic adsorption with temperature variations. Characterization of corn stalk surface morphology using SEM and optical microscopy.

Adsorption isotherm in this study follows the Langmuir adsorption isotherm type with an adsorption capacity of 87,7193 mg/g. The results of the thermodynamic adsorption parameters with values ( $\Delta G^\circ$ ), ( $\Delta H^\circ$ ), and ( $\Delta S^\circ$ ) are respectively -9.991 kJ/mol, -18.41 kJ/mol, -0.0285 kJ/mol.K which shows that the adsorption of malachite green on corn stalks occurs spontaneously and exothermic. The Morphological characterization surface of corn stalks using SEM showed that unmodified corn stalk had an irregular flake structure, after modification of corn stalks it was thought to have many pores and were in the form of fibers. The surface of corn stalk after adsorption malachite green is fiber-shaped and more dispersed. Optical microscope results showed that the malachite green adsorption process occurred evenly on the entire surface of corn stalks modified citric acid.

## الملخص

رمضانى، أ. ف. ٢٠١٩. الخط التحوير (الايسوترم) الامتزاز والحرارة الديناميكية الامتزاز المالا سبت الأخضر في سيقان الذرة (*Zea mays L.*) المعدل حمض الستريك. المشرفة الأولى: إينى يوليتى، الماجستير؛ المشرفة الثانية: لؤلؤة الحميدة العليا؛ الماجستير المستشارة: رفعة المحمودة، الماجستير.

**الكلمات الرئيسية:** سيقان الذرة، المالا سبت الأخضر، ايسوترم الامتزاز ، والحرارة الديناميكية الامتزاز

سيقان الذرة هو واحد من النفايات الزراعية غير المستغلة. أكبر مكون الذى يوجد في سيقان الذرة هو السليلوز. سيقان الذرة لديه القدرة كالمناطق البيولوجية في الحد من نفايات الأصبغة. يهدف هذا البحث إلى تحديد نوع ايسوترم الامتزاز والحرارة الديناميكي الامتزاز للمالا سبت الأخضر على سيقان الذرة ومعرفة مورفولوجيا لسطح سيقان الذرة المعدل حمض الستريك باستخدام المسح المجهرى الإلكتروني SEM والمجهر الضوئي ينع سيقان الذرة باستخدام حمض الهيدروكلوريك HCl ١,٠ م ويعدله باستخدام حمض السترات م١. تحديد وقت الاتصال الأمثل للامتزاز المالا سبت الأخضر على سيقان الذرة. تحديد ايسوترم الامتزاز عن طريق النهج ايسوترم الامتزاز لانغموير وفريودليخ، ويستمر تحديد الامتزاز الديناميكي الحراري مع تغيرات درجة الحرارة. توصيف مورفولوجيا سطح الذرة يستمر SEM والمجهر الضوئي.

ايسوترم الامتزاز في هذا البحث يتبع نوع ايسوترم الامتزاز لانغموير مع قدرت الامتزاز ٧١٩٣, ٨٧ مغاغ. نتائج المعلمات الامتزاز الحراري الديناميكي مع القيم  $(\Delta G^\circ)$ ,  $(\Delta H^\circ)$ ,  $(\Delta S^\circ)$  - ٩,٩٩١ ك ج\مول، - ١٨,٤١ ك ج\مول ، - ٠,٢٨٥ ك ج\مول ك على التوالي أن امتزاز المالا سبت الأخضر على سيقان الذرة عفويا وكان طارد للحرارة. دل توصيف سيقان الذرة باستخدام SEM يظهر أن جذوع الذرة غير المعدلة لها بنية تقشر غير منتظم، بعد أن أظهرت عملية التعديل أن ساق الذرة في شكل ألياف. سيقان الذرة بعد امتزاز المالا سبت الأخضر تبين على شكل الألياف وأكثر تشتتاً ظهرت نتائج المجهر الضوئي أن عملية امتزاز الكسل الأخضر حدثت بالتساوي على كامل سطح سيقان الذرة المعدلة بحامض الستريك.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri tekstil merupakan salah satu industri terbesar di dunia, bahkan menjadi sumber penghasilan terbesar pemerintah Indonesia. Industri tekstil di Indonesia tumbuh menjadi komoditi ekspor yang dapat diandalkan dan menjadi sektor strategis untuk terus dikembangkan (Sudradjat, 2002). Namun terlepas dari kemajuan industri ini, industri tekstil memiliki dampak negatif dalam produksinya. Industri tekstil menghasilkan limbah yang berbahaya dan dapat merusak lingkungan seperti limbah industri yang langsung dibuang ke perairan. Jika perairan tersebut merupakan faktor penting bagi kehidupan masyarakat, sudah tentu hal itu akan mengganggu aktifitas kehidupan masyarakat. Pencemaran yang terjadi merupakan salah satu kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh tangan manusia. Allah SWT telah menyebutkan dalam Al-Qur'an surat Ar-Rum ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا  
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

*“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (QS. Ar-Rum: 41)*

Ayat di atas menyebutkan bahwa telah terjadi kerusakan baik di darat maupun di laut yang disebabkan oleh tangan-tangan manusia. Para ulama kontemporer menyebutkan bahwa kerusakan yang dimaksud adalah kerusakan

yang berkaitan dengan lingkungan (Shihab, 2002). Salah satu kerusakan lingkungan yang sering terjadi adalah masalah pencemaran lingkungan terutama pencemaran air karena terpapar oleh limbah. Salah satu limbah yang dapat merusak lingkungan adalah limbah zat warna.

Limbah zat warna yang dihasilkan oleh industri umumnya berasal dari senyawa organik *non-biodegradable*. Limbah zat warna dapat menyebabkan kerusakan lingkungan terutama lingkungan perairan (Wijaya, dkk., 2006). Malasit hijau merupakan zat warna yang paling banyak digunakan untuk pewarnaan wol, katun, goni, serat, dan kertas (Bulut, dkk., 2008). Malasit hijau dapat menimbulkan efek berbahaya jika bercampur dalam perairan dan mengganggu ekosistem perairan yang dapat menyebabkan kerusakan pada hati, insang, ginjal, dan usus hewan laut (Srivastava, dkk., 2004). Malasit hijau akan menyerang pencernaan manusia jika ikan yang terkontaminasi zat tersebut dikonsumsi dan berpotensi menyebabkan tumor (Bulut, dkk., 2008).

Salah satu metode yang digunakan untuk penghilangan zat warna adalah adsorpsi. Proses adsorpsi menunjukkan kemampuan suatu adsorben menyerap suatu zat adsorbat. adsorbat untuk menempel pada bahan penjerap. Proses ini dapat diterapkan pada pemisahan polutan (Igwe dan Abia, 2006). Penggunaan biomassa terutama batang jagung sebagai adsorben memiliki kelebihan untuk menghilangkan zat warna dari limbah cair dengan biaya yang rendah dan lebih ramah lingkungan (Wen, dkk., 2017).

Demineralisasi merupakan proses penghilangan mineral yang masih tertempel dalam biomassa. Penelitian ini digunakan asam klorida untuk demineralisasi. Hendri (2008) melakukan aktivasi pada cangkang udang untuk

mendekomposisi kandungan mineral pada cangkang udang. Proses yang terjadi pada tahap demineralisasi adalah mineral-mineral alami pada sampel akan bereaksi dengan HCl sehingga terjadi penghilangan mineral dari cangkang udang tersebut. Proses penghilangan mineral ditunjukkan dengan terbentuknya gas CO<sub>2</sub> pada saat larutan HCl ditambahkan dalam sampel (Hendri, 2008).

Jika asam klorida digunakan untuk demineralisasi, beda halnya dengan asam sitrat yang digunakan untuk modifikasi adsorben, yang diharapkan mampu memperbanyak jumlah gugus aktif sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsinya, seperti penelitian yang telah dilakukan (Leyva-Ramos, dkk., 2012), tongkol jagung dimodifikasi dengan asam sitrat sebagai adsorben logam Cd (II). Asam sitrat bereaksi dengan selulosa dan meningkatkan situs asam karboksilat. Hasil penelitiannya menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimal dengan modifikasi asam sitrat 1 M yaitu 42,9 mg/g. Sedangkan pada penelitian Sopiah, dkk. (2015) kapasitas adsorpsi dari jerami dapat ditingkatkan dengan asam sitrat pada suhu 120° C selama 30 menit. Hasil yang didapat menunjukkan adanya perbedaan kapasitas adsorpsi dari 4,62 g minyak/g adsorben menjadi 11,18 g minyak/g adsorben.

Salah satu biomassa yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah batang jagung. Jagung termasuk salah satu komoditas strategis dalam pertanian dan perekonomian Indonesia. Komponen terbesar tanaman jagung yaitu batang jagung yang mencapai 83,28% total berat biomassa. Batang jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu sumber biomassa yang memiliki kadar selulosa cukup tinggi yaitu sekitar 42,43%, lignin 21,73% dan hemiselulosa 25,06% (Susanto, 1998). Sedangkan pada penelitian (Wu, dkk., 2017) kandungan selulosa pada batang

jagung mencapai 78,7 %. Hal ini menunjukkan bahwa batang jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai adsorben.

Informasi tentang tipe adsorpsi dan kondisi permukaan adsorben dapat diketahui dengan ditetapkannya linieritas yang paling tepat untuk kondisi kesetimbangan. Model adsorpsi yang sering digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi adalah isoteremis adsorpsi Langmuir dan Freundlich (Baral, dkk., 2007). Proses adsorpsi akan mengikuti dimana nilai  $R^2$  mendekati 1 (Falahiyah, dkk., 2015). Wen, dkk. (2017) hasil dari penelitian menunjukkan representasi data yang baik dengan menggunakan model isoteremis adsorpsi Langmuir dengan nilai  $R^2$  adalah 0,995 yang berarti bahwa adsorpsi pada metilen biru adalah *monolayer*, permukaan adsorben cenderung homogen dan proses adsorpsi terjadi secara kimia.

Distribusi kation di antara fasa cair dan fasa padat merupakan ukuran posisi kesetimbangan dalam proses adsorpsi, dimana sistem adsorpsi tersebut dapat dinyatakan dengan termodinamika yang melibatkan pengukuran panas dan spontanitas reaksi adsorpsi (Mouta, dkk., 2008). Adapun parameter termodinamika adsorpsi yaitu nilai entalpi ( $\Delta H^\circ$ ), entropi ( $\Delta S^\circ$ ), dan energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ). Wen, dkk. (2017) proses adsorpsi metilen biru optimal pada suhu  $30^\circ\text{C}$  dengan nilai  $\Delta G^\circ$  adalah  $-4,956\text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta H^\circ = -21,471\text{ kJ/mol}$ , dan  $\Delta S^\circ = -0,054\text{ kJ/mol K}$  yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi metilen biru berlangsung secara spontan dan eksoteremis.

Karakterisasi morfologi permukaan batang jagung dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan mikroskop optik untuk mengetahui

kondisi permukaan batang jagung. Hasil SEM pada batang jagung sebelum dan sesudah proses adsorpsi zat warna *Congo Red* menunjukkan adanya perbedaan. batang jagung sebelum adsorpsi, morfologi permukaannya kasar sedangkan setelah adsorpsi permukaannya halus dengan pori-pori kecil (Abubakar dan Batagarawa, 2017). Pada penelitian Wen, dkk. (2017) hasil foto mikroskop optik pada batang jagung sebelum adsorpsi menunjukkan struktur yang berongga lebar, hal ini menunjukkan bahwa batang jagung dapat digunakan sebagai adsorben dan batang jagung setelah adsorpsi metilen biru yaitu berserat dan berwarna biru. Sedangkan hasil SEM batang jagung sebelum diaktivasi strukturnya mirip serpihan, karena serat selulosa dihubungkan oleh lignin, hemiselulosa, dan pektin. Hasil dari batang jagung yang telah diaktivasi, batang jagung menjadi berserat dan permukaan lebih terdispersi.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dikaji tentang pola isotermis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi yang terjadi pada adsorpsi malasit hijau terhadap batang jagung termodifikasi asam sitrat dan dikarakterisasi menggunakan SEM dan mikroskop optik untuk mengetahui morfologi permukaan adsorben batang jagung.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana tipe isotermis adsorpsi malasit hijau pada batang jagung?
2. Bagaimana termodinamika adsorpsi malasit hijau pada batang jagung?
3. Bagaimana karakterisasi morfologi permukaan batang jagung menggunakan SEM dan mikroskop optik?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tipe isoteremis adsorpsi malasit hijau pada batang jagung.
2. Untuk mengetahui termodinamika adsorpsi malasit hijau pada batang jagung.
3. Untuk mengetahui karakterisasi morfologi permukaan batang jagung menggunakan SEM dan mikroskop optik.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sampel batang jagung yang digunakan adalah limbah pertanian yang berasal dari Kabupaten Malang.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang isoteremis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi batang jagung termodifikasi asam sitrat sebagai adsorben zat warna.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perspektif Islam Terhadap Tanaman Sebagai Biosorben Limbah

Limbah merupakan hasil sisa suatu proses produksi baik industri maupun domestik yang tidak dapat digunakan kembali yang umumnya bersifat berbahaya. Salah satunya yaitu industri tekstil. Limbah industri tekstil berupa limbah cair zat warna. Limbah pabrik yang langsung dibuang ke perairan dapat menyebabkan masalah bagi kelestarian lingkungan, salah satunya yaitu pencemaran air. Pencemaran air sebagian ada yang langsung dapat diamati oleh manusia, seperti warna dan bau busuk. Adapula limbah yang tidak dapat diamati oleh manusia, karena kadarnya sedikit. Limbah seperti ini akan menjadi masalah kronis, karena akan terakumulasi dalam tubuh manusia maupun makhluk hidup lain yang tergantung pada air yang tercemar tersebut. Al-Qur'an menegaskan bahwa air adalah sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup yang ada di muka bumi ini, sebagaimana firman Allah SWT:

...وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٣٠﴾

*"...dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup maka mengapakah mereka tiada juga beriman?" (QS. Al-Anbiya': 30).*

Allah menciptakan bumi dan segala isinya serta segala macam yang berhubungan dengannya, berupa lingkungan yang alami dalam keadaan bersih dari segala macam kotoran dan terhindar dari pencemaran, seimbang dan tidak ada kepincangannya didalamnya, layak bagi kehidupan manusia untuk menjalankan tugasnya (Qardhawi, 2002). Al-Qur'an menegaskan bahwa Allah

menciptakan segala sesuatu dalam bentuk yang baik tidak terkecuali dengan air, sebagaimana firman Allah SWT:

﴿وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا﴾...

“... dan kami turunkan dari langit air yang amat bersih” (QS. Al-Furqon: 48).

Maka pada dasarnya di alam ini tidak satupun yang rusak, tercemar ataupun tidak seimbang sebagaimana penciptaanya. Akan tetapi adanya kerusakan lingkungan merupakan hasil perbuatan tangan-tangan manusia, yang secara sengaja maupun tidak sengaja mengubah fitrah Allah SWT dan mengubah ciptaan-Nya pada lingkungan, kehidupan, dan diri manusia (Qardhawi, 2002). Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengatasi perairan yang telah tercemar oleh limbah yaitu dengan menggunakan adsorben. Salah satu adsorben yang bisa digunakan dapat berasal dari tumbuh-tumbuhan atau yang biasa disebut biosorben.

Tumbuhan merupakan salah satu makhluk hidup yang diciptakan oleh Allah yang memiliki banyak manfaat didalamnya. Tumbuh-tumbuhan memiliki banyak kandungan senyawa yang dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup lainnya. Salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan yaitu batang jagung. Batang jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang belum dimanfaatkan dengan baik dan keberadaannya di lingkungan sangat berlimpah. Salah satu manfaat batang jagung yaitu dapat dimanfaatkan sebagai adsorben limbah zat warna. Dalam firman Allah SWT:

خَلَقَ السَّمَوَاتِ بِغَيْرِ عَمَدٍ تَرَوْنَهَا ۚ وَالْقَىٰ فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَبَثَّ فِيهَا  
 مِن كُلِّ دَابَّةٍ ۚ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿١٠﴾

*“Dia menciptakan langit tanpa tiang yang kamu melihatnya dan Dia meletakkan gunung-gunung (di permukaan) bumi supaya bumi itu tidak menggoyangkan kamu dan memperkembang biakkan padanya segala macam jenis binatang. Dan kami turunkan air hujan dari langit, lalu kami tumbuhkan padanya segala macam tumbuh-tumbuhan yang baik” (QS. Luqman: 10).*

Al Jazairi (2008) dalam tafsir al-Aisar menjelaskan bahwa setiap jenis dari tumbuh-tumbuhan yang baik adalah tidak berbahaya. Berbagai macam jenis tumbuhan yang baik dan beraneka ragam memiliki banyak manfaat. Berdasarkan ayat al-Qur’an tersebut menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu yang ada di dunia ini tidak ada yang sia-sia. Salah satunya yaitu tumbuh-tumbuhan yang memiliki banyak manfaat, dengan berbagai macam bentuk, ukuran, warna, bau, rasa, dan lain-lain. Salah satu tanaman yang diciptakan oleh Allah SWT yaitu batang jagung. Batang jagung dapat dimanfaatkan sebagai biosorben limbah, diantaranya yaitu limbah zat warna malasit hijau.

## 2.2 Batang Jagung

Penggunaan jagung oleh industri pakan pada beberapa tahun ini telah mencapai 50 persen dari total kebutuhan nasional. Pada 20 tahun ke depan diperkirakan penggunaan jagung untuk kebutuhan pakan terus meningkat hingga lebih dari 60 persen dari total kebutuhan nasional setelah tahun 2020 (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2010). Permasalahan yang muncul setiap musim panen adalah adanya limbah pertanian yang tidak termanfaatkan, salah satunya yaitu batang jagung.

Berbagai penelitian mengatakan bahwa adanya potensi dari limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan. Menurut (Wen, dkk., 2017) limbah pertanian terutama batang jagung lebih ramah lingkungan dan ekonomis untuk dijadikan sebagai adsorben karena mengandung selulosa yang kaya akan gugus hidroksil. Rahmayani dan Siswarni (2013) menyatakan bahwa beberapa macam limbah pertanian yang memiliki kadar selulosa tinggi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif, salah satunya adalah adsorben dari limbah batang jagung (*Zea mays* L.).

Batang jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu limbah pertanian dengan kadar selulosa yang cukup tinggi yaitu sekitar 42,43%, kadar lignin sekitar 21,73%, dan hemiselulosa 25,06% (Susanto, 1998). Sedangkan pada penelitian Wu, dkk. (2017) kandungan selulosa pada batang jagung mencapai 78,7 %. Gugus karboksil dalam selulosa berperan penting pada proses adsorpsi batang jagung. Sehingga batang jagung cocok untuk dimanfaatkan dan dikembangkan karena ketersediaan yang cukup banyak.

### 2.3 Aktivasi Adsorben

Kemampuan adsorpsi dari suatu adsorben dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi secara kimia maupun fisika terhadap adsorben tersebut. Aktivasi fisika adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas dan uap dari CO<sub>2</sub> (Sembiring dan Sinaga, 2003). Sedangkan aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan penambahan kimia (Triyana dan Sarma, 2003). Aktivator yang sering digunakan antara lain sulfat, klorida, fosfat dari logam alkali tanah, hidroksida logam alkali, dan asam-asam anorganik seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Perlakuan aktivasi dengan larutan asam dapat melarutkan pengotor pada suatu material. Keuntungan aktivasi kimia yaitu tidak memerlukan temperatur tinggi, mendapatkan hasil yang lebih maksimal dan mikropori dapat dikontrol (Wu, dkk., 2017).

Asam klorida merupakan salah satu aktivator kimia untuk proses demineralisasi. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Nurmasari (2008) yang melakukan demineralisasi pada tandan kosong kelapa sawit untuk mendekomposisi kandungan mineral-mineral alami dan mendesorpsi logam-logam yang terikat pada dinding sel biomassa melalui pertukaran ion. Proses yang terjadi pada tahap demineralisasi adalah penghilangan pengotor dan mineral-mineral alami pada adsorben yang dapat mengganggu proses adsorpsi.

#### **2.4 Asam Sitrat Sebagai Bahan Modifikasi Adsorben**

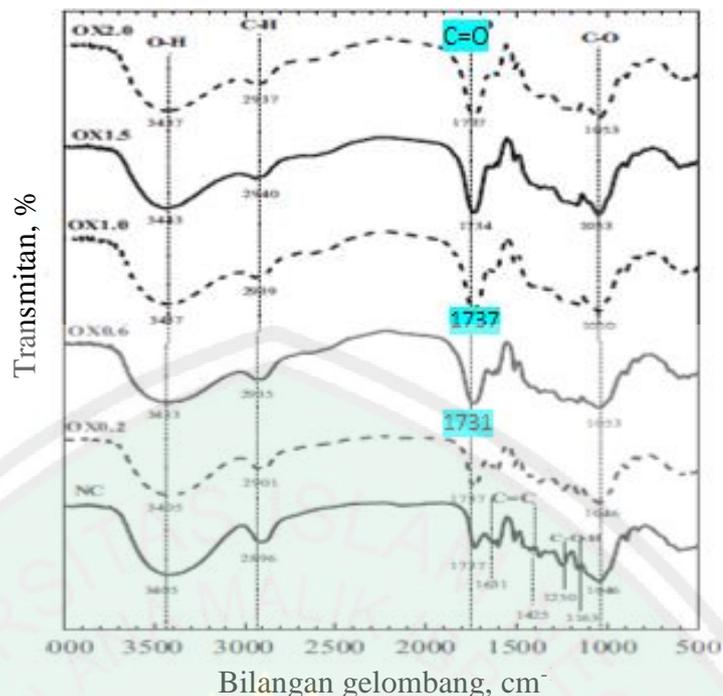
Asam sitrat merupakan senyawa karboksilat, berwujud kristal putih, berasa masam, dan biasa terkandung dalam buah jeruk serta buah asam lainnya sebagai asam bebas. Asam sitrat bersifat polar dan larut dalam air. Rumus empiris asam sitrat: C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> (Fatih, 2008). Asam sitrat dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi pada adsorben dengan membentuk situs karboksilat pada permukaan ketika bereaksi dengan selulosa (Vaughan, dkk., 2001).

Modifikasi dengan asam sitrat bertujuan untuk menambah situs aktif yang berperan penting pada proses adsorpsi dalam selulosa. Gugus aktif yang terkandung antara lain gugus karboksil, hidroksil, dan lakton. Reaksi antara asam sitrat dan selulosa perlu dipanaskan untuk memaksimalkan reaksi. Mahbubah (2016) melakukan karakterisasi gugus aktif batang jagung menggunakan asam

sitrat sebagai bahan modifikasi. Reaksi yang terjadi antara asam sitrat dan selulosa yang ada dalam batang jagung adalah reaksi esterifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi asam sitrat yang digunakan pada batang jagung maka semakin besar pula total gugus fungsi yang dihasilkan. Konsentrasi asam sitrat tertinggi yaitu sebesar 1,5 M dengan nilai total gugus fungsi (karboksil, hidroksil, dan lakton) sebesar 0,783 Eq/g.

Teori HSAB (*Hard soft acid base*) menjelaskan bahwa kation yang bersifat asam keras akan bereaksi kuat dengan ligan yang bersifat basa keras, sedangkan kation yang bersifat asam lunak akan bereaksi kuat dengan ligan basa lunak (Lestari dan Mudasir, 2004). Penurunan kapasitas adsorpsi suatu biomassa setelah adanya proses esterifikasi dapat dijelaskan berdasarkan konsep HSAB. Pada proses adsorpsi, gugus karboksil terdeprotonasi menjadi gugus karboksilat ( $\text{-COO-}$ ) yang bersifat asam keras, sehingga cenderung lemah untuk berikatan dengan  $\text{Cu}^{2+}$  yang merupakan asam lunak-*borderline* (Yunita, dkk., 2013).

Leyva-Ramos, dkk. (2012) melakukan penelitian pada tongkol jagung yang dimodifikasi dengan asam sitrat sebagai adsorben logam Cd (II). Asam sitrat bereaksi dengan selulosa dan meningkatkan situs asam karboksilat. Hasil penelitiannya menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimal dengan modifikasi asam sitrat 1 M yaitu 42,9 mg/g pada pH 7 dan suhu 25°C. Sedangkan kapasitas adsorpsi tongkol jagung tanpa modifikasi sebesar 1,62 mg/g.



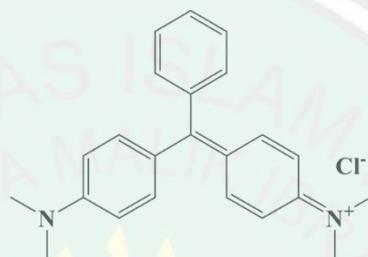
Gambar 2.1 Spektrum inframerah batang jagung alami (NC), batang jagung teraktivasi asam sitrat (OX0,2; OX0,6; OX1,0; OX1,5; dan OX2,0) (Leyva-Ramos, dkk., 2012).

Reaksi yang terjadi antara asam sitrat dan selulosa pada tongkol jagung menyebabkan peningkatan serapan pita gugus karbonil ester yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, hal ini karena peningkatan jumlah  $-COO$  setelah dimodifikasi. Serapan pita terletak di daerah  $1731-1737\text{ cm}^{-1}$  yang meningkat drastis ketika konsentrasi asam sitrat adalah 0,6 M. Perlakuan dengan konsentrasi asam sitrat lebih besar dari 0,6 M, menunjukkan peningkatan intensitas pita sangat lambat. Total situs asam maksimum yaitu pada konsentrasi asam sitrat 1,0 M. Hasil ini menunjukkan bahwa situs karboksilat terikat pada tongkol jagung selama aktivasi kimia dengan asam sitrat (Leyva-Ramos, dkk., 2012).

## 2.5 Batang Jagung Sebagai Biosorben Malasit Hijau

Batang jagung digunakan sebagai adsorben karena sifatnya yang ramah lingkungan dan ekonomis. Batang jagung terkandung selulosa sebesar 36,9 –

41,43% (Wang, dkk., 2016). Selulosa kaya akan hidroksil dimana banyak kemungkinan reaksi kimia terjadi pada selulosa. Pada penelitian Wen, dkk. (2017) batang jagung digunakan untuk adsorpsi malasit hijau dengan kapasitas adsorpsi sebesar 320 mg/g. Abubakar, dkk. (2017) malasit hijau dapat teradsorpsi hingga 90% terhadap biosorben batang jagung pada pH 6,5-7. Proses adsorpsi malasit hijau termasuk adsorpsi kimia dimana terjadi *ion-exchange* dengan adsorben.



Gambar 2.2 Struktur malasit hijau (Wen, dkk., 2017)

Malasit hijau merupakan zat warna kationik yang masih banyak digunakan, terutama di bidang industri tekstil, yaitu sebagai bahan dasar celup. Malasit hijau dapat menimbulkan efek berbahaya bagi tubuh seperti dapat menyebabkan toksisitas dan kronis, karsinogenik, mutagenik, dan juga dapat mereduksi kehamilan. Pada mamalia lain, malasit hijau juga bersifat karsinogenik pada hati dan kelenjar tiroid, sitotoksik terhadap sel serta dapat menyebabkan tumor pada paru-paru dan dada (Srivastava, dkk., 2004).

Penggunaan malasit hijau telah dilarang oleh *US Food and Drug Administration*, namun masih banyak digunakan di berbagai negara (Chang, dkk., 2001). Hal ini karena selain terjangkau juga mudah ditemukan, dan efek yang dihasilkan menarik dalam proses pewarnaan. Kadar malasit hijau yang diperbolehkan di perairan adalah 0,01 ppm (Srivastava, dkk., 2004).

Hameed dan El-Khaiary (2008) panjang gelombang maksimum malasit hijau adalah 618 nm. Pada penelitian Sukmawati dan Utami (2014) dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum malasit hijau dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan diperoleh adalah 617 nm.

## 2.6 Isotermis Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses terakumulasinya zat adsorbat pada permukaan. Partikel yang terakumulasi oleh permukaan disebut adsorbat dan material tempat terjadinya adsorpsi disebut adsorben (Atkins, 1999). Proses penyerapan suatu adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor dan juga memiliki pola isotermis adsorpsi yang berbeda-beda. Adapun Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi adsorbat, dan suhu. Oleh karena faktor-faktor tersebut maka setiap adsorben yang menyerap adsorbat yang berbeda akan mempunyai pola isotermis yang berbeda pula (Handayani dan Sulistiyono, 2009).

Isotermis adsorpsi adalah representasi grafis yang menunjukkan hubungan antara jumlah adsorbat yang diserap oleh satuan berat adsorben dan jumlah adsorbat yang tersisa dalam kesetimbangan (Sukmawati dan Utami, 2014). Tipe isotermis adsorpsi yang sering digunakan untuk menentukan kesetimbangan adsorpsi adalah isotermis adsorpsi 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 isoteremis Langmuir ini berlaku untuk adsorpsi kimia (Pérez-Marín, dkk., 2007). Isoteremis Langmuir ditentukan dengan mengikuti persamaan 2.1 (Wen, dkk., 2017):

$$Q_e = \frac{q_m K_L C_e}{(1 + K_L C_e)} \dots \dots \dots (2.1)$$

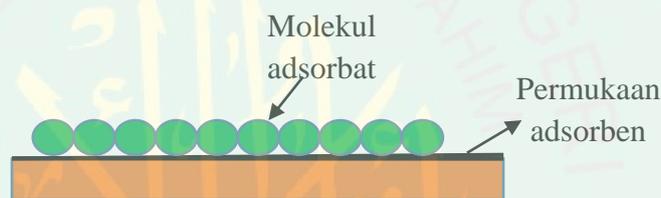
Keterangan:

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

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

$q_m$  = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

$K_L$  = Konstanta Langmuir (L/mg)



Gambar 2.3 Permukaan adsorben membentuk lapisan *monolayer* (Handayani dan Sulistiyono, 2009).

## 2. Isoteremis Freundlich

Isoteremis adsorpsi Freundlich memiliki asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen. Setiap molekul adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda (*multilayer*) pada suatu adsorbat. Isoteremis adsorpsi Freundlich ini berlaku untuk adsorpsi fisika (Kumar, dkk., 2013). Isoteremis Freundlich ditentukan dengan mengikuti persamaan 2.2:

$$Q_e = K_F C_e^{1/n} \dots \dots \dots (2.2)$$

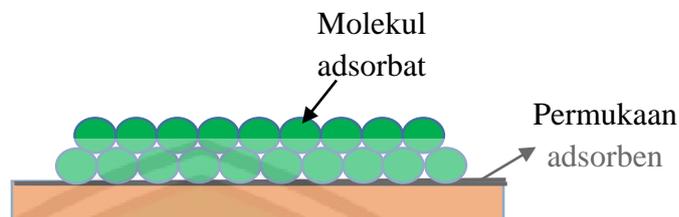
Keterangan:

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

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

$K_F$  = Konstanta Freundlich (mg/g)

$n$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (g/L)



Gambar 2.4 Permukaan adsorben membentuk lapisan *multilayer* (Zahroh, 2010).

Abubakar, dkk. (2017) melakukan penelitian malait hijau yang teradsorpsi pada batang jagung mengikuti model isoteremis Freundlich dengan nilai  $R^2$  adalah 0,998 hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi pada malait hijau adalah *multilayer*, permukaan adsorben cenderung heterogen dan proses adsorpsi terjadi secara fisika. Penelitian Wen, dkk., (2017) hasil dari eksperimen menunjukkan representasi data yang baik dengan menggunakan model isoteremis Langmuir dengan nilai  $R^2$  adalah 0,995 yang berarti bahwa adsorpsi pada metilen biru adalah *monolayer*, permukaan adsorben cenderung homogen dan proses adsorpsi terjadi secara kimia.

## 2.7 Termodinamika Adsorpsi

Termodinamika melibatkan pengukuran panas dan spontanitas reaksi adsorpsi (Mouta, dkk., 2008). 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., 2017). Adapun parameter termodinamika adsorpsi yaitu nilai entalpi ( $\Delta H^\circ$ ), entropi ( $\Delta S^\circ$ ) dan energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ).

Nilai entalpi ( $\Delta H^\circ$ ) menunjukkan proses adsorpsi berjalan endotermis atau eksotermis. Nilai entropi ( $\Delta S^\circ$ ) menunjukkan derajat ketidakteraturan antarmuka adsorben dan adsorbat selama proses adsorpsi (Zarrouk, dkk., 2011), sedangkan nilai energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) menunjukkan spontanitas suatu reaksi. Ngah dan Hanafiah (2008) menyebutkan rentang entalpi 40-120 kJ/mol merupakan proses kemisorpsi, sedangkan entalpi di bawahnya adalah fisisorpsi. Wen, dkk. (2017) proses adsorpsi metilen biru pada batang jagung optimal pada suhu 30° C dengan nilai  $\Delta G^\circ$  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 metilen biru berlangsung secara spontan dan eksotermis.

Parameter termodinamika adsorpsi yaitu nilai entalpi ( $\Delta H^\circ$ ), entropi ( $\Delta S^\circ$ ) dan energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ) dapat dihitung dengan persamaan (Wen, dkk., 2017):

$$K_0 = \frac{c_{ad, e}}{c_e} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_0 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H - T.\Delta S \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

$\Delta G^\circ$  = Energi bebas Gibbs (kJ/mol)

$\Delta H^\circ$  = Perubahan entalpi (kJ/mol)

$\Delta S^\circ$  = Perubahan entropi (kJ/mol.K)

$K_0$  = Konstanta kesetimbangan termodinamika

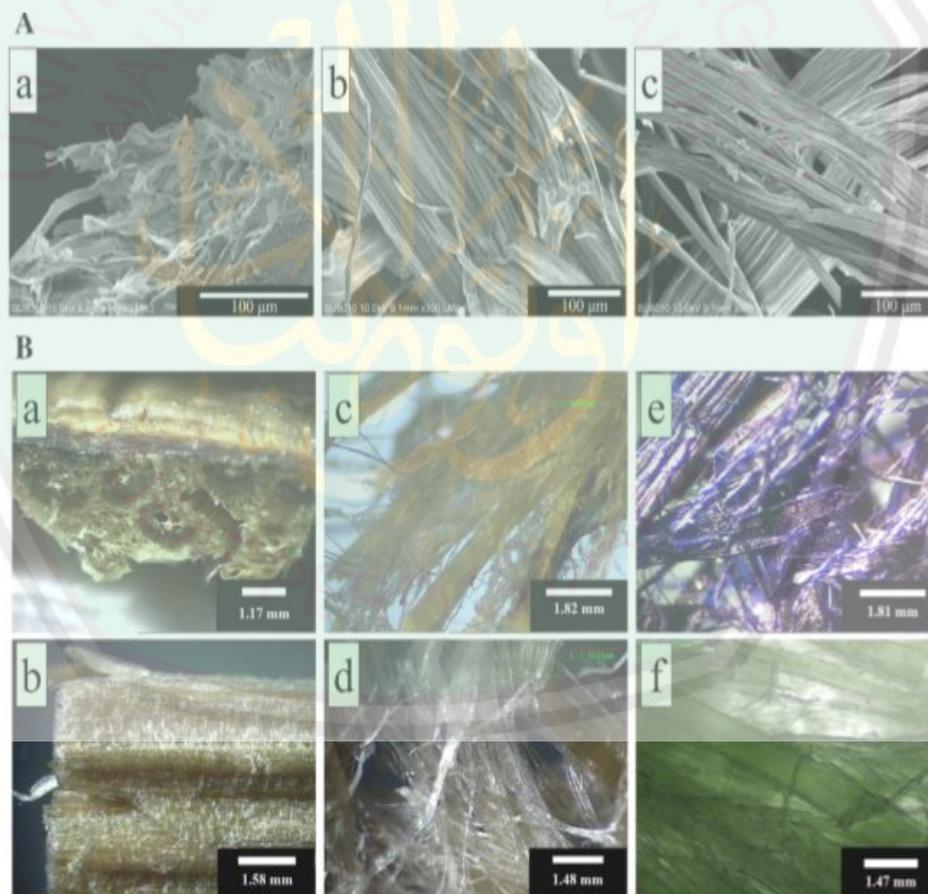
$C_{ad, e}$  = Jumlah malasi hijau teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/L)

T = Suhu (K)

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

## 2.8 Karakterisasi Morfologi Menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Mikroskop Optik

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan instrumen yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan suatu materi dengan menggunakan berkas elektron. Morfologi permukaan dari suatu materi dapat dilihat dengan menggunakan SEM. Morfologi suatu sampel dapat dilihat dari tiga sisi, yaitu permukaan atas, permukaan samping dan permukaan ruang dalam (Permanasari, dkk., 2010). Hasil karakterisasi morfologi permukaan suatu sampel dengan menggunakan SEM dapat didukung dengan menggunakan mikroskop optik (Wen, dkk., 2017).



Gambar 2.5 Karakterisasi morfologi batang jagung A) menggunakan SEM dan B) menggunakan mikroskop optik (Wen, dkk., 2017).

Wen, dkk. (2017) mengatakan bahwa hasil SEM pada gambar 2.7 A 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 besar kotoran. Hasil foto mikroskop optik pada gambar 2.7 B pada batang jagung menunjukkan struktur yang berongga lebar, hal ini menunjukkan bahwa batang jagung dapat digunakan sebagai adsorben. Sedangkan hasil foto mikroskop optik batang jagung setelah adsorpsi metilen biru yaitu berserat dan berwarna biru. Hal ini menunjukkan bahwa adanya keberhasilan adsorpsi metilen biru pada batang jagung.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2018 sampai bulan November 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

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain tabung reaksi, pipet ukur 5 mL, pipet ukur 10 mL, pipet ukur 25 mL, labu ukur 25 mL, labu ukur 50 mL, labu ukur 100 mL, erlenmeyer 250 mL, beaker glass 100 mL, beaker glass 250 mL, corong pisah, batang pengaduk, pipet tetes, spatula, bola hisap, botol semprot, kertas saring, neraca analitik, pH-meter, oven, shaker, *magnetic stirrer*, *hot plate*, wadah plastik, kertas saring, aluminium foil, seperangkat alat Spektrofotometer UV-Vis, seperangkat alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan mikroskop optik.

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi batang jagung kering dari pertanian di Kabupaten Malang, aquades, larutan buffer, asam sitrat 1 M, HCl 0,1 M, AgNO<sub>3</sub>, dan zat warna malasit hijau.

### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan penelitian eksperimental di laboratorium. Penentuan panjang gelombang maksimum malasit hijau menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm, selanjutnya dilakukan penentuan kurva baku malasit hijau dengan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yaitu 617 nm. Hasil absorbansi dan regresi yang didapat digunakan untuk menentukan konsentrasi malasit hijau.

Sampel batang jagung kering dicuci bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari kemudian didemineralisasi dengan larutan HCl 0,1 M Setelah itu dicuci dengan aquades hingga bebas dari ion  $Cl^-$  dan dikeringkan dalam oven. Selanjutnya direndam dalam larutan asam sitrat 1 M dan dipanaskan. Kemudian sampel batang jagung dikeringkan dalam oven dan selanjutnya dicuci menggunakan aquades sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven.

Parameter-parameter adsorpsi malasit hijau yang diukur meliputi penentuan waktu kontak optimum adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu 2, 3, 4, 19, 24, dan 28 jam. Penentuan persamaan isoterms adsorpsi dilakukan pada variasi konsentrasi malasit hijau 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 400 mg/L dan menggunakan persamaan isoterms adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Penentuan termodinamika adsorpsi dengan variasi suhu 25° C, 40° C, 50° C dan 60° C. Hasil sampel batang jagung dikarakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan mikroskop optik.

### 3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Penentuan kondisi optimum malasit hijau
2. Preparasi batang jagung meliputi demineralisasi batang jagung menggunakan HCl 0,1 M dan modifikasi batang jagung menggunakan asam sitrat 1 M
3. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi malasit hijau pada batang jagung
4. Penentuan isoterms adsorpsi malasit hijau pada batang jagung
5. Penentuan termodinamika adsorpsi malasit hijau pada batang jagung
6. Karakterisasi morfologi batang jagung menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan mikroskop optik.

### 3.5 Cara Kerja

#### 3.5.1 Penentuan Kondisi Optimum Malasit Hijau

##### 3.5.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Malasit Hijau

Malasit hijau dengan konsentrasi 5 ppm dan diambil 10 mL dengan variasi pH 2-9 dan dimasukkan dalam kuvet, kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-800 nm dan dicatat panjang gelombang maksimumnya.

##### 3.5.1.2 Pembuatan Kurva Baku Malasit Hijau

Malasit hijau dengan konsentrasi 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 mg/L diambil 5 mL dalam gelas beaker 50 mL dan ditambah 10 mL akuades. Larutan kemudian diatur pHnya menjadi pH 4 menggunakan HCl/NaOH dengan pH meter. Larutan ditambah 3 mL larutan buffer pH 4, dimasukkan labu ukur 25 mL dan ditambah akuades sampai tanda batas. Masing-masing larutan dimasukkan dalam

kuvet dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yaitu 617 nm, kemudian dibuat kurva standar dengan sumbu  $x$  menyatakan konsentrasi dan sumbu  $y$  menyatakan absorbansi.

### **3.5.2 Preparasi Sampel Batang Jagung**

#### **3.5.2.1 Preparasi dan Demineralisasi Batang Jagung Menggunakan HCl 0,1 M (Nurmasari, 2008)**

Batang jagung dicuci bersih kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kering. batang jagung kering digiling kemudian diayak dengan ukuran 100-200 mesh. Batang jagung dicuci bersih dengan aquades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70 °C selama 24 jam

Sampel batang jagung direndam menggunakan HCl 0,1 M hingga terendam seluruhnya selama 24 jam. Setelah itu dicuci dengan aquades hingga bebas dari ion  $\text{Cl}^-$ , adanya ion  $\text{Cl}^-$  dapat dideteksi dengan penambahan  $\text{AgNO}_3$  pada filtrat hasil pencucian batang jagung. Selanjutnya batang jagung dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C selama 24 jam.

#### **3.5.2.2 Modifikasi Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat 1 M (Leyva-Ramos, dkk., 2012)**

Sampel batang jagung direndam dalam larutan asam sitrat 1 M. Larutan asam sitrat yang bercampur dengan batang jagung dipanaskan selama 2 jam pada suhu 60° C. Setelah itu dibiarkan dingin dan filtrat dipisahkan dari sampel batang jagung. Kemudian sampel batang jagung dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 24 jam. Batang jagung termodifikasi asam sitrat dicuci menggunakan aquades sampai pH netral. Selanjutnya batang jagung dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 24 jam.

### **3.5.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung (Wen, dkk., 2017)**

Disiapkan larutan malasit hijau 350 mg/L masing-masing 100 mL dalam erlenmeyer 250 mL. Ditambahkan batang jagung 0,5 gram. Erlenmeyer ditutup dengan alumunium foil kemudian dishaker dengan kecepatan 120 rpm dengan variasi waktu 2, 3, 4, 19, 24, dan 28 jam pada suhu ruang dan dilakukan tiga kali pengulangan. Kemudian disaring dan filtrat yang didapat diatur pHnya menjadi pH 4 dan dilakukan pengenceran. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 617 nm.

### **3.5.4 Penentuan Isotermis Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung (Abubakar, dkk., 2017 dan Wen, dkk., 2017)**

Disiapkan larutan masing-masing 100 mL larutan malasit hijau dengan variasi konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 400 mg/L dengan diatur pH menjadi pH 7 dan ditambahkan 12 mL buffer pH 7 dalam erlenmeyer 250 mL. Kemudian dimasukkan batang jagung 0,5 gram. Erlenmeyer ditutup dengan alumunium foil, kemudian dishaker 120 rpm dengan suhu ruang selama 4 jam dan dilakukan tiga kali pengulangan. Kemudian disaring dan filtrat yang didapat diatur pHnya menjadi pH 4 dan dilakukan pengenceran. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 617 nm.

### **3.5.5 Penentuan Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung (Abubakar, dkk., 2017 dan Wen, dkk., 2017)**

Disiapkan larutan masing-masing 100 mL larutan malasit hijau 350 mg/L dengan diatur pH menjadi pH 7 dan ditambahkan 12 mL buffer pH 7 dalam erlenmeyer 250 mL. Ditambahkan batang jagung 0,5 gram kemudian dishaker

dengan kecepatan 120 rpm selama 4 jam dan masing-masing larutan dilakukan dengan variasi suhu 25° C, 40° C, 50° C dan 60° C dan dilakukan tiga kali pengulangan. Kemudian disaring dan filtrat yang didapat diatur pHnya menjadi pH 4 dan dilakukan pengenceran Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV–Vis pada panjang gelombang 617 nm.

### 3.5.6 Karakterisasi Morfologi Batang Jagung Menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan mikroskop optik

Karakterisasi morfologi menggunakan SEM untuk mengetahui permukaan morfologi batang jagung. Holder pada SEM ditemplei sedikit karbon tip yang kemudian sampel ditempelkan di atas karbon tip, selanjutnya *sample holder* diletakkan pada instrument SEM dan dilakukan pengamatan dengan perbesaran 3000 kali.

Tabel 3.1 Karakterisasi menggunakan SEM

Jenis Sampel	Jumlah
Batang jagung alami	1 sampel
Batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M	1 sampel
Batang jagung setelah adsorpsi malasit hijau	1 sampel

Karakterisasi morfologi permukaan batang jagung dengan menggunakan mikroskop optik. Sampel batang jagung diletakkan pada cawan petri, kemudian cawan petri diletakkan pada meja objek. Setelah itu diatur cahayanya dan diamati.

Tabel 3.2 Karakterisasi menggunakan mikroskop optik

Jenis Sampel	Jumlah
Batang jagung alami	1 sampel
Batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M	1 sampel
Batang jagung setelah adsorpsi malasit hijau	1 sampel

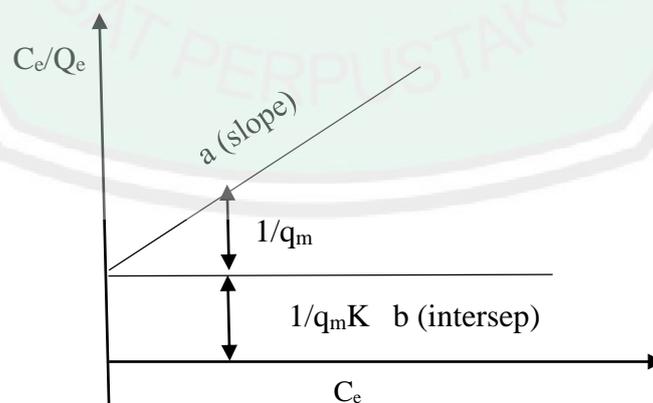
### 3.6 Analisis Data

#### 3.6.1 Penentuan Kondisi Optimum Malasit Hijau

Data pada penelitian ini diperoleh dari hasil analisis spektrofotometer UV-Vis berupa data panjang gelombang dan absorbansi. Analisis kuantitatif untuk spektrofotometer UV-Vis dilakukan dengan membuat kurva baku dengan memplotkan data absorbansi dan konsentrasi malasit hijau yang dianalisis ke dalam persamaan regresi, sehingga dapat diketahui konsentrasi malasit hijau.

#### 3.6.2 Penentuan Persamaan Isotermis Adsorpsi (Adamson, 1990)

Data yang digunakan untuk menentukan persamaan isotermis adsorpsi diperoleh dari analisis spektrofotometer UV-Vis larutan malasit hijau. Isotermis adsorpsi malasit hijau pada batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M memiliki salah satu persamaan yaitu dai isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Persamaan isotermis adsorpsi dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan persamaan regresi linier isotermis adsorpsi Langmuir maupun Freundlich. Persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara  $C_e$  dengan  $C_e/Q_e$ . Seperti pada Gambar 3.1 (Adamson, 1990):



Gambar 3.1 Grafik Persamaan isotermis Langmuir (Adamson, 1990)

Jumlah malasit hijau yang terserap oleh batang jagung dapat diperoleh dengan persamaan berikut (Anbari dan Ghaffari, 2010):

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

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 isoteremis Langmuir:

$$Q_e = \frac{q_m K_L C_e}{(1 + K_L C_e)} \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

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

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

$q_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

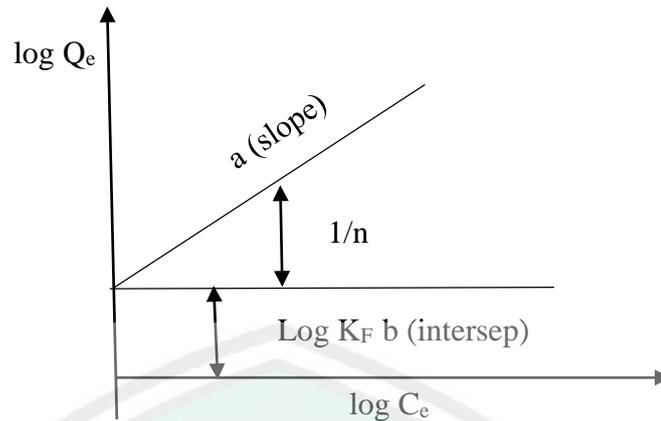
$K_L$  = Konstanta Langmuir (L/mg)

Persamaan diatas dapat dilinierkan menjadi:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{q_m K} + \frac{C_e}{q_m} \dots\dots\dots (3.3)$$

Berdasarkan grafik persamaan isoteremis 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)=  $\frac{1}{q_m}$  dan b (intersep)=  $\frac{1}{q_m K}$ .

Persamaan isoteremis 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 isoteremis Freundlich (Adamson, 1990)

Persamaan isoteremis Freundlich:

$$Q_e = K_F C_e^{1/n} \dots\dots\dots (3.4)$$

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 (mg/g)

$n$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (g/L)

persamaan 3.3 diatas dapat dilinearakan dengan mengambil bentuk logaritmanya, yaitu:

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

Berdasarkan grafik persamaan isoteremis Freundlich pada grafik 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 isoteremis adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat diketahui dari besarnya nilai  $R^2$ . Apabila nilai  $R^2$  mendekati 1 pada salah satu persamaan isoteremis adsorpsi maka isoteremis adsorpsi malasit hijau pada batang jagung termodifikasi asam sitrat sesuai dengan persamaan

isotermis Langmuir atau persamaan isotermis Freundlich yang mempunyai nilai  $R^2$  mendekati 1.

### 3.6.3 Penentuan Termodinamika Adsorpsi

Data yang digunakan untuk menentukan termodinamika adsorpsi diperoleh dari analisis spektrofotometer UV-Vis larutan malasit hijau. Nilai  $\Delta G^\circ$  dapat diketahui dengan persamaan berikut (Wen, dkk., 2017):

$$K_0 = \frac{C_{ad, e}}{C_e} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_0 \dots\dots\dots (3.7)$$

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

Keterangan:

$\Delta G^\circ$  = Energi bebas Gibbs (kJ/mol)

$\Delta H^\circ$  = Perubahan entalpi (kJ/mol)

$\Delta S^\circ$  = Perubahan entropi (J/mol.K)

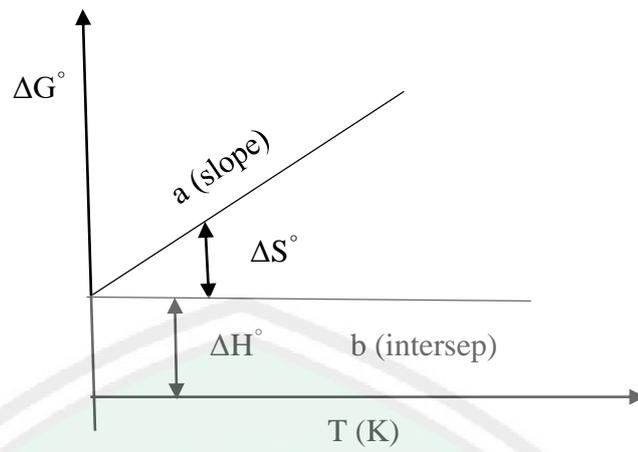
$K_0$  = Konstanta kesetimbangan termodinamika

$C_{ad, e}$  = Jumlah malaasit hijau teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/L)

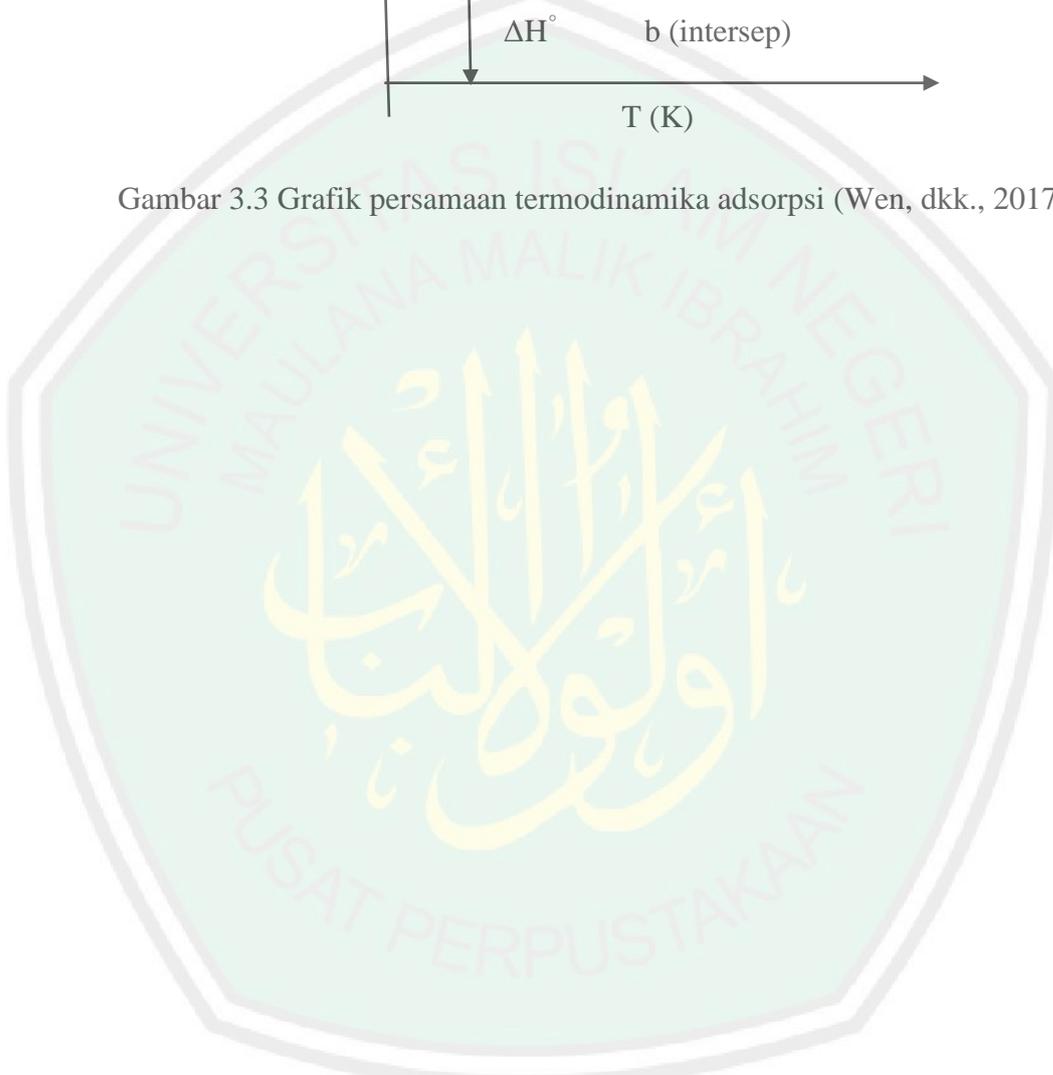
$T$  = Suhu (K)

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

Persamaan termodinamika adsorpsi dapat diperoleh dengan membuat plot atau hubungan antara  $\Delta G^\circ$  dan  $T$  dengan sumbu  $x=T$  dan sumbu  $y=\Delta G^\circ$ . Berdasarkan grafik persamaan termodinamika adsorpsi pada gambar 3.3 maka didapatkan sebuah persamaan garis  $y=ax+b$  dengan  $a(\text{slope})= \Delta S^\circ$  dan  $b(\text{intersep})= \Delta H^\circ$ .



Gambar 3.3 Grafik persamaan termodinamika adsorpsi (Wen, dkk., 2017).



## **BAB IV**

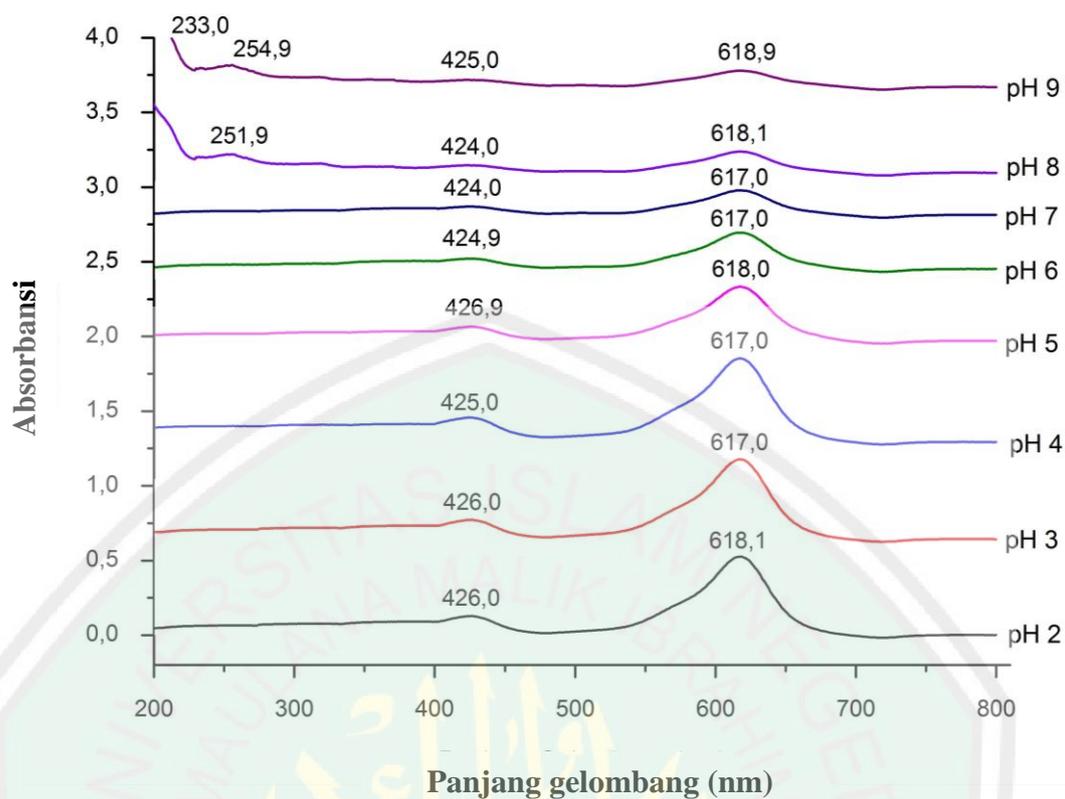
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Batang jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang tidak termanfaatkan. Kandungan selulosa pada batang jagung dapat dimanfaatkan sebagai biosorben malasit hijau. Penelitian ini diawali dengan preparasi batang jagung yang meliputi demineralisasi dengan menggunakan HCl dan modifikasi dengan menggunakan asam sitrat 1 M. Kemudian penentuan waktu kontak optimum malasit hijau pada batang jagung dan penentuan isothermis adsorpsi dan termodinamika adsorpsi malasit hijau pada batang jagung. Karakterisasi morfologi pada batang jagung dengan menggunakan SEM dan mikroskop optik.

#### **4.1 Penentuan Kondisi Optimum Malasit Hijau**

##### **4.1.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Malasit Hijau**

Penentuan panjang gelombang maksimum malasit hijau dilakukan dengan variasi pH 2-9. Variasi pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH malasit hijau dalam penentuan panjang gelombang maksimum. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 200-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 4.1 Kurva panjang gelombang maksimum malisit hijau dengan variasi pH

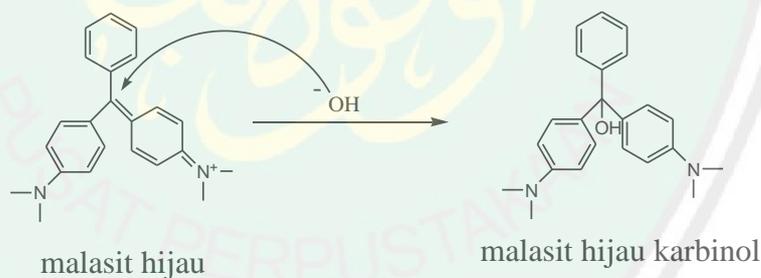
Penentuan panjang gelombang pada gambar 4.1 menunjukkan adanya pergeseran puncak absorbansi pada masing-masing variasi pH. Pergeseran yang terjadi dalam rentang yang rendah, sehingga tidak terjadi perubahan yang signifikan pada struktur malisit hijau dalam penentuan panjang gelombang optimum. Berdasarkan hasil penelitian, malisit hijau pada pH 2-7 mempunyai dua puncak serapan yaitu pada panjang gelombang 426 nm yang mempunyai transisi  $\pi-\pi^*$  yang mengindikasikan adanya ikatan rangkap C=C terkonjugasi dan 617 nm yang mempunyai transisi elektron  $n-\pi^*$  yang mengindikasikan adanya senyawa nitril yang terkonjugasi dengan alkena. Penentuan panjang gelombang maksimum malisit hijau pada pH 8-9 terdapat puncak serapan baru yaitu pada 251 nm yang mempunyai transisi  $n-\sigma^*$  yang merupakan transisi dari gugus auksokrom  $-\text{OH}$  yang mempunyai elektron bebas (Hamid, 2007).

Tabel 4.1 Panjang gelombang maksimum malasit hijau

pH	$\lambda_{maks}$ (nm)	Absorbansi	Intensitas Warna Hijau Kebiruan
2	618,1	0,526	++++
3	617,0	0,536	++++
4	617,0	0,57	++++
5	618,0	0,366	+++
6	617,0	0,249	+++
7	617,0	0,169	+++
8	251,9	0,127	++
9	254,9	0,152	++

Keterangan: + + + + : pekat  
+ + + : sedang  
+ + : kurang pekat

Berdasarkan data pada Tabel 4.1 bahwa pada pH 8-9 terjadi perubahan warna pada malasit hijau menjadi hijau pudar, hal tersebut disebabkan karena malasit hijau telah mengalami perubahan menjadi malasit hijau karbinol. Perubahan warna pada malasit hijau sesuai dengan Mitrowska, dkk. (2008) bahwa terbentuknya malasit hijau karbinol menyebabkan malasit hijau menjadi semakin pudar. Berikut reaksi malasit hijau dengan basa (Nasihiddiniyah, 2014) :



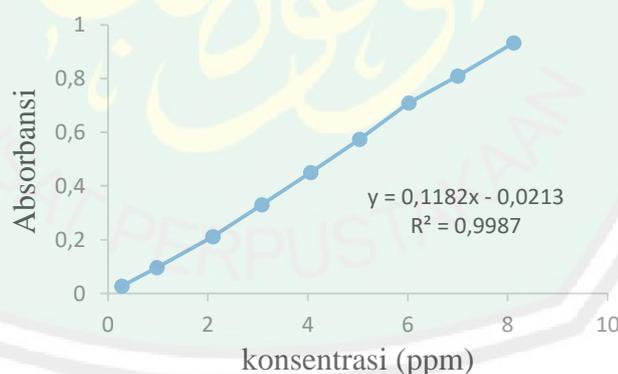
Gambar 4.2 Reaksi malasit hijau dengan basa (Nasihiddiniyah, 2014)

Berdasarkan data Tabel 4.1 menunjukkan absorbansi maksimum diperoleh pada pH 4 dengan absorbansi 0,57. Sehingga dimungkinkan pH 4 merupakan pH optimum malasit hijau. Hasil penelitian ini diperkuat Lathifurrijal (2011) yang melakukan pengamatan reaksi malasit hijau dan dihasilkan pH optimum malasit hijau yaitu pada pH 4. Panjang gelombang maksimum stabil pada pH 2-7 yaitu

617 nm. Hasil penelitian ini diperkuat oleh (Sukmawati and Utami, 2014), Lathifurrijal (2011), Washil (2010) dan (Bulut, dkk., 2008) yang mengatakan bahwa panjang gelombang maksimum malasit hijau yaitu 617 nm.

#### 4.1.2 Pembuatan Kurva Baku Malasit Hijau

Pembuatan kurva baku dilakukan untuk membuat kurva hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi malasit hijau. Variasi konsentrasi larutan malasit hijau yang digunakan yaitu 0,28; 0,98; 2,1; 3,08; 4,06; 5,04; 6,02; 7 dan 8,12 mg/L. Pengukuran dilakukan pada pH 4 yaitu pH optimum malasit hijau, dimana pada pH 4 struktur malasit hijau tersebut stabil yang ditunjukkan dengan nilai absorbansi yang paling tinggi. Kemudian dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum malasit hijau yaitu 617 nm. Hasil yang diperoleh berupa kurva hubungan antara konsentrasi larutan malasit hijau dengan absorbansi seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Kurva baku malasit hijau

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi malasit hijau maka semakin besar nilai absorbansinya. Hal ini sesuai dengan hukum *Lambert-Beer* bahwa intensitas yang diteruskan berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Dari kurva baku tersebut diperoleh persamaan regresi yaitu  $y = 0,1182x -$

0,0213 dengan  $R^2 = 0,9987$  dimana  $y$  adalah absorbansi dan  $x$  adalah konsentrasi malasit hijau. Persamaan regresi dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi malasit hijau sebelum dan sesudah adsorpsi.

## **4.2 Preparasi Sampel Batang Jagung**

### **4.2.1 Preparasi dan Demineralisasi Batang Jagung Menggunakan HCl 0,1 M**

Preparasi sampel batang jagung dengan proses pengeringan di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air dan memudahkan proses penggilingan. Selanjutnya tahap penggilingan yang bertujuan untuk memperluas permukaan batang jagung sehingga dapat menyerap limbah secara maksimum dan diperoleh serbuk kering batang jagung. Kemudian serbuk batang jagung diayak dengan ukuran 100-200 mesh.

Tahap selanjutnya yaitu demineralisasi yang bertujuan untuk penghilangan mineral-mineral yang dapat mengganggu saat proses adsorpsi. Demineralisasi menggunakan larutan asam klorida dengan cara batang jagung dengan ukuran 100 – 200 mesh direndam dalam HCl 0,1 M. Hasil dari demineralisasi sampel batang jagung berupa adanya selisih sebesar 32,886 gram pada batang jagung sebelum dan sesudah demineralisasi. Hal ini terjadi karena diduga adanya beberapa mineral alami yang berkurang. Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan instrumen XRF disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kandungan unsur dalam batang jagung alami dan batang jagung teraktivasi HCl 0,1 M menggunakan XRF (Azmiyani, 2018)

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

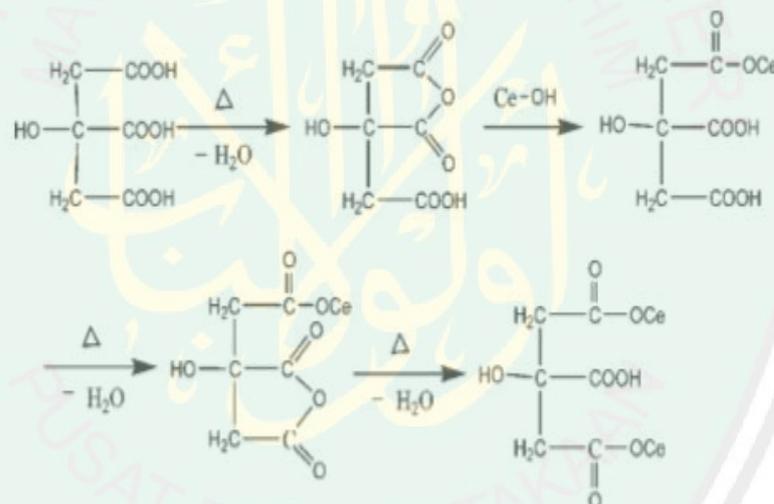
Berdasarkan Tabel 4.2 Unsur yang paling banyak terkandung pada batang jagung adalah unsur K. Penelitian Amirudin (2016) menyatakan bahwa kandungan unsur terbesar pada tongkol jagung adalah unsur K yaitu sebesar 46%. Unsur K mengalami penurunan setelah adanya proses demineralisasi menggunakan HCl, seperti halnya unsur K mengalami penurunan persentase, pada unsur Si, P, Fe, dan Cu juga mengalami peningkatan persentase setelah batang jagung didemineralisasi menggunakan HCl. Hal ini terjadi dikarenakan menurunnya persentase unsur lain seperti unsur K dalam batang jagung.

#### 4.2.2 Modifikasi Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat 1 M

Batang jagung yang sudah didemineralisasi selanjutnya dimodifikasi menggunakan asam sitrat. Modifikasi dengan asam sitrat bertujuan untuk menambah gugus aktif seperti gugus hidroksil dan karbonil yang berperan penting dalam proses adsorpsi malasit hijau. Penelitian Zheng (2016) menyatakan bahwa gugus hidroksil dalam selulosa pada batang jagung memiliki peran penting dalam

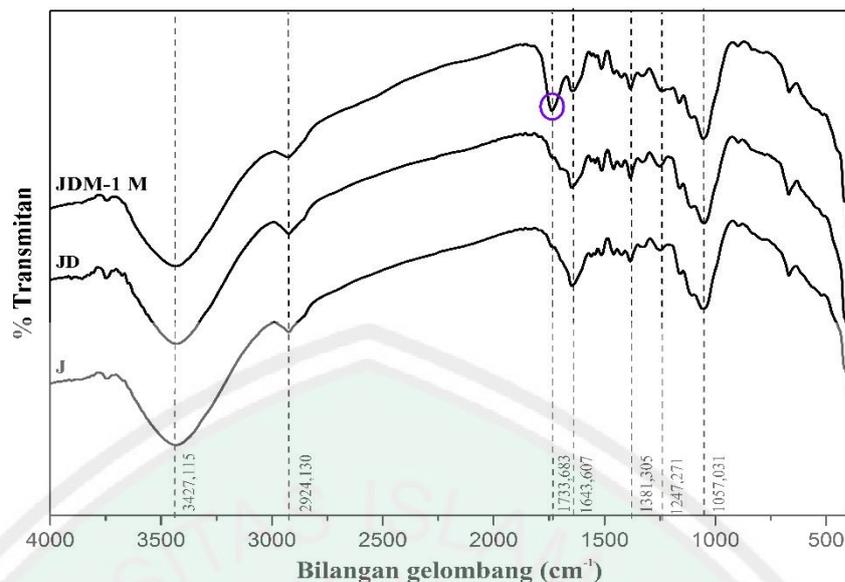
kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi malasit hijau pada batang jagung dapat ditingkatkan melalui reaksi esterifikasi antara selulosa dengan asam sitrat.

Proses pemanasan bertujuan untuk memaksimalkan reaksi esterifikasi antara selulosa pada batang jagung dengan asam sitrat yang terjadi sehingga dapat meningkatkan konsentrasi gugus aktif. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Leyva-Ramos, dkk. (2012) bahwa asam sitrat mengalami dehidrasi pertama karena pemanasan dan diubah menjadi anhidrat reaktif yang bereaksi dengan gugus hidroksil pada selulosa yang kemudian membentuk ester. Batang jagung kemudian dikeringkan dalam oven yang bertujuan untuk mengurangi kandungan air pada sampel. Berikut mekanisme reaksi yang terjadi:



Gambar 4.4 Mekanisme reaksi esterifikasi selulosa dengan asam sitrat (Zhu, dkk., 2008)

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



Gambar 4.5 Spektra FT-IR batang jagung (J) batang jagung alami, (JD) demineralisasi, (JDM-1 M) termodifikasi asam sitrat 1 M (Irviyanti, 2019).

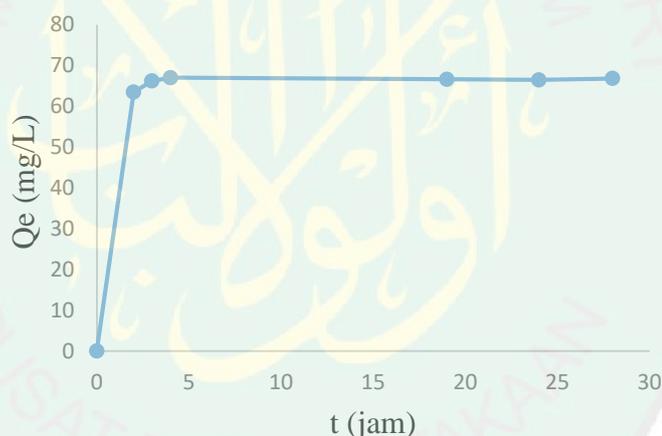
Berdasarkan hasil FTIR pada penelitian Irviyanti (2019) batang jagung termodifikasi asam sitrat menunjukkan bahwa batang jagung mempunyai ikatan O-H *stretching* pada bilangan gelombang  $3427\text{ cm}^{-1}$ , C-H *stretching* pada  $2924\text{ cm}^{-1}$ , ikatan O-H *bending* pada  $1643\text{ cm}^{-1}$ , ikatan O-CH<sub>3</sub> *wagging* pada  $1381\text{ cm}^{-1}$ , ikatan C-O *stretching* pada bilangan gelombang  $1247\text{ cm}^{-1}$ , dan ikatan C-OH *stretching* alkohol primer pada  $1057\text{ cm}^{-1}$ . Spektra batang jagung termodifikasi asam sitrat terdapat puncak baru pada bilangan gelombang  $1733\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus C=O ester pada biosorben. Hal ini menunjukkan bahwa interaksi antara selulosa pada batang jagung dengan asam sitrat menghasilkan gugus ester.

#### 4.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung

Salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi adalah waktu kontak. Herawati (2009) menyebutkan bahwa waktu kontak optimum akan tercapai bila

keseimbangan permukaan (adsorbat yang terserap adsorben) dengan fasa ruah (adsorbat yang tersisa pada larutan). Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi bertujuan untuk mengetahui waktu dimana adsorbat paling banyak teradsorpsi oleh adsorben.

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi malasit hijau pada batang jagung dilakukan dengan variasi waktu 0, 2, 3, 4, 19, 24, dan 28 jam. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil perhitungan  $Q_e$  (banyaknya malasit hijau yang teradsorpsi tiap gram batang jagung) dapat dilihat pada Lampiran 4 dan dibuat grafik dengan memplotkan antara waktu dengan banyaknya malasit hijau yang teradsorpsi tiap gram batang jagung ( $Q_e$ ) dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara waktu kontak dengan jumlah malasit hijau yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan

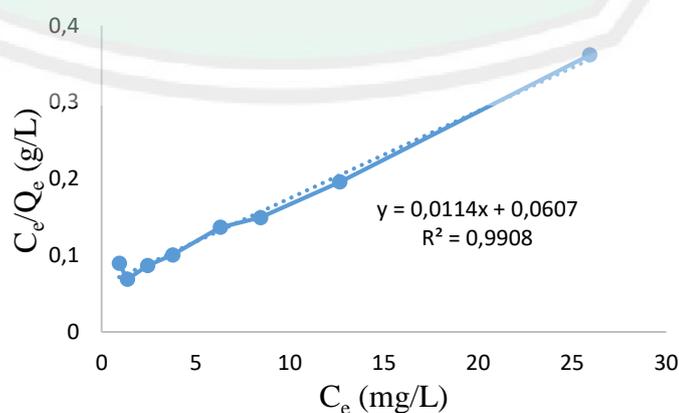
Berdasarkan Gambar 4.6 di atas menunjukkan bahwa proses adsorpsi malasit hijau mencapai waktu optimum kesetimbangan pada waktu kontak 4 jam dengan daya serap biosorben terhadap malasit hijau sebesar 66,9835 mg/g. Pada rentang waktu kontak 19 hingga 28 jam, kemampuan batang jagung dalam proses adsorpsi malasit hijau mengalami penurunan. Penurunan konsentrasi malasit hijau yang teradsorpsi disebabkan adsorben sudah mengalami penenuhan. Selain itu,

penurunan adsorpsi terjadi karena adanya desorpsi zat dari permukaan adsorben (Sunandar, dkk., 2012).

#### 4.4 Isotermis Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung

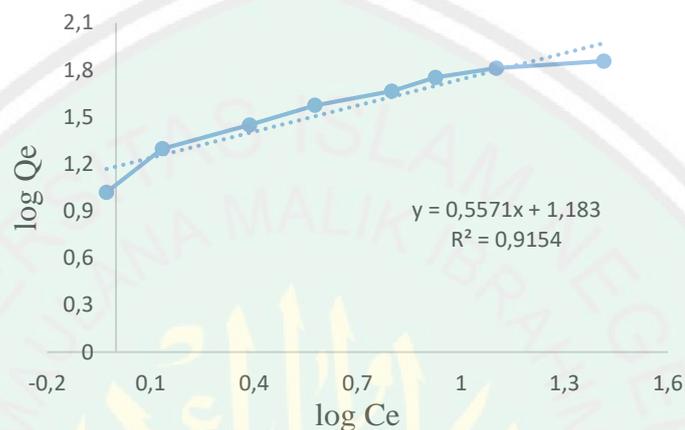
Isotermis adsorpsi merupakan hubungan antara fasa teradsorpsi pada permukaan dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada temperatur tertentu (Herawati, 2009). Persamaan isotermis yang digunakan pada penelitian ini adalah persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Jenis adsorpsi malasit hijau pada batang jagung dapat diketahui dengan menguji persamaan regresi linier isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

Penentuan persamaan isotermis adsorpsi diperoleh dengan menggunakan variasi konsentrasi malasit hijau 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 400 mg/L. Penentuan persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dapat diperoleh dengan cara menentukan konsentrasi malasit hijau pada saat kesetimbangan ( $C_e$ ) dan banyaknya malasit hijau yang teradsorpsi tiap gram batang jagung ( $Q_e$ ). Nilai  $Q_e$  dan  $C_e$  didapat dari perhitungan yang dapat dilihat pada lampiran 4. Grafik persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dibuat dengan memplotkan  $C_e$  (mg/L) dan  $C_e/Q_e$  (g/L). Grafik persamaan isotermis adsorpsi Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik persamaan isotermis adsorpsi Langmuir

Penelitian ini juga dikaji persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich dengan cara menentukan konsentrasi malasit hijau pada kesetimbangan ( $C_e$ ) dan banyaknya malasit hijau yang terserap tiap gram batang jagung ( $Q_e$ ). Grafik persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich dibuat dengan cara memplotkan  $\log C_e$  dan  $\log Q_e$ . Grafik persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich dapat dilihat pada Gambar 4.8.

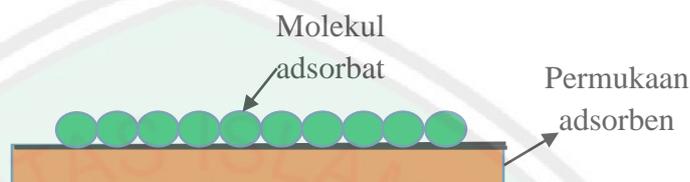


Gambar 4.8 Grafik persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich

Berdasarkan Gambar 4.7 grafik persamaan isoteremis Langmuir diatas bahwa adsorpsi malasit hijau pada batang jagung memberikan nilai  $R^2=0,9908$ . Sedangkan pada Gambar 4.8 grafik persamaan isoteremis adsorpsi Freundlich memberikan nilai  $R^2= 0,9154$  dengan demikian isoteremis adsorpsi malasit hijau pada penelitian ini mengikuti persamaan isoteremis adsorpsi Langmuir.

Isoteremis Langmuir memiliki asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan monolayer terhadap adsorbat (Pérez-Marín, dkk., 2007). Gasser (1985) menyebutkan bahwa isoteremis adsorpsi Langmuir memiliki permukaan yang homogen dan spesifik, sehingga satu sisi aktif pada permukaan adsorben hanya dapat menyerap satu molekul adsorbat. Jenis adsorpsi pada isoteremis 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 malasit hijau yang teradsorpsi pada satu sisi aktif permukaan batang jagung. Penjelasan tersebut dapat diilustrasikan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Ilustrasi permukaan *monolayer* (Handayani and Eko Sulistiyono, 2009).

Tabel 4.3 Persamaan isoteremis adsorpsi

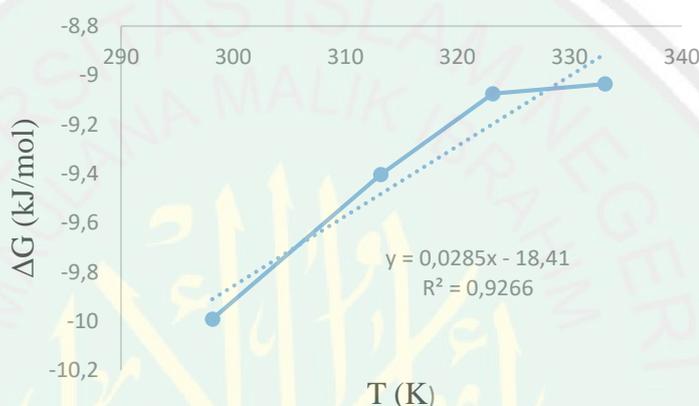
Isoteremis Adsorpsi Langmuir			Isoteremis Adsorpsi Freundlich		
$q_m$ (mg/g)	$K_L$ (L/mg)	$R^2$	$1/n$	$K_F$ (mg/g)	$R^2$
87,7193	0,1878	0,9908	0,5571	15,279	0,9154

Tabel 4.3 menunjukkan nilai parameter pada isoteremis adsorpsi. Hasil perhitungan persamaan isoteremis dapat dilihat pada Lampiran 4. Nilai  $K_F$  dan  $q_m$  merupakan jumlah maksimum malasit hijau yang dapat terserap pada batang jagung dalam mg. Berdasarkan data Tabel 4.3 tersebut dapat diketahui bahwa batang jagung memiliki kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 87,7193 mg/g. Nilai  $1/n$  berhubungan dengan intensitas adsorpsi. Pada penelitian ini nilai  $1/n < 1$ , yang berarti bahwa proses adsorpsi lebih disukai karena peningkatan sisi aktif dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi (Ghiaci, dkk., 2004).

Hasil dari isoteremis adsorpsi sesuai dengan beberapa penelitian yang menyebutkan bahwa proses adsorpsi pada biosorben mengikuti tipe isoteremis Langmuir. Pada penelitian Hameed dan El-Khaiary (2008) menyebutkan bahwa adsorpsi malasit hijau pada biosorben serbuk gergaji rotan mengikuti tipe isoteremis Langmuir dengan kapasitas adsorpsi 62,71 mg/g.

#### 4.5 Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung

Termodinamika adsorpsi ditentukan dengan melakukan variasi suhu. Variasi suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah 25° C, 40° C, 50° C, dan 60° C. Parameter termodinamika yang ditentukan diantaranya energi bebas Gibbs ( $\Delta G^\circ$ ), entalpi ( $\Delta H^\circ$ ), dan entropi ( $\Delta S^\circ$ ). Penentuan nilai  $\Delta H^\circ$  dan  $\Delta S^\circ$  dengan cara dibuat grafik dengan memplotkan  $\Delta G^\circ$  (kJ/mol) dan T (K). Hasil perhitungan dan grafik termodinamika adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.10.



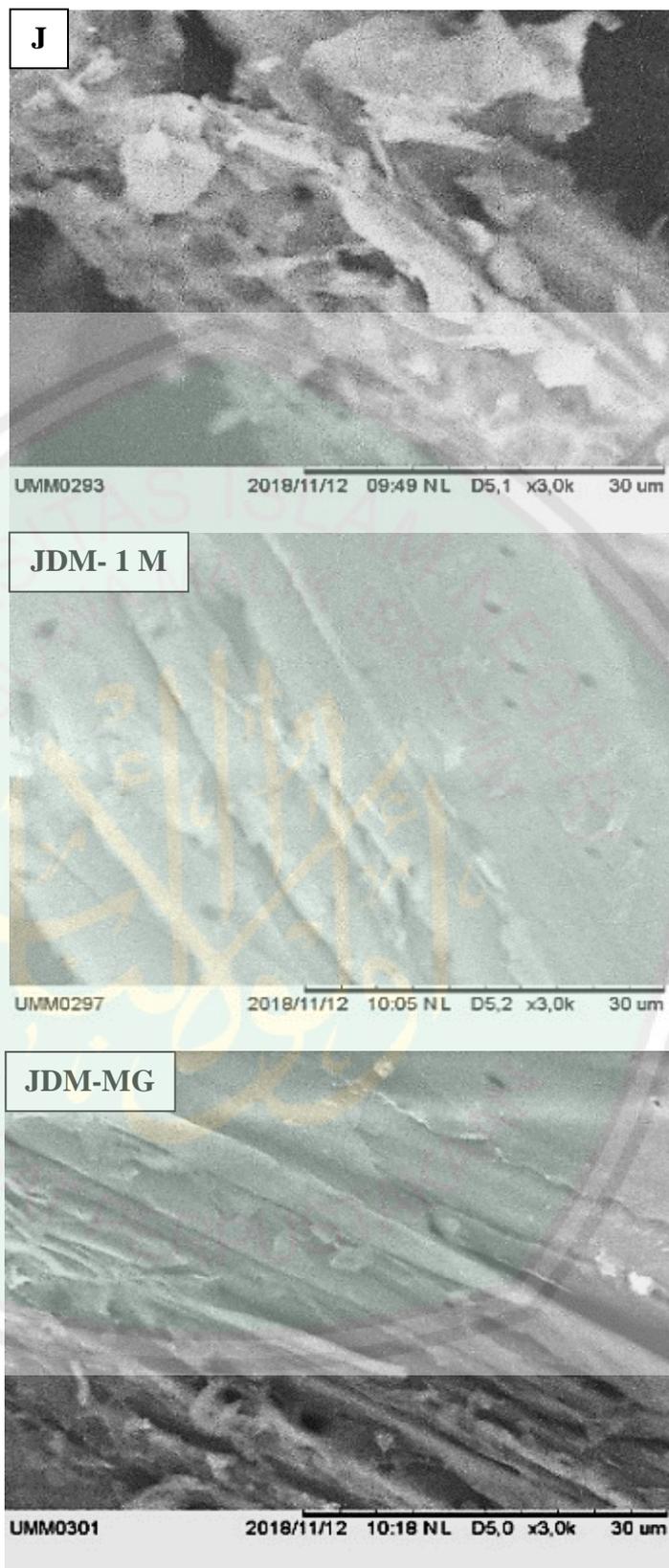
Gambar 4.10 Grafik persamaan termodinamika adsorpsi

Berdasarkan dari nilai perhitungan persamaan termodinamika adsorpsi yang dapat dilihat pada Lampiran 4. Nilai negatif  $\Delta G^\circ$  menunjukkan bahwa adsorpsi malasit hijau pada batang jagung terjadi secara spontan. Peningkatan nilai negatif  $\Delta G^\circ$  dengan penurunan suhu menunjukkan bahwa proses adsorpsi lebih efektif pada suhu rendah. Hal ini mungkin dikarenakan peningkatan suhu dapat meningkatkan mobilitas malasit hijau, sehingga kapasitas adsorpsi menurun (Wen, dkk., 2017). Nilai negatif  $\Delta H^\circ$  (-18,41 kJ/mol) menunjukkan bahwa adsorpsi malasit hijau adalah proses eksotermik. Nilai negatif  $\Delta S^\circ$  (-0,0285 kJ/mol. K), yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan ketidakteraturan antara permukaan adsorben dengan adsorbat selama proses adsorpsi. Nilai rendah  $\Delta S^\circ$

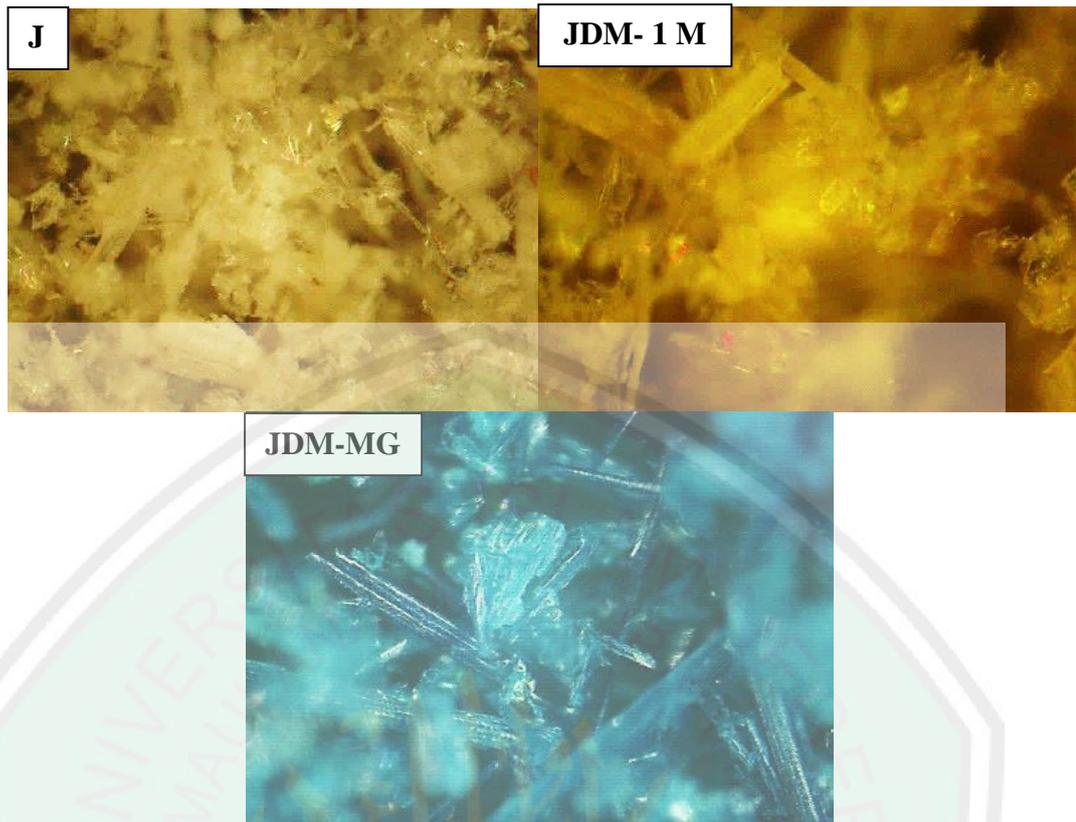
juga menunjukkan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan pada entropi yang terjadi (Al-Ghouti, dkk., 2005). Dengan demikian pada penelitian ini adsorpsi malasit hijau pada batang jagung lebih efektif pada suhu 25° C.

#### **4.6 Karakterisasi Morfologi Menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Mikroskop Optik**

Karakterisasi morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada perbesaran 3000x. Hasil karakterisasi morfologi batang jagung pada penelitian ini sesuai dengan Wen, dkk. (2017) dapat dilihat pada Gambar 4.11 batang jagung alami terlihat struktur berbentuk serpihan yang tidak beraturan karena serat selulosa terhubung oleh lignin, hemiselulosa, dan pektin. Setelah adanya proses modifikasi dengan asam sitrat menunjukkan bahwa batang jagung memiliki banyak porositas dan berbentuk serat, dimana permukaan adsorpsi lebih tersebar 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 alami. Kapasitas adsorpsi metilen biru pada batang jagung alami adalah 66,82 mg/g, sedangkan pada batang jagung termodifikasi asam sitrat 1 M yaitu 89,35 mg/g. Batang jagung setelah adsorpsi malasit hijau menunjukkan bahwa batang jagung berbentuk serat dan lebih terdispersi.



Gambar 4.11 Karakterisasi morfologi batang jagung menggunakan SEM, (J) batang jagung alami, (JDM-1 M) termodifikasi asam sitrat 1 M, (JDM-MG) setelah adsorpsi malasit hijau



Gambar 4.12 Karakterisasi morfologi menggunakan mikroskop optik, (J) batang jagung alami, (JDM-1 M) termodifikasi asam sitrat 1 M, (JDM-MG) setelah adsorpsi malasit hijau.

Karakterisasi morfologi menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 11,25x10. Hasil dari mikroskop optik pada penelitian ini sesuai dengan Wen, dkk. (2017) yang menyatakan bahwa batang jagung memiliki tekstur terlihat seperti plastik dan berkilau. Batang jagung termodifikasi asam sitrat setelah adsorpsi malasit hijau pada Gambar 4.12 menunjukkan bahwa diduga permukaannya adalah homogen. Hal ini dikarenakan terlihat adanya adsorpsi malasit hijau tersebar merata pada seluruh permukaan batang jagung

#### **4.7 Pemanfaat Batang Jagung (*Zea mays L.*) Dalam Perspektif Islam**

Penelitian ini mengkaji tentang pemanfaatan batang jagung sebagai biosorben malasit hijau. Keberadaan batang jagung yang sangat banyak akan

sangat rugi jika tidak dimanfaatkan. Oleh karena itu kita sebagai manusia diciptakan di atas bumi ini untuk bertanggung jawab mengolah sumber daya alam yang ada di bumi dengan cara menjadikan sesuatu yang lebih bermanfaat untuk kehidupan. Allah SWT sering menyeru dalam ayat-ayat Al-Qur'an kepada manusia untuk memperhatikan dan merenungkan ciptaan-ciptaanNya yang begitu banyak agar manusia senantiasa berfikir serta menjadi hamba yang tunduk dan patuh kepada Allah SWT. Sebagaimana firman Allah SWT di dalam surat Al-Imron ayat 190-191 yaitu:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾  
 الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ  
 وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“*Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-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*” (Qs. Ali ‘Imron: 190-191).

Di dalam tafsir Ibnu Katsir bahwa lafadz *إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ*

menjelaskan kekuasaan dan kebesaran Allah SWT yang telah menciptakan alam beserta isinya seperti tumbuhan dan hewan. Allah SWT menciptakan segala sesuatu tidak ada yang sia-sia, melainkan terdapat hikmah-hikmah dan manfaatnya. Sedangkan pada lafadz *لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ* “terdapat tanda-tanda bagi orang-orang berakal” menjelaskan bahwa akal manusia sangatlah sempurna dan memiliki kecerdasan, karena dengan akal manusia dapat mengetahui segala

sesuatu secara langsung dan jelas sehingga dapat merenungi tanda-tanda kekuasaan Allah SWT (Ad-Dimasyqi, 2000).

Seiring dengan perkembangan ilmu sains dan teknologi, para peneliti melakukan penelitian tentang berbagai macam tumbuhan. Berdasarkan beberapa penelitian menyebutkan bahwa tanaman memiliki banyak manfaat, salah satu yang dapat dimanfaatkan yaitu batang jagung. Batang jagung dapat dimanfaatkan sebagai biosorben. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Qs. Asy-Syu'araa ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

*“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di Bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”* (Qs. Asy-Syu'araa:7)

Tumbuhan yang baik merupakan tumbuhan bermanfaat bagi makhluk hidup. Batang jagung merupakan salah satu limbah pertanian yang ternyata memiliki manfaat yang luar biasa. Berdasarkan hasil penelitian bahwa batang jagung dapat digunakan sebagai biosorben malasit hijau. Hal ini merupakan salah satu bentuk kekuasaan Allah SWT dan menunjukkan kebenaran ayat-ayat Al-Qur'an yang menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu tidak ada yang sia-sia.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Isotermis adsorpsi pada penelitian ini mengikuti tipe isotermis adsorpsi Langmuir dengan kapasitas adsorpsi 87,7193 mg/g.
2. Hasil dari parameter termodinamika adsorpsi dengan nilai ( $\Delta G^\circ$ ), ( $\Delta H^\circ$ ), dan ( $\Delta S^\circ$ ) secara berturut-turut adalah -9,991 kJ/mol, -18,41 kJ/mol, -0,0285 kJ/mol.K yang menunjukkan bahwa adsorpsi malasit hijau terjadi secara spontan dan eksotermik.
3. Karakterisasi morfologi permukaan batang jagung menggunakan SEM menunjukkan batang jagung tanpa modifikasi memiliki struktur serpihan yang tidak beraturan, setelah modifikasi batang jagung diduga memiliki banyak pori dan berbentuk serat dan setelah adsorpsi malasit hijau seratnya lebih terdispersi. Hasil mikroskop optik yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi malasit hijau terjadi secara merata pada seluruh permukaan batang jagung termodifikasi asam sitrat

#### 5.2 Saran

Perlu dilakukan modifikasi batang jagung dengan bahan lain seperti *polyacrylic acid* (PAA) dan *succinic acid* untuk mengetahui kemampuan kapasitas adsorpsi batang jagung terhadap malasit hijau.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, A dan Batagarawa, S.M. 2017. Kinetic and Isotherm Studies of Malachite Green and Congo Red Adsorption from Aqueous Solution By Corn Stalk Bio-waste Materisl, *Bayero Journal of Pure and Applied Science*, 10(1): 350-355.
- Ad-Dimasyqi, A.A.F.I.I.K. 2000. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Adamson, A. W. 1990. *Physical Chemistry of Surface Fifth Edition*. New York: John Wiley and Son.
- Adi, T.K., Barroroh, H., Mbabo, FF., dan Apriiliansyah, F. (2010). Karakterisasi dan Studi Ikatan Adsorpsi Merkuri (II) pada Biomassa Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*). Penelitian Bersama Dosen.
- Al-Ghouti, M., Khraisheh, M.A.M., Ahmad, M.N.M., dan Allen, S. 2005. Thermodynamic Behaviour and The Effect of Temperature on The Removal of Dyes from Aqueous Solution Using Modified Diatomite: A Kinetic Study. *J. Colloid Interface Sci.* 287, 6–13.
- Aljazairi, A.B.J. 2008. *Tafsir Al-Qur'an Al-Aisar jilid 4*. Jakarta: Darus Sunah Press.
- 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., Das, S.N., Rath, P., Chaudhury, G.R., dan Swamy, Y.V. 2007. Removal Of Cr(Vi) From Aqueous Solution Using Waste Weed, *Salvinia Cucullata*. *Chemistry And Ecology* 23, 105–117.
- Bulut, E., Ozacar, M., dan Sengil, I.A. 2008. Adsorption Of Malachite Green Onto Bentonite: Equilibrium And Kinetic Studies And Process Design. *Microporous And Mesoporous Materials* 115, 234–246.
- Chang-Jun, C., Daniel, R.D., dan Carl, E.C., 2001. Biotransformation of malachite green by the fungus *Cunninghamella elegans*. *Appl. Environ. Microb.* 67 (9), 4358–4360.

- 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, V.S., Ferreira, A.B., Da Cruz Severo, E., Collazzo, G.C., Foletto, E.L., dan Dotto, G.L. 2017. 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. Int.* 24, 10547–10556.
- Gasser, R.P.H. 1985. *An Introduction to Chemisorption and Catalysis by Metals* (Oxford; New York: Clarendon Press ; Oxford University Press.
- Ghiaci, M., Abbaspur, A., Kia, R., dan Seyedejn-Azad, F. 2004. Equilibrium Isotherm Studies for The Sorption of Benzene, Toluene, and Phenol Onto Organo-Zeolites and As-Synthesized MCM-41. *Sep. Purif. Technol.* 40, 217–229.
- Goldarce, R.J., dan Philips, J.N. 1949. The Ionization of Basic Triphenylmethane Dyes. *J. Chem. Soc.*, 1724-1732.
- Hameed, B.H., dan El-Khaiary, M.I. 2008. Malachite Green Adsorption by Rattan Sawdust: Isotherm, Kinetic And Mechanism Modeling. *J. Hazard. Mater.* 159, 574–579.
- Hamid, H. 2007. *Pharmaceutical Analysis Ultraviolet and Visible Spectrophotometry*. New Delhi: Dept.of Chemistry Faculty of Science Jamia Hamdard Nagar.
- Handayani, M., dan Eko Sulistiyono, D. 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 pelagious*) Secara Enzimatik dengan Menggunakan Bakteri *Pseudomonas eruginosa* untuk Pembuatan Polimer Kitin dan Deasetilasinya. *Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Universitas Lampung 271-283.
- Herawati, M. 2009. *Produksi Isopropil Alkohol Murni untuk Aditif Bensin yang Ramah Lingkungan Sebagai Wujud Pemanfaatan Produk Samping pada Industri Gas Alam*. Malang: UM.
- Igwe, J.C., dan Abia, A.A. 2006. A Bioseparation Process For Removing Heavy Metals From Waste Water Using Biosorbents. *African Journal Of Biotechnology* 5.

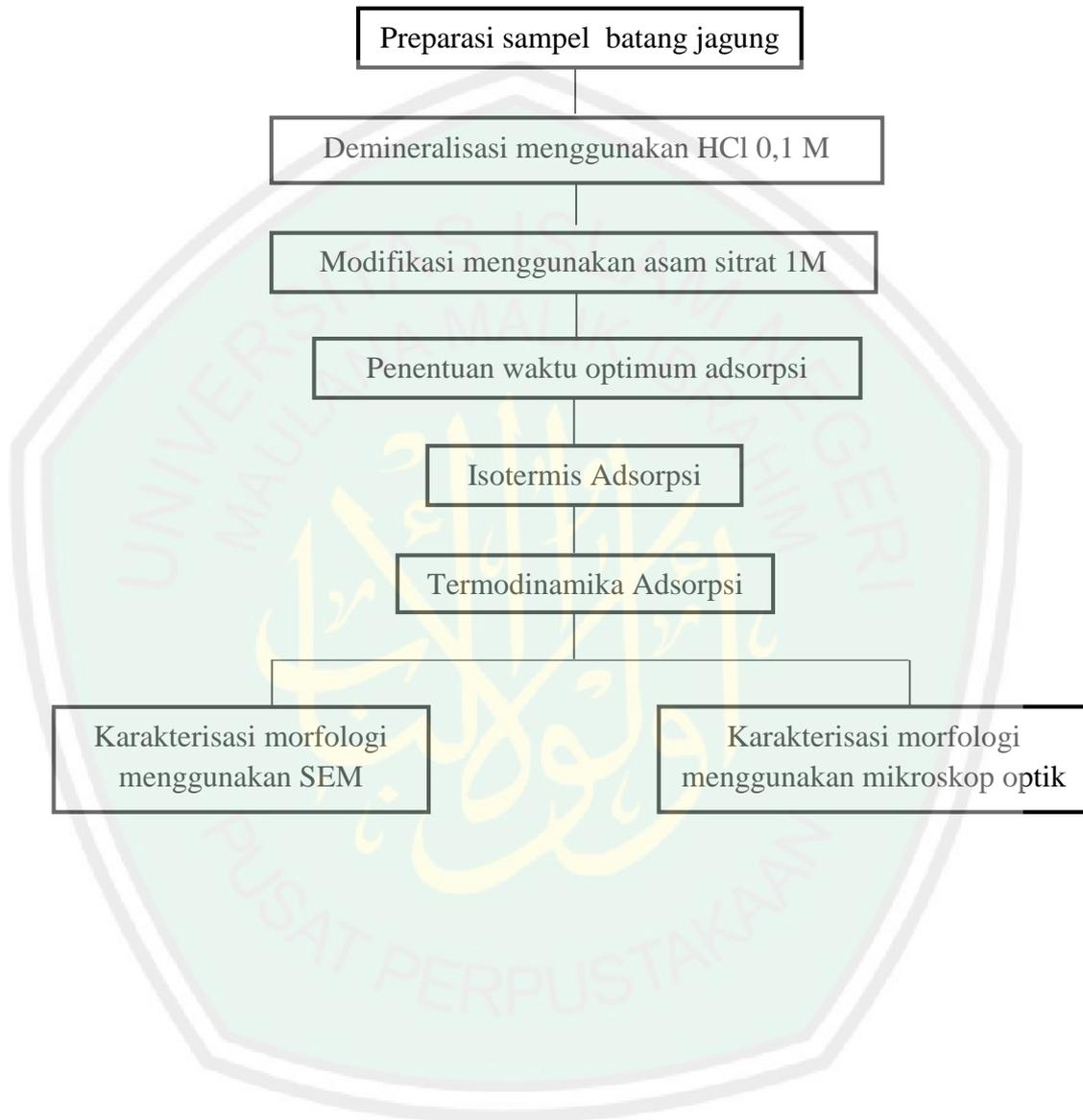
- Irviyanti, A.S. 2019. Modifikasi Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat Sebagai Biosorben *Methylene Blue*. *Skripsi*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Keusch, P. 2003. *Absorption Maxima of Triphenylmethane Dyes*. www.demochem.de.
- Kumar, A., Chaudhary, P., dan Verma, P. 2013. Adsorption of Reactive Red 194 Dye from Textile Effluent by Using Class Fly Ash, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1 (2): 111-116.
- Lathifurrijal, M. Kajian Adsorpsi Malasit Hijau Pada Fly Ash Batubara. *Skripsi*, Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Lestari, S., dan Mudasir, E.S. 2004. Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa *Saccharoyces Cerevisiae* Yang Terimobilkan Pada Silika Gel Terhadap Tembaga(Ii). Study On The Adsorption Ability Of *Saccharomyces Cerevisiae*. *Sains Dan Sibernatika* 17.
- Leyva-Ramos, R., Landin-Rodriguez, L.E., Leyva-Ramos, S., dan Medellin-Castillo, N.A. 2012. Modification Of Corncob With Citric Acid To Enhance Its Capacity For Adsorbing Cadmium(Ii) From Water Solution. *Chemical Engineering Journal*.
- Mahbubah, Arini. 2016. Karakterisasi Gugus Aktif Batang Jagung (*Zea mays* L.) Menggunakan Asam Sitrat sebagai Bahan Pengaktivasi. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia UIN Malang.
- Mitrowska, K., Posyniak, A., dan Zmudzki, J. 2008. Determination of malachite green and leucomalachite green residues in water using liquid chromatography with visible and fluorescence detection and confirmation by tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 1207, 94–100.
- Mouta, E.R., Soares, M.R., dan Casagrande, J.C. 2008. Copper Adsorption As A Function Of Solution Parameters Of Variable Charge Soils. *Journal Of The Brazilian Chemical Society* 19, 996–1009.
- Nasihiddinyah, Prasetyo., A dan Kholifah, S.N. 2014. Kajian Malasit Hijau pada Zeolit Alam Termodifikasi. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ngah, W.S.W. dan 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.

- Pérez-Marín, A.B., Zapata, V.M., Ortuño, J.F., Aguilar, M., Sáez, J., dan Lloréns, M. 2007. Removal Of Cadmium From Aqueous Solutions By Adsorption Onto Orange Waste. *J. Hazard. Mater.* 139, 122–131.
- Pavia D.L., Lampman, G.M., dan Kriz, G.S., 2001. *Introduction to Spectroscopy Third Edition*. Washington: Department of Chemistry Western Washington University.
- Permanasari, A., Siswaningsih, W., dan 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.
- Rahmayani, Fatimah dan Siswarni, MZ. 2013. Pemanfaatan Limbah Batang Jagung Sebagai Adsorben Alternatif pada Pengurangan Kadar Klorin dalam Air Olahan (Treated Water), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2).
- Sembiring, M.T., dan Sinaga, T.S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya). Medan: Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Shihab, M.Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah*. Jakarta: Lentera Hati.
- Sopiah, N., Hanifah, U., dan Nurhasni, M. 2015. Pengaruh Penambahan Asam Pada Jerami Padi Dalam Meningkatkan Kapasitas Sorpsi Oil Sorbent. *Jurnal Ecolab* 9, 72–79.
- Srivastava, S., Sinha, R., dan Roy, D. 2004. Toxicological Effects Of Malachite Green. *Aquat. Toxicol. Amst. Neth.* 66, 319–329.
- Sudrajat, Ade. 2002. Peran Industri dan Produk Tekstil pada Kelestarian Sumberdaya Lingkungan Perairan DAS Citarum, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 3(2): 92-97.
- Sukmawati, P., dan Utami, B. 2014. Adsorpsi Zat Pewarna Tekstil Malachite Green Menggunakan Adsorben Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao*) Teraktivasi Hno<sub>3</sub>. *Pros. Semin. Nas. Fis. Dan Pendidik. Fis.* 5.
- Triyana, M dan Sarma Tuti. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). *Jurnal Skripsi*. Sumatera Utara: Jurusan Teknik Industri Universitas Sumatera Utara.
- Vaughan, T., Seo, C.W., dan Marshall, W.E. 2001. Removal of Selected Metal Ions from Aqueous Solution Using Modified Corncobs. *Bioresour. Technol.* 78, 133–139.

- Wang, Y.-T., Chen, H., Wang, D.-J., Bai, L.-J., Xu, H., dan Wang, W.-X. 2016. Preparation of Corn Stalk-Based Adsorbents and Their Specific Application In Metal Ions Adsorption. *Chem. Pap.* 70, 1171–1184
- Wen, X., Yan, C., Sun, N., Luo, T., Zhou, S., dan Luo, W. 2017. A Biomass Cationic Adsorbent Prepared from Corn Stalk: Low-Cost Material and High Adsorption Capacity. *Journal of Polymers and The Environment* 26
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., dan Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi Tio<sub>2</sub>-Zeolit dan Sinar Uv untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Jurnal Teknoin* 11
- Wu, L., Sun, J., dan Wu, M. 2017. Modified Cellulose Membrane Prepared from Corn Stalk for Adsorption of Methyl Blue. *Cellulose* 24, 5625–5638
- Yunita, T., Purwonugroho, D., dan Khunur, M.M. 2013. Adsorpsi Tembaga (II) Menggunakan Biomassa Azolla Microphylla Diesterifikasi dengan Asam Sitrat. *J. Ilmu Kim. Univ. Brawijaya* 2, 435-441–441
- 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, dan Messali M. 2011. Temperature Effect, Activation Energies, and Thermodynamic Adsorption Studies of 1-Cystein Methyl Ester Hydrochloride as Copper Corrosion Inhibitor In Nitric Acid 2 M. *Int J. Electrochem Sci.* 6:6261–6274.
- Zheng, Y., Pan, Z., dan Zhang, R., 2009. Overview of biomass pretreatment for cellulosic ethanol production. *Journal Agriculture And Biology Eng.* 2(3), hal. 51-68

## LAMPIRAN

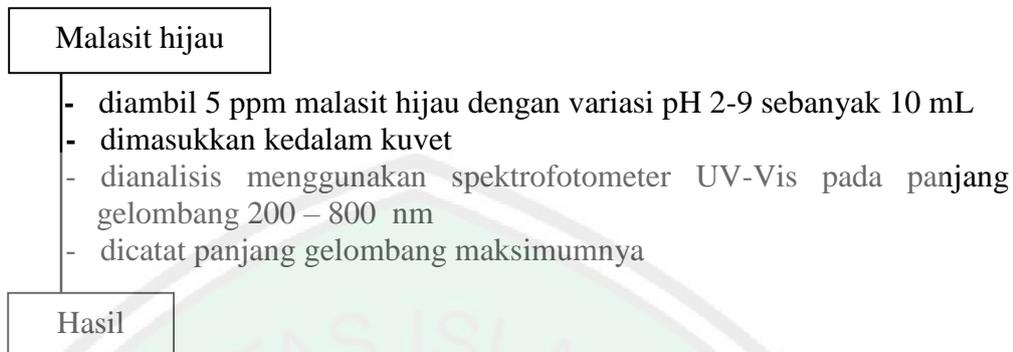
### Lampiran 1. Rancangan Penelitian



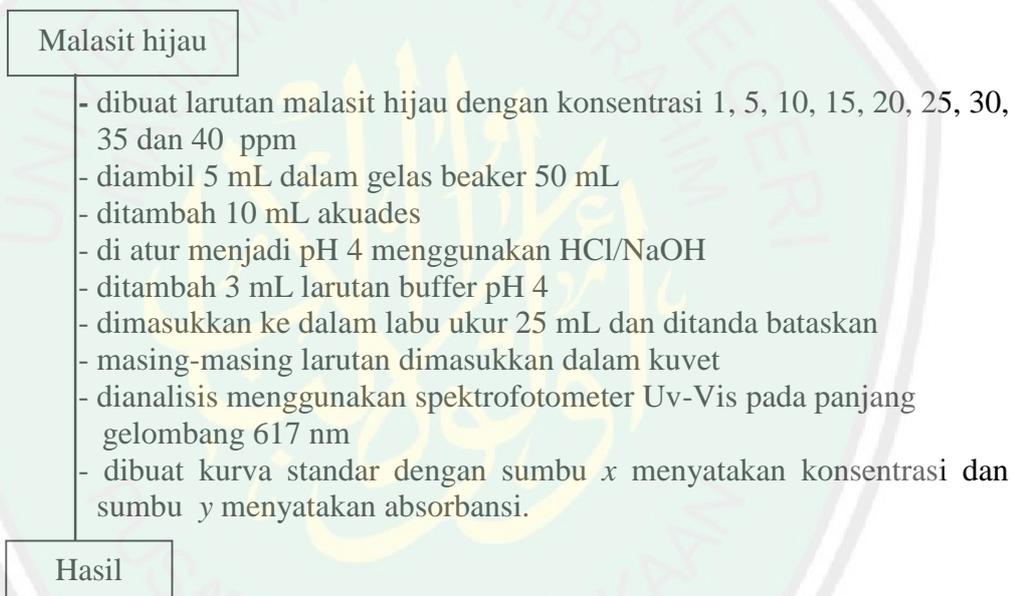
## Lampiran 2. Diagram Alir

### 1. Penentuan Optimasi Malasit Hijau

#### 1.1 Penentuan Panjang Maksimum Malasit Hijau

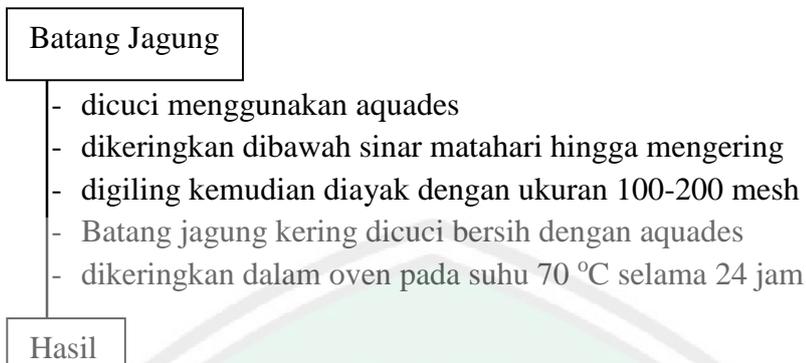


#### 1.2 Penentuan Kurva Baku

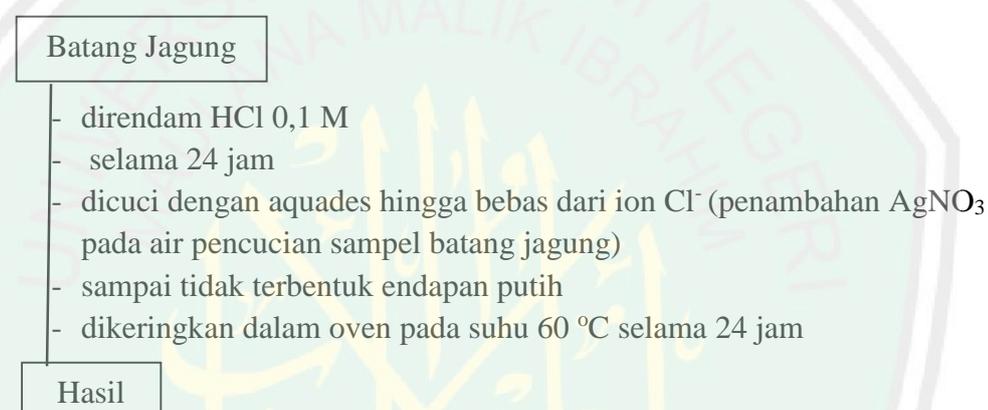


## 2. Preparasi Sampel Batang Jagung

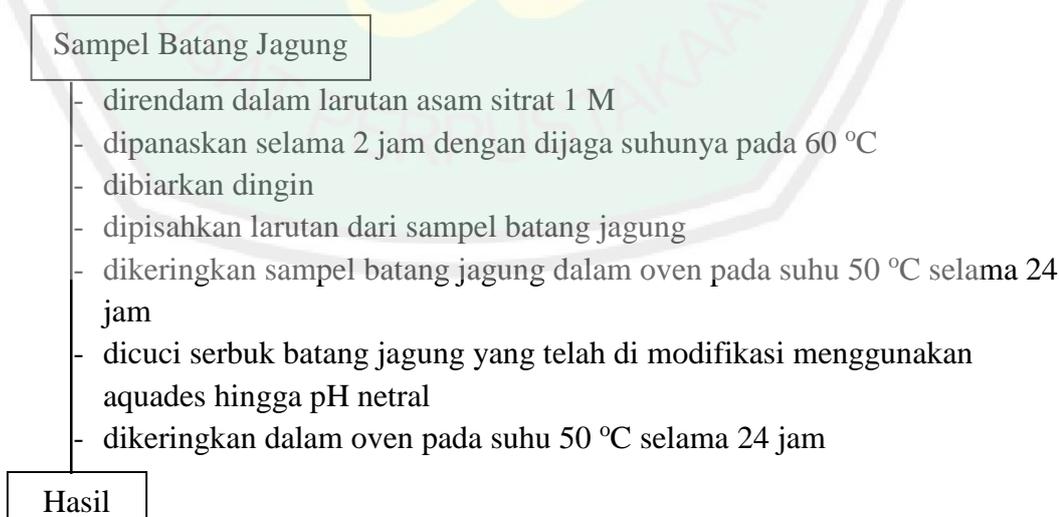
### 2.1 Preparasi Sampel



### Demineralisasi Batang Jagung Menggunakan HCl 0,1 N



### 2.2 Modifikasi Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat 1 M



### 3. Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung

#### Malasit hijau

- disiapkan larutan malasit hijau 350 mg/L masing-masing 100 mL
- ditambahkan batang jagung 0,5 gram.
- erlenmeyer ditutup dengan alumunium foil
- dishaker dengan kecepatan 120 rpm
- dengan variasi waktu 2, 3, 4, 19, 24, dan 28 jam pada suhu ruang dan dilakukan tiga kali pengulangan
- disaring dan filtrat yang didapat diatur pHnya menjadi pH 4 dilakukan pengenceran
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis pada panjang gelombang 617 nm

#### Hasil

### 4. Penentuan Isotermis Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung

#### Malasit hijau

- disiapkan larutan malasit hijau dengan variasi konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, dan 400 mg/L masing-masing 100 mL
- diatur pH menjadi pH 7 dan ditambahkan 12 mL buffer pH 7
- ditambahkan batang jagung 0,5 gram.
- erlenmeyer ditutup dengan alumunium foil
- dishaker dengan kecepatan 120 rpm pada suhu ruang selama 4 jam dan dilakukan tiga kali pengulangan
- disaring dan filtrat yang didapat diatur pHnya menjadi pH 4 dilakukan pengenceran
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis pada panjang gelombang 617 nm

#### Hasil

## 5. Penentuan Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung

### Malasit hijau

- disiapkan larutan malasit hijau 350 mg/L masing-masing 100 mL
- diatur pH menjadi pH 7 dan ditambahkan 12 mL buffer pH 7
- ditambahkan batang jagung 0,5 gram.
- erlenmeyer ditutup dengan alumunium foil
- dishaker dengan kecepatan 120 rpm
- masing masing larutan dilakukan dengan variasi suhu 25° C, 40° C, 50° C dan 60° C dan dilakukan tiga kali pengulangan
- disaring dan filtrat yang didapat diatur pHnya menjadi pH 4 dilakukan pengenceran
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV – Vis pada panjang gelombang 617 nm.

### Hasil

## 6. Karakterisasi Batang Jagung Menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Mikroskop Optik

### Batang Jagung

- holder ditemplei karbon tip
- sampel ditempelkan diatas karbon tip
- sampel holder diletakkan pada instrument
- diamati dengan perbesaran sampai 3000 kali

### Hasil

### Batang Jagung

- sampel batang jagung diletakkan pada cawan petri
- cawan petri diletakkan pada meja objek
- diatur cahayanya dan diamati

### Hasil

### Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Larutan

#### 1. Larutan Asam Sitrat 1 M

Diket : Mr asam sitrat = 192 gr/mol

Caranya:

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{mol}}{V}$$

$$1 \text{ M} = \frac{\text{mol}}{0,25 \text{ L}}$$

$$= 0,25 \text{ mol}$$

$$\text{Mol} = \frac{g}{Mr}$$

$$0,25 \text{ mol} = \frac{gr}{192}$$

$$= 48 \text{ gram}$$

Dilarutkan 48 gram asam sitrat dengan aquades, kemudian ditandabatkan dengan aquades hingga 250 mL untuk membuat larutan asam sitrat 1 M.

#### 2. Larutan HCl 0,1 M

Diket : Konsentrasi HCl = 37%

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

Mr asam sitrat = 36,5 gr/mol

- Konsentrasi HCl pekat

$$M = \frac{\% \times \rho \times 1000}{Mr} = \frac{37 \% \times 1,19 \text{ g/mL} \times 1000}{36,5 \text{ g/mol}} = 12,06 \text{ M}$$

- Larutan HCl 0,1 M dalam 1000 mL

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

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8,29 \text{ mL}$$

Diambil 8,29 mL dari HCl 37% kemudian ditanda bataskan dengan aquades hingga 1000 mL untuk membuat HCl 0,1 M.

### 3. Larutan buffer fosfat pH 7

- **Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,1 M 100 mL**

Diketahui: Mr Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> = 142 gr/mol

Caranya:

$$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{g}{142} \times \frac{1000}{100}$$

$$14,2 = \text{gr} \times 10$$

$$\text{gr} = 1,42 \text{ gram}$$

Dilarutkan 1,42 gram Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dengan aquades, kemudian ditandabatkan dengan aquades hingga 100 mL untuk membuat larutan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,1 M

- **NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 M 100 mL**

Diketahui: Mr NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 138 gr/mol

Caranya:

$$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{g}{138} \times \frac{1000}{100}$$

$$13,8 = \text{gr} \times 10$$

$$\text{gr} = 1,38 \text{ gram}$$

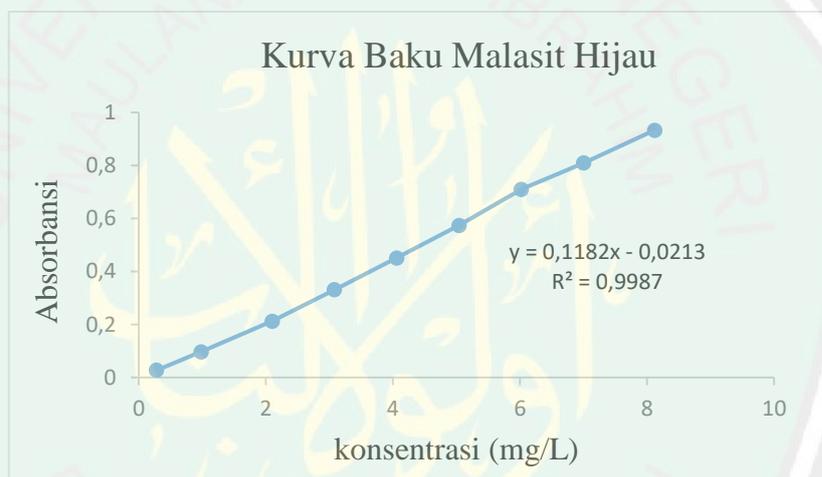
Dilarutkan 1,38 gram NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> dengan aquades, kemudian ditandabatkan dengan aquades hingga 100 mL untuk membuat larutan NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 M

Pembuatan larutan buffer fosfat pH 7 dengan cara mencampurkan larutan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,1 M dan NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0,1 M hingga pH yang diinginkan yaitu pH 7 yang diukur dengan menggunakan pH meter.

## Lampiran 4. Data Pengamatan dan Perhitungan

### 1. Kurva Baku Malasit Hijau

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0,28	0,0273
0,98	0,0969
2,1	0,212
3,08	0,331
4,06	0,4506
5,04	0,5737
6,02	0,7098
7	0,8095
8,12	0,9327



## 2. Waktu Kontak Optimum

Waktu (jam)	Absorbansi	Absorbansi rata-rata	Faktor pengenceran	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
awal	0,3786	0,38186	100	C <sub>0</sub> = 341,088	-
	0,3848				
	0,3822				
0	0	0	0	0	0
	0				
	0				
2	0,1519	0,14763	16,66666	23,8202	63,4536
	0,1445				
	0,1465				
3	0,461	0,46723	2,5	10,3327	66,15115
	0,47				
	0,4707				
4	0,4154	0,41633	1,66666	6,17080	66,98354
	0,4112				
	0,4224				
19	0,6416	0,65356	1,42857	8,15647	66,58641
	0,6508				
	0,6683				
24	0,7166	0,72136	1,42857	8,97590	66,4225
	0,7258				
	0,7217				
28	0,3086	0,31996	2,5	7,21799	66,77411
	0,3253				
	0,326				

$$y = 0,1182x - 0,0213$$

$$C_0 \text{ (konsentrasi awal)} = \frac{\text{Absorbansi} + 0,0213}{0,1182} \times Fp$$

$$= \frac{0,38186 + 0,0213}{0,1182} \times 100 = 341,088 \text{ mg/L}$$

$$C_e \text{ (kons. Kesetimbangan)} = \frac{\text{Absorbansi} + 0,0213}{0,1182} \times Fp$$

$$= \frac{0,14763 + 0,0213}{0,1182} \times 16,666 = 23,82026 \text{ mg/L}$$

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

$$= \frac{(341,088 - 23,820) \times 0,1}{0,5}$$

$$= 63,453 \text{ mg/g}$$

### 3. Isotermis Adsorpsi Malasit Hijau Pada Batang Jagung

Variasi konsen-trasi (mg/L)	Sebelum Adsorpsi				Setelah Adsorpsi			
	Absor-bansi	Abs. rata-rata	C <sub>0</sub> (mg/L)	F <sub>p</sub>	Absor-bansi	Abs. rata-rata	C <sub>e</sub> (mg/L)	F <sub>p</sub>
50	0,1533	0,15476	53,19877	35,714	0,0656	0,0668	0,93697	1,25
	0,1537				0,0686			
	0,1573				0,0662			
100	0,2372	0,2401	100,52299	45,454	0,1067	0,10683	1,36033	1,25
	0,2430				0,1058			
	0,2401				0,1080			
150	0,3484	0,35043	142,95236	45,454	0,1475	0,15093	2,43560	1,666
	0,3520				0,1497			
	0,3509				0,1556			
200	0,4756	0,47573	191,13726	45,454	0,2496	0,2455	3,76903	1,666
	0,4703				0,2436			
	0,4813				0,2433			
250	0,2956	0,28713	237,21991	90,909	0,2728	0,27623	6,30358	2,5
	0,2779				0,2792			
	0,2879				0,2767			
300	0,3550	0,3571	291,03214	90,909	0,3719	0,3772	8,43908	2,5
	0,3597				0,3749			
	0,3566				0,3848			
350	0,4116	0,4157	336,10213	90,909	0,2767	0,2773	12,65228	5
	0,4194				0,2816			
	0,4161				0,2736			
400	0,4752	0,479	384,78695	90,909	0,2855	0,28486	25,94472	10
	0,4820				0,2843			
	0,4798				0,2848			

$$y = 0,1182x - 0,0213$$

$$C_0 \text{ (konsentrasi awal)} = \frac{\text{Absorbansi} + 0,0213}{0,1182} \times F_p$$

$$= \frac{0,15476 + 0,0213}{0,1182} \times 35,714 = 53,19877 \text{ mg/g}$$

$$C_e (\text{kons. Kesetimbangan}) = \frac{= \text{Absorbansi} + 0,0213}{0,1182} \times F_p$$

$$= \frac{0,0668 + 0,0213}{0,1182} \times 1,25 = 0,93697 \text{ mg/L}$$

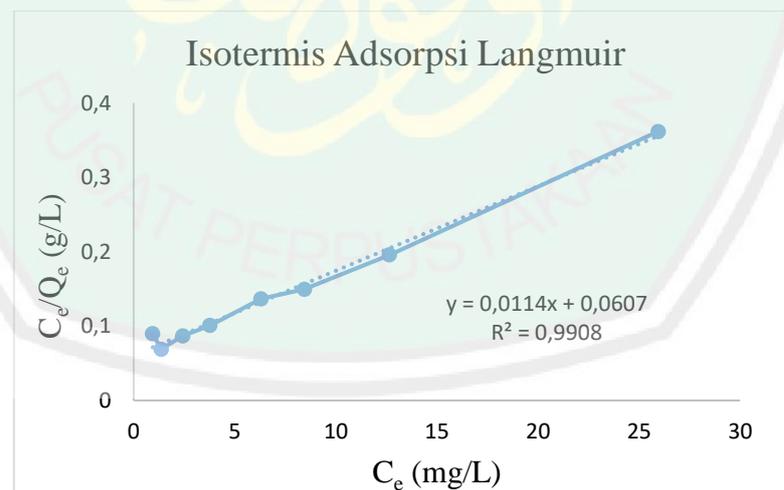
$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{W}$$

$$= \frac{(53,1987 - 0,93697) \times 0,1}{0,5}$$

$$= 10,45236 \text{ mg/g}$$

### Isotermis Adsorpsi Langmuir

$C_0$ (mg/L)	$C_e$ (mg/L)	$Q_e$ (mg/g)	$C_e/Q_e$ (g/L)
53,19877	0,93697	10,45236	0,08964
100,52299	1,36033	19,83253	0,06859
142,95236	2,43560	28,10335	0,08666
191,13726	3,76903	37,47364	0,10057
237,21991	6,30358	46,18326	0,13649
291,03214	8,43908	56,51861	0,14931
336,10213	12,65228	64,68997	0,19558
384,78695	25,94472	71,76844	0,36150



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

$$y = 0,0114x + 0,0607$$

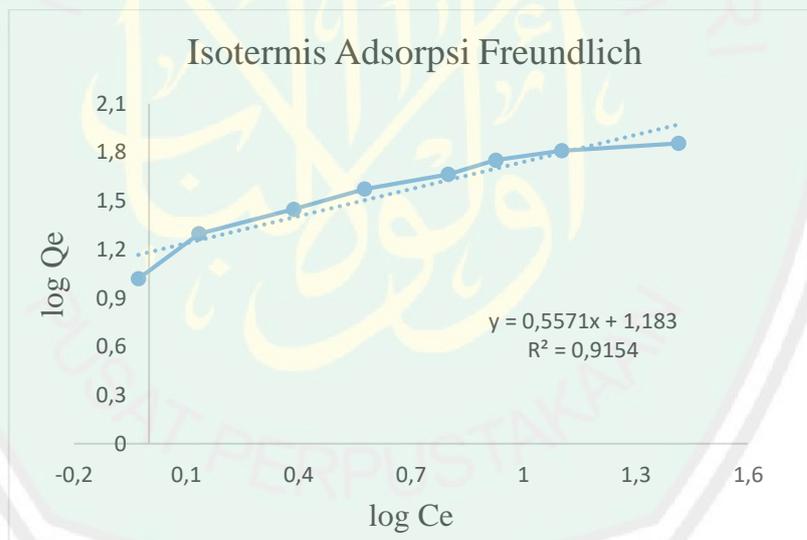
$$a \text{ (slope)} = \frac{1}{x_m} \qquad b \text{ (intersep)} = \frac{1}{x_m K}$$

$$\frac{1}{x_m} = 0,0114; X_m = 87,7193 \text{ mg/g}$$

$$\frac{1}{x_m K} = 0,0607; K = \frac{1}{0,0607 \times 87,7193} = 0,187809 \text{ L/mg}$$

### Isotermis Adsorpsi Freundlich

$C_0$ (mg/L)	$C_e$ (mg/L)	$Q_e$ (mg/g)	Log $C_e$	Log $Q_e$
53,19877	0,93697	10,45236	-0,02827	1,01921
100,52299	1,36033	19,83253	0,13364	1,29737
142,95236	2,43560	28,10335	0,38660	1,44875
191,13726	3,76903	37,47364	0,57623	1,57372
237,21991	6,30358	46,18326	0,79958	1,66448
291,03214	8,43908	56,51861	0,92629	1,75219
336,10213	12,65228	64,68997	1,10216	1,81083
384,78695	25,94472	71,76844	1,41404	1,85593



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

$$y = 0,5571x + 1,183$$

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

$$\frac{1}{n} = 0,5571; n = 1,79501 \text{ mg/g}$$

$$\text{Log } K = 1,183; K = 15,279 \text{ mg/g}$$

#### 4. Termodinamika Adsorpsi

Suhu (K)	Absorbansi	Absorbansi Rata-rata	Fp	Ce (mg/L)	$\Delta G^\circ$ (Kj/mol)
Awal	0,4731	0,477	76,923	C <sub>0</sub> = 324,28738	-
	0,4772				
	0,4807				
298,15	0,1097	0,11246	5	5,65848	-9,9917983
	0,1134				
	0,1143				
313,15	0,1805	0,1802	5	8,52368	-9,4043245
	0,1770				
	0,1831				
323,15	0,2348	0,23166	5	10,70078	-9,0749180
	0,2308				
	0,2294				
333,15	0,2647	0,2615	5	11,96277	-9,0357912
	0,2530				
	0,2668				

$$y = 0,1182x - 0,0213$$

$$C_0 \text{ (konsentrasi awal)} = \frac{\text{Absorbansi} + 0,0213}{0,1182} \times F_p$$

$$= \frac{0,477 + 0,0213}{0,1182} \times 76,293 = 324,287 \text{ mg/L}$$

$$C_e \text{ (kons. Kesetimbangan)} = \frac{\text{Absorbansi} + 0,0213}{0,1182} \times F_p$$

$$= \frac{0,1124 + 0,0213}{0,1182} \times 5 = 5,658 \text{ mg/L}$$

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

$$= \frac{324,287 - 5,658}{5,658}$$

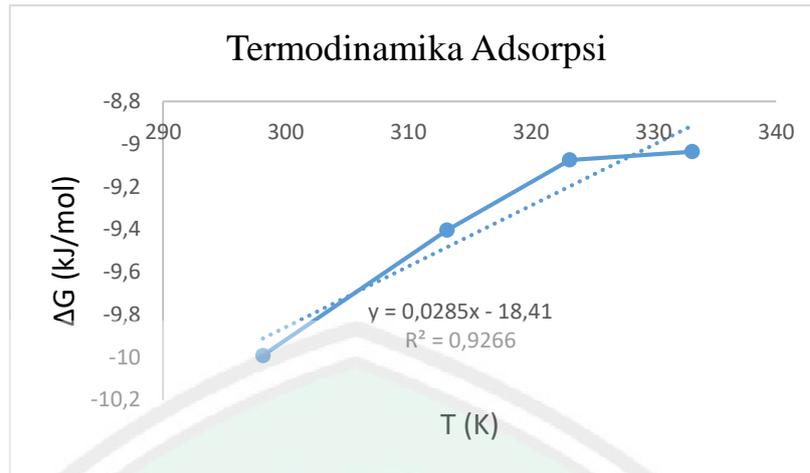
$$= 56,314$$

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

$$= -8,314 \times 298,15 \times \ln 56,31$$

$$= -9991,978 \text{ J/mol}$$

$$= -9,991 \text{ kJ/mol}$$



$$y = 0,0285x - 18,41$$

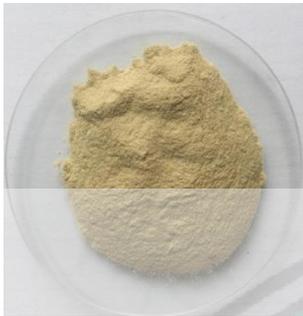
$$a \text{ (slope)} = \Delta S^\circ \quad b \text{ (intersep)} = \Delta H^\circ$$

$$\Delta H^\circ = -18,41 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S^\circ = -0,0285 \text{ kJ/mol. K}$$

## Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

### ➤ Preparasi Sampel



Batang jagung alami

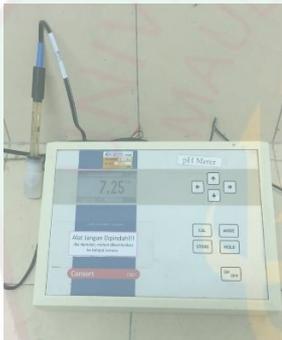


dioven setelah modifikasi



batang jagung termodifikasi

### ➤ Proses Adsorpsi



pH meter



shaker

### ➤ Karakterisasi Morfologi



Holder SEM

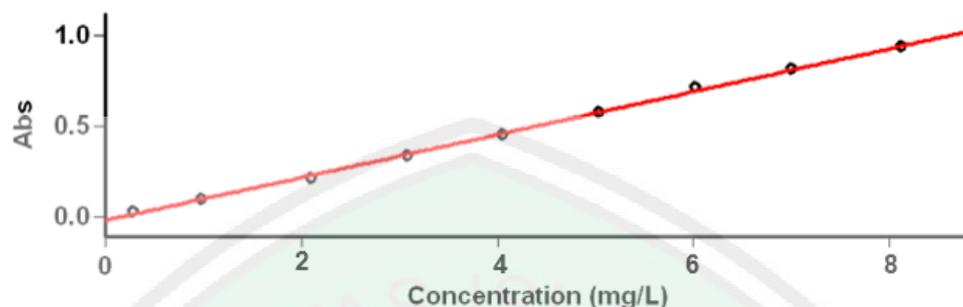


seperangkat alat SEM

## Lampiran 6. Data Hasil Analisis Spektrofotometer UV-Vis

### Kurva Standar MG

Tanggal Analisa : 15 Oktober 2018



### Concentration Analysis Report

Report time 10/15/2018 11:17:04 AM  
 Method  
 Batch name D:\Ari Fitria\Kurva Standar Malachyte Green (15-10-2018).BCN  
 Application Concentration 3.00 (339)  
 Operator Rika

#### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
 Instrument version no. 3.00  
 Wavelength (nm) 617.0  
 Ordinate Mode Abs  
 Ave Time (sec) 0.1000  
 Replicates 3  
 Standard/Sample averaging OFF  
 Weight and volume corrections OFF  
 Fit type Linear  
 Min R<sup>2</sup> 0.95000  
 Concentration units mg/L

Comments:

#### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1434)	617.0

#### Calibration

Collection time 10/15/2018 11:17:18 AM

Standard	Concentration mg/L	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Std 1	0.28		0.0273	0.0004	1.50	0.0269
						0.0271
						0.0277
Std 2	0.9		0.0969	0.0001	0.14	0.0970
						0.0968
						0.0968
Std 3	2.1		0.2120	0.0002	0.09	0.2122
						0.2119
						0.2120
Std 4						0.3307

	3.08	0.3310	0.0003	0.09	0.3313 0.3311
Std 5					0.4507 0.4506 0.4506
	4.06	0.4506	0.0000	0.01	0.4506
Std 6					0.5736 0.5733 0.5743
	5.04	0.5737	0.0005	0.09	0.5743
Std 7					0.7097 0.7095 0.7101
	6.02	0.7098	0.0003	0.05	0.7101
Std 8					0.8097 0.8097 0.8090
	7	0.8095	0.0004	0.05	0.8090
Std 9					0.9332 0.9304 0.9344
	8.12	0.9327	0.0021	0.22	0.9344

Calibration eqn      Abs = 0.1182\*Conc -0.0213  
 Correlation Coefficient      0.99866  
 Calibration time      10/15/2018 11:19:28 AM

#### Results Flags Legend

U = Uncalibrated

O = Overrange

N = Not used in calibration

R = Repeat reading

# Absorbansi Waktu Kontak

Tanggal Analisa : 26 September 2018

## Advanced Reads Report

Report time 9/26/2018 11:29:19 AM  
 Method  
 Batch name D:\Ari Fitria\Absorbansi Waktu Kontak  
 (26-09-2018).BAB  
 Application Advanced Reads 3.00 (339)  
 Operator Rika

### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
 Instrument version no. 3.00  
 Wavelength (nm) 617.0  
 Ordinate Mode Abs  
 Ave Time (sec) 0.1000  
 Replicates 3  
 Sample averaging OFF

Comments:

### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1115)	617.0

### Analysis

Collection time 9/26/2018 11:29:20 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Awal 1					0.3782
					0.3787
		0.3786	0.0003	0.07	0.3788
Awal 2					0.3845
					0.3847
		0.3848	0.0003	0.08	0.3851
Awal 3					0.3826
					0.3820
		0.3822	0.0004	0.09	0.3819
2 jam 1					0.1520
					0.1520
		0.1519	0.0002	0.11	0.1517
2 jam 2					0.1446
					0.1445
		0.1445	0.0001	0.04	0.1445
2 jam 3					0.1464
					0.1465
		0.1465	0.0001	0.07	0.1466
3 jam 1					0.4607
					0.4611
		0.4610	0.0003	0.07	0.4613
3 jam 2					0.4705
					0.4697
		0.4700	0.0005	0.10	0.4696
3 jam 3					0.4714
					0.4701

	0.4707	0.0007	0.14	0.4705
4 jam 1				0.4151 0.4156 0.4153
	0.4154	0.0002	0.06	
4 jam 2				0.4103 0.4119 0.4114
	0.4112	0.0008	0.20	
4 jam 3				0.4224 0.4222 0.4225
	0.4224	0.0002	0.04	
19 jam 1				0.6423 0.6434 0.6392
	0.6416	0.0022	0.34	
19 jam 2				0.6515 0.6494 0.6517
	0.6508	0.0013	0.20	
19 jam 3				0.6688 0.6683 0.6678
	0.6683	0.0005	0.08	
24 jam 1				0.7161 0.7166 0.7170
	0.7166	0.0005	0.06	
24 jam 2				0.7251 0.7258 0.7266
	0.7258	0.0007	0.10	
24 jam 3				0.7226 0.7221 0.7205
	0.7217	0.0011	0.15	
28 jam a				0.3083 0.3091 0.3084
	0.3086	0.0004	0.14	
28 jam b				0.3254 0.3255 0.3249
	0.3253	0.0003	0.10	
28 jam c				0.3257 0.3261 0.3263
	0.3260	0.0003	0.09	

### Results Flags Legend

R = Repeat reading

# Absorbansi MG Variasi Konsentrasi Awal

Tanggal Analisa : 17 Oktober 2018

## Advanced Reads Report

Report time 10/17/2018 11:05:35 AM  
 Method  
 Batch name D:\Ari Fitria\Absorbansi Variasi Konsentrasi Awal  
 2 (17-10-2018)1.BAB  
 Application Advanced Reads 3.00(339)  
 Operator Mei

### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
 Instrument version no. 3.00  
 Wavelength (nm) 617.0  
 Ordinate Mode Abs  
 Ave Time (sec) 0.1000  
 Replicates 3  
 Sample averaging OFF

Comments:

### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.0931)	617.0

### Analysis

Collection time 10/17/2018 11:05:35 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
50 a					0.1533 0.1532 0.1534
		0.1533	0.0001	0.08	
50 b					0.1537 0.1537 0.1537
		0.1537	0.0000	0.02	
50 c					0.1575 0.1575 0.1569
		0.1573	0.0004	0.23	
100 a					0.2371 0.2375 0.2371
		0.2372	0.0003	0.11	
100 b					0.2428 0.2433 0.2429
		0.2430	0.0003	0.12	
100 c					0.2401 0.2402 0.2399
		0.2401	0.0002	0.07	
150 a					0.3484 0.3486 0.3483
		0.3484	0.0002	0.04	
150 b					0.3525 0.3519 0.3515
		0.3520	0.0005	0.14	
150 c					0.3508 0.3511

		0.3509	0.0001	0.04	0.3509
200 a					0.4758 0.4755 0.4755
		0.4756	0.0002	0.03	0.4755
200 b					0.4705 0.4701 0.4704
		0.4703	0.0002	0.05	0.4704
200 c					0.4818 0.4815 0.4806
		0.4813	0.0006	0.12	0.4806
250 a					0.2956 0.2957 0.2955
		0.2956	0.0001	0.04	0.2955
250 b					0.2777 0.2780 0.2780
		0.2779	0.0002	0.06	0.2780
250 c					0.2875 0.2882 0.2878
		0.2879	0.0003	0.12	0.2878
300 a					0.3549 0.3548 0.3553
		0.3550	0.0003	0.07	0.3553
300 b					0.3603 0.3593 0.3594
		0.3597	0.0006	0.16	0.3594
300 c					0.3564 0.3565 0.3570
		0.3566	0.0003	0.08	0.3570
350 a					0.4116 0.4120 0.4112
		0.4116	0.0004	0.10	0.4112
350 b					0.4193 0.4195 0.4193
		0.4194	0.0001	0.03	0.4193
350 c					0.4171 0.4159 0.4153
		0.4161	0.0009	0.22	0.4153
400 a					0.4754 0.4752 0.4751
		0.4752	0.0001	0.03	0.4751
400 b					0.4821 0.4820 0.4821
		0.4820	0.0001	0.02	0.4821
400 c					0.4796 0.4798 0.4801
		0.4798	0.0002	0.05	0.4801

### Results Flags Legend

R = Repeat reading

# Absorbansi MG Variasi Konsentrasi Akhir

Tanggal Analisa : 17 Oktober 2018

## Advanced Reads Report

Report time 10/17/2018 2:13:11 PM  
 Method  
 Batch name D:\Ari Fitria\Absorbansi MG Variasi Konsentrasi Akhir (17-10-2018).BAB  
 Application Advanced Reads 3.00(339)  
 Operator Rika

### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
 Instrument version no. 3.00  
 Wavelength (nm) 617.0  
 Ordinate Mode Abs  
 Ave Time (sec) 0.1000  
 Replicates 3  
 Sample averaging OFF

Comments:

### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.1866)	617.0

### Analysis

Collection time 10/17/2018 2:13:11 PM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
50a					0.0656 0.0656 0.0656
50b					0.0683 0.0688 0.0687
50c					0.0661 0.0659 0.0665
100a					0.1066 0.1070 0.1066
100b					0.1058 0.1057 0.1058
100c					0.1080 0.1081 0.1078
150a					0.1475 0.1475 0.1476
150b					0.1497 0.1497 0.1499
150c					0.1559 0.1557

	0.1556	0.0003	0.20	0.1553
200a				0.2493 0.2494
	0.2496	0.0005	0.22	0.2503
200b				0.2436 0.2440
	0.2436	0.0003	0.12	0.2434
200c				0.2431 0.2431
	0.2433	0.0004	0.15	0.2437
250a				0.2726 0.2726
	0.2728	0.0003	0.11	0.2731
250b				0.2793 0.2792
	0.2792	0.0001	0.02	0.2793
250c				0.2765 0.2771
	0.2767	0.0004	0.13	0.2764
300a				0.3723 0.3722
	0.3719	0.0006	0.16	0.3712
300b				0.3756 0.3747
	0.3749	0.0007	0.19	0.3743
300c				0.3854 0.3847
	0.3848	0.0005	0.12	0.3845
350a				0.2768 0.2769
	0.2767	0.0003	0.10	0.2764
350b				0.2815 0.2817
	0.2816	0.0001	0.04	0.2815
350c				0.2744 0.2730
	0.2736	0.0008	0.27	0.2733
400a				0.2857 0.2853
	0.2855	0.0003	0.09	0.2854
400b				0.2844 0.2845
	0.2843	0.0003	0.10	0.2840
400c				0.2851 0.2846
	0.2848	0.0003	0.09	0.2846

### Results Flags Legend

R = Repeat reading

# Absorbansi MG Variasi Suhu

Tanggal Analisa : 16 Oktober 2018

## Advanced Reads Report

Report time 10/16/2018 10:00:59 AM  
 Method  
 Batch name D:\Ari Fitria\Absorbansi MG Variasi Suhu 2 awal  
 (16-10-2018).BAB  
 Application Advanced Reads 3.00 (339)  
 Operator Mei

### Instrument Settings

Instrument Cary 50  
 Instrument version no. 3.00  
 Wavelength (nm) 617.0  
 Ordinate Mode Abs  
 Ave Time (sec) 0.1000  
 Replicates 3  
 Sample averaging OFF

Comments:

### Zero Report

Read	Abs	nm
Zero	(0.0922)	617.0

### Analysis

Collection time 10/16/2018 10:00:59 AM

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
Awal 1					0.4734 0.4728 0.4732
		0.4731	0.0003	0.07	
Awal 2					0.4770 0.4769 0.4777
		0.4772	0.0004	0.08	
Awal 3					0.4806 0.4807 0.4809
		0.4807	0.0001	0.03	
T ruang a					0.1096 0.1096 0.1099
		0.1097	0.0002	0.16	
T ruang b					0.1132 0.1134 0.1138
		0.1134	0.0003	0.26	
T ruang c					0.1142 0.1144 0.1142
		0.1143	0.0001	0.09	
T 40 a					0.1803 0.1803 0.1808
		0.1805	0.0003	0.17	
T 40 b					0.1772 0.1768 0.1769
		0.1770	0.0002	0.13	
T 40 c					0.1833 0.1832

T 50 a	0.1831	0.0002	0.09	0.1830 0.2348 0.2347 0.2350
	0.2348	0.0002	0.07	
T 50 b				0.2304 0.2309 0.2309
	0.2308	0.0003	0.12	
T 50 c				0.2298 0.2292 0.2293
	0.2294	0.0003	0.13	
T 60 a				0.2647 0.2646 0.2647
	0.2647	0.0000	0.02	
T 60 b				0.2531 0.2531 0.2528
	0.2530	0.0002	0.07	
T 60 c				0.2666 0.2667 0.2670
	0.2668	0.0002	0.09	

#### Results Flags Legend

R = Repeat reading

