

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN DAUN MATOA (*Pometia pinnata*)
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA (Cu)
DALAM AIR MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM
SITRAT**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



Windy Anggari

12513006

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN DAUN MATOA (*Pometia pinnata*)
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA (Cu)
DALAM AIR MENGGUNAKAN AKTIVATOR
ASAM SITRAT

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



Windy Anggari

12513006

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN DAUN MATOA (*Pometia pinnata*)
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA (Cu)
DALAM AIR MENGGUNAKAN AKTIVATOR
ASAM SITRAT

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



Disusun Oleh:

**WINDY ANGGARI
12513006**

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing



Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Tanggal: 4-11-2016

Mengetahui:

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII



Hudori, S.T., M.T.

Tanggal: 4-11-2016

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN DAUN MATOA (*Pometia pinnata*) SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TEMBAGA (Cu) DALAM AIR MENGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SITRAT

*UTILIZATION OF MATOA LEAVES CHEMICALLY MODIFIED WITH CITRIC ACID AS
ADSORBENT FOR COPPER (Cu) ION IN WATER*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh
Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

WINDY ANGGARI
12513006

Telah diperiksa dan disetujui Oleh:

Penguji I

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
Tanggal: 4 - 11 - 2016

Penguji II

Suphia Rahmawati, Dr. S.T.,M.T
Tanggal : 3 - 11 - 2016

Penguji III

Fina Binazir Maziva, S.T.,M.T
Tanggal: 3 - 11 - 2016

Mengetahui:

Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII

Hudori, S.T.,M.T.
Tanggal: 4 - 11 - 2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia (*apabila menggunakan software khusus*).
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 31 Oktober 2016

Yang membuat pernyataan,



Windy Anggari
NIM: 12513006

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, yang telah menciptakan alam semesta beserta isinya. *Alhamdulillah* atas segala limpahan rahmat, rizki dan nikmat yang diberikan oleh Allah SWT sehingga penyusun dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul : **PEMANFAATAN DAUN MATOA (*Pometia pinnata*) SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM TEMBAGA (Cu) DALAM AIR MENGGUNAKAN AKTIVATOR ASAM SITRAT**. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya dan seluruh Sahabatnya, serta orang-orang yang mengikuti jejak mereka hingga akhir zaman.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun tidak terlepas dari motivasi, bimbingan dan doa dari berbagai pihak. Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala sesuatu yang terbaik bagi hamba-Nya.
2. Ayahanda M.Hamid Arief dan Ibunda Gusti Masrah serta adik-adik ku tercinta Ridha Adila.A, Andika, Abil dan semua keluarga Gustifam, yang tiada henti-hentinya selalu memberikan dukungan dan semangat serta doa dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Hudori, ST., MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingannya serta koreksi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Andik Yulianto, S.T., M.T sebagai dosen wali yang membantu dalam pengarahan perkuliahan.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Lingkungan, yang telah mengamalkan ilmu yang dimiliki kepada mahasiswanya.
7. Pak Tasyono, Mas Iwan, dan seluruh laboran laboratorium Kualitas Lingkungan

FTSP yang banyak membantu dalam pengerjaan dan arahan dalam melakukan pengujian ini.

8. Kepada semua anggota “Team Adsorben” yaitu Kiki, Mega, Arini, Aszahra, KikiAmalia, Rini, Abrar, Sefti, Della, Zulistia, Fioriska, Bambang, Dwi, Galuh, Haedar, Maya, Ari, dan Dede yang telah berjuang bersama dan saling membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
9. Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan (khususnya angkatan 2012) terima kasih banyak telah membantu, menemani, menolong dan mendukung saya selama kuliah sampai mendapatkan gelar ST UII. Semoga kita semua sukses dan silaturahmi kita tetap berjalan dengan baik.
10. Sahabat-sahabat ku tersayang Geby, Dita, Andis, Farisa, dan Sarah terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini, sebanyak apapun teman baru yang datang, kalian tetap dihati.
11. Sahabat WIDURI Rizky Trihardhini dan Arini Budhi terima kasih kalian selalu menemani selama 4 tahun ini baik dalam keadaan susah maupun senang.
12. Teman-teman KKN Unit 37 yaitu Kiki, Rendy, Fredy, Oji, Wisnu, Fahmi, dan Putri terima kasih sudah menjadi keluarga baru yang sangat menyenangkan dan selalu memberi semangat serta doa dalam menyusun skripsi.
13. Teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas doa dan dukungannya.

Saya menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, namun saya berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan mahasiswa maupun siapa saja yang membutuhkannya dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan, khususnya dibidang Teknik Lingkungan.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Oktober 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Matoa (<i>Pometia pinnata</i>).....	4
2.2 Adsorpsi	5
2.2.1 Jenis Adsorpsi.....	6
2.2.2 Faktor Adsorpsi	7
2.2.3 Metode Adsorpsi	9
2.3 Metode <i>Batch</i>	9

2.4 Isotherm Langmuir	10
2.5 Isotherm Freundlich	10
2.6 Aktivasi	11
2.7 Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)	12
2.8 Logam Berat Tembaga (Cu)	13
2.8.1 Senyawaan Tembaga.....	14
2.8.2 Sifat - Sifat Tembaga.....	14
2.8.3 Equilibrium pH Tembaga.....	15
2.9 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	16
2.10 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	16
2.11 Penelitian Sebelumnya.....	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Lokasi Penelitian	20
3.3 Subjek dan Objek Penelitian.....	20
3.4 Variabel Penelitian	20
3.5 Alat dan Bahan	20
3.5.1 Alat Penelitian.....	20
3.5.2 Bahan Penelitian.....	20
3.6 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	21
3.7 Prosedur Penelitian	21
3.7.1 Persiapan Adsorben Daun Matoa (<i>Pometia pinnata</i>).....	21
3.7.2 Penentuan Dosis Optimum	23
3.7.3 Penentuan pH Optimum.....	24

3.7.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum	25
3.7.5 Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Umum	26
4.2 Karakteristik Adsorben Daun Matoa.....	27
4.2.1 Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR	27
4.2.2 Analisis Morfologi dengan SEM	29
4.3 Pengujian Daya Serap Adsorben	31
4.3.1 Variasi Massa Optimum.....	31
4.3.2 Variasi pH Optimum	33
4.3.3 Variasi Waktu Kontak Optimum	35
4.3.4 Variasi Konsentrasi Logam Cu	37
4.4 Isotherm Adsorpsi	38
4.4.1 Isotherm Langmuir.....	38
4.4.2 Isotherm Freundlich.....	40
BAB V PENUTUP.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Kimia	7
Tabel 2.2 Penelitian Sebelumnya	17
Tabel 4.1 Hasil Uji SEM-EDX Serbuk Daun Matoa.....	30
Tabel 4.2 Data Uji Variasi Massa Optimum	32
Tabel 4.3 Data Uji Variasi pH Optimum	34
Tabel 4.4 Data Uji Variasi Waktu Kontak Optimum.....	36
Tabel 4.5 Data Uji Konsentrasi Larutan Cu	37
Tabel 4.6 Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Langmuir	38
Tabel 4.7 Perhitungan Untuk Mencari Nilai Konstanta Freundlich.....	40
Tabel 4.8 Nilai Konstanta Freundlich	41



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daun Matoa (<i>Pometia pinnata</i>)	4
Gambar 2.2 Struktur Gugus Fungsi Asam Sitrat.....	13
Gambar 2.3 Grafik Equilibrium pH Cu.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 Daun Matoa di Jemur di Bawah Sinar Matahari	22
Gambar 3.3 Daun Matoa Setelah dijemur	22
Gambar 3.4.a Daun Matoa diblender	22
Gambar 3.4.b Daun Matoa diayak 100 mesh	22
Gambar 3.5 Tahap Aktivasi Menggunakan Asam Sitrat.....	23
Gambar 3.6 Menimbang Serbuk Daun Matoa.....	24
Gambar 3.7 Larutan Cu 50 ppm.....	24
Gambar 3.8 Magnetic Stirer.....	24
Gambar 3.9 Larutan di Saring.....	24
Gambar 4.1 Grafik Gugus Fungsi Daun Matoa Teraktivasi.....	27
Gambar 4.2 Grafik Gugus Fungsi Daun Matoa Tanpa Aktivasi	28
Gambar 4.3 Hasil <i>Overlay</i> Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa	28
Gambar 4.4 Grafik Morfologi Daun Matoa Teraktivasi.....	29
Gambar 4.5 Grafik Morfologi Daun Matoa Tanpa Aktivasi	30
Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Variasi Massa Optimum	32
Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji Variasi pH Optimum	34
Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum	36
Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Larutan Cu	37
Gambar 4.10 Pola Isoterm Langmuir	39
Gambar 4.11 Grafik Persamaan Isoterm Langmuir.....	39
Gambar 4.12 Grafik Persamaan Isoterm Freundlich.....	41

LAMPIRAN

LAMPIRAN I

LANGKAH KERJA PERCOBAAN ADSORBEN DAUN MATOA

LAMPIRAN II

DATA DAN DATA PERHITUNGAN



DAFTAR RUMUS

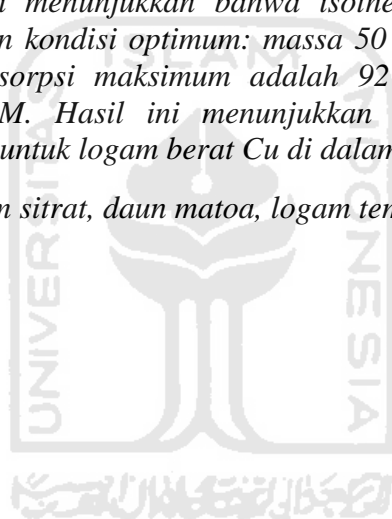
Rumus 2.1 Isotherm Langmuir	10
Rumus 2.2 Isotherm Langmuir	10
Rumus 2.3 Isotherm Freundlich	10
Rumus 2.4 Isotherm Freundlich	10



ABSTRAK

Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai jenis adsorben, salah satunya adalah penggunaan daun sebagai adsorben. Namun, hingga saat ini belum ada yang melakukan penelitian dengan menggunakan daun matoa sebagai bahan adsorben. Dengan adanya selulosa yang terkandung dalam daun matoa, maka dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben serbuk daun matoa untuk menyerap logam tembaga Cu dengan aktivasi asam sitrat 0,1M dan tanpa aktivasi. Karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan FTIR dan SEM-EDS. Sedangkan proses adsorpsi dilakukan dengan menggunakan metode batch, dengan variasi massa adsorben, pH larutan, waktu kontak dan konsentrasi larutan Cu yang diuji dengan menggunakan AAS. Untuk mengetahui pemodelan yang cocok untuk adsorben daun matoa menggunakan perhitungan isotherm Langmuir dan Freundlich. Hasil pengujian menunjukkan bahwa isotherm Freundlich cocok untuk adsorben daun matoa dengan kondisi optimum: massa 50 mg, pH 7, dan waktu kontak 120 menit. Daya serap adsorpsi maksimum adalah 92 mg/g pada adsorben yang teraktivasi asam sitrat 0,1M. Hasil ini menunjukkan bahwa daun matoa sangat berpotensi sebagai adsorben untuk logam berat Cu di dalam air.

Kata kunci: Adsorpsi, asam sitrat, daun matoa, logam tembaga



ABSTRACT

Recently, many kinds of adsorbent materials have been developed, including utilization of leaves. The study about matoa leaves as an adsorbent material has not been conducted. It is noteworthy, matoa leaves contain some cellulose substance, which is known as active site for metal adsorption. This recent study aims to determine the adsorption capacity of matoa leaves modification with citric acid and unmodified one for Cu ion in water. Adsorption proces is conducted by Batch metode with variation of adsorbent mass, pH of solution, shaking time, and variation of initial concentration of Cu which measured by using AAS. The characterization of adsorbent is conducted by using FTIR and SEM-EDX in order to know functional group in the adsorbent and its surface morphology. It was clear that for 50 mL of 50 mg/L initial Cu, the optimum adsorbent mass was 50 mg, pH of solution was 7, contact time was 120 minutes and the adsorption capacity of modified matoa leaves was 92 mg/g for Cu metal ions. This study proved that matoa leaves have high capacity as adsorbent for heavy metal ions in water.

Keywords: Adsorption, citric acid, copper metal, matoa leaves.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati sangat besar. Salah satu keanekaragaman hayati tersebut berasal dari tanaman yaitu matoa yang mempunyai nama latin *Pometia pinnata*. Matoa merupakan salah satu tanaman dari famili *Sapindaceae* yang tersebar di daerah tropis, termasuk Indonesia. Walaupun tanaman matoa berasal dari Irian Jaya dan Papua namun sudah menyebar luas di wilayah Indonesia. Penyebaran tanaman matoa (*Pometia pinnata*) di Indonesia meliputi wilayah Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, P.Sumbawa (NTB), dan Maluku. Secara tradisional buah dan biji dimanfaatkan sebagai bahan pangan, sedangkan kayunya dimanfaatkan untuk bahan bangunan, mebel, ukir-ukiran, dan alat pertanian (Sumiasri dkk., 2000). Namun daun matoa sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan adanya selulosa yang terkandung dalam daun matoa maka diharapkan dapat digunakan sebagai adsorben ion logam berat tembaga (Cu) dalam air dengan menggunakan aktivator asam sitrat ($C_6H_8O_7$).

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran air sungai di Indonesia mengakibatkan kerugian 45 triliun per tahun dengan kerugian-kerugian utama pada bidang kesehatan, penyediaan air bersih, dan pariwisata (Wangsaatmaja, 2013). Sumber pencemaran air sungai dapat berasal dari berbagai jenis limbah seperti limbah pertanian, perikanan, pariwisata serta kegiatan lainnya seperti limbah domestik dan limbah industri (Yudo, 2005).

Pencemaran sungai di Indonesia saat ini terus mengalami peningkatan yang tercemar oleh ion logam Cu (tembaga). Ion logam Cu merupakan logam yang esensial bagi tubuh, akan tetapi dapat menimbulkan keracunan jika terdapat kontaminasi yang berlebihan, sehingga perlu adanya pengawasan terhadap logam

ini agar tidak membahayakan bagi masyarakat dan makhluk hidup lainnya (Saputra, 2010).

Pengolahan limbah untuk penyisihan (*removal*) logam berat biasanya terbentur oleh masalah biaya yang tinggi. Untuk itulah diperlukan suatu teknik pengolahan limbah logam berat yang efektif dan berbiaya rendah. Salah satu teknik pengolahan limbah logam berat yang berbiaya rendah dan efektif adalah adsorpsi. Proses adsorpsi terjadi pada permukaan pori-pori dalam adsorben, sehingga untuk bisa teradsorpsi, logam dalam cairan mengalami proses perpindahan masa logam dari cairan ke permukaan adsorben (Qaiser dkk., 2007).

Saat ini telah banyak dikembangkan berbagai jenis adsorben. Salah satunya adalah penggunaan daun sebagai adsorben. Penelitian sejenis menggunakan daun matoa masih jarang ditemui atau bahkan belum ada yang melakukan penelitian ini. Pada penelitian ini daun matoa digunakan untuk mengadsorpsi ion logam tembaga (Cu) dengan penambahan perlakuan daun matoa yang diberi aktivasi asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Proses aktivasi dapat mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi, asam sitrat merupakan aktivator yang akan digunakan. Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang terdapat pada daun tumbuhan. Keasaman asam sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil $-COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan, sehingga mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan untuk mengadsorpsi ion logam berat.

1.2 Rumusan masalah

Dalam penelitian ini permasalahan yang dikaji adalah mengetahui penurunan ion logam berat tembaga (Cu) dalam air pada adsorben dengan menggunakan daun matoa yang diaktivasi secara kimia menggunakan larutan asam sitrat ($C_6H_8O_7$). Penelitian ini masih sebatas pengujian laboratorium untuk memperoleh kondisi optimum yaitu massa optimum, pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi ion logam tembaga (Cu) dengan menggunakan metode *batch*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh aktivasi terhadap penurunan kadar Cu pada adsorben menggunakan daun matoa dengan aktivator asam sitrat ($C_6H_8O_7$).
2. Mengkaji efektivitas serbuk daun matoa sebagai adsorben dalam penyerapan ion logam tembaga (Cu) pada massa optimum, pH optimum, waktu kontak optimum, dan kemampuan adsorpsi pada variasi konsentrasi ion logam Cu.
3. Menentukan isotherm adsorpsi yang cocok untuk adsorpsi ion logam tembaga (Cu) dengan menggunakan daun matoa.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah yang telah disebutkan di atas, maka dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan batasan masalah sebagai berikut :

1. Adsorben yang akan digunakan adalah daun matoa (*Pometia pinnata*).
2. Aktivator yang akan digunakan adalah asam sitrat ($C_6H_8O_7$).
3. Metode yang digunakan untuk memperoleh kondisi optimum (jumlah adsorben dan waktu kontak) adalah metode *batch*.
4. Uji karakteristik menggunakan *FTIR* dan *SEM*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara pembuatan adsorben dengan menggunakan aktivator dari asam sitrat ($C_6H_8O_7$), memanfaatkan kembali daun matoa sebagai biomaterial adsorpsi karena harganya lebih murah serta memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas daun matoa sebagai adsorben dalam penurunan ion logam berat tembaga (Cu).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Matoa (*Pometia pinnata*)

Matoa adalah salah satu jenis dengan rambutan dalam bahasa latin buah ini disebut *Pometia pinnata*. Tanaman ini berasal dari Papua selain itu juga tanaman ini juga sering dijumpai di Maluku, Sulawesi, Kalimantan dan Pulau Jawa. Matoa merupakan salah satu tanaman dari famili *Sapindaceae* yang tersebar di daerah tropis, termasuk Indonesia.



Gambar 2.1 Daun Matoa (*Pometia pinnata*)

Sumber : Data Primer, 2016

Matoa merupakan tumbuhan berbentuk pohon dengan tinggi 20 – 40 m, dan ukuran diameter batang dapat mencapai 1,8 meter. Batang silindris, tegak, warna kulit batang coklat keputih-putihan, permukaan kasar. Bercabang banyak sehingga membentuk pohon yang rindang, percabangan simpodial, arah cabang miring hingga datar. Akar tunggang, coklat kotor. Matoa berdaun majemuk, tersusun berseling, 4 – 12 pasang anak daun. Saat muda daunnya berwarna merah cerah, setelah dewasa menjadi hijau, bentuk jorong, panjang 30 – 40 cm, lebar 8 – 15 cm. Helaian daun tebal dan kaku, ujung meruncing, pangkal tumpul, tepi rata.

Pertulangan daun menyirip dengan permukaan atas dan bawah halus, berlekuk pada bagian pertulangan.

Bunga majemuk, bentuk corong, diujung batang. Tangkai bunga bulat, pendek, hijau, dengan kelopak berambut, hijau. Benang sari pendek, jumlah banyak, putih. Putik bertangkai, pangkal membulat, putih dengan mahkota terdiri 3 – 4 helai berbentuk pita, kuning. Buah bulat atau lonjong sepanjang 5 – 6 cm, berwarna hijau kadang merah atau hitam (tergantung varietas). Daging buah lembek, berwarna putih kekuningan. Bentuk biji bulat, berwarna coklat muda sampai kehitam-hitaman.

Daun matoa merupakan daun majemuk berseling, bersirip genap. Panjang tangkai utama daun dalam satu pohon bervariasi mulai kurang dari 50 cm sampai lebih dari 1 m. Warna tangkai utama daun bagian atas coklat kehijauan, dan bagian bawah hijau kecoklatan. Semakin tua daun, warna tangkai utama semakin coklat keabu-abuan. Anak daun bervariasi dari 6 hingga 13 pasang. Anak daun berbentuk jorong dengan tepi bergerigi. Anak daun pada pasangan terbawah menyerupai telinga, berbentuk elips. Daun muda berwarna merah dengan tingkat kemerahan bervariasi dari merah kehijauan sampai merah tua. Daun tua berwarna hijau gelap dibagian atas dan hijau cerah dibagian bawah. Semakin tua warna daun semakin hijau tua. Permukaan daun halus mengkilap, berlekuk dipertulangan daun.

Ukuran daun bervariasi baik antar pohon maupun dalam satu pohon yang sama. Panjang helai daun bervariasi dari 21 – 50 cm, dengan lebar daun bervariasi antara 8 – 19,5 cm. Pertulangan sekunder daun menyirip (pinnate) sebanyak 11 – 25 pasang. Dari beberapa karakter fenotif daun yang diamati, lebar dan panjang helai daun, rasio panjang/lebar daun, dan panjang petiolus menunjukkan variasi antar pohon yang cukup tinggi sehingga diduga berhubungan dengan tipe buahnya.

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. Karena adsorpsi

adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan spesifik (Sawyer et al, 1994). Pada proses adsorpsi terdapat dua komponen yaitu adsorbat dan adsorben. Zat yang terakumulasi pada permukaan disebut adsorbat, sedangkan material permukaan padatan/cairan disebut adsorben. Proses adsorpsi berbeda dengan absorpsi, di mana proses adsorpsi merupakan reaksi kimia antara molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben, sedangkan absorpsi merupakan proses dimana fluida dilarutkan oleh cairan atau padatan yang berfungsi sebagai penyerap.

Kebanyakan adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan – bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding – dinding pori atau pada letak – letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori – pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 m/g. Adsorben yang digunakan secara komersial dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar (*hydrophilic*) berupa silika gel, alumina aktif dan zeolit kemudian non polar (*hydrophobic*) berupa polimer adsorben dan karbon aktif. (Rahmayani, dkk. 2013). Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemical*) ada beberapa klasifikasi pori yaitu :

- a. Mikropori : diameter < 2 nm
- b. Mesopori : diameter $2 - 50$ nm
- c. Makropori : diameter > 50 nm (Dedi, dkk. 2010)

2.2.1 Jenis Adsorpsi

Jenis adsorpsi yang umum dikenal adalah adsorpsi kimia (kemisorpsi) dan adsorpsi fisika (fisorpsi) yaitu :

- a. **Adsorpsi fisika**, didasarkan pada gaya Van der Waals serta dapat terjadi pada permukaan yang polar dan non polar. Adsorpsi juga mungkin terjadi dengan mekanisme pertukaran ion. Permukaan padatan dapat mengadsorpsi ion – ion dari larutan dengan mekanisme pertukaran ion. Oleh karena itu, ion pada gugus senyawa permukaan padatan adsorbennya dapat bertukar tempat dengan ion – ion adsorbat. Mekanisme pertukaran ini merupakan penggabungan dari mekanisme kemisorpsi dan fisorpsi, karena adsorpsi

jenis ini akan mengikat ion – ion yang diadsorpsi dengan ikatan secara kimia, tetapi ikatan ini mudah dilepaskan kembali untuk dapat terjadinya pertukaran ion. Kemudian, adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul – molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekul – molekul fluida itu sendiri (Mu'jizah, 2010).

- b. **Adsorpsi kimia**, merupakan adsorpsi yang terjadi karena terbentuknya ikatan kovalen dan ion antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben. Jenis adsorpsi ini diberi istilah absorpsi (Suryawan, 2004). Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk adalah lapisan *monolayer*. Adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia dibedakan berdasarkan kriteria antara lain, dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Mu'jizah, 2010) .

Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Kimia

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Entalpi adsorpsi kecil (biasanya kurang dari 20 KJ/mol)	Entalpi adsorpsi besar (biasanya antara 40 – 400 KJ/mol)
Terjadi adsorpsi multilayer	Pada umumnya monolayer
Terjadi pada temperatur dibawah titik dididk adsorbat	Dapat terjadi pada temperatur tinggi
Tidak melibatkan energi aktivasi	Proses adsorpsi terjadi bila system mempunyai energi aktivasi

Sumber : Mu'jizah, 2010

2.2.2 Faktor Adsorpsi

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut akan menentukan kecepatan adsorpsi, kinetika adsorpsi serta kualitas bahan yang di adsorpsi. Berikut ini adalah beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi, antara lain adalah :

- a. **Kecepatan pengadukan**, kecepatan pengadukan berpengaruh pada kecepatan proses adsorpsi dan kualitas bahan yang dihasilkan. Jika

pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan berjalan lambat juga. Tetapi jika pengadukan terlalu cepat maka akan muncul kemungkinan struktur adsorbat mengalami kerusakan.

- b. **Luas permukaan**, semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak zat yang teradsorpsi.
- c. **Jenis dan karakteristik adsorben**, jenis adsorben yang digunakan umumnya adalah karbon aktif. Ukuran partikel dan luas permukaan karbon aktif akan menentukan tingkat dan kemampuan adsorpsi. Ukuran partikel karbon mempengaruhi tingkat adsorpsi yaitu tingkat adsorpsi naik jika ukuran partikel kecil. Oleh karena itu, adsorpsi menggunakan PAC (*Powdered Activated Carbon*) lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan karbon GAC (*Granular Activated Carbon*). Kapasitas total adsorpsi karbon tergantung pada luas permukaannya. Ukuran partikel karbon tidak mempengaruhi luas permukaannya. Oleh karena itu GAC atau PAC dengan berat yang sama memiliki kapasitas adsorpsi yang sama.
- d. **Jenis dan karakteristik adsorbat**, jenis adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah di adsorpsi dibandingkan rantai yang lurus. Kemampuan adsorpsi adsorbat biasanya akan meningkat jika memiliki polarisabilitas dan berat molekul yang tinggi.
- e. **Kelarutan adsorbat**, senyawa yang terlarut memiliki gaya tarik-menarik yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit di adsorpsi dibandingkan senyawa tidak larut.
- f. **Struktur molekul adsorbat dan konsentrasinya**, hidroksil dan amino dapat mengurangi kemampuan adsorpsi, sedangkan nitrogen meningkatkan kemampuan tersebut. Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.
- g. **pH**, tingkat keasaman adsorbat berpengaruh pada proses adsorpsi. Asam organik lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah, sedangkan adsorpsi basa organik efektif pada pH tinggi.
- h. **Temperatur**, naik turunnya tingkat adsorpsi di pengaruhi oleh temperatur. Pemanasan adsorben akan menyebabkan pori-pori adsorben terbuka

sehingga daya serapnya meningkat. Tetapi pemanasan yang terlalu panas juga dapat membuat struktur adsorben rusak sehingga daya serapnya menurun.

2.2.3 Metode Adsorpsi

Metode Adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom) yaitu sebagai berikut :

1. Cara statis (*batch*) yaitu ke dalam wadah yang berisi sorben dimasukkan larutan yang mengandung komponen yang diinginkan. Selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada sorben dilepaskan kembali dengan melarutkan sorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dan volume larutan mula – mula.
2. Cara dinamis (kolom) yaitu ke dalam kolom yang telah diisi dengan sorben dilewatkan larutan yang mengandung komponen tertentu selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*effluent*) sesuai dengan volumenya yang lebih kecil (Apriliani, 2010).

2.3 Metode *Batch*

Studi adsorpsi menggunakan sistem *batch* dilakukan dalam sejumlah gelas erlenmeyer yang berisi larutan yang mengandung zat tertentu yang akan diadsorpsi pada konsentrasi dan volume tertentu. Pada tiap-tiap erlenmeyer dibubuhkan sejumlah adsorben dengan berat yang bervariasi. Selanjutnya larutan dan adsorben dalam erlenmeyer tersebut dikocok dalam waktu tertentu (waktu tercapainya kesetimbangan) dan setelah itu konsentrasi larutan dianalisa. Selisih konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah adsorpsi dianggap sebagai konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben. Besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh tiap satuan berat adsorben dapat dihitung dari tiap gelas erlenmeyer.

2.4 Isotherm Langmuir

Model adsorpsi Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Dalam bentuk yang umum, persamaan dapat ditulis:

$$\frac{x}{m} = \frac{q_m b C}{1 + b C} \dots\dots\dots(2.1)$$

Atau

$$\frac{1}{x/m} = \frac{1}{q_m b} \frac{1}{C} + \frac{1}{q_m} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

x/m = jumlah zat teradsorpsi (adsorbat) tiap unit massa adsorben (mg/g)

q_m = konstanta yang berkaitan dengan kapasitas adsorpsi

b = konstanta yang berkaitan dengan kecepatan adsorpsi

C = konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

2.5 Isotherm Freundlich

Model adsorpsi Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap *site*. Model umum persamaan adalah sebagai :

$$\frac{x}{m} = K C^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Atau

$$\ln(x/m) = \frac{1}{n} \ln C + \ln K \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

x/m = jumlah zat teradsorpsi (adsorbat) tiap unit massa adsorben (mg/g)

C = konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

K = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas adsorpsi

$1/n$ = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

2.6 Aktivasi

Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. Adanya interaksi antara zat pengaktivasi dengan struktur atom-atom karbon hasil karbonisasi adalah mekanisme dari proses aktivasi. Selama aktivasi, karbon dibakar pada suasana oksidasi yang akan menambah jumlah atau volume pori dan luas permukaan produk melalui proses eliminasi. Aktivator dapat meningkatkan keaktifan adsorben melalui mekanisme sebagai berikut :

1. Aktivator menembus celah atau pori-pori diantara pelat-pelat kristalit karbon (pada karbon aktif) yang terbentuk heksagonal dan menyebar di dalam celah atau pori-pori tersebut, sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon.
2. Aktivator mencegah senyawa organik bereaksi dengan oksigen yang akan bereaksi dengan kristalit oksigen.
3. Menurut teori interaksi, struktur dari suatu komposisi senyawa akan mengalami modifikasi jika disisipkan ion atau atom lain kedalam struktur tersebut. Pada aktivasi maka ion atau atom yang disisipkan adalah aktivator.
4. Aktivasi dapat berupa aktivasi fisik dimana digunakan gas-gas inert seperti uap air (*steam*), CO₂ dan N₂. Sedangkan pada aktivasi kimia, digunakan aktivator yang berperan penting untuk meningkatkan luas permukaan adsorben dengan cara mengusir senyawa non karbon dari pori-pori. (Wahyudi, 2010).

Untuk memperoleh adsorben dengan kemampuan adsorpsi yang maksimum maka dilakukan aktivasi. Aktivasi adsorben dengan asam paling umum dilakukan terbukti sangat efektif dalam meningkatkan kapasitas efisiensi dari adsorben. (Sherly, 2014).

2.7 Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)

Asam sitrat atau 2-hidroksipropana-1,2,3- asam trikarboksilat ($C_6H_8O_7$) adalah asam organik penting yang dihasilkan melalui proses fermentasi oleh mikroba (Agung, 2012). Asam sitrat merupakan asam organik lemah yang terdapat pada daun tumbuhan. Asam sitrat mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan sebagai pengawet dan penghilang kesadahan dalam air. Keasaman asam sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil $-COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan. Jika dipanaskan di atas suhu $175^\circ C$ akan terurai (terdekomposisi) dengan melepaskan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O).

Asam sitrat mempunyai sifat fisik maupun sifat kimia, berikut sifat-sifat yang dimiliki oleh asam sitrat, yaitu sebagai berikut :

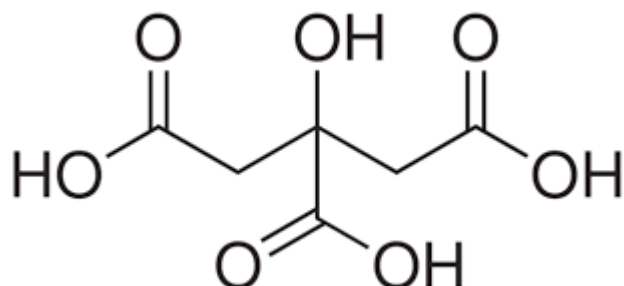
A. Sifat Fisik

1. Berat molekul : 192 gr/mol
2. Spesifik gravity : 1,54 ($20^\circ C$)
3. Titik lebur : $153^\circ C$
4. Titik didih : $175^\circ C$
5. Kelarutan dalam air : 207,7 gr/100 ml ($25^\circ C$)
6. Pada titik didihnya asam sitrat terurai (terdekomposisi).
7. Berbentuk kristal berwarna putih, tidak berbau, dan memiliki rasa asam.

B. Sifat Kimia

1. Kontak langsung (paparan) terhadap asam sitrat kering atau larutan dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata.
2. Mampu mengikat ion-ion logam sehingga dapat digunakan sebagai pengawet dan penghilang kesadahan dalam air.
3. Keasaman asam sitrat didapatkan dari tiga gugus karboksil $-COOH$ yang dapat melepas proton dalam larutan.
4. Asam sitrat dapat berupa kristal anhidrat yang bebas air atau berupa kristal monohidrat yang mengandung satu molekul air untuk setiap molekulnya.
5. Bentuk anhidrat asam sitrat mengkristal dalam air panas, sedangkan bentuk monohidrat didapatkan dari kristalisasi asam sitrat dalam air dingin.

Bentuk monohidrat asam sitrat dapat diubah menjadi bentuk anhidrat dengan pemanasan pada suhu 70-75°C. Struktur gugus fungsi asam sitrat dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Struktur gugus fungsi asam sitrat

Sumber : Wikipedia

2.8 Logam Berat Tembaga (Cu)

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam yaitu: 1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan). 2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkomsumsi organisme tersebut. 3. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Di samping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu. Tembaga bersifat racun terhadap semua tumbuhan pada konsentrasi larutan di atas 0,1 ppm. Konsentrasi yang aman bagi air minum manusia tidak lebih dari 1 ppm. Bersifat racun bagi domba pada konsentrasi di atas 20 ppm. Konsentrasi normal komponen ini di tanah berkisar 20 ppm dengan tingkat mobilitas sangat lambat karena ikatan yang sangat kuat dengan material organik dan mineral tanah liat. Kehadiran tembaga pada limbah industri biasanya dalam bentuk ion bivalen Cu(II) sebagai *hydrolytic product*. Beberapa industri seperti pewarnaan, kertas, minyak, industri pelapisan melepaskan sejumlah tembaga yang tidak diharapkan. Pada konsentrasi

2,3- 2,5 mg/l dapat mematikan ikan dan akan menimbulkan efek keracunan, yaitu kerusakan pada selaput lendir (Saeni, 1997). Tembaga dalam tubuh berfungsi sebagai sintesa hemoglobin dan tidak mudah dieksresikan dalam urine karena sebagian terikat dengan protein, sebagian dieksresikan melalui empedu ke dalam usus dan dibuang ke feses, sebagian lagi menumpuk dalam hati dan ginjal, sehingga menyebabkan penyakit anemia dan tuberculosis.

2.8.1 Senyawaan Tembaga

Tembaga di alam memiliki tingkat oksidasi +1 dan +2. Tembaga dengan bilangan oksidasi +2 merupakan tembaga yang sering ditemukan sedangkan tembaga dengan bilangan oksidasi +1 jarang ditemukan, karena senyawaan tembaga ini hanya stabil jika dalam bentuk senyawa kompleks. Selain dua keadaan oksidasi tersebut dikenal pula tembaga dengan bilangan oksidasi +3 tetapi jarang digunakan, misalnya K_3CuF_6 .

2.8.2 Sifat-sifat Tembaga

a. Sifat Fisika

1. Tembaga merupakan logam yang berwarna kuning seperti emas kuning dan keras bila tidak murni
2. Mudah ditempa (liat) dan bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi pipa, lembaran tipis dan kawat.
3. Konduktor panas dan listrik yang baik, kedua setelah perak.
4. Titik leleh : $1.083^{\circ}C$, titik didih : $2.301^{\circ}C$
5. Berat jenis tembaga sekitar $8,92 \text{ gr/cm}^3$

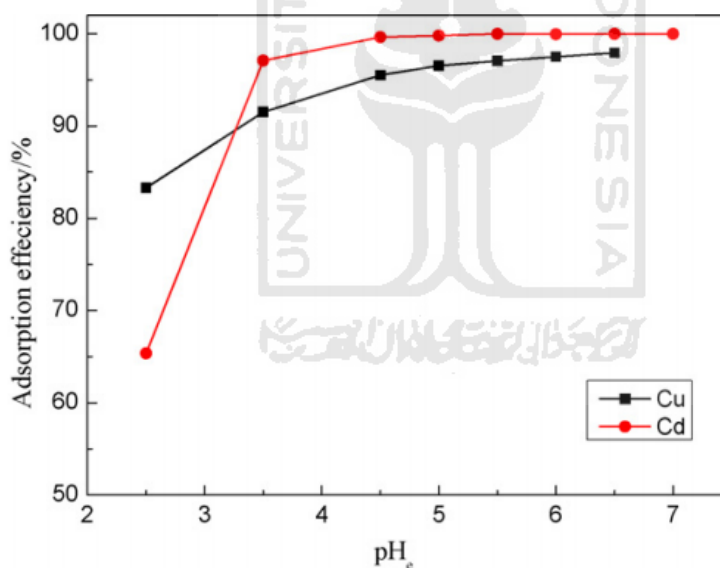
b. Sifat Kimia

1. Tembaga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi. Pada udara yang lembab permukaan tembaga ditutupi oleh suatu lapisan yang berwarna hijau yang menarik dari tembaga karbonat basa, $Cu(OH)_2CO_3$.
2. Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar $300^{\circ}C$ tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi, sekitar $1000^{\circ}C$, akan terbentuk tembaga (I) oksida (Cu_2O) yang berwarna merah.

3. Tembaga tidak diserang oleh air atau uap air dan asam-asam nooksidator encer seperti HCl encer dan H₂SO₄ encer. Tetapi asam klorida pekat dan mendidih menyerang logam tembaga dan membebaskan gas hidrogen. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya ion kompleks CuCl₂ yang mendorong reaksi kesetimbangan bergeser ke arah produk.

2.8.3 Equilibrium pH Tembaga

Kemampuan penyerapan suatu adsorben dapat dipengaruhi oleh pH larutan. Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben (Nurhasni, 2002). pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi dan spesi apa saja yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben (Riapanitra, 2006 dalam Nurhasni 2002). Dalam logam tembaga, analisis penyerapan kuantitatif dari logam Cu diperoleh pada pH 5-7, hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Grafik Equilibrium pH Cu

Sumber : *Journal Colloids and Surfaces*, Liang,S, 2009

Gambar tersebut menunjukkan semakin rendah pH yang digunakan maka semakin rendah pula efisiensi penyerapannya dan semakin tinggi pH semakin tinggi pula efisiensi penyerapan logam Cu.

2.9 *Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy (FTIR)*

Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy atau yang dikenal dengan *FTIR* merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral. *FTIR* mampu menganalisa suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, dan bentuk yang lainnya dari suatu material. Spektroskopi *FTIR* tidak hanya mempunyai kemampuan untuk analisa kualitatif, namun juga bisa untuk analisa kuantitatif. Dasar lahirnya spektroskopi *FTIR* adalah dengan mengasumsikan semua molekul menyerap sinar infra merah, kecuali molekul-molekul monoatom (He, Ne, Ar, dll) dan molekul-molekul homopolar diatomik (H₂, N₂, O₂, dll). Molekul akan menyerap sinar infra merah pada frekuensi tertentu yang mempengaruhi momen dipolar atau ikatan dari suatu molekul. Supaya terjadi penyerapan radiasi inframerah, maka ada beberapa hal yang perlu dipenuhi, yaitu :

1. Absorpsi terhadap radiasi inframerah dapat menyebabkan eksitasi molekul ke tingkat energi vibrasi yang lebih tinggi dan besarnya absorpsi adalah terkuantitasi.
2. Vibrasi yang normal mempunyai frekuensi sama dengan frekuensi radiasi elektromagnetik yang diserap.
3. Proses absorpsi (spektra IR) hanya dapat terjadi apabila terdapat perubahan baik nilai maupun arah dari momen dua kutub ikatan.

Spektroskopi infra merah dilakukan pada daerah infra merah yaitu dari panjang gelombang 0,78 sampai 1000 urn atau pada kisaran frekuensi 12800-10 cm. Teknik spektroskopi infra merah terutama untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa, juga untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan (Fernandez, 2011).

2.10 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

SEM (Scanning Electron Microscope) adalah salah satu jenis *mikroskop electron* yang menggunakan berkas *electron* untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari *SEM* ini adalah dengan

menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas *electron* yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas *electron* akan memantulkan kembali berkas *electron* atau dinamakan berkas *electron* sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas *electron* yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam *SEM* akan mendeteksi berkas *electron* berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas *electron* yang berintensitas tertinggi itu.

2.11 Penelitian Sebelumnya

Berikut ini adalah referensi beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Peneliti lain yang mendukung atau berhubungan dengan penelitian ini.

Tabel 2.2 Penelitian Sebelumnya

No.	Peneliti	Judul	Biosorben	Logam	Aktivator	Hasil Penelitian
1.	Hossain, dkk., 2012	Biosorpsi of Cu (II) From Water By Banana Peel Based: Experiments and Model of Adsorption and Desorpsi	Kulit Pisang	Cu (II)	Tidak Ada	Kulit pisang kapok dapat digunakan sebagai biosorben logam Cu, dan dapat digunakan selama 7 kali tanpa mengurangi efektifitasnya
2.	Ina, Anita Tamu (2014)	Pemanfaatan Pektin Kulit Buah Jeruk Siam (Citrus nobilis var. microcarpa) Sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu)	Kulit Jeruk Siam	Cu (II)	Tidak Ada	Hasil yang dilakukan kadar metoksil pektin diperoleh sebesar 0,3% dan mampu menyerap tembaga sebanyak 26,61%. Berat pektin 0,5 gr dan lama waktu penyerapan 1 jam adalah yang paling efektif dalam penyerapan logam tembaga

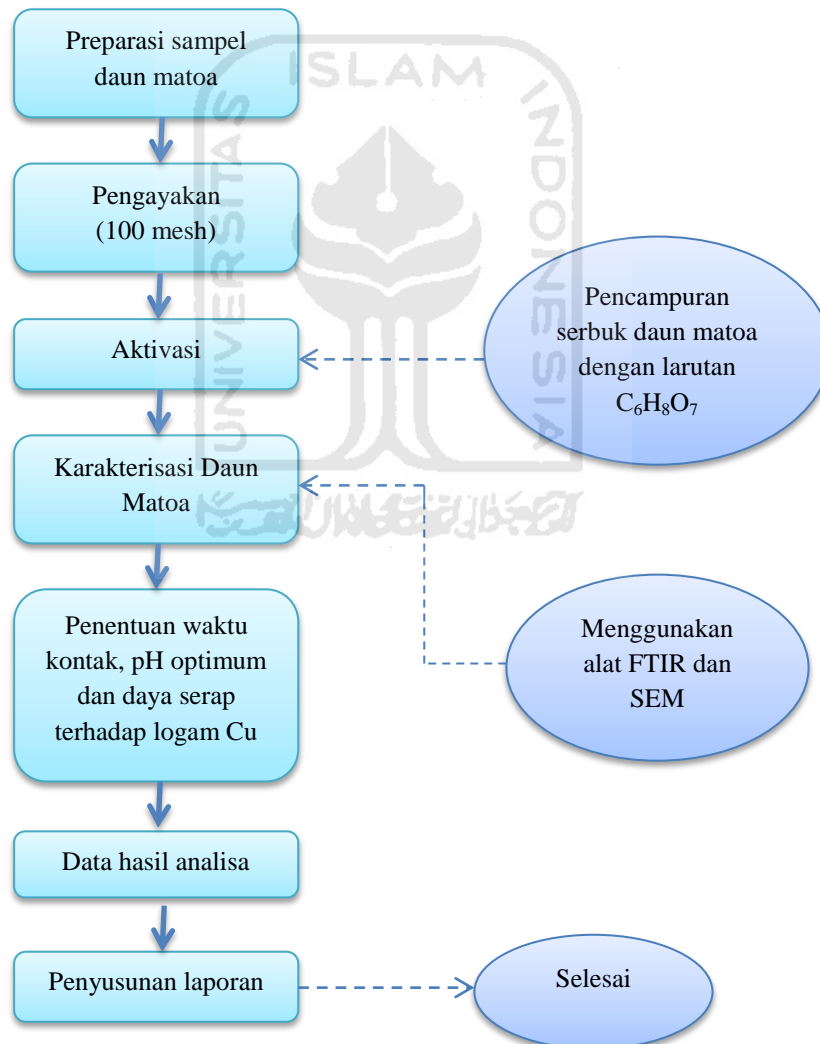
3.	Kristinah Haryani, dkk (2007)	Pembuatan Khitosan Dari Kulit Udang Untuk Mengadsorpsi Logam Krom (Cr6+) dan Logam Tembaga (Cu)	Kulit Udang	Cu, Cr6+	NaOH	Hasil penelitian menunjukkan derajat deasetilasi khitosan optimum sebesar 91,88% diperoleh pada konsentrasi NaOH 50%, waktu optimum untuk proses adsorpsi limbah Cr adalah 30 menit dengan kadar krom sebesar 13,96 ppm sedangkan untuk adsorpsi Cu optimum pada pH 3 dengan kadar 0,24 ppm dan efisien untuk waktu 30 menit
----	-------------------------------	---	-------------	----------	------	--



BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk mengetahui seberapa besar penurunan ion logam tembaga (Cu) menggunakan adsorben daun matoa dan pengaruh penurunan ion logam tembaga (Cu) dalam aktivasi kimia $C_6H_8O_7$ yang ditentukan dengan diagram alir keseluruhan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Data Primer, 2016

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian sebatas pengujian Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan larutan sampel tembaga (Cu) diukur dengan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

3.3 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah daun matoa yang diaktivasi menggunakan larutan $C_6H_8O_7$. Adapun objek penelitian adalah efisiensi penurunan ion logam Cu oleh serbuk daun matoa yang telah diaktivasi dengan larutan asam sitrat ($C_6H_8O_7$).

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini meliputi variabel tetap dan variabel bebas, yaitu:

1. Variabel tetap, meliputi :
 - a. Konsentrasi logam tembaga (Cu) adalah 50 ppm
2. Variabel bebas, meliputi :
 - a. Dosis adsorben sebesar 50, 100, 200, 300, dan 400 mg
 - b. Waktu kontak 15, 30, 60, 90, dan 120 menit.
 - c. pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8
 - d. Efisiensi 50, 75, 100, 150, 200, dan 250 ppm

3.5 Alat dan Bahan

3.5.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), beaker gelas, pipet ukur, pipet tetes, corong gelas, erlenmeyer, oven, kertas saring, neraca analitik, magnetic stirer, kertas lakmus, stopwatch, ayakan 100 mesh, sendok, blender, tabung reaksi, *FTIR*, dan *SEM*

3.5.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu daun matoa, larutan induk Cu, larutan sitrat ($C_6H_8O_7$), larutan NHO_3 , larutan NaOH.

3.6 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

Metode penelitian ini dilakukan 2 tahap, yaitu dengan metode pengumpulan data dan pengolahan data. Metode pengumpulan data diperoleh dari pengujian di laboratorium terhadap massa optimum, pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi larutan terhadap ion logam Cu. Pengujian kadar ion logam Cu menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sedangkan pengolahan data dilakukan dengan penentuan Isotherm Langmuir dan Freundlich.

3.7 Prosedur Penelitian

3.7.1 Persiapan Adsorben Daun Matoa

Proses pembuatan adsorben dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu:

a. Tahap preparasi serbuk daun matoa

Daun matoa dicuci pada air yang mengalir sampai bebas dari debu dan kotoran. Setelah itu daun matoa dijemur dibawah sinar matahari sampai berubah warna menjadi coklat (Gambar 3.2). Daun matoa yang sudah berubah warna menjadi coklat (Gambar 3.3) dikeringkan pada oven dengan suhu 80°C selama 4 jam sampai berubah menjadi kering, hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air dalam daun sehingga dapat mempermudah proses penghalusan. Setelah itu daun matoa diblender (Gambar 3.4.a) hal ini bertujuan agar adsorben memiliki luas permukaan yang lebih besar. Dalam proses adsorpsi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyerapan logam adalah besarnya nilai luas permukaan karena ion logam akan menempel pada permukaan adsorben, sehingga daya serap adsorben lebih banyak. Kemudian adsorben diayak menggunakan saringan 100 mesh (Gambar 3.4.b) hal ini bertujuan untuk mendapatkan permukaan adsorben dengan ukuran yang seragam atau *homogen*. Setelah selesai di saring, maka siap untuk disimpan dan dipakai pada tahap selanjutnya.



Gambar 3.2 Daun matoa dijemur dibawah sinar matahari

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 3.3 Daun matoa setelah dijemur

Sumber ; Data Primer, 2016



Gambar 3.4. a. Daun matoa di blender



b. Daun matoa diayak menggunakan saringan 100 mesh

Sumber : Data Primer, 2016

b. Tahap aktivasi

Serbuk daun matoa yang sudah diayak sebagian akan diaktivasi dengan larutan asam sitrat 0,1 M, hal ini dilakukan untuk menghilangkan yang menutup pori-pori adsorben sehingga luas permukaan pada adsorben bertambah. Pencucian dilakukan dengan memasukkan 250 gram serbuk daun matoa kedalam 1 liter larutan asam sitrat 0,1 M, kemudian larutan tersebut dikocok selama ± 5 menit lalu didiamkan selama 24 jam (Gambar 3.5) serta dilanjutkan penyaringan untuk mendapatkan serbuk daun matoa. Setelah itu serbuk daun matoa dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 105°C . Serbuk daun matoa kemudian diangkat dari oven dan

didinginkan. Kemudian serbuk daun matoa dicuci dengan aquades hingga mempunyai pH yang netral dan kembali dioven pada suhu 50° C selama 4 jam.



Gambar 3.5 Tahap aktivasi pada adsorben serbuk daun matoa dengan larutan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,1M

Sumber : Data Primer, 2016

3.7.2 Penentuan Dosis Optimum

Penentuan dosis optimum diawali dengan menimbang serbuk daun matoa (Gambar 3.6) yang teraktivasi dan tanpa aktivasi dengan variasi massa 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, dan 400 mg. Kemudian dimasukkan ke dalam 5 tabung erlenmeyer 50 ml yang telah berisi larutan Cu 50 ml dengan konsentrasi 50 ppm (Gambar 3.7). Setelah itu larutan dikocok dengan magnetic stirrer dengan kecepatan 75 rpm (Gambar 3.8) dengan waktu kontak 120 menit. Selanjutnya disaring menggunakan kertas saring (Gambar 3.9) dan didiamkan selama 15 menit. Setelah itu dilakukan pengambilan sampel dan diuji menggunakan SSA.

Dalam penelitian variasi massa adsorben, ada penambahan satu sampel yaitu kontrol dimana tidak adanya penambahan adsorben di dalam larutan, kondisi sampel yang menjadi kontrol harus memiliki perlakuan yang sama dengan larutan yang diuji seperti pH, volume larutan, konsentrasi larutan, dan waktu pengadukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah akan terjadi proses pengendapan logam yang akan terjadi akibat adanya proses kimiawi saat pengadukan, jika terjadi proses pengendapan yang sangat besar maka hal tersebut akan sangat mempengaruhi hasil yang akan diuji artinya proses adsorpsi yang semestinya dilakukan oleh adsorben pada kondisi tersebut jadi tidak bisa maksimal karena logam tidak terserap melainkan mengendap.



Gambar 3.6 Menimbang Serbuk Daun Matoa

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 3.7 Larutan Cu 50 ppm

Sumber : Data Primer



Gambar 3.8 Magnetic Stirrer

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 3.9 Larutan di saring

Sumber : Data Primer, 2016

3.7.3 Penentuan pH Optimum

Penentuan pH optimum dilakukan dengan menggunakan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. Percobaan diawali dengan menimbang serbuk daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi dengan dosis optimum, kemudian dimasukkan ke dalam 6 tabung erlenmeyer 50 ml yang masing-masing berisi larutan Cu sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 50 ppm. Untuk membuat larutan pH rendah maka tambahkan larutan HNO_3 0,1M sedangkan untuk membuat larutan pH tinggi tambahkan larutan NaOH 0,1M sebanyak 1 tetes pada masing-masing larutan. Kemudian dikocok menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 75 rpm selama waktu kontak optimum 120 menit. Setelah itu dilakukan pengambilan sampel dan diuji menggunakan SSA.

3.7.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan menggunakan variasi waktu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Percobaan diawali dengan menimbang serbuk daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi dengan dosis optimum dan pH optimum pada percobaan sebelumnya, kemudian dimasukkan ke dalam 5 tabung erlenmeyer 50 ml yang masing-masing berisi larutan Cu sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 50 ppm. Kemudian dikocok menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 75 rpm. Setelah itu dilakukan pengambilan sampel dan diuji menggunakan SSA.

3.7.5 Uji Efisiensi Kemampuan Adsorben

Setelah didapat dosis adsorben optimum, pH optimum, dan waktu kontak optimum maka dilanjutkan dengan menguji efisiensi kemampuan adsorben daun matoa dalam menyerap logam tembaga (Cu) di dalam air. Percobaan diawali dengan memasukkan serbuk daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi dengan dosis optimum ke dalam tabung erlenmeyer yang masing-masing berisi larutan Cu dengan variasi konsentrasi 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirer* sesuai waktu kontak yang telah ditentukan yaitu 120 menit, kemudian disaring dengan kertas saring dan filtratnya dianalisa dengan AAS nyala (SNI 6989 6-2009) Tentang Cara Uji Tembaga (Cu) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala. Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan isotherm Langmuir dan Freundlich.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

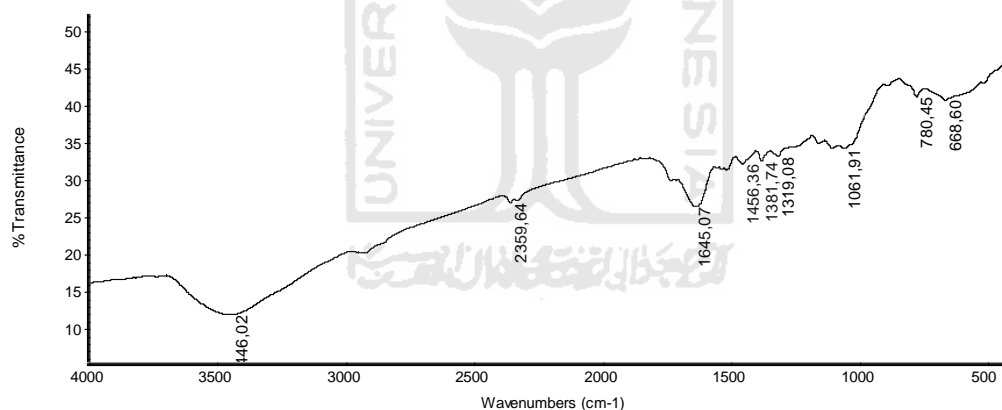
Penelitian ini dilakukan karena sampai saat ini daun matoa belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan adanya selulosa yang terkandung dalam daun matoa maka dapat digunakan sebagai adsorben untuk menyerap logam berat. Dalam penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan daun matoa sebagai adsorben dengan menggunakan aktivasi asam sitrat ($C_6H_8O_7$) untuk meningkatkan daya adsorpsi adsorben, yang kemudian di gunakan untuk menyerap ion logam tembaga (Cu). Dalam pengujian ini logam yang digunakan adalah logam tembaga (Cu) sintesis atau buatan, karena jika digunakan limbah langsung dari industri dikhawatirkan akan terdapat kandungan logam berat selain logam tembaga (Cu). Langkah pertama yang dilakukan adalah persiapan adsorben dari daun matoa yaitu dilakukan pencucian untuk membersihkan debu dan kotoran, setelah itu dijemur dan di oven sampai kering untuk menghilangkan kadar air dalam daun. Setelah itu daun diblender dan diayak dengan ukuran 100 mesh untuk mendapatkan permukaan adsorben yang lebih luas. Kemudian sebagian adsorben yang sudah dihaluskan akan dilakukan tahap aktivasi secara kimia menggunakan asam sitrat 0,1M untuk memperbesar porositas dan luas permukaan adsorben dan juga membersihkan pengotor yang menutup pori-pori adsorben. Sebagian lagi adsorben yang sudah dihaluskan hanya sampai tahap penghalusan, hal ini untuk mengetahui perbedaan daya serap adsorben sebelum aktivasi dan setelah aktivasi. Untuk mengetahui perubahan sifat fisik dan kimia pada adsorben sebelum aktivasi dan setelah aktivasi dilakukan uji karakterisasi dengan menggunakan *FTIR* dan *SEM*. Pengujian daya serap adsorben terhadap ion logam tembaga (Cu) dilakukan uji coba dengan variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi ion logam tembaga (Cu), kemudian di uji menggunakan alat AAS nyala (SNI 6989 6-2009) untuk mengetahui penyerapan ion logam tembaga (Cu).

4.2 Karakterisasi Adsorben Serbuk Daun Matoa

Karakterisasi adsorben serbuk daun matoa dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)* dan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* yang bertujuan untuk dapat mengetahui karakter dan sifat adsorben yang akan di teliti.

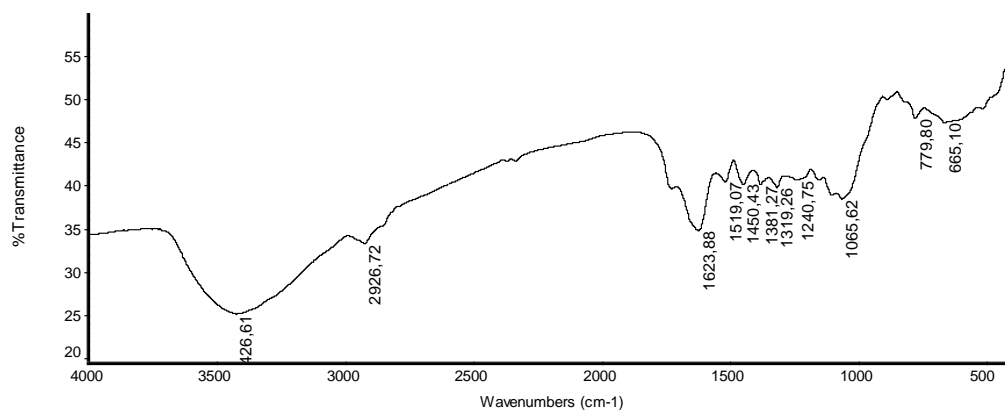
4.2.1 Analisis Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Analisis gugus fungsi pada adsorben daun matoa dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional senyawa yang terdapat dalam adsorben daiun matoa. Analisis ini dilakukan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared (FTIR)* yang akan dilakukan pada adsorben daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi. Hasil *FTIR* adsorben daun matoa teraktivasi dan tanpa aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut :



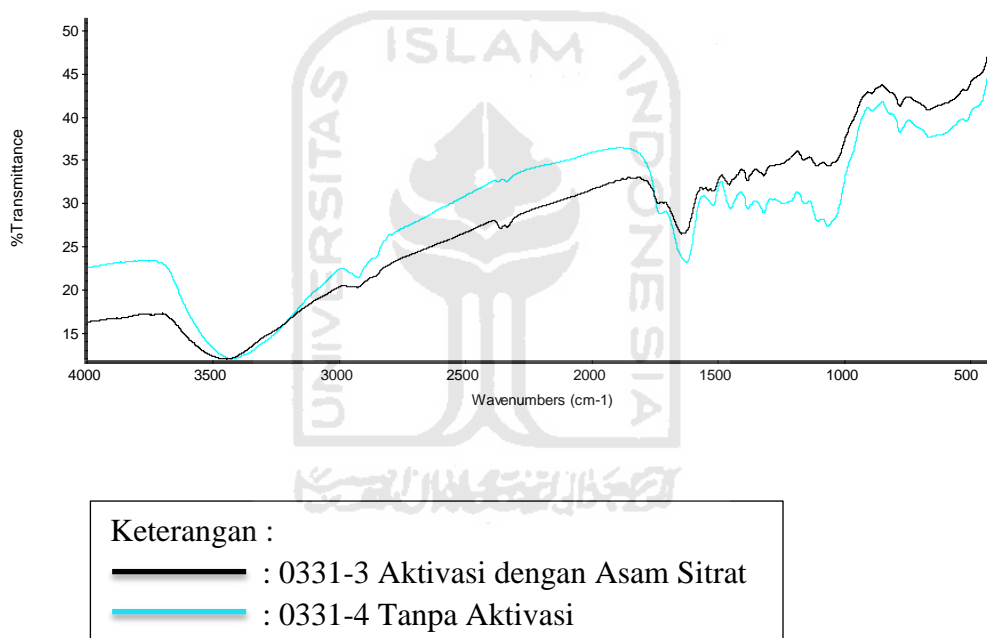
Gambar 4.1 Grafik Gugus Fungsi Daun Matoa Teraktivasi

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.2 Grafik Gugus Fungsi Daun Matoa Tanpa Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.3 Hasil *Overlay* Gugus Fungsi Adsorben Daun Matoa Teraktivasi dan Tanpa Aktivasi

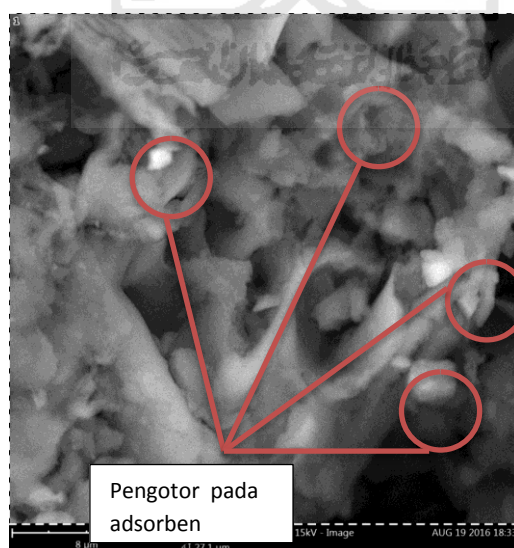
Sumber : Data Primer, 2016

Berdasarkan hasil *FTIR* yang dapat dilihat pada gambar diatas serbuk daun matoa sebelum diaktivasi menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang $3426,61\text{ cm}^{-1}$ yang dikategorikan dalam gugus -OH yang kuat, dan gugus keton C=O dan amina (-NH_2) pada bilangan gelombang $1623,88\text{ cm}^{-1}$, yang berfungsi sebagai pengikat logam serta CH_2 alifatik dengan intensitas tajam pada $1450,43$

cm^{-1} . Sedangkan setelah daun matoa diaktivasi dengan asam sitrat menunjukkan kenaikan pita serapan gugus $-\text{OH}$ menjadi $3446,02 \text{ cm}^{-1}$, keton dan amina $1645,07 \text{ cm}^{-1}$, dan CH_2 alifatik $1456,36 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, adanya perubahan dan pengurangan gugus NO_2 , SO_3H , dan gugus CH-O-H setelah diaktivasi. Dari hasil FTIR tersebut dapat disimpulkan bahwa serbuk daun matoa yang teraktivasi dengan asam sitrat dapat menghilangkan pengotor-pengotor yang menutupi pori-pori adsorben sehingga dapat membuka pori-pori dan meningkatkan kemampuan adsorben untuk menyerap ion logam dalam air.

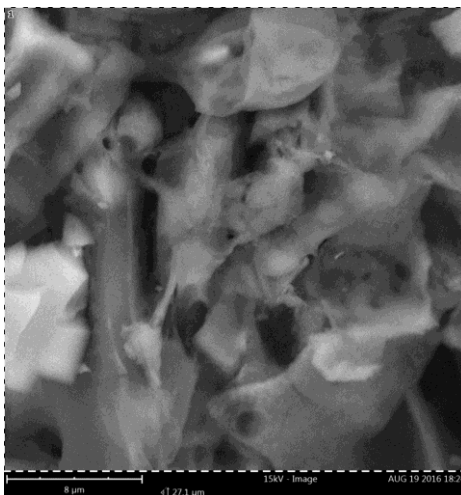
4.2.2 Analisis Morfologi dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Analisis morfologi pada adsorben daun matoa dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* yang bertujuan untuk mengetahui bentuk adsorben lebih detail dan mengetahui morfologi adsorben daun matoa apakah ada perubahan yang terjadi dari adsorben daun matoa tanpa aktivasi dan setelah aktivasi dengan asam sitrat 0,1 M. Dengan mengetahui bentuk permukaan adsorben maka akan dapat mengetahui seberapa besar luas permukaan yang terbentuk pada adsorben, jika semakin besar luas permukaan maka adsorben akan memiliki kemampuan penyerapan yang semakin baik karena besarnya jumlah ion logam yang dapat diikat dipermukaan adsorben. Hasil *SEM* adsorben daun matoa dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.4 Adsorben Daun Matoa Tanpa Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.5 Adsorben Daun Matoa Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2016

Pada pengujian ini, perbesaran yang digunakan sebesar 10.000x. Pengujian dilakukan terhadap adsorben teraktivasi dan tanpa aktivasi yang akan digunakan dalam penelitian. Berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa daun matoa yang diaktivasi dengan asam sitrat terlihat adanya zat pengotor yang ada didalam adsorben hilang sehingga luas permukaan bertambah. Dapat diketahui pula kandungan kimia zat pendukung proses adsorpsi dalam pengujian *SEM-EDX* pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Hasil Uji *SEM-EDX* Serbuk Daun Matoa

Adsorben	Nomor Atom	Simbol	Nama Unsur	Konsentrasi (%)
Daun Matoa Tanpa Aktivasi	8	O	Oxygen	71,9
	6	C	Carbon	17,1
	14	Si	Silicon	4,9
	20	Ca	Calcium	3,7
	19	K	Potassium	2,1
	51	Sb	Antimony	0,4
Daun Matoa Teraktivasi	8	O	Oxygen	68,3
	6	C	Carbon	25
	14	Si	Silicon	4,1
	20	Ca	Calcium	2,5
	52	Te	Tellurium	0

Sumber : Data Primer, 2016

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kadar oksigen setelah aktivasi mengalami penurunan sebesar 3,6% hal ini dikarenakan adanya pemanasan sehingga oksigennya menguap. Sedangkan kadar karbon setelah aktivasi mengalami kenaikan menjadi 25% hal ini dikarenakan adanya penambahan asam sitrat.

4.3 Pengujian Daya Serap Adsorben

Pengujian daya serap adsorben daun matoa sebelum aktivasi dan setelah aktivasi menggunakan larutan induk tembaga (Cu) sintesis pada konsentrasi 1000 mg/l. Selanjutnya diencerkan sesuai dengan besarnya konsentrasi yang diperlukan pada setiap variasi. Variasi yang akan di uji yaitu variasi massa optimum, pH optimum, waktu kontak, dan konsentrasi larutan tembaga (Cu), kemudian di uji menggunakan alat AAS nyala sesuai dengan (SNI 6989 6-2009) tentang pengujian logam Cu secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

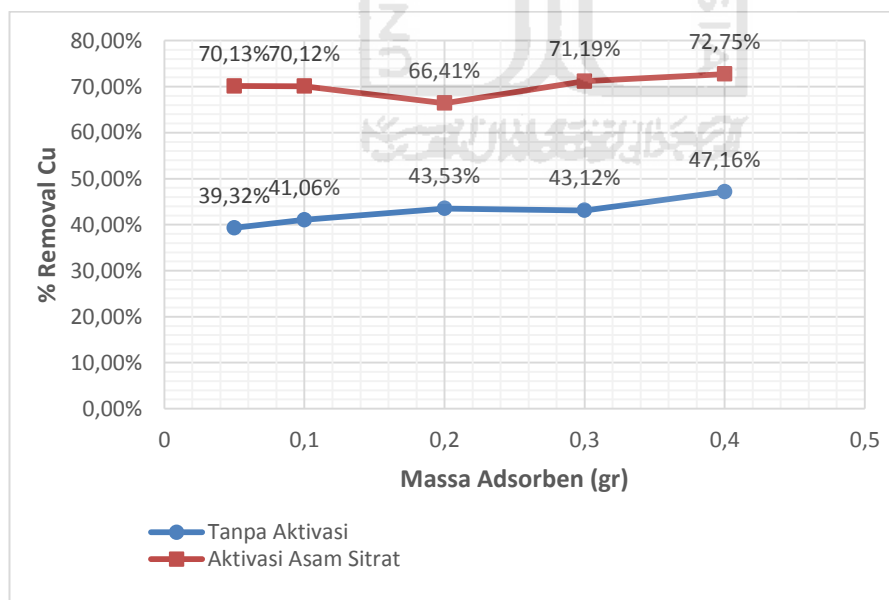
4.3.1 Variasi Massa Optimum

Dalam uji coba ini dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah penyerapan logam tembaga (Cu) yang dapat dilakukan adsorben serbuk daun matoa tanpa aktivasi dan teraktivasi dengan asam sitrat 0,1M. Massa yang di masukkan ke dalam erlenmeyer masing-masing berisi 50 ml larutan Cu dengan konsentrasi 50 mg/l dengan variasi massa 50, 100, 200, 300, dan 400 mg. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 120 menit, hal ini dilakukan karena anggapan bahwa 120 menit dapat menyerap ion Cu sehingga tidak ada lagi penyerapan yang terjadi setelahnya. Setiap 30 menit pengadukan dilakukan pengaturan pH agar pH larutan tetap stabil dalam kondisi Equilibrium yaitu pH 6. Untuk menaikkan pH tambahkan larutan NaOH 0,1M sedangkan untuk menurunkan pH tambahkan larutan HNO₃ 0,1M. Setelah itu disaring untuk memisahkan adsorbat dengan adsorben daun matoa, sampel di uji menggunakan AAS untuk mengetahui sisa logam tembaga (Cu) yang ada pada larutan. Hasil pengujian massa optimum dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.6 berikut :

Tabel 4.2 Data Uji Variasi Massa Optimum

Tanpa Aktivasi						
No	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	60,65	36,80	39,32%	6,02	6,58
2	0,1	60,65	35,75	41,06%	6,09	6,59
3	0,2	60,65	34,25	43,53%	6,20	7,06
4	0,3	60,65	34,50	43,12%	6,20	7,09
5	0,4	60,65	32,05	47,16%	6,08	6,80
Inlet		60,65				
Aktivasi Asam Sitrat						
1	0,05	60,65	18,115	70,13%	6,01	6,03
2	0,1	60,65	18,125	70,12%	6,03	6,04
3	0,2	60,65	20,375	66,41%	6,02	6,02
4	0,3	60,65	17,475	71,19%	6,01	6,00
5	0,4	60,65	16,525	72,75%	6,00	6,01
Kontrol		60,65	45,350	25,23%	6,05	6,02
Inlet		60,65				

Sumber : Data Primer, 2016

**Gambar 4.6** Grafik Hasil Uji Variasi Massa Optimum

Sumber : Data Primer, 2016

Berdasarkan dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.6 di atas dapat disimpulkan bahwa hasil penyerapan logam tembaga (Cu) pada adsorben serbuk daun matoa yang teraktivasi lebih tinggi persentasinya dibandingkan dengan adsorben daun matoa tanpa aktivasi, dapat dilihat pada adsorben yang teraktivasi memiliki persentasi 70,13% pada massa 0,05 gr sedangkan adsorben tanpa aktivasi hanya memiliki persentasi 39,32% pada massa 0,05 gr, hal ini terjadi karena setelah proses aktivasi dengan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,1M dapat menghilangkan pengotor dari permukaan adsorben, sehingga membuka pori dan memperluas permukaan adsorben dan juga kemampuan menyerap logam tembaga (Cu) lebih besar. Dari data tersebut juga menunjukkan hasil uji kontrol pada logam Cu tereduksi sebanyak 25,23% saja, hal ini tidak berpengaruh terhadap penyerapan adsorben, karena proses pengendapan yang terjadi secara kimiawi pada kondisi equilibrium nilainya kecil. Untuk pengujian selanjutnya massa adsorben yang digunakan 0,05 gr karena sudah bisa menyerap logam tembaga (Cu) yang terlarut di dalam air sebesar 70,13% dan akan lebih ekonomis dalam penggunaan adsorben serbuk daun matoa.

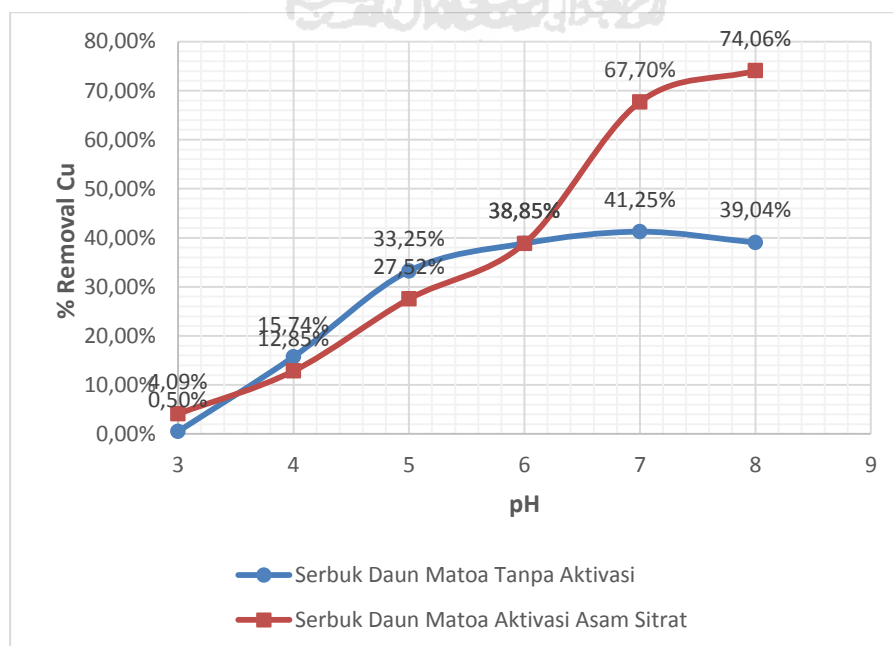
4.3.2 Variasi pH Optimum

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pada pH berapa penyerapan logam tembaga (Cu) untuk dapat diterapkan pada proses pengolahan air. Penentuan pH optimum dilakukan dengan menggunakan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Massa adsorben yang digunakan 50 mg serbuk daun matoa, kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 120 menit dengan kecepatan pengadukan 75 rpm. Setelah selesai pengadukan lalu disaring untuk memisahkan larutan dan adsorben, kemudian sampel di uji menggunakan AAS untuk mengetahui sisa logam tembaga (Cu) yang ada pada larutan. Hasil pengujian pH optimum dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.7 berikut :

Tabel 4.3 Data Uji Variasi pH Optimum

Serbuk Daun Matoa Tanpa Aktivasi							
No	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,05	3	3,07	2,93	39,7	39,50	0,50%
2	0,05	4	4,03	4,06	39,7	33,45	15,74%
3	0,05	5	5,05	5,08	39,7	26,50	33,25%
4	0,05	6	6,07	6,00	39,7	24,28	38,85%
5	0,05	7	7,00	7,03	39,7	23,33	41,25%
6	0,05	8	8,00	8,02	39,7	24,20	39,04%
Inlet							39,7
Serbuk Daun Matoa Aktivasi Asam Sitrat							
1	0,05	3	3,08	3,01	39,7	38,08	4,09%
2	0,05	4	4,02	4,02	39,7	34,60	12,85%
3	0,05	5	5,02	5,00	39,7	28,78	27,52%
4	0,05	6	6,01	5,9	39,7	24,28	38,85%
5	0,05	7	7,00	7,01	39,7	12,83	67,70%
6	0,05	8	7,95	7,99	39,7	10,30	74,06%
Kontrol			7,99	7,98	39,7	38,65	2,64%
Inlet							39,7

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji Variasi pH Optimum

Sumber : Data Primer, 2016

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben daun matoa yang teraktivasi asam sitrat 0,1M lebih tinggi penyerapannya dibandingkan dengan adsorben tanpa aktivasi dan hasil uji coba ini juga menunjukkan bahwa semakin meningkat pH larutan semakin tinggi penyerapan logam tembaga (Cu). Pada pH rendah penyerapan terhadap semua ion logam rendah. Hal ini dikarenakan pada pH rendah permukaan adsorben dikelilingi oleh ion H^+ (karena gugus fungsi yang terdapat pada adsorbent terprotonasi). Dalam kondisi asam permukaan adsorben juga bermuatan positif, yang akan menyebabkan terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, sehingga adsorpsinya pun menjadi rendah (Sembiring, 2009 dalam Nurhasni 2014). Sedangkan pada pH basa, ion-ion logam dapat membentuk endapan hidroksida sehingga efisiensi penyerapannya sukar untuk ditentukan (Refilda, dkk 2001; Utomo dkk 2006 dalam Nurhasni 2014).

Dapat dilihat dari hasil uji variasi pH pada adsorben tanpa aktivasi terjadi penurunan pada pH 8 sedangkan pada adsorben teraktivasi mengalami kenaikan persen removal. Maka dapat disimpulkan pH optimum pada percobaan ini adalah pH 7 karena pada pH basa ion logam mengalami pengendapan sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

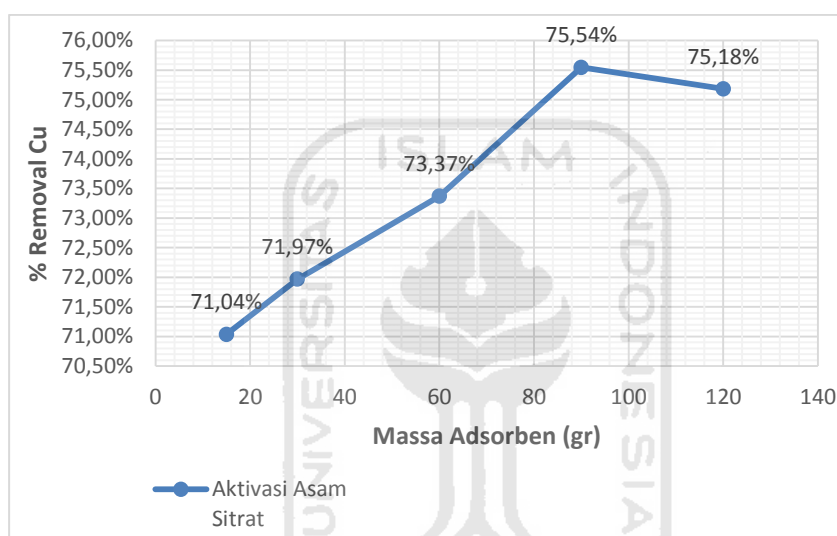
4.3.3 Variasi Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi penyisihan logam. Pengujian ini bertujuan agar mendapatkan efisiensi penyisihan logam tembaga yang optimum. Variasi waktu pengadukan yaitu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Pada pengujian ini, data adsorben daun matoa tanpa aktivasi tidak diujikan karena data teraktivasi asam sitrat 0,1M lebih baik. Massa adsorben yang digunakan 50 mg serbuk daun matoa, pH yang digunakan adalah pH 7, dan larutan Cu dengan konsentrasi 50 mg/l. Setelah pengadukan selesai larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan adsorbent dengan adsorben daun matoa, kemudian sampel di uji menggunakan AAS untuk mengetahui sisa logam tembaga (Cu) yang ada pada larutan. Hasil pengujian waktu kontak optimum dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.8 berikut :

Tabel 4.4 Data Uji Variasi Waktu Kontak Optimum

Daun Matoa Tanpa Aktivasi								
No	Massa (gr)	Waktu (Menit)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	15	48,25	13,98	71,04%	7	7,02	7,36
2	0,05	30	48,25	13,53	71,97%	7	6,99	7,01
3	0,05	60	48,25	12,85	73,37%	7	7,00	7,09
4	0,05	90	48,25	11,80	75,54%	7	7,04	7,40
5	0,05	120	48,25	11,98	75,18%	7	7,01	7,36
Inlet			48,25					

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum

Sumber : Data Primer, 2016

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi penyisihan logam tembaga (Cu) pada awal waktu kontak. Setelah itu efisiensi penyisihan logam tembaga (Cu) terus meningkat hingga mencapai waktu kontak 90 menit, namun pada waktu kontak 120 menit terjadi penurunan efisiensi penyisihan logam tembaga (Cu), hal ini menunjukkan bahwa pada waktu kontak 90 menit interaksi antara adsorben dan adsorbat sudah mencapai kesetimbangan, dimana ion Cu yang teradsorpsi oleh adsorben mencapai kondisi yang optimum dan adsorben sudah mencapai keadaan jenuh untuk berinteraksi dengan logam tembaga (Cu).

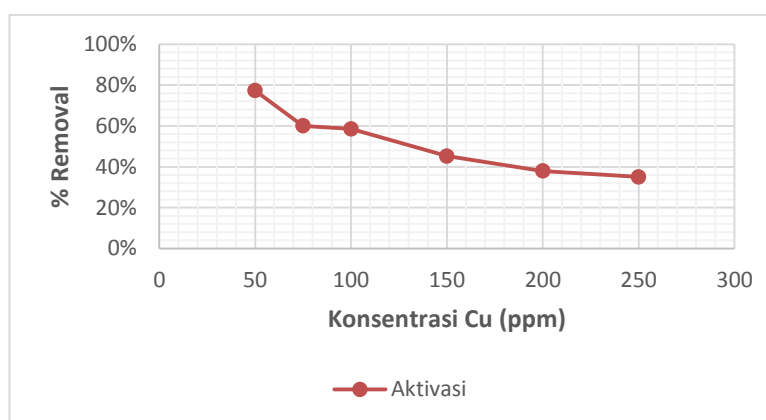
4.3.4 Variasi Konsentrasi Logam Cu

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui reaksi adsorpsi serbuk daun matoa pada logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi yang berbeda dan semakin tinggi, sehingga dapat diketahui kemampuan maksimal penyerapan logam Cu pada adsorben serbuk daun matoa. Variasi konsentrasi logam Cu yang digunakan yaitu 50, 75, 100, 150, 200, dan 250 ppm dengan menggunakan serbuk daun matoa yang teraktivasi. Dalam pengujian ini menggunakan data sebelumnya yaitu massa adsorben 0,05 gr, pH 7, waktu kontak 120 menit, dan kecepatan pengadukan 75 rpm dengan volume larutan 50 ml. Setelah selesai pengadukan lalu disaring untuk memisahkan adsorbat dengan adsorben, kemudian sampel diuji menggunakan alat AAS untuk mengetahui sisa logam Cu yang ada pada larutan. Hasil pengujian variasi konsentrasi larutan tembaga (Cu) dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.9 berikut :

Tabel 4.5 Data Uji Konsentrasi Larutan Cu

Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi Asam Sitrat						
Konsentrasi Logam Cu Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorban (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
50	48,25	0,05	7,01	7,36	10,98	77%
75	76,50	0,05	7,04	7,01	30,60	60%
100	125,30	0,05	7,00	7,01	52,00	58%
150	195,40	0,05	7,04	7,00	106,98	45%
200	195,50	0,05	7,01	7,01	121,30	38%
250	301	0,05	7,02	7,02	195,50	35%

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.9 Grafik Hasil Uji Konsentrasi Larutan Cu

Sumber : Data Primer, 2016

Hasil dari percobaan ini dapat dilihat pada tabel dan grafik diatas yang menunjukkan bahwa semakin tinggi larutan Cu maka semakin kecil pula penyerapan ion Cu yang diserap oleh adsorben dengan massa adsorben yang sama yaitu 0,05 gr. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dari daun matoa yang teraktivasi tidak dapat menyerap logam dengan konsentrasi yang tinggi, maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan daya serap logam Cu yang optimal pada konsentrasi 50 ppm.

4.4 Isotherm Adsorpsi

Pada percobaan ini menggunakan adsorben serbuk daun matoa yang teraktivasi dengan asam sitrat, dilakukan pemodelan isotherm dengan model Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui kesetimbangan antara jumlah logam yang diadsorpsi oleh adsorben. Model langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site (Slamet dan Masduqi, 2000).

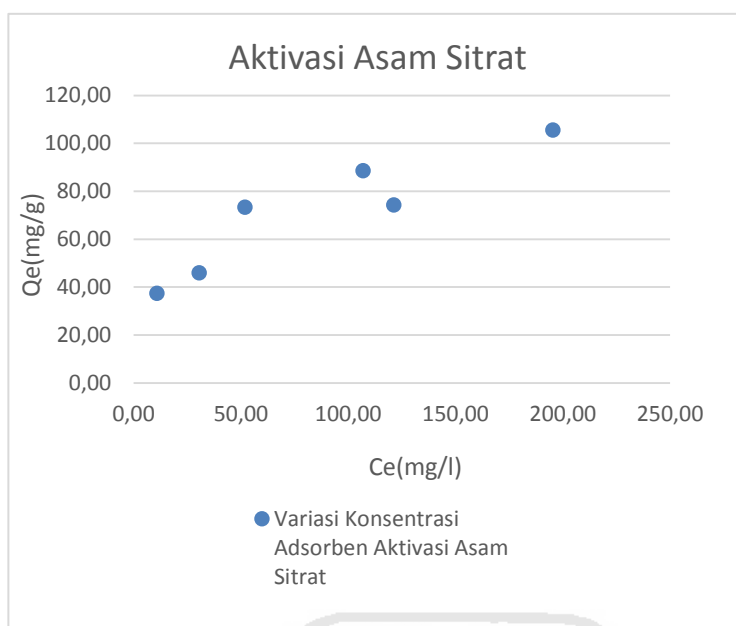
4.4.1 Isotherm Langmuir

Data dari pengujian konsentrasi larutan Cu diolah menggunakan rumus isotherm langmuir untuk mengetahui kemampuan maksimum penyerapan logam Cu oleh adsorben serbuk daun matoa dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6 Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Langmuir

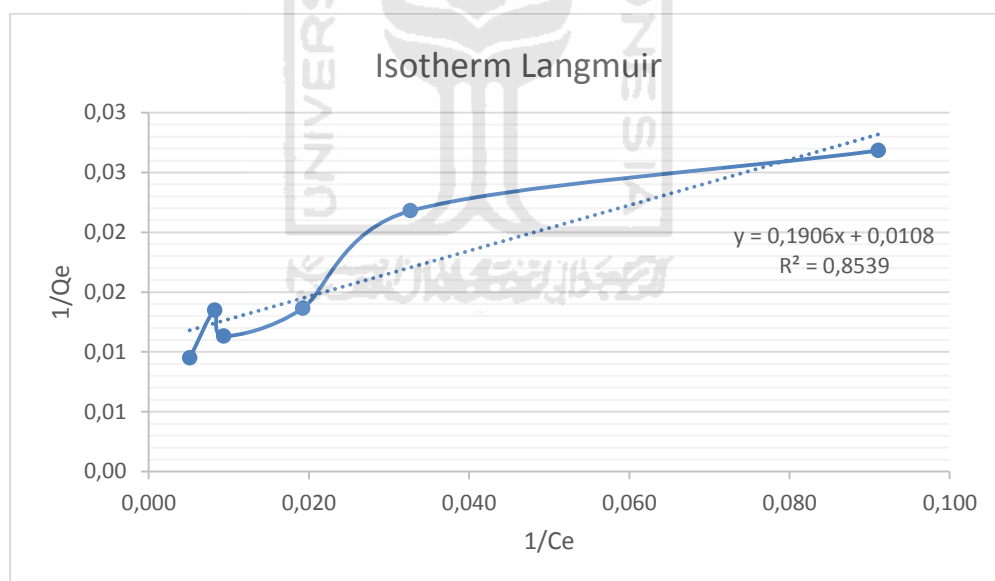
Variasi Konsentrasi Adsorben Aktivasi Asam Sitrat									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Langmuir		
							Qe	1/Qe	1/Ce
50	50	50	48,25	10,98	37,27	77,24	37,27	0,03	0,091
75	50	50	76,50	30,60	45,90	60,00	45,90	0,02	0,033
100	50	50	125,30	52,00	73,30	58,50	73,30	0,01	0,019
150	50	50	195,40	106,98	88,43	45,25	88,43	0,01	0,009
200	50	50	195,50	121,30	74,20	37,95	74,20	0,01	0,008
250	50	50	301,00	195,50	105,5	35,05	105,50	0,01	0,005

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.10 Pola Isotherm Langmuir

Sumber : Data Primer, 2016



Gambar 4.11 Persamaan Isotherm Langmuir

Sumber : Data Primer, 2016

Berdasarkan Gambar 4.11 persamaan isotherm Langmuir diperoleh nilai $y = 0,1906x + 0,0108$ sehingga konstanta langmuir diperoleh sebesar 0,0108 dengan slope $R^2 = 0,8539$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben

daun mataoa yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai Q_m yang terhitung sebesar:

$$\begin{aligned} Q_m &= 1/a \\ &= 1/0,0108 \\ &= 92 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

4.4.2 Isotherm Freundlich

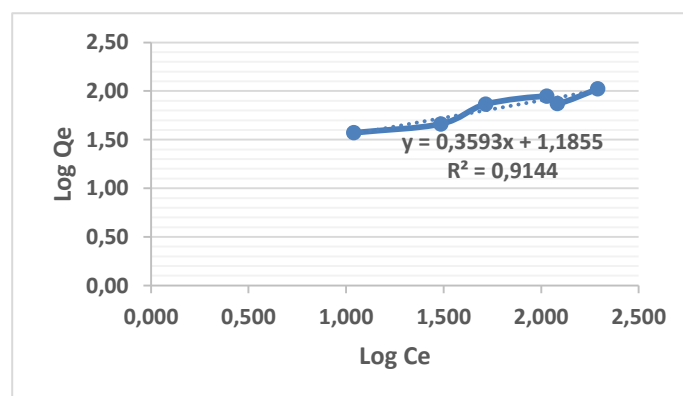
Isotherm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Perhitungan dari persamaan pemodelan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut :

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Adsorpsi oleh Adsorben Model Freundlich

Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi Asam Sitrat									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C_0)	Konsentrasi Akhir (C_e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich		
							Q_e	Log Q_e	Log C_e
50	50	50	48,25	10,98	37,27	77,24	37,27	1,57	1,041
75	50	50	76,50	30,60	45,90	60,00	45,90	1,66	1,486
100	50	50	125,30	52,00	73,30	58,50	73,30	1,87	1,716
150	50	50	195,40	106,98	88,43	45,25	88,43	1,95	2,029
200	50	50	195,50	121,30	74,20	37,95	74,20	1,87	2,084
250	50	50	301,00	195,50	105,5	35,05	105,5	2,02	2,291

Sumber : Data Primer, 2016

Dari data yang diperoleh, maka dapat diplot untuk membuat grafik persamaan isotherm Freundlich, kemudian akan didapat R^2 dari persamaan tersebut. Grafik persamaan isotherm Freundlich dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut :



Gambar 4.12 Persamaan Isotherm Freundlich

Sumber : Data Primer, 2016

Dari gambar 4.12 diperoleh nilai slope $R^2 = 0,9144$ dan nilai konstanta Freundlich didapat pada Tabel 4.8 berikut :

Tabel 4.8 Nilai Konstanta Freundlich

Keterangan	Nilai
1/N	0,36
N	2,78
ln Kf	1,19
Kf	3,27

Sumber : Data Primer, 2016

Nilai Kf pada persamaan Freundlich menunjukkan kapasitas dari adsorpsi ion logam Cu dari daun matoa, semakin besar nilai Kf maka semakin besar pula kapasitas adsorpsinya. Nilai Kf diperoleh sebesar 3,27.

Pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi R^2 mendekati 1. Dari Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 terlihat bahwa persamaan adsorpsi Langmuir dengan $R^2 = 0,85$ dan juga persamaan adsorpsi Freundlich dengan $R^2 = 0,9144$. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Freundlich lebih cocok dengan adsorpsi yang terjadi pada logam Cu oleh daun matoa.

Model persamaan Freundlich mengasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan sisi bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikat pada tiap-tiap sisi dimana proses adsorpsi di tiap-tiap sisi adsorpsi mengikuti isotherm Langmuir. Oleh karena itu penentuan daya adsorpsi maksimum daun matoa pada proses penyerapan logam Cu dihitung dengan menggunakan persamaan Langmuir karena dilakukan terhadap lapisan tunggal zat yang teradsorpsi dari ion logam Cu pada setiap permukaan adsorben dalam satuan mg ion logam Cu yang teradsorp/gram. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya adsorpsi maksimum adalah 92 mg/g.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian adsorpsi logam Cu menggunakan adsorben serbuk daun matoa, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setelah proses aktivasi dengan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,1M dapat menghilangkan pengotor dari permukaan adsorben, sehingga membuka pori-pori dan memperluas permukaan adsorben, dan juga kemampuan menyerap logam tembaga Cu lebih besar.
2. Kondisi optimum yang dicapai dengan metode batch pada variasi adsorben adalah 50 mg dengan pH 7, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi logam Cu 50 mg/l dalam volume larutan Cu 50 ml dan kecepatan pengadukan 75 rpm.
3. Persamaan isotherm yang cocok untuk proses adsorpsi ion logam tembaga (Cu) pada adsorben daun matoa adalah isotherm Freundlich. Kapasitas penyerapan adsorben daun matoa dalam menyisihkan ion logam tembaga (Cu) sebanyak 92 mg/g.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Teknis saat pengujian di laboratorium harus di perhatikan, pembuatan larutan limbah sintesis serta pengukuran dosis adsorben dilakukan dengan teliti karena dapat mempengaruhi hasil pengujian.
2. Perlu dilakukan metode aktivasi yang lain untuk mendapatkan aktivator yang baik dalam mengaktivasi daun matao, bisa dilakukan dengan proses aktivasi fisik untuk membuka pori-pori yang ada pada adsorben, setelah itu dilanjutkan dengan proses aktivasi kimia untuk menambah gugus fungsi yang ada pada daun matao.
3. Pengujian selanjutnya dapat di uji langsung dengan air limbah asli agar dapat diaplikasikan pada industri.



DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P, 2012. Isolasi, Seleksi Dan Fermentasi Produksi Asam sitrat Dari Kapang Penghasil Asam Sitrat.
- Apriliani, A., 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah. *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Dedi, S dan Gunawan, E., 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II), *Jurnal Makara Sains* Vol 14 No. 1, Jakarta
- Fernandez, R. Benny., 2011. Spektroskopi Infra Merah dan Sinar Tampak. Padang : Universitas Andalas.
- Handayani, M dan Sulistiyono, E., 2009. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. Gedung 470, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang, Banten 15310
- Haryani, K., Hargono., Budiyati, C, S., 2007. Pembuatan Khitosan Dari Kulit Udang Untuk Mengadsorpsi Logam Krom (Cr^{6+}) dan Tembaga (Cu) Reaktor, Vol. 11 No.2, Desember 2007, Hal : 86-90
- Hossain, M.A., H.H., Guo, W.S., Nguyen, T.V., 2012. Biosorption of Cu(II) From Water by Banana Peel Based Biosorbent: Experiments and Models of Adsorption and Desorption *Journal of Water Sustainability*.
- Ina, A, T., L. Indah M. Yulianti., dan F. Sinung Pranata., 2014. Pemanfaatan Pektin Kulit Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. microcarpa) Sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu). Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Liang, S. Guo, X. Feng, N and Tian, Q. 2009. Adsorption of Cu^{2+} and Cd^{2+} from Aqueous Solution by Mercapto-Acetic Acid Modified Orange Peel. School of Metallurgical Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China.

- Mu'jizah, S., 2010. Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa leifera Lamk*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Nurhasni, Hendrawati, dan S.Nubzah., 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Nurhasni, Hendrawati, dan S.Nubzah., 2002. Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr Dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. Program Studi FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Qaiser, S., Saleemi, A. R., and Ahmad, M. M., 2007. Heavy Metal Uptake by Agro Based Waste Materials. *Journal Of Biotechnology* Hal. 411
- Rahmayani., Fatimah. MZ., Siswarni., 2013. Pemanfaatan Limbah Batanag Jagung sebagai Adsorben Alternatif pada Pengurangan Kadar Klorin dalam olahan (Treated Water). *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol.2 No. 2. Hal. 2.
- Saeni, 1997. Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat dengan Analisis Rambut. Orasi Ilmiah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor
- Saputra, E, 2010. Analisis Cemar Logam Tembaga di Sungai Code Secara Spektroskopi Serapan Atom. Skripsi Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Sawyer, C, N., McCarty., Perry, L., and Parkin. Gene, F, 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. 4th edition. McGraw-Hill Inc. New York.
- Sherly, A., dan S. E. Cahyaningrum., 2014. Aktivasi Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) dengan H₂SO₄ dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Cr (VI). *UNESA Journal of Chemistry* vol.3 No1 : 2014
- Siswantini, C, A., Kuncoro, E, K., dan Soegianto, A., 2013. Penyisihan Timbal Menggunakan Adsorben Serbuk Daun Mangga (*Mangifera indica*). Program Studi S-1 Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

SNI 6989.6:2009. Cara Uji Tembaga (Cu) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala.

Sumiasri., Kuswara, T., Setyowati-Indarto, N, 2008. Pemanfaatan Matoa (*Pometia pinnata* Frost) di beberapa daerah di Irian Jaya.

Suryawan, B, 2004. Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air. Disertasi. Universitas Indonesia. Jakarta.

Wangsaatmaja, S., 2013. Implementasi Pengendalian Pencemaran Air di Jawa Barat. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Jawa Barat. Vol. 4

Yudo, S., 2005. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*. Vol. 2, No.1: 2006



DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P, 2012. Isolasi, Seleksi Dan Fermentasi Produksi Asam sitrat Dari Kapang Penghasil Asam Sitrat.
- Apriliani, A., 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah. *Skripsi*. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Dedi, S dan Gunawan, E., 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II), *Jurnal Makara Sains* Vol 14 No. 1, Jakarta
- Fernandez, R. Benny., 2011. Spektroskopi Infra Merah dan Sinar Tampak. Padang : Universitas Andalas.
- Handayani, M dan Sulistiyono, E., 2009. Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. Gedung 470, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang, Banten 15310
- Haryani, K., Hargono., Budiyati, C, S., 2007. Pembuatan Khitosan Dari Kulit Udang Untuk Mengadsorpsi Logam Krom (Cr^{6+}) dan Tembaga (Cu) Reaktor, Vol. 11 No.2, Desember 2007, Hal : 86-90
- Hossain, M.A., H.H., Guo, W.S., Nguyen, T.V., 2012. Biosorption of Cu(II) From Water by Banana Peel Based Biosorbent: Experiments and Models of Adsorption and Desorption *Journal of Water Sustainability*.
- Ina, A, T., L. Indah M. Yulianti., dan F. Sinung Pranata., 2014. Pemanfaatan Pektin Kulit Buah Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. microcarpa) Sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu). Fakultas Teknobiologi Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Liang, S. Guo, X. Feng, N and Tian, Q. 2009. Adsorption of Cu^{2+} and Cd^{2+} from Aqueous Solution by Mercapto-Acetic Acid Modified Orange Peel. School of Metallurgical Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083, China.

- Mu'jizah, S., 2010. Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa leifera Lamk*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Nurhasni, Hendrawati, dan S.Nubzah., 2014. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah. Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Nurhasni, Hendrawati, dan S.Nubzah., 2002. Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr Dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. Program Studi FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Qaiser, S., Saleemi, A. R., and Ahmad, M. M., 2007. Heavy Metal Uptake by Agro Based Waste Materials. *Journal Of Biotechnology* Hal. 411
- Rahmayani., Fatimah. MZ., Siswarni., 2013. Pemanfaatan Limbah Batanag Jagung sebagai Adsorben Alternatif pada Pengurangan Kadar Klorin dalam olahan (Treated Water). *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol.2 No. 2. Hal. 2.
- Saeni, 1997. Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat dengan Analisis Rambut. Orasi Ilmiah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor
- Saputra, E, 2010. Analisis Cemar Logam Tembaga di Sungai Code Secara Spektroskopi Serapan Atom. Skripsi Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Sawyer, C, N., McCarty., Perry, L., and Parkin. Gene, F, 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. 4th edition. McGraw-Hill Inc. New York.
- Sherly, A., dan S. E. Cahyaningrum., 2014. Aktivasi Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) dengan H₂SO₄ dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Cr (VI). *UNESA Journal of Chemistry* vol.3 No1 : 2014
- Siswantini, C, A., Kuncoro, E, K., dan Soegianto, A., 2013. Penyisihan Timbal Menggunakan Adsorben Serbuk Daun Mangga (*Mangifera indica*). Program Studi S-1 Ilmu dan Teknologi Lingkungan, Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

SNI 6989.6:2009. Cara Uji Tembaga (Cu) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) Nyala.

Sumiasri., Kuswara, T., Setyowati-Indarto, N, 2008. Pemanfaatan Matoa (*Pometia pinnata* Frost) di beberapa daerah di Irian Jaya.

Suryawan, B, 2004. Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air. Disertasi. Universitas Indonesia. Jakarta.

Wangsaatmaja, S., 2013. Implementasi Pengendalian Pencemaran Air di Jawa Barat. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Jawa Barat. Vol. 4

Yudo, S., 2005. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *Jurnal Air Indonesia*. Vol. 2, No.1: 2006

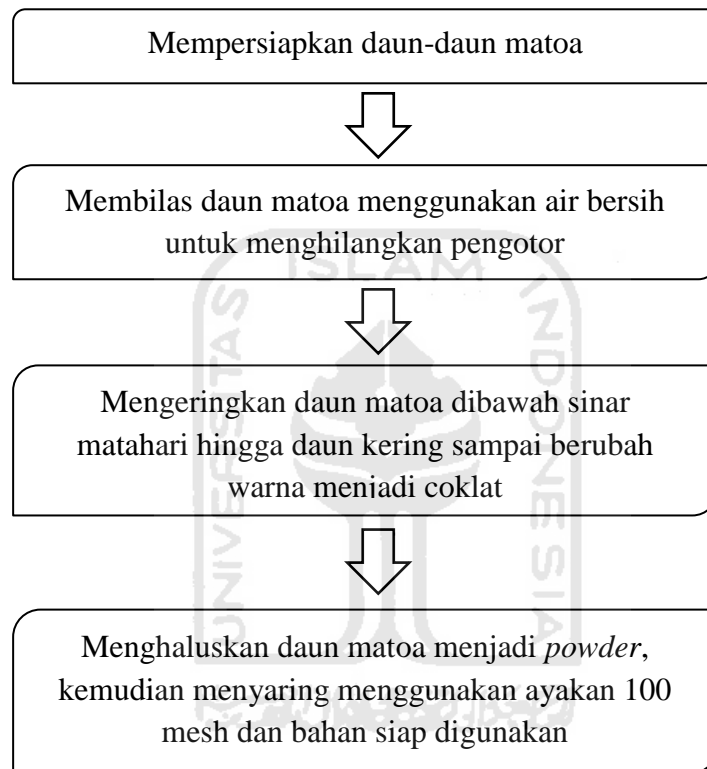


LAMPIRAN

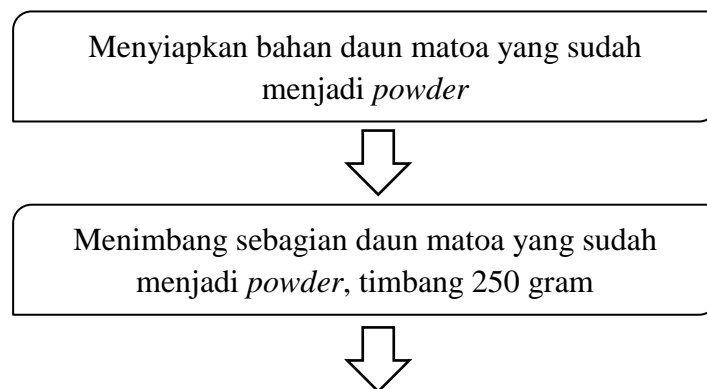
LAMPIRAN I

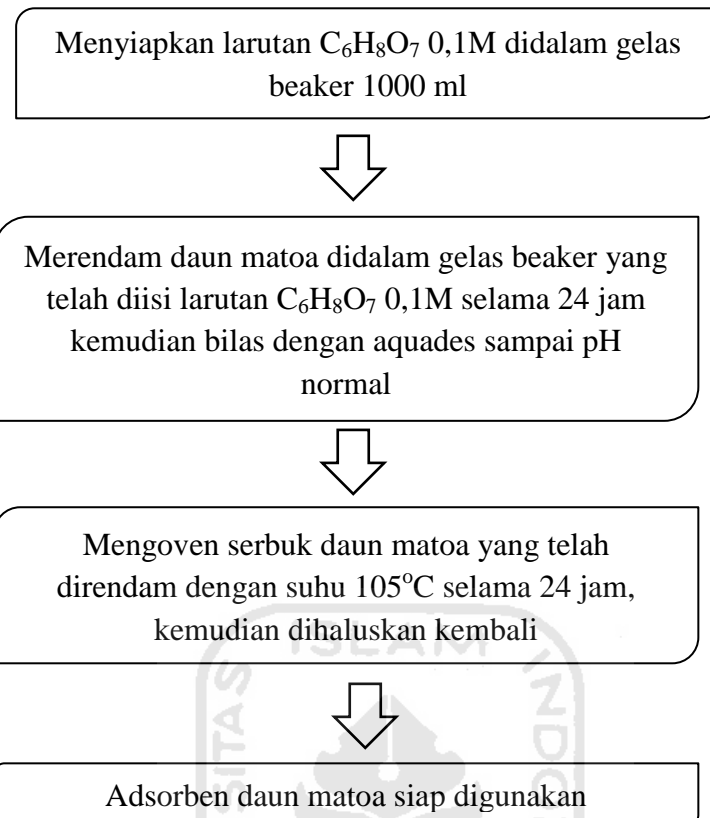
Langkah kerja percobaan adsorben daun matoa

1. Preparasi Adsorben Daun Matoa



2. Aktivasi Adsorben Daun Matoa Dengan Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,1M





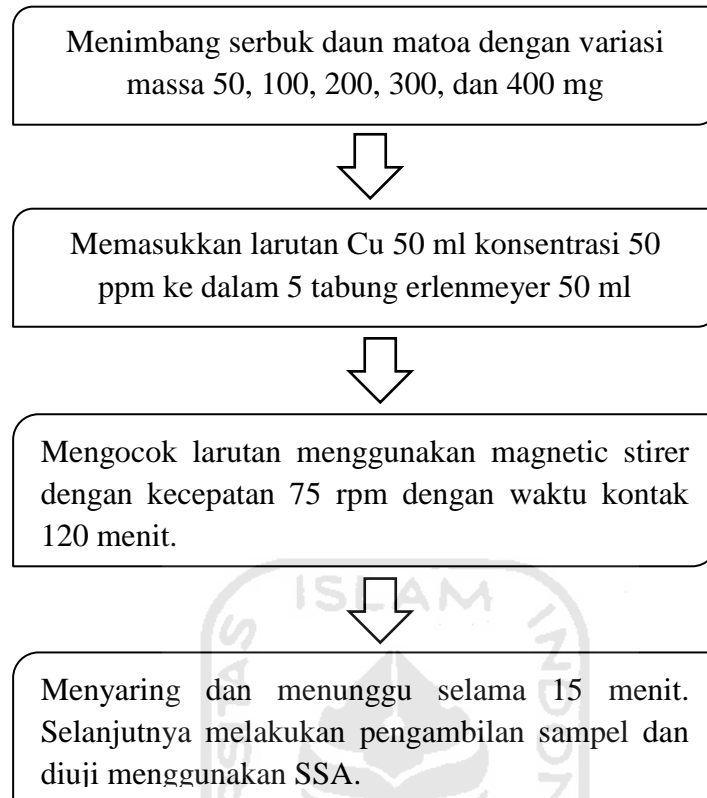
Perhitungan Asam Sitrat 0,1M

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr C_6H_8O_7} \times \frac{1000}{1000}$$

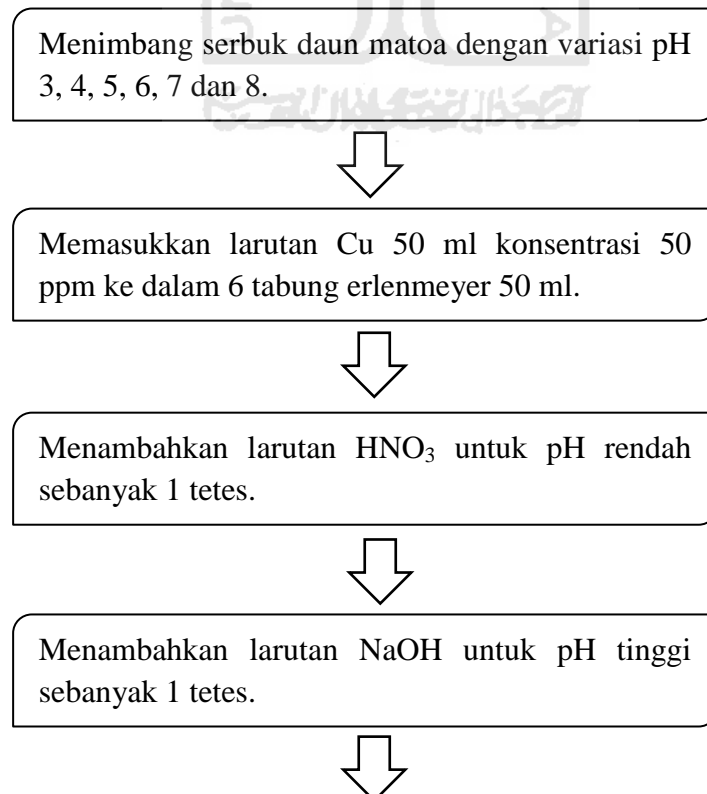
$$0,1M = \frac{x}{210} \times 1$$

$$0,1M = 21 \text{ gram}$$

3. Variasi Massa Optimum



4. Variasi pH Optimum



Mengocok larutan menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 75 rpm dengan waktu kontak 120 menit.



Selanjutnya melakukan pengambilan sampel dan diuji menggunakan SSA.

5. Variasi Waktu Kontak Optimum

Menimbang serbuk daun matoa dengan variasi waktu 15, 30, 60, 90, dan 120 menit.



Memasukkan larutan Cu 50 ml konsentrasi 50 ppm ke dalam 5 tabung erlenmeyer 50 ml.



Mengocok larutan menggunakan magnetic stirer dengan kecepatan 75 rpm.



Selanjutnya melakukan pengambilan sampel dan diuji menggunakan SSA.

6. Konsentrasi Logam Tembaga (Cu)

Memasukkan serbuk daun matoa dengan dosis optimum ke dalam 6 tabung erlenmeyer 50 ml yang berisi larutan Cu dengan variasi konsentrasi 50, 75, 100, 150, 200, dan 250 ppm



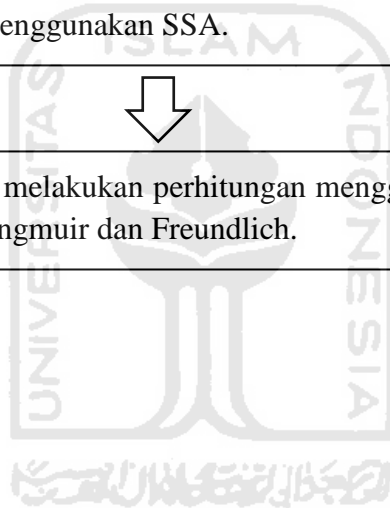
Mengocok larutan menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 75 rpm



Disaring dengan kertas saring dan filratnya dianalisa menggunakan SSA.



Selanjutnya melakukan perhitungan menggunakan isotherm Langmuir dan Freundlich.



LAMPIRAN II

Data dan Perhitungan Penelitian

A. Data Uji Massa Optimum

Serbuk Daun Matoa Tanpa Aktivasi						
No	Massa (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	60,65	36,8	39,32%	6,02	6,58
2	0,1	60,65	35,75	41,06%	6,09	6,59
3	0,2	60,65	34,25	43,53%	6,2	7,06
4	0,3	60,65	34,5	43,12%	6,2	7,09
5	0,4	60,65	32,05	47,16%	6,08	6,8
Inlet		60,65				
Serbuk Daun Matoa Aktivasi Asam Sitrat						
1	0,05	60,65	33,325	45,05%	6,01	6,03
2	0,1	60,65	18,125	70,12%	6,03	6,04
3	0,2	60,65	20,375	66,41%	6,02	6,02
4	0,3	60,65	17,475	71,19%	6,01	6
5	0,4	60,65	13,525	77,70%	6	6,01
Inlet		60,65				

B. Data Uji pH Optimum

Serbuk Daun Matoa Tanpa Aktivasi										
No	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	pH 30 menit	pH 60 menit	pH 90 menit	pH 120 menit	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,05	3	3,07	3,03	3,06	3,01	2,93	39,7	39,50	0,50%
2	0,05	4	4,03	4	4	4,03	4,06	39,7	33,45	15,74%
3	0,05	5	5,05	5,01	5,05	5,04	5,08	39,7	26,50	33,25%
4	0,05	6	6,07	6,01	6,01	6,05	6	39,7	24,28	38,85%
5	0,05	7	7	7,02	7,01	7,01	7,03	39,7	23,33	41,25%
6	0,05	8	8	8,01	8,01	8,03	8,02	39,7	24,20	39,04%
Inlet								39,7		
Serbuk Daun Matoa Aktivasi Asam Sitrat										
1	0,05	3	3,08	3,06	3,06	3,01	3,01	39,7	38,08	4,09%
2	0,05	4	4,02	4	4,02	3,99	4,02	39,7	34,60	12,85%
3	0,05	5	5,02	4,94	4,98	5,03	5	39,7	28,78	27,52%
4	0,05	6	6,01	6,07	6,04	6	5,9	39,7	24,28	38,85%
5	0,05	7	7	7,05	7,1	7	7,01	39,7	12,83	67,70%
6	0,05	8	7,95	8,01	8,01	8,09	7,99	39,7	10,30	74,06%
Inlet								39,7		

C. Data Uji Waktu Kontak Optimum

Daun Matoa Tanpa Aktivasi								
No	Massa (gr)	Waktu (Menit)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir
1	0,05	15	48,25	13,98	71,04%	7	7,02	7,36
2	0,05	30	48,25	13,53	71,97%	7	6,99	7,01
3	0,05	60	48,25	12,85	73,37%	7	7	7,09
4	0,05	90	48,25	11,80	75,54%	7	7,04	7,4
5	0,05	120	48,25	11,98	75,18%	7	7,01	7,36
Inlet			48,25					

D. Data Konsentrasi Larutan Cu

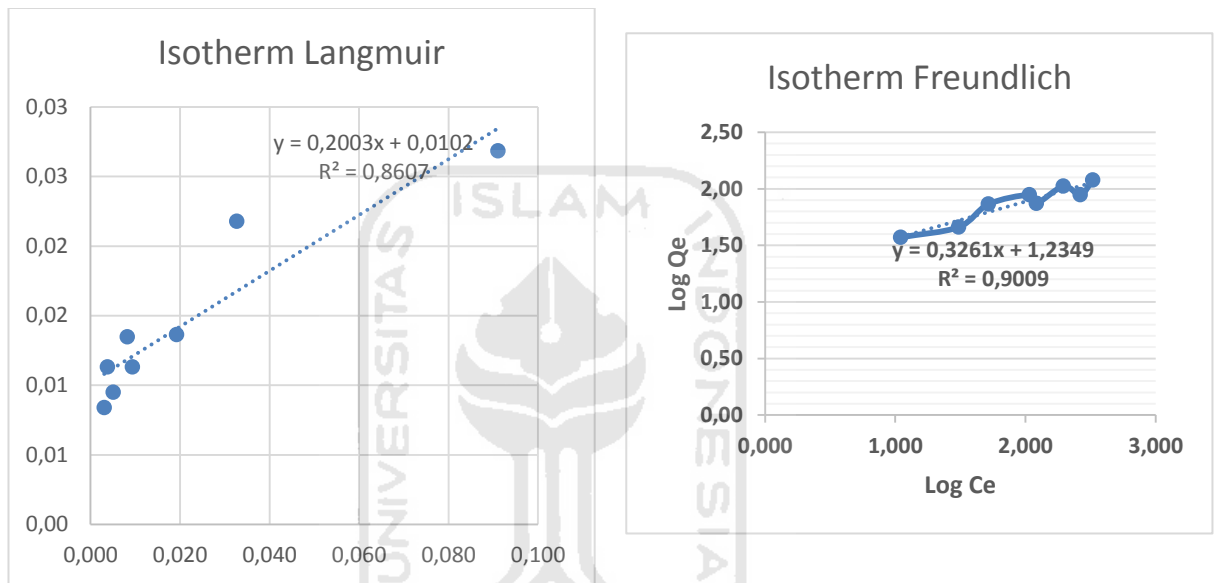
Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi Asam Sitrat						
Konsentrasi Logam Cu Rencana (ppm)	Inlet (ppm)	Massa Biosorben (gr)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
50	48,25	0,05	7,01	7,36	10,98	77%
75	76,5	0,05	7,04	7,01	30,6	60%
100	125,3	0,05	7	7,01	52	58%
150	195,4	0,05	7,04	7	106,98	45%
200	195,5	0,05	7,01	7,01	121,3	38%
250	301	0,05	7,02	7,02	195,5	35%

E. Data Uji Isoterm Langmuir dan Freundlich

Variasi Konsentrasi Adsorben Aktivasi Asam Sitrat									
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Langmuir		
							Q _e	1/Q _e	1/C _e
50	50	50	48,25	10,98	37,27	77,24	37,27	0,03	0,091
75	50	50	76,50	30,60	45,90	60,00	45,90	0,02	0,033
100	50	50	125,30	52,00	73,30	58,50	73,30	0,01	0,019
150	50	50	195,40	106,98	88,43	45,25	88,43	0,01	0,009
200	50	50	195,50	121,30	74,20	37,95	74,20	0,01	0,008
250	50	50	301,00	195,50	105,5	35,05	105,50	0,01	0,005

Variasi Konsentrasi Biosorben Aktivasi Asam Sitrat

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀) (ppm)	Konsentrasi Akhir (C _e) (ppm)	Selisih (ΔC) (ppm)	Persentase Penyisihan (%)	Freundlich		
							Q _e	Log Q _e	Log C _e
50	50	50	48,25	10,98	37,27	77,24	37,27	1,57	1,041
75	50	50	76,50	30,60	45,90	60,00	45,9	1,66	1,486
100	50	50	125,30	52,00	73,30	58,50	73,3	1,87	1,716
150	50	50	195,40	106,98	88,43	45,25	88,43	1,95	2,029
200	50	50	195,50	121,30	74,20	37,95	74,2	1,87	2,084
250	50	50	301,00	195,50	105,5	35,05	105,5	2,02	2,291



Contoh Perhitungan

Diketahui :

Massa Adsorben = 50 mg

Volume Larutan = 50 ml

Konsentrasi Awal (C₀) = 48,25 ppm

Konsentrasi Akhir (C_e) = 10,98 ppm

Selisih (ΔC) = C₀ – C_e = 48,25 – 10,98 = 37,27 ppm

Persentase Penyisihan = (C₀ – C_e) / C₀ = (48,25 – 10,98) / 48,25 = 77,24%

Q_e = (ΔC) × (Volume Larutan / 1000) / Massa = (37,27) × (50 / 1000) / 0,05 = 37,27 mg/g

Langmuir

$$Q_e = 37,27 \text{ mg/g}$$

$$1 / Q_e = 1 / 37,27 = 0,03$$

$$C_e = 10,98 \text{ ppm}$$

$$1 / C_e = 1 / 10,98 = 0,091$$

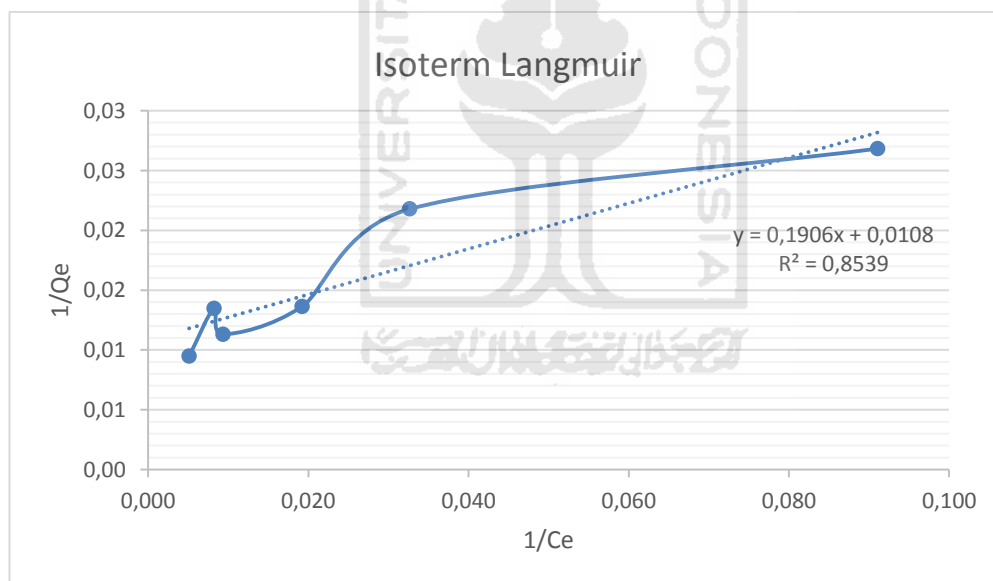
Freundlich

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } 37,27 = 1,57$$

$$\text{Log } C_e = \text{Log } 10,98 = 1,041$$

Mencari Slope & Intercept Pada Grafik

Diketahui :



$$\text{Regresi Linear} = y = 0,1906x + 0,0108$$

$$R^2 = 0.8539$$

Dimana =

slope	0,19
intercept	0,01
	92,40

Di cari dengan cara =

	1/Ce	1/Qe			
	x	y	xy	x ²	y ²
	0,091	0,03	0,00244	0,0083	0,0007
	0,033	0,02	0,00071	0,0011	0,0005
	0,019	0,01	0,00026	0,0004	0,0002
	0,009	0,01	0,00011	0,0001	0,0001
	0,008	0,01	0,00011	0,0001	0,0002
	0,005	0,01	5E-05	0,00003	0,0001
Σ	0,166	0,0965	0,00368	0,0099	0,0018

Maka dapat diperoleh nilai *slope* (b) sebagai berikut.

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \cdot \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{0,00368 - (0,166 \times 0,0965)/6}{0,0099 - \left(\frac{(0,166)^2}{6}\right)} = 0,19$$

Sementara itu nilai intercept (a) dapat dihitung sebagai berikut.

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0,0965 - (0,19 \times 0,166)}{6} = 0,0108$$

Sehingga, persamaan regresi linear adalah:

$$Y = bx + a$$

$$Y = 0,19x + 0,01$$

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R = \frac{6 \times (0,00368) - (0,166 \times 0,0965)}{(6 \times (0,0099) - (0,166)^2)^{\frac{1}{2}} \times (6 \times (0,0018) - (0,0965)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0,924$$

$$R^2 = 0,853$$

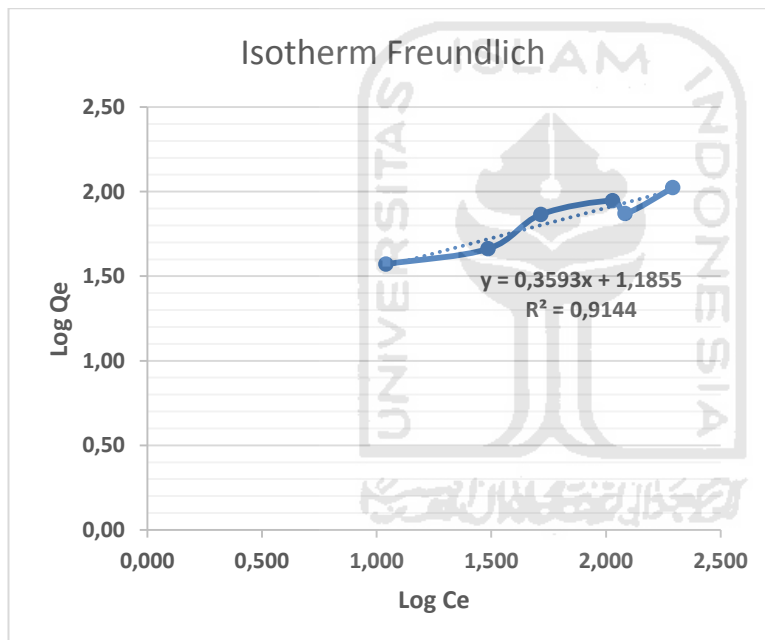
Sehingga $q_m =$ kemampuan maksimum adsorpsi biosorben (mg/gr)

$$= 1/0,0108 = 92,4 \text{ mg/gr}$$

$b =$ Konstanta yang berkaitan dengan kecepatan adsorpsi (L/mg)

$$= (1/0,19)/92,4 = 0,057 \text{ L/mg}$$

Diketahui :



Regresi Linear = $y = 0,3593x + 1,1855$

$$R^2 = 0,9144$$

Dimana =

Slope	0,35934
Intercept	1,18546

Di cari dengan cara =

	Log Ce	Log Qe			
	x	y	xy	x ²	y ²
	1,04	1,57	1,64	1,08	2,47
	1,49	1,66	2,47	2,21	2,76
	1,72	1,87	3,20	2,94	3,48
	2,03	1,95	3,95	4,12	3,79
	2,08	1,87	3,90	4,34	3,50
	2,29	2,02	4,64	5,25	4,09
Σ	10,65	10,94	19,79	19,94	20,09

Maka dapat diperoleh nilai *slope* (b) sebagai berikut.

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \cdot \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{19,79 - (10,65 \times 10,94)/6}{19,94 - \left(\frac{(10,65)^2}{6}\right)} = 0,3593$$

Sementara itu nilai intercept (a) dapat dihitung sebagai berikut.

$$a = \frac{\sum y - (b \cdot \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{10,94 - (0,3593 \times 10,65)}{6} = 1,1855$$

Sehingga, persamaan regresi linear adalah:

$$Y = bx + a$$

$$Y = 0,3593x + 1,1855$$

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{n \cdot (\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{(n \cdot (\sum X^2) - (\sum X)^2)^{\frac{1}{2}} \cdot (n \cdot (\sum Y^2) - (\sum Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R = \frac{6 \times (19,79) - (10,65 \times 10,94)}{(6 \times (19,94) - (10,65)^2)^{\frac{1}{2}} \times (6 \times (20,09) - (10,94)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0,9562$$

$$R^2 = 0,9143$$

Sehingga K_f = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas (mg/gr)

$$= e^{1,1855} = 3,27$$

$1/n$ = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

$$= 1/0,3593 = 2,783$$

