

Skripsi

**POTENSI KARBON AKTIF AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (Cu) PADA AIR LIMBAH PABRIK SEMEN TONASA**

A.FADHILLAH AULIA RAMADHANI

H031191049



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**POTENSI KARBON AKTIF AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (Cu) PADA AIR LIMBAH PABRIK SEMEN TONASA**

A.FADHILLAH AULIA RAMADHANI

H031191049



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**POTENSI KARBON AKTIF AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (Cu) PADA AIR LIMBAH PABRIK SEMEN TONASA**

Hasil Penelitian ini diajukan sebagai salah satu syarat

Untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Oleh:

A.FADHILLAH AULIA RAMADHANI

H031191049



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**POTENSI KARBON AKTIF AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (Cu) PADA AIR LIMBAH PABRIK SEMEN TONASA**

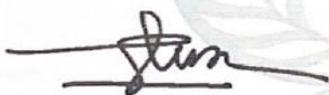
Disusun dan diajukan oleh:

**A. FADHILLAH AULIA RAMADHANI
H031191049**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kimia Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal **8 Januari 2024**
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama



Dr. Syahrudin Kasim, S.Si. M.Si
NIP. 19690705 199703 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. Syarifuddin Liong, M.Si
NIP. 19520505 197403 1 002



Ketua Program Studi

Dr. St. Fauziah, M.Si

NIP. 19720202 199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : A. Fadhillah Aulia Ramadhani

NIM : H031191049

Program Studi : Kimia

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Potensi Karbon Aktif Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Tembaga (Cu) Pada Air Limbah Pabrik Semen Tonasa" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 8 Januari 2024

Yang Menyatakan,



A. Fadhillah Aulia Ramadhani

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Potensi Karbon Aktif Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Tembaga (Cu) Pada Air Limbah Pabrik Semen Tonasa”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana disusun berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium Kimia Anorganik Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Shalawat serta salam penulis hantarkan kepada baginda Rasulullah SAW yang menjadi inspirasi dan sumber tauladan bagi ummat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia maupun akhirat. Penyusunan ini tidak lepas dari berbagai macam hambatan serta rintangan, namun Alhamdulillah penulis dapat melaluinya berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Ketua dan Sekretaris Departemen Kimia, Ibu **Dr. St. fauziah, M.Si** dan Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasi, M.Si** serta seluruh Dosen Kimia yang telah memberikan banyak ilmunya kepada penulis dan Staff Departemen Kimia yang telah banyak membantu penulis.
2. Bapak **Dr. Syahrudin Kasim, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Syarifuddin Liang, M.Si** selaku pembimbing pertama yang senantiasa meluangkan waktunya, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan hasil penelitian ini.

3. Bapak **Dr. Djabal Nur Basir, S.Si., M.Si** dan Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** sebagai penguji yang telah memberkan banyak saran demi perbaikan skripsi ini.
4. Seluruh kepala Laboratorium di departemen kimia FMIPA Unhas, serta kepala laboratorium Kimia Dasar, Biologi Dasar, dan Fisika Dasar.
5. Seluruh analis di jurusan Kimia FMIPA Unhas atas segala fasilitas dan bantuan yang telah diberikan terkhusus Kak **Linda** dan **Fibiyanti** yang telah berkontribusi banyak dalam penyusunan skripsi penulis serta bimbingan, saran, fasilitas, dan kemudahan semasa meneliti.
6. Keluarga tercinta, terkhusus kepada ayahanda **Muh. Ali. N** dan ibunda **A.Tenriampa** yang telah menyayangi, mencintai dan mendukung serta mendoakan penulis mulai dari penulis dalam kandungan hingga beranjak dewasa. Terima kasih yang sebesar-besarnya untuk kedua orang tua penulis yang telah menafkahi dan membiayai pendidikan hingga sampai di bangku perkuliahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan jenjang pendidikan perguruan tinggi tanpa kekurangan sesuatu apapun.
7. Untuk **Fia Apriani Fatrial** sebagai partner meneliti terima kasih atas kerja sama, dukungan, dan semangat sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
8. Untuk yang telah menemani penulis mulai dari maba hingga saat ini, *big thanks for PAKBAL* : **Agnes Aldora, Jequaline Nathalia, Sherly Friskilya, Khusnul Unayah, Yolanda Gabriella, Marhama. P dan Rosman.**
9. Rekan-rekan peneliti Laboratorium Kimia Anargonik dan teman-teman 2019.

10. Serta terima kasih kepada pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan secara langsung ataupun tidak langsung, yang tidak sempat untuk penulis sebutkan satu per satu.

Atas segala kebaikan yang telah diberikan oleh berbagai pihak, penulis mengucapkan banyak terima kasih Allah SWT membalas kebaikan berlipat ganda kepada mereka. Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dalam tulisan ini, maka penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Makassar, 6 November 2023

A.Fadhillah Aulia Ramadhani

ABSTRAK

Potensi karbon aktif ampas tebu sebagai adsorben ion tembaga (Cu) pada air limbah pabrik Semen Tonasa. Konsentrasi awal yang didapatkan pada air limbah pabrik Semen Tonasa menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom didapatkan sebesar 5,2 mg/L. Karbon aktif Ampas Tebu memiliki potensi sebagai adsorben ion Tembaga (Cu) karena didapatkan efisiensi penyerapan tertinggi pada adsorpsi berdasarkan variasi waktu kontak sebesar 81,09% pada waktu kontak selama 45 menit dan kapasitas penyerapannya sebesar 0,4216 mg/g. Hasil pengujian berdasarkan variasi massa sebanyak 7 gram diperoleh efisiensi penyerapan sebesar 83% dan kapasitas penyerapannya sebesar 0,0622 mg/g. Konsentrasi akhir yang didapatkan setelah air limbah Pabrik Semen Tonasa diadsorpsi menggunakan karbon aktif ampas tebu adalah 0,84 mg/L. Kondisi demikian menunjukkan bahwa ampas tebu memiliki kemampuan sebagai adsorben apalagi jika hanya digunakan sebagai limbah yang tidak dimanfaatkan.

Kata Kunci : Karbon aktif, Adsorpsi, Ampas Tebu, Tembaga (Cu), SSA

ABSTRACT

Potential of sugarcane bagasse activated carbon as an adsorbent for copper ions (Cu) in Semen Tonasa factory wastewater. The initial concentration obtained in the Semen Tonasa factory wastewater using an Atomic Absorption Spectrophotometer was found to be 5.2 mg/L. Sugarcane bagasse activated carbon has the potential as a Copper (Cu) ion adsorbent because the highest absorption efficiency was obtained in adsorption based on variations in contact time of 81.09% at a contact time of 45 minutes and an absorption capacity of 0.4216 mg/g. Test results based on a mass variation of 7 grams showed an absorption efficiency of 83% and an absorption capacity of 0.0622 mg/g. The final concentration obtained after the wastewater from the Tonasa Cement Factory was adsorbed using activated carbon from bagasse was 0.84 mg/L. This condition shows that sugarcane bagasse has the ability to act as an adsorbent, especially if it is only used as unutilized waste.

Keywords: Activated carbon, Adsorption, Bagasse, Copper (Cu), SSA

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	6
1.3.1 Maksud Penelitian.....	6
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pencemaran Lingkungan.....	7
2.2 Dampak Pencemaran Lingkungan.....	8
2.3 Limbah.....	8
2.4 Dampak Logam Berat.....	9
2.5 Logam Berat Tembaga.....	10
2.6 Karbon Aktif.....	13
2.7 Adsorpsi.....	15
2.8 Ampas Tebu.....	16
2.9 Fourier Transformed Infrared (FTIR).....	17
2.10 Scanning Electron Microscopy (SEM).....	19
2.11 Spektrometer Serapan Atom (SSA).....	20
BAB III.....	22

METODE PENELITIAN	22
3.1 Bahan Penelitian	22
3.2 Alat Penelitian.....	22
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian	23
BAB IV	29
HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Kandungan Kadar Air Pada Karbon Aktif Ampas Tebu.....	29
4.2 Kandungan Kadar Abu Pada Karbon Aktif Ampas Tebu	29
4.3 Hasil Pengujian Menggunakan FTIR	30
4.4 Hasil Pengujian Menggunakan SEM.....	31
4.5 Penentuan Konsentrasi Awal Ion Tembaga Dalam Air Limbah	33
4.6 Penentuan Persen Adsorpsi Berdasarkan Variasi Waktu Kontak.....	34
4.7 Penentuan Persen Adsorpsi Adsorben Berdasarkan Variasi Massa...	37
BAB V.....	40
KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Interpretasi Gugus Fungsi Spektrum FTIR Karbon Ampas Tebu Sebelum dan Sesudah Teraktivasi HCl	31
2. Data Persen Adsorpsi Berdasarkan Variasi Waktu Kontak	36
3. Data Persen Adsorpsi Berdasarkan Variasi Massa.....	38
4. Data Hasil Adsorpsi Ion Tembaga Dalam Air Limbah.....	39
5. Data Absorbansi Kurva Standar	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ampas Tebu	16
2. Proses perubahan sinyal pada FTIR	19
3. Komponen Utama SSA	21
4. Spektrum FTIR Karbon Aktif Ampas Tebu.....	31
5. Karbon Ampas Tebu Sebelum Diaktivasi.....	31
6. Karbon Ampas Tebu Setelah Diaktivasi.....	32
7. Konsentrasu Ion tembaga dalam air limbah pabrik	34
8. Grafik Persen Adsorpsi berdasarkan Variasi Waktu Kontak.....	35
9. Grafik Persen Adsorpsi berdasarkan Variasi Massa	37
10. Peta Lokasi Sampling	53
11. Grafik Kurva Standar	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Penelitian	45
2. Bagan Kerja.....	46
3. Peta Lokasi Sampling.....	53
4. Perhitungan.....	54
5. Data Absorbansi Penentuan Konsentrasi Awal Air limbah	61
6. Dokumentasi	64

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

SNI	= Standar Nasional Indonesia
SSA	= Spektrofotometri Serapan Atom
FTIR	= <i>Fourier Transformed Infrared</i>
FFT	= <i>Fast Fourier Transform</i>
SEM	= <i>Scanning Electron Microscopy</i>
CO	= Karbon Monoksida
NO	= Nitrogen Monoksida
SO ₂	= Sulfur Dioksida
AMDAL	= Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup
STG	= Semen Tonasa Group
WALHI	= Wahana Lingkungan Hidup Indonesia

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia saat ini berlangsung sangat pesat seiring kemajuan teknologi dan terus mengalami peningkatan dari berberapa sektor, seperti sektor pertanian, pendidikan, properti, kerajinan tangan dan tenun. Industri dapat diartikan sebagai salah satu kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah atau barang setengah jadi menjadi barang yang memiliki nilai jual tinggi. Seiring dengan perkembangan industri tersebut, maka semakin banyak pula limbah yang diperoleh dari hasil buangan industri (Nurhasni dkk., 2014).

Air limbah dikenal sebagai air buangan atau air yang telah terkontaminasi karena digunakan dalam proses manusia, industri, atau kegiatan lainnya. Air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk rumah tangga, pertanian, industri, dan komersial. Jenis air ini tergolong memiliki kualitas yang kurang baik karena banyak mengandung kontaminan. Kontaminan yang terkandung di dalam air limbah industri sangat beragam bergantung dari proses industri tersebut. Beberapa industri masih banyak yang tidak mengolah air limbahnya sebelum dibuang ke lingkungan dan air limbah tersebut dibuang begitu saja serta tidak ada penanganan lebih lanjut. Hal ini dapat memberikan dampak negatif karena air dan limbah industri berpotensi mengandung kontaminan yang bersifat racun sehingga membahayakan bagi lingkungan sekitar (Fernando, 2015).

Limbah industri yang dihasilkan salah satunya dapat berupa logam berat. Logam berat yang dimaksud adalah timbal (Pb), kromium (Cr), kadmium (Cd)

dan tembaga (Cu). Limbah ini akan menyebabkan pencemaran serius terhadap lingkungan jika kandungan logam berat yang terdapat di dalamnya melebihi ambang batas dan mempunyai sifat racun yang sangat berbahaya serta dapat menimbulkan penyakit yang cukup parah apabila terakumulasi di dalam tubuh (Nurhasni dkk., 2014).

Pabrik PT. Semen Tonasa merupakan salah satu industri semen terbesar di Indonesia dan produsen semen terbesar di kawasan timur yang beroperasi menghasilkan 6.000.000 ton semen per tahunnya. Pada setiap kegiatan industri dan operasi pabrik tentunya dapat berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat, seperti pada proses pencucian alat industri, gas buangan bahan bakar, penggunaan pipa, lapisan logam pabrik, dan lain sebagainya (Group, 2020). Salah satu pertimbangan yang mendasari penggunaan air limbah pabrik Semen Tonasa menjadi sampel dalam penelitian ini karena pabrik ini terletak sangat strategis dekat dengan permukiman masyarakat yang diduga menjadi penyumbang masuknya limbah logam berat ke permukiman masyarakat tersebut. Logam berat merupakan zat pencemar yang berbahaya karena memiliki sifat tidak dapat terdegradasi secara alami dan cenderung terakumulasi dalam air, sedimen dasar perairan dan tubuh organisme (Hidayah dkk., 2021).

Salah satu dari logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran adalah tembaga. Tembaga (Cu) merupakan logam berat golongan esensial, namun dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan toksisitas seperti nekrosis hati, sehingga yang perlu dilakukan adalah menjaga agar konsentrasi tembaga di dalam tubuh tidak melebihi ambang batas normal (Hidayah dkk., 2021).

Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk menganalisis logam berat khususnya tembaga (Cu) yang terdapat di dalam limbah agar tidak melebihi ambang batas normal, diantaranya adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), dan pemisahan dengan membran. Proses adsorpsi lebih banyak dipakai dalam industri karena mempunyai beberapa kelebihan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik dan anorganik (Setyaningtyas, 2005).

Adsorben yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, silika gel, zeolit dan karbon aktif. Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif (Masriatini dan Fatimura, 2018).

Karbon aktif ini memiliki manfaat sangat banyak, misalnya sebagai penjernih air, pemurnian gas, pengolahan limbah cair dan sebagainya. Adsorben tersebut juga mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik tetapi tidak ekonomis. Oleh karena itu, diperlukan adsorben alternatif yang berasal dari alam, dimana selain memiliki kemampuan adsorpsi yang baik juga bersifat lebih ekonomis. Adsorben yang menjanjikan adalah limbah organik seperti limbah tanaman jagung, tebu, padi, pisang, tulang hewan dan lain-lain, salah satu limbah organik yang menarik untuk dijadikan sebagai adsorben pada penelitian ini adalah ampas tebu (Nurhayati dan Sutrisno, 2014).

Ampas tebu adalah hasil limbah dari industri gula atau pembuatan minuman dari air tebu yang belum dimanfaatkan secara optimal sehingga membawa masalah tersendiri bagi industri gula maupun lingkungan karena dianggap sebagai limbah. Secara kimiawi, komponen utama penyusun ampas tebu adalah serat yang di dalamnya terkandung gugus selulosa, seperti hemiselulosa, lignoselulosa dan lignin. Berdasarkan komponen penyusun ampas tebu tersebut, ampas tebu diketahui memiliki kemampuan menyerap ion logam dalam air limbah karena ampas tebu memiliki serat dan pori-pori yang cukup besar dalam menampung gula yang sebelumnya terkandung dalam ampas tebu tersebut. Jadi, ion logam dapat terserap menggantikan posisi gula (Apriliani, 2010).

Penggunaan ampas tebu sebagai alternatif penyerap ion logam merupakan proses daur ulang yang sangat baik bagi penghematan sumber daya alam dan merupakan salah satu cara bagi pengolahan limbah, seperti yang dikemukakan oleh para pakar lingkungan bahwa sebaik- baiknya pengolahan limbah adalah dengan cara daur ulang. Selain itu, karena ampas tebu mudah didapatkan serta dapat diregenerasi kembali dan dari sisi ekonomis harga ampas tebu yang relatif lebih murah dibanding penyerap sintetis lain, maka hal ini menjadi keuntungan tersendiri dalam penggunaan ampas tebu sebagai penyerap ion logam Cd, Cr, Pb dan Cu (Apriliani, 2010).

Berbagai upaya terus dilakukan untuk meminimalisir limbah ampas tebu, diantaranya adalah untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, *pulp* dan *particle board*, namun upaya ini masih belum mampu mengatasi permasalahan ampas tebu. Hal lain yang menjadi pertimbangan dan mendasari pemanfaatan

ampas tebu menjadi karbon aktif adalah selain ketersediaannya yang melimpah, mempunyai prospek yang bagus dan ekonomis untuk dikembangkan. Ampas tebu juga merupakan biomassa lignoselulosa yang memiliki kadar karbon tinggi sehingga dapat mengadsorpsi ion logam seperti yang dikemukakan oleh Nurhayati dan Sutrisno (2014) bahwa ampas tebu dapat mengadsorpsi logam Cu(II) sebesar 94% pada pH 6,5. Penelitian lain, dilakukan oleh Imani dkk. (2021) mengungkapkan bahwa analisis kandungan yang terdapat dalam karbon aktif ampas tebu telah dikatakan memenuhi syarat sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995, hal ini ditunjukkan oleh parameter uji kadar air sebesar 6,09%, kadar abu 5,11%, *volatile matter* 18,80%, *fix carbon* 70,00%, dan daya serap I₂ 816,41 mg/L. Kondisi optimum diperoleh pada variasi perlakuan dengan penambahan adsorben sebanyak 3 g dan waktu kontak 60 menit. Nurhayati dkk. (2018), mengemukakan bahwa aktivasi karbon aktif ampas tebu menggunakan NaCl 10% selama 12 jam menghasilkan karbon aktif ampas tebu dengan kualitas yang paling baik yaitu daya serap I₂ sebesar 46%, kadar air 1%, dan kadar abu 7%, sehingga sesuai SNI 06-3730-1995.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini bertujuan untuk mengolah ampas tebu sebagai alternatif bahan baku karbon aktif yang ekonomis dan ramah lingkungan untuk dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam berat tembaga (Cu) dalam air limbah industri semen dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) sebagai upaya membantu mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh adanya ion logam dan senyawa beracun yang dapat diaplikasikan pada air limbah Pabrik Semen Tonasa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini ialah:

1. berapa konsentrasi awal ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah pabrik Semen Tonasa?
2. bagaimana potensi ampas tebu sebagai adsorben ion logam tembaga (Cu)?
3. berapa konsentrasi akhir ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah yang telah diadsorpsi menggunakan adsorben ampas tebu?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan ampas tebu sebagai adsorben ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah industri semen dalam upaya meminimalisir pencemaran lingkungan yang ada di sekitar pabrik Semen Tonasa.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah:

1. menentukan konsentrasi awal ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah Pabrik Semen Tonasa
2. menganalisis potensi ampas tebu sebagai adsorben ion logam tembaga (Cu)
3. menentukan konsentrasi akhir ion logam tembaga (Cu) dalam air limbah setelah diadsorpsi dengan menggunakan adsorben ampas tebu

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai alternatif dalam mengurangi pencemaran limbah logam berat Tembaga (Cu) di wilayah sekitar Pabrik Semen Tonasa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Lingkungan

Perkembangan industri yang semakin pesat membawa kita hidup dalam lingkungan yang sarat dengan bahan pencemar. Komponen lingkungan seperti air, tanah, dan udara telah terkontaminasi bahan pencemar pada tingkat yang mengkhawatirkan. Kecenderungan pencemaran, terutama setelah perang dunia kedua mengarah pada dua hal, yaitu pembuangan senyawa kimia tertentu yang semakin meningkat terutama akibat kegiatan industri dan transportasi dan akibat penggunaan berbagai produk bioksida dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa bahan pencemar yang terdapat pada lingkungan adalah karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO) dan partikel-partikel lainnya (Qomariyah dan Hidayah, 2021).

Santosa (2013) menyatakan bahwa sumber pencemaran perairan biasa terdiri dari limbah industri, limbah cair pemukiman, limbah cair perkotaan, pelayaran, pertanian, dan perikanan budidaya. Bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah tersebut berupa sedimen, unsur hara (nutriens), logam beracun, pestisida, organisme eksotik, organisme patogen, sampah, dan *oxygen depleting substances* (bahan-bahan yang menyebabkan oksigen yang terlarut dalam air laut berkurang). Bahan pencemar yang berasal dari berbagai kegiatan industri, pertanian, rumah tangga di daratan akhirnya dapat menimbulkan dampak negatif bukan saja pada perairan sungai tetapi juga perairan pesisir dan lautan.

2.2 Dampak Pencemaran Lingkungan

Gejala umum pencemaran lingkungan akibat limbah industri yang paling dominan adalah berubahnya keadaan fisik suatu lingkungan. Air sungai atau air sumur sekitar lokasi industri pencemar, yang semula berwarna jernih, berubah menjadi keruh berbuih dan terbau busuk, sehingga tidak layak dipergunakan lagi oleh warga masyarakat sekitar untuk mandi, mencuci, apalagi untuk bahan baku air minum. Terhadap kesehatan warga masyarakat sekitar dapat timbul penyakit dari yang ringan seperti gatal-gatal pada kulit sampai yang berat berupa cacat genetik (Santosa, 2013).

Menurut pantauan Walhi, hampir di seluruh wilayah Indonesia terjadi pencemaran industri dalam berbagai skala dan dalam beragam bentuk. Sejak awal berdiri, sektor industri seringkali menimbulkan masalah, misalnya, lokasi pabrik yang dekat dengan pemukiman penduduk, pembebasan tanah yang bermasalah, tidak dilibatkannya masyarakat dalam kebijakan ini, buruknya kualitas AMDAL, sering tidak adanya pengolahan limbah, dan lain sebagainya. Dampak lainnya yang timbul adalah polusi udara, polusi air, kebisingan, dan sampah. Semua dampak tersebut menjadi faktor utama penyebab kerentanan yang terjadi dalam masyarakat. Oleh karenanya, kehidupan masyarakat menjadi tambah rentan karena buruknya kualitas lingkungan (Santosa, 2013). Beberapa dampak pencemaran lingkungan bagi masyarakat yakni air limbah industri yang yang sering kali diolah tanpa perlakuan khusus.

2.3 Limbah

Limbah industri terbagi menjadi 3 jenis, yaitu limbah padat, limbah gas, dan limbah cair. Limbah industri yang mengandung logam berat dapat membahayakan

mahluk hidup karena memiliki sifat toksik. Salah satu komponen yang banyak terdapat di alam adalah logam berat. Logam berat juga memiliki peran dalam kehidupan mahluk hidup, tetapi dalam penggunaannya yang melebihi kapasitas dapat memberikan dampak yang berbahaya dan bersifat toksik bagi mahluk hidup (Prastiwi dan Kuntjoro, 2022).

Pertimbangan Undang-Undang No. 18 Tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (a) bahwa lingkungan hidup perlu dijaga kelestariannya sehingga tetap mampu menunjang pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan; (b) bahwa dengan meningkatnya pembangunan di segala bidang, khususnya pembangunan di bidang industri, semakin meningkat pula jumlah limbah yang dihasilkan termasuk yang berbahaya dan beracun yang dapat membahayakan lingkungan hidup dan kesehatan manusia (Adack, 2013).

2.4 Dampak Logam Berat

Sifat logam berat sangat unik, tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi. Pencemaran logam berat ini menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya:

1. berhubungan dengan estetika (perubahan bau, warna dan rasa air),
2. berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang,
3. berbahaya bagi kesehatan manusia,
4. menyebabkan kerusakan pada ekosistem.

Sebagian dari logam berat bersifat esensial bagi organisme air untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya, antara lain dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik pada biota, akan tetapi bila jumlah

logam berat yang masuk ke dalam tubuh berlebih, maka akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh. Sebagai contoh adalah raksa (Hg), timbal (Pb), dan tembaga (Cu) (Santosa, 2013).

2.5 Logam Berat Tembaga (Cu)

Berdasarkan daya hantar elektrik, semua unsur kimia yang terdapat dalam sistem periodik dapat dibagi menjadi 2 golongan, yaitu logam dan non logam. Logam bersifat konduktor yaitu mempunyai daya hantar panas dan elektrik yang tinggi, sedangkan non logam bersifat isolator. Berdasarkan kerapatannya, logam dapat dibedakan atas 2 golongan, yaitu logam ringan dan logam berat. Logam berat adalah semua jenis logam yang mempunyai berat jenis lebih besar atau sama dengan 5 g/cm^3 , sedangkan logam yang mempunyai berat jenis kurang dari 5 g/cm^3 dikenal sebagai logam ringan (Apriliani, 2010).

Istilah logam berat secara khas mencirikan suatu unsur yang merupakan konduktor yang baik, mudah ditempa, bersifat toksik, mempunyai nomor atom 22-92 dan terletak pada periode III dan IV dalam sistem periodik unsur kimia. Logam berat adalah unsur-unsur yang umumnya digunakan dalam industri, bersifat toksik bagi makhluk hidup dalam proses aerobik maupun anaerobik. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis yaitu logam berat esensial dan non esensial. Jenis pertama adalah logam berat non esensial atau beracun, keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya dan bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain sebagainya. Sedangkan logam berat esensial, keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah

Zn, Fe, Co, Mn, dan Cu (Apriliani, 2010).

Tembaga bersifat toksik bagi organisme. Bentuk tembaga yang paling beracun adalah debu-debu tembaga (Cu) yang dapat mengakibatkan kematian pada dosis 3,5mg/kg. Pada manusia efek keracunan utama yang ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap logam tembaga (Cu) adalah terjadinya gangguan pada jalur pernafasan sebelah atas dan terjadinya kerusakan atropik pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung (Apriliani, 2010).

Tembaga (Cu) merupakan logam transisi golongan IB dengan nomor atom 29 dan massa atom 63,55 g/mol. Tembaga dalam bentuk logam berwarna kemerah-merahan, namun lebih sering ditemukan dalam bentuk berikatan dengan ion-ion lain seperti sulfat sehingga memiliki warna yang berbeda dari logam tembaga murni. Tembaga sulfat pentahidrat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) merupakan salah satu bentuk persenyawaan tembaga (Cu) yang sering ditemukan. Senyawa tersebut biasa digunakan dalam bidang industri, misalnya untuk pewarnaan tekstil, untuk penyepuhan, pelapisan, dan pembilasan pada industri perak. Selain itu, tembaga sulfat pentahidrat juga marak digunakan dalam bidang pertanian dan peternakan, yaitu sebagai fungisida, pupuk Cu, dan sebagai zat pengatur pertumbuhan untuk hewan (Khairuddin dkk., 2021).

Kadar tembaga (Cu) yang tinggi dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan biotik maupun abiotik. Hal ini karena tembaga (Cu) termasuk dalam golongan logam berat. Logam berat merupakan unsur yang stabil dan tidak mudah rusak, sehingga tembaga (Cu) yang masuk ke tanah akan cenderung terakumulasi dan kandungannya akan meningkat secara terus menerus (Khairuddin dkk., 2021).

Logam berat tembaga (Cu) termasuk logam berat yang berpotensi mengganggu kelangsungan hidup tumbuhan. Kadar logam berat yang terlalu tinggi pada tumbuhan dapat menyebabkan terjadinya beberapa dampak yang buruk terhadap tumbuhan tersebut. Salah satu tumbuhan air yang memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat adalah tumbuhan kangkung air (*Ipomea aquatica*) (Prastiwi dan Kuntjoro, 2022).

Secara alamiah, tembaga (Cu) masuk ke dalam badan perairan sebagai akibat dari peristiwa erosi atau pengikisan batuan mineral dan melalui persenyawaan tembaga (Cu) di atmosfer yang dibawa oleh air hujan, serta berasal dari buangan industri, pertambangan Cu dan lainnya. Hal tersebut dapat mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan tembaga (Cu) dalam badan perairan. Keberadaan tembaga (Cu) pada kondisi normal di perairan ditemukan dalam bentuk senyawa CuCO_3 , Cu(OH)_2 dan lain-lain. Apabila dalam badan perairan terjadi peningkatan kelarutan tembaga (Cu) melebihi ambang batas yang seharusnya, maka akan terjadi peristiwa biomagnifikasi terhadap biota-biota perairan (Apriliani, 2010).

Keberadaan logam berat yang tinggi di suatu perairan dapat menurunkan mutu air serta membahayakan lingkungan dan organisme perairan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam dalam limbah cair diantaranya adalah pengendapan, penukar ion dengan resin, filtrasi dan adsorpsi menggunakan karbon aktif (Ningsih dkk., 2016).

2.6 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf atau padatan yang berpori banyak dan memiliki luas permukaan yang besar, biasanya karbon aktif dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan cara pemanasan dengan suhu yang tinggi. Pembuatan atau pengembangan bahan baku karbon aktif sudah banyak dilakukan, contohnya pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa, berbagai macam kayu dan tebu, batubara, dan juga bahan-bahan yang memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi (Rohmah dkk., 2014).

Pembuatan karbon aktif terdiri dari dua tahapan, yaitu tahap karbonisasi dan tahap aktivasi. Karbonisasi adalah proses pembakaran suatu biomassa yang menggunakan alat pirolisis dengan oksigen yang terbatas sedangkan aktivasi adalah suatu proses menghilangkan pengotor yang terdapat pada pori-pori dan membuka pori-pori karbon yang tertutup oleh sisa karbonisasi. Pada pembuatan karbon aktif, faktor yang menentukan bagus atau tidaknya mutu karbon aktif yang dihasilkan tergantung dari bahan baku atau sampel yang digunakan, suhu, aktivator dan cara pembuatannya (Rohmah dkk., 2014).

Karbon aktif memiliki syarat mutu sesuai SNI seperti bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, kadar air maksimal 10%, kadar abu maksimal 15%, karbon aktif murni minimal 65, dan daya serap terhadap iodin minimal 20. Kadar air sering dihubungkan dengan indeks kestabilan khususnya saat penyimpanan. Sampel menjadi awet karena kadar airnya dikurangi sampai batas tertentu, apabila kadar airnya tinggi maka akan mengakibatkan mudahnya tumbuh bakteri dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada sampel tersebut (Raskita, 2014).

Kadar karbon merupakan banyaknya karbon terikat yang terdapat dalam karbon aktif tersebut (Sutapa dan Pujiarti, 2005). Besar kecilnya kadar karbon ini dipengaruhi oleh jumlah kadar air, kadar abu, dan kadar zat mudah menguap pada bahan. Berdasarkan standar kualitas untuk arang aktif, SNI 06-3730-1995 terhadap kadar karbon, persyaratan untuk kadar karbon adalah minimal 65%. Sehingga semakin tinggi kadar karbon yang dihasilkan maka semakin baik arang aktif tersebut (Permatasari dkk., 2014).

Metode yang digunakan untuk penentuan kadar air yaitu dengan metode pengeringan. Pengeringan merupakan metode pengawetan dengan cara pengurangan kadar air dari sampel sehingga daya simpan menjadi panjang. Aktivitas air sangat erat kaitannya dengan kadar air dalam sampel terhadap daya simpan. Tinggi rendahnya nilai aktivitas air akan mempengaruhi waktu simpan dan kualitas dari suatu sampel. Semakin kecil nilai aktivitas air maka semakin lama daya simpan sampel tersebut (Fikriyah dan Nasution, 2021).

Kadar abu merupakan campuran dari komponen anorganik atau mineral yang terdapat pada suatu sampel. Mineral yang terkandung pada sampel walaupun berjumlah sedikit tetapi sangat dibutuhkan. Bahan-bahan organik dalam proses pembakaran akan terbakar tetapi komponen anorganiknya tidak, karena itulah disebut dengan kadar abu. Kadar abu ini bertujuan untuk mengetahui baik atau tidaknya pengelolaan, jenis bahan yang digunakan dan memperkirakan kandungan dan keaslian bahan yang digunakan khususnya pada proses adsorpsi (Fikriyah dan Nasution, 2021).

2.7 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pengumpulan suatu substansi pada permukaan padatan adsorben. Proses adsorpsi ini melibatkan dua komponen utama yaitu adsorben yang merupakan padatan di mana di permukaannya terjadi pengumpulan substansi yang disisihkan dan adsorbat yaitu substansi yang akan disisihkan dari cairan. Kinerja proses adsorpsi dipengaruhi oleh dosis adsorben, luas permukaan adsorben, pH dan konsentrasi adsorbat (Indah, 2022).

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan karena memiliki konsep yang lebih sederhana, murah dan efektif dalam mengurangi dampak negatif lingkungan akibat pencemaran oleh zat warna maupun logam berat karena tekniknya yang lebih sederhana, ekonomis dan ramah lingkungan (Baunsele dan Missa, 2020).

Beberapa metode untuk menghilangkan logam berat dari air limbah telah dilakukan dengan proses secara fisika dan kimia yang meliputi presipitasi, koagulasi, dan pertukaran ion, ekstraksi pelarut, ekstraksi elektrolisis, penguapan, osmosis, dan pertukaran ion tetapi metode-metode tersebut relatif mahal. Sedangkan proses adsorpsi merupakan teknik pemurnian dan pemisahan yang efektif dipakai karena lebih ekonomis dan mudah dalam pengolahan air dan limbah (Priadi dkk., 2014).

Metode adsorpsi telah banyak dikembangkan menggunakan biomassa tumbuhan yang dikenal dengan fitofiltrasi. Dasar pemikiran dari fitofiltrasi adalah dengan menggunakan biomassa tumbuhan yang telah mati sebagai pengikat ion logam (Tangio, 2013). Selain itu telah dikembangkan pula beberapa jenis adsorben

untuk mengadsorpsi logam berat, salah satunya adalah dengan memanfaatkan bahan organik seperti ampas tebu.

2.8 Ampas Tebu

Ampas tebu memiliki sifat fisik yaitu bewarna kekuning-kuningan, berserat dan berserabut, lunak serta relatif membutuhkan tempat yang luas untuk penyimpanan dalam jumlah berat tertentu dibandingkan dengan penyimpanan dalam bentuk karbon dengan jumlah yang sama. Ampas tebu yang dihasilkan dari tanaman tebu tersusun atas penyusun-penyusunnya antara lain air (kadar air 44,5%), serat yang berupa zat padat (kadar serat 52,00 %) dan zat padat yang dapat larut, termasuk gula yang larut (3,50 %) (Apriliani, 2010).



Gambar 1. Ampas tebu

Ampas tebu adalah limbah yang dihasilkan dari industri gula maupun pembuatan minuman dari air tebu. Ampas tebu belum dimanfaatkan secara optimal sehingga membawa masalah bagi industri gula dan lingkungan karena dianggap sebagai limbah (Nurhayati dkk., 2015). Industri gula rata-rata menghasilkan ampas tebu sebesar 32% dari bobot tebu yang digiling. Ampas tebu sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar boiler dan sekitar 1,6% dari bobot ampas tebu tidak dimanfaatkan. Ampas tebu mengandung bahan organik sekitar 90%, sehingga berpotensi untuk dijadikan bahan baku karbon aktif (Nurhayati dkk, 2018).

Ampas tebu dapat berfungsi sebagai adsorben logam berat seperti yang dikemukakan oleh Nurhayati dan Sutrisno (2014) bahwa ampas tebu dapat mengadsorpsi logam Cu(II) sebesar 94,3% pada pH 6,5. Menurut Nurhayati (2015) bahwa karbon aktif dari ampas tebu dengan suhu pembakaran 350°C dan diaktivasi menggunakan CaCO_3 $5,5 \cdot 10^{-5}$ M menghasilkan karbon aktif yang kualitasnya sesuai SNI 06-3730-1995 terutama untuk parameter kadar air dan daya serap iodium (I_2). Karbon aktif sebagai media filtrasi dapat menurunkan Fe sebesar 88% dan kesadahan 60%.

Pada penelitian sebelumnya telah menggunakan kulit salak untuk adsorpsi logam berat tembaga (Cu), maka pada penelitian ini, digunakan ampas tebu yang dirubah menjadi karbon aktif melalui proses karbonisasi pada suhu 350°C dan aktivasi menggunakan NaCl 10% serta kemampuan adsorpsinya terhadap logam berat tembaga yang kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) (Amalia dkk., 2016).

2.9 Fourier Transformed Infrared (FTIR)

Fourier Transformed Infra Red (FTIR) merupakan salah satu instrument yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel tersebut. *Fourier Transform Infra Red* juga digunakan untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks, spektrum yang kompleks dikarenakan terdiri dari banyak puncak yang menandakan adanya gugus fungsi yang ditandai dengan bilangan gelombang. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai

dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10^{-1} . Berdasarkan panjang gelombang tersebut, daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yakni IR dekat ($14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$) yang peka terhadap vibrasi overtone, IR sedang ($4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh ($400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$) untuk menganalisis senyawa anorganik yang membutuhkan teknik khusus (Sari dkk., 2018).

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. *Infra Red* dapat melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak. Spektrofotometer FTIR merupakan alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Sari dkk., 2018).

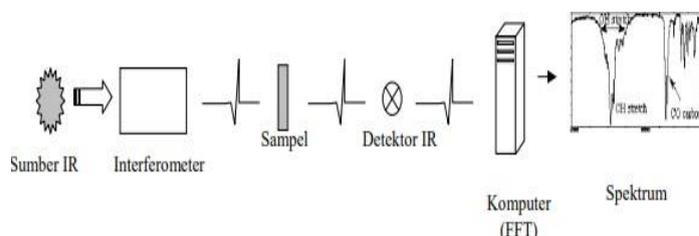
a. Analisis kualitatif

Analisis kualitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk identifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam suatu senyawa yang dianalisis (Sari dkk., 2018).

b. Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel. Metode *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) yang merupakan metode bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif dan dapat mengukur kadar hormon secara kualitatif dan kuantitatif.

Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum inframerah menggunakan spektrum senyawa pembanding yang sudah diketahui (Sari dkk., 2018).



Gambar 2. Proses perubahan sinyal pada FTIR (Suseno dan Firdausi, 2008)

Keterangan jalur keluaran tiap bagian sistem peralatan yaitu sumber cahaya IR menghasilkan cahaya polikromatik daerah inframerah, setelah melewati interferometer diubah menjadi sinyal interferogram, sinyal tersebut diserap sampel, yang diteruskan mengenai sensor diubah dalam bentuk tegangan yang sebanding dengan pola interferogram juga, nantinya setelah dilakukan proses di komputer menggunakan perhitungan FFT akan diperoleh grafik spektrum hubungan antara intensitas serapan sampel dan panjang gelombang (Suseno dan Firdausi, 2008).

2.10 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. SEM juga memfokuskan sinar elektron di permukaan obyek dan

mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek (Farikhin dkk., 2016).

Komponen utama alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) ini pertama adalah tiga pasang lensa elektromagnetik yang berfungsi memfokuskan berkas elektron menjadi sebuah titik kecil, lalu oleh dua pasang *scan coil* discan-kan dengan frekuensi variabel pada permukaan sampel. Semakin kecil berkas difokuskan semakin besar resolusi lateral yang dicapai. Kesalahan fisika pada lensa-lensa elektromagnetik berupa astigmatismus dikoreksi oleh perangkat stigmator. SEM tidak memiliki sistem koreksi untuk kesalahan aberasi lainnya (Sujatno dkk., 2015).

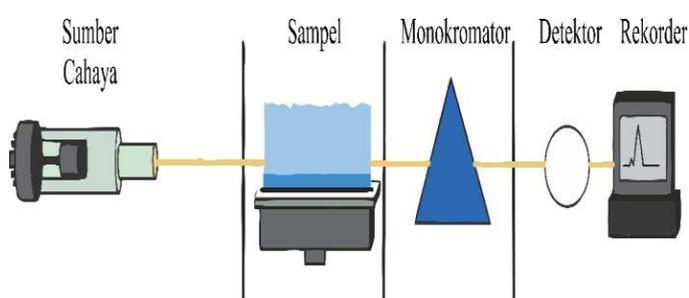
Yang kedua adalah sumber elektron, biasanya berupa filamen dari bahan kawat tungsten atau berupa jarum dari paduan *Lantanum Hexaboride* atau *Cerium Hexaboride* yang dapat menyediakan berkas elektron yang teoretis memiliki energi tunggal (monokromatik), Ketiga adalah imaging detector, yang berfungsi mengubah sinyal elektron menjadi gambar/image. Sesuai dengan jenis elektronnya, terdapat dua jenis detektor dalam SEM ini, yaitu detektor SE dan detektor BSE (Sujatno dkk., 2015).

2.11 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom merupakan instrumen dalam kimia analisis yang menggunakan prinsip energi yang diserap atom dengan menganalisis unsur logam dan metaloid berdasarkan penyerapan energi atom pada tingkat energi dasar. Spektrofotometer serapan atom juga merupakan metode kuantitatif dengan unsur yang sangat luas karena prosedur selektif, spesifik, biaya analisa lebih murah, dan sensitifitas tinggi (batas deteksi kurang dari 1 mg/L). Teknik pengukurannya tidak

memerlukan pemisahan unsur tertentu, karena penentuan unsur yang lebih dari satu dapat dilakukan asal katoda berongga tersedia (Ifa dkk., 2018).

Spektroskopi serapan atom digunakan untuk menganalisis konsentrasi analit dalam sampel. Elektron pada atom akan tereksitasi pada orbital yang lebih tinggi dalam waktu singkat dengan menyerap energi (radiasi pada panjang gelombang tertentu). Spektroskopi serapan atom terdiri atas berbagai komponen yaitu: Sumber radiasi (*hallow cathode*), Sistem pengatoman, Monokromator, Foto detektor (*photomultiplier tube*) dan Rekoreder (Sugito dkk., 2022)



Gambar 3. Komponen utama SSA (Farrukh, 2012)

Prinsip dasar dari spektrofotometri serapan atom adalah tumbukan radiasi (cahaya) dengan panjang gelombang spesifik ke atom yang sebelumnya telah berada pada tingkat energi dasar (*ground-state energy*). Atom tersebut akan menyerap radiasi tersebut dan akan timbul transisi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Intensitas dari radiasi yang dihasilkan berhubungan dengan konsentrasi awal atom pada tingkat energi dasar. Proses atomisasi, yaitu mengubah analit dari bentuk padat, cair, atau larutan membentuk atom-atom gas bebas yang dilakukan dengan energi dari api atau arus listrik. Sebagian besar atom akan berada pada *ground state*, dan sebagian kecil (tergantung suhu) yang tereksitasi akan memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang khas untuk atom tersebut ketika kembali ke *ground state* (Purnami dan Hendri, 2013).