

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian Imawati & Adhitiyawarman, (2015) adsorpsi maksimum ion Pb (II) dalam air menggunakan arang ampas kopi. Dengan mengamati parameter pH, waktu kontak, kecepatan pengadukan dan konsentrasi. Efisiensi adsorpsi terbesar diperoleh Kapasitas adsorpsi maksimum Pb (II) oleh arang aktif ampas kopi yang diaktivasi aktivator HCl dan H₃PO₄ berturut-turut sebesar 4,68295 mg/g dan 2,9941 mg/g.

Berdasarkan penelitian Astandana *et al.*, (2016) menggunakan bahan baku ampas tebu sebagai adsorben. Konsentrasi logam yang semakin besar maka penyerapan karbon akan semakin menurun. Penyerapan karbon terbesar adalah 97,1% pada konsentrasi logam Cu²⁺ 20 ppm dan suhu 40°C.

Penelitian Budiyanto, (2021), menggunakan bahan baku ampas kopi dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 2 jam dan diaktivasi menggunakan aktivator HCl. Efektivitas arang aktif ampas kopi paling efektif menyerap pada pada kecepatan 200 rpm dengan waktu 45 menit hasil adsorpsi sebesar 99,997%. Sedangkan kecepatan 400 rpm dengan waktu kontak 15 menit 32 dengan efektivitas sebesar 99,920%, menjadi nilai efektivitas terkecil dari seluruh perlakuan dalam eksperimen

Penelitian Adriansyah, (2020) untuk Mengetahui kemampuan biosorben kulit kopi dalam menyerap ion logam Cu²⁺ dan Cr²⁺. Pada pH 4 biosorpsi ion logam Cu dan Cr telah mencapai optimum.

Menurut Dharmawan & Herdyastuti, (2019) menggunakan karbon sebagai adsorben logam tembaga dalam limbah laboratorium yang di aktivasi secara fisika dengan dioven selama 24 jam dengan suhu 110 °C. Ditumbuk menggunakan mortar dan alu, lalu diayak menggunakan ayakan ukuran 100 mesh. Hasil dari penelitian Efisiensi adsorpsi terbesar diperoleh pada konsentrasi limbah 100 ppm yaitu sebesar 99,75%.

Penelitian Baryatik *et al.*, (2019) menggunakan arang ampas kopi sebagai adsorben kadmium pada air sumur, bahan yang digunakan antara lain bubuk kopi dan air sumur. Hasil yang diperoleh dari perhitungan sebesar 0,000. Penurunan kadar Cd tertinggi yaitu pada kelompok P3 sebesar 55.75%.

Menurut Samosir *et al.*, (2019) menggunakan adsorben diaktivasi menggunakan HCl dengan waktu 48 jam, dikeringkan pada suhu 110°C selama 3 jam. Diperoleh daya serap arang aktif dengan konsentrasi 0,5 gr, 1 gr, dan 2 gr dengan lama perendaman 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Konsentrasi dan lama perendaman berpengaruh terhadap penyerapan logam Cu.

Berdasarkan penelitian Juvita *et al.*, (2020) kinetika adsorpsi karbon dalam penurunan konsentrasi logam tembaga (Cu)²⁺ dan timbal (Pb)²⁺. Waktu kontak optimum penyerapan yaitu 40 menit dengan masa karbon 1,5 gram. Didapatkan efisiensi penyerapan optimum sebesar 34,1753% untuk penyerapan logam Cu (II) dan 85.6050% untuk penyerapan logam Pb (II).

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No.	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	Imawati & Adhitiyawarman (2015)	Mengetahui karakteristik, kondisi optimum, dan kapasitas adsorpsi arang ampas kopi terhadap Pb (II).	Efisiensi adsorpsi terbesar diperoleh Kapasitas adsorpsi maksimum Pb(II) oleh arang aktif ampas kopi diaktivasi menggunakan HCl dan H ₃ PO ₄ berturut-turut sebesar 4,68295	Penjerapan logam Tembaga (Cu) ²⁺ . Ampas kopi jenis robusta.

No.	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			mg/g dan 2,9941 mg/g.	
2	Astandana (2016)	Mengetahui kesetimbangan adsorpsi logam Cu^{2+} menggunakan karbon ampas tebu sebagai adsorben	Penyerapan karbon terbesar adalah 97,1% pada konsentrasi logam Cu^{2+} 20 ppm dan suhu 40°C	- Bahan baku yang digunakan yaitu ampas kopi robusta. - Arang aktif digunakan dalam penjerapan logam Pb^{2+} .
3	Adriansyah (2018)	Mengetahui kemampuan biosorben kulit kopi dalam menjerap ion logam Cu^{2+} dan Cr^{2+} .	Pada pH 4 biosorpsi ion logam Cu^{2+} dan Cr^{2+} telah mencapai optimum.	- Bahan baku yang digunakan ampas kopi robusta. - Arang aktif digunakan dalam penjerapan logam Pb^{2+} .
4	Dharmawan (2019)	Mengetahui kapasitas adsorpsi karbon aktif komersial dalam	Limbah laboratorium 25 ml dan konsentrasi ion logam 100 ppm diperoleh	- Bahan baku yang digunakan menggunakan ampas kopi robusta.

No.	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		penjerapan logam Cu^{2+}	efisiensi terbesar dengan nilai 99,75%.	<ul style="list-style-type: none"> - Arang aktif digunakan dalam penjerapan logam Pb^{2+}. - Limbah laboratorium menggunakan limbah limbah cair sisa hasil praktik kimia analisis.
5	Baryatik (2019)	Menganalisis arang ampas kopi dalam menurunkan kadar Cd dalam air sumur dengan menggunakan aktivator HCl.	Presentase penurunan tertinggi yaitu 55,75%.	<ul style="list-style-type: none"> - Penjerapan Ion Logam tembaga (Cu^{2+}) dan timbal (Pb^{2+}). - Aktivator yang digunakan H_3PO_4. - Bahan baku yang digunakan menggunakan ampas kopi robusta.

No.	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
6	Budiyanto (2020)	Mengetahui efektivitas penyerapan arang aktif untuk menurunkan Fe dengan menggunakan aktivator HCl.	Efektivitas arang aktif ampas kopi paling efektif menyerap pada kecepatan 200 rpm dengan waktu 45 menit hasil adsorpsi sebesar 99,997%. Sedangkan kecepatan 400 rpm dengan waktu kontak 15 menit 32 dengan efektivitas sebesar 99,920%, menjadi nilai efektivitas terkecil dari seluruh perlakuan dalam eksperimen	<ul style="list-style-type: none"> - Penjerapan Ion Logam tembaga (Cu)²⁺ dan timbal (Pb)²⁺ dalam limbah limbah cair sisa hasil praktik kimia analisis. - Bahan baku yang digunakan menggunakan ampas kopi robusta. - Aktivator yang digunakan H₃PO₄.
7	Anggriani <i>et al</i> (2021)	Mengetahui Kinetika adsorpsi karbon aktif dalam penurunan konsentrasi	Variasi massa dan variasi waktu kontak berpengaruh terhadap penurunan	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan baku adsorben dari ampas kopi robusta. - Variasi massa arang

No.	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		logam Tembaga (Cu) ²⁺ dan Timbal (Pb) ²⁺ .	konsentrasi logam Cu ²⁺ dan Pb ²⁺ . Adsorben karbon aktif dengan massa 1,5 gram pada waktu kontak 40 menit.	aktif 1,5, 2, 2,5 gram. - Variasi pH larutan 4,6,8.
8	Sholikhah <i>et al</i> (2021)	Mengetahui kemampuan adsorpsi karbon aktif dari limbah sabut kelapa untuk penurunan kadar kromium (Cr ⁺⁶). Dengan aktivator H ₃ PO ₄ .	Nilai daya jerap optimum yang diperoleh sebesar 3,464 mg/g.	- Penjerapan Ion Logam Tembaga (Cu) ²⁺ dan Timbal (Pb) ²⁺ dalam limbah cair sisa hasil praktik kimia analisis. - Bahan baku yang digunakan menggunakan ampas kopi robusta.
9	Andamani (2022)	Mengurangi kandungan Kadmium (Cd) dalam media air	Mendapatkan kondisi pH optimum 8	Aktivator H ₃ PO ₄ .

No.	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dengan menggunakan aktivator HCl		
10	Guntama <i>et al</i> (2023)	Mengetahui aktivator terbaik sesuai SNI 06-3730-1995. Menggunakan H ₃ PO ₄ dan HCl.	Didapatkan hasil kadar arang aktif ampas kopi arabika dengan aktivator Asam Klorida Asam Klorida (HCl) 0,1 N sebesar 8,1175 % dan Asam Posfat (H ₃ PO ₄) 0,1 N adalah 8,0259 % . Kadar abu yang didapat arang aktif ampas kopi dengan aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N adalah 4,5981% dan H ₃ PO ₄ 0,1 N adalah 4,3491%. Daya serap terhadap iodium arang aktif menggunakan	- Konsentrasi aktivator 0,1 M. - Bahan baku yang digunakan menggunakan ampas kopi robusta. - Penjerapan Ion Logam Tembaga (Cu) ²⁺ dan Timbal (Pb) ²⁺ dalam limbah laboratorium praktik kimia analisis.

No.	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			aktivator Asam Klorida (HCl) 0,1 N adalah 401,7964 mg/g dan Asam Posfat (H ₃ PO ₄) 0,1 N adalah 406,08 mg/g.	

Kebaruan dalam penelitian ini Terdapat pada pembuatan adsorben menggunakan bahan dari limbah ampas kopi robusta yang diaktivasi menggunakan Asam Fosfat (H₃PO₄). Selain itu, pengaplikasian menggunakan limbah cair sisa hasil dari praktik kimia analisis yang didapatkan dari Laboratorium Rekayasa Proses, Program Studi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap.

2.2 Teori-Teori Yang Relevan

2.2.1 Ampas Kopi

Kopi adalah komoditas di dunia yang dibudidayakan dari 50 negara. Konsumsi global mencapai 70% dari spesies kopi arabika dan 265 sari spesies robusta. Kopi merupakan famili dari *Rubiaceae genus Coffea*. Di dunia terdapat 80 spesies kopi yang diidentifikasi. Kopi yang sering diproduksi dan dikonsumsi masyarakat dunia yaitu kopi arabika dan robusta (Farhaty & Muchtaridi, 2016).

Kopi Robusta merupakan keturunan beberapa spesies kopi, terutama *Coffea canephora*. Kopi robusta merupakan salah satu varietas kopi yang paling terkenal dan paling sering ditemukan, terutama di Indonesia. Kopi robusta cenderung lebih mudah ditanam karena bisa tumbuh di dataran rendah, tahan terhadap panas, dan juga tahan terhadap hama. Jenis kopi ini tumbuh baik di ketinggian 400-700 m dpl, temperatur 21-24°C dengan bulan kering 3-4 bulan secara berturut-turut dan 3-4 kali hujan kiriman.

Ampas kopi yang berasal dari rumah makan atau limbah industri *coffe shop* merupakan salah satu limbah dari agroindustri. Semakin banyak kopi yang dikonsumsi semakin banyak pula jumlah limbah ampas kopi yang dihasilkan. Menurut Kementerian Pertanian (2017), pada tahun 2016, produksi kopi di Indonesia mencapai 693,3 ribu ton. Limbah ampas kopi yang dihasilkan banyak dan memerlukan penanganan untuk meminimalisir limbah ampas kopi tersebut. Ampas kopi memiliki komponen senyawa kimia selulosa yang dapat dikonversi menjadi arang. Komponen ampas kopi dapat dilihat dalam tabel 2.2. berikut ini merupakan komposisi komponen ampas kopi.

Tabel 2. 2 Komponen Ampas Kopi

Komponen	Kandungan (g/100g)
Selulosa	12,40
Hemiselulosa	39,10
Ligin	23,90
Lemak	2,29
Abu	1,30
Protein	17,44
Nitrogen	2,79

Sumber : (Ballesteros et al., 2014)

Berikut ini adalah gambar ampas kopi yang akan diarangkan, dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 2. 1 Ampas Kopi Sumber : (Peneliti, 2023)

2.2.2 Arang Aktif

Arang aktif adalah padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon dan memiliki luas permukaan yang sangat tinggi. Penggunaan biomassa sebagai bahan baku dengan proses pemanasan pada suhu tinggi untuk menghasilkan arang aktif. Setelah proses karbonisasi, arang dirubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi untuk menghilangkan senyawa kimia yang menutupi permukaan arang sehingga pori-pori di dalamnya membesar. Arang aktif dapat diaktifkan dengan proses aktivasi fisika atau proses kimia (Sahara *et al.*, 2017). Berikut merupakan karakteristik arang aktif yang digunakan mengacu pada standar SNI 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif teknis. Standar SNI arang aktif teknis dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Standar Kualitas Arang Aktif

Uraian	Persyaratan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C (%)	Maks. 25
Kadar Air (%)	Maks. 15
Kadar abu (%)	Maks. 10
Bagian yang tidak terarang	Tidak ternyata
Daya serap iodin (mg/g)	Min. 750
Karbon aktif murni (%)	Min. 65
Daya serap terhadap benzene (%)	-
Daya serap terhadap metilen biru (mg/g)	Min. 120
Kerapatan jenis curah (g/mL)	0,30-0,35
Lolos ukuran mesh 325%	Min. 90
Jarak mesh (%)	-
Kekerasan (%)	-

Sumber : (SNI 3730-1995)

2.2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang terdapat dalam larutan. Adsorpsi merupakan penggumpalan dari adsorbat di atas permukaan adsorben. adsorpsi adalah penyerapan dari adsorbat ke dalam adsorben. Partikel yang diadsorpsi disebut dengan adsorbat, sedangkan bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut dengan adsorben (Pratomo *et al.*, 2017) Proses adsorpsi adalah teknik pemurnian dan pemisahan yang efektif karena lebih murah untuk pengolahan air dan limbah. Proses ini dapat digunakan dalam konsentrasi logam yang rendah dan industri dengan biaya yang terbatas (Liu *et al.*, 2013).

Metode adsorpsi dibagi menjadi dua antara lain:

1. Adsorpsi fisika

Merupakan suatu proses bolak balik apabila terjadi daya tarik menarik antar zat terlarut dengan pelarutnya maka zat terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi fisika terjadi pada zat yang bersuhu rendah dengan adsorpsi relatif rendah. Derajat adsorpsi fisika sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, hal ini menyebabkan gaya yang menahan adsorpsi molekul fluida cenderung cepat tercapai dan bersifat reversibel karena kebutuhan energi yang sangat kecil (Kurniawan, 2014).

2. Adsorpsi kimia

Merupakan reaksi yang terjadi antar zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi. Adsorpsi kimia bersifat spesifik, terjadi berdasarkan ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat. Terjadinya ikatan kimia menyebabkan permukaan adsorben dapat membentuk satu lapisan dan jika berlanjut m adsorben tidak mampu menyerap zat lainnya. Proses kimia bersifat *irreversible* (Kurniawan, 2014).

a. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu bahan menurut Yahya (2018).

1. Karakteristik fisik dan kimia adsorben, antara lain luas permukaan, ukuran pori, adsorpsi kimia dan sebagainya.

2. Karakteristik kimia adsorbat, antara lain ukuran molekul, polaritas molekul, komposisi kimia dan sebagainya.
3. Konsentrasi adsorbat dalam larutan
4. Karakteristik larutan, antara lain pH dan temperatur
5. Lama waktu adsorpsi

2.2.4 Aktivasi

Aktivasi merupakan proses memperbesar luas permukaan dalam hasil karbonisasi dengan pelepasan hidrokarbon dan tar yang melekat pada karbon tersebut sehingga daya serapnya semakin besar. Berikut adalah beberapa metode cara aktivasi menurut Farhaty & Muchtaridi (2016) sebagai berikut:

1. Aktivasi kimia

Aktivasi kimia adalah terputusnya rantai karbon pada senyawa organik dengan bantuan bahan kimia. Pada proses aktivasi kimia, karbon dicampur dengan bahan kimia berbentuk larutan yang berfungsi sebagai aktivator

2. Aktivasi fisika

Aktivasi fisika adalah terputusnya rantai karbon pada senyawa organik bantuan uap, panas, dan karbon dioksida. Gas digunakan untuk memperbesar pori-pori pada karbon sehingga luas permukaan karbon meningkat. Panas berfungsi untuk membuang zat pengotor mudah menguap dan hidrokarbon pengotor pada karbon

3. Aktivasi kimia-fisika

Aktivasi kimia-fisika adalah gabungan dari aktivasi kimia dan fisika. Aktivasi secara fisika-kimia memiliki keunggulan yaitu struktur pori yang lebih baik dan luas permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan aktivasi secara kimia dan secara fisika.

2.2.5 Aktivator H_3PO_4

Aktivator adalah suatu zat yang dapat mengurangi pengotor pada suatu bahan. Aktivator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Asam fosfat (H_3PO_4). Asam fosfat merupakan larutan asam lemah. Asam fosfat adalah senyawa berbentuk cair, tidak berbau, dan tidak menguap. Aktivator asam fosfat dapat

membantu mendorong zat pengotor sehingga luas permukaan pori-pori arang aktif lebih optimal dalam proses penyerapan. Sifat fisik dan kimia Asam fosfat dapat dilihat dalam tabel 2.4

Tabel 2. 4 Sifat Fisik dan Kimia Asam fosfat

Uraian	Keterangan
Bentuk	Cair
Warna	Tidak berwarna
Berat molekul	98 g/mol
Titik didih	135 °C
Titik lebur	42,35 °C

Sumber : (*Material Safety Data Sheet (MSDS)*)

2.2.6 Logam Pb²⁺

Timbal atau plumbum adalah logam dengan nomor atom 82, massa atom 207,2, titik lebur 327,5 °C, titik didih 1,79 °C. Timbal adalah unsur (golongan IV A) yang berwarna abu-abu kebiruan, yang relatif lengai atau tidak mudah bereaksi. Dalam keseharian lebih dikenal dengan timah hitam merupakan logam yang lunak dan tahan terhadap korosi atau karat sehingga logam timbal sering digunakan sebagai bahan coating atau bahan pelapis. Pb²⁺ dan persenyawaannya dapat berada dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak terhadap aktivitas manusia. Secara alamiah, Pb²⁺ dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb²⁺ di udara dengan bantuan air hujan. Pb²⁺ yang masuk ke dalam badan perairan sebagai dampak aktivitas manusia diantaranya adalah air buangan limbah dari industri yang berkaitan dengan Pb²⁺, misalnya dari pertambangan bijih timah hitam dan buangan sisa industri baterai. Dalam badan perairan, konsentrasi Pb²⁺ yang mencapai 188 mg/L dapat membunuh ikan-ikan. Keracunan timbal bersifat akut dan kronis. Hal itu disebabkan senyawa-senyawa Pb²⁺ dapat memberikan racun terhadap banyak fungsi organ dan sistem saraf yang terdapat dalam tubuh (Palar, 1994). Sifat fisik dan kimia logam Pb²⁺ dapat dilihat dalam tabel 2. 5

Tabel 2. 5 Sifat Fisik dan Kimia Logam (Pb)²⁺

Uraian	Keterangan
Warna	Abu-abu kebiruan
Nomor atom	82
Massa atom	207,2
Titik didih	1,79 °C
Titik lebur	327,5 °C

Sumber : (*Material Safety Data Sheet* (MSDS))

2.2.7 Logam Cu²⁺

Tembaga (Cu) adalah logam dengan nomor atom 29, masa atom 63,546, titik lebur 1083 °C, titik didih 2310 °C. Tembaga adalah logam transisi (golongan 1 B yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa. Tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup. Logam Cu²⁺ termasuk logam berat essensial, meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu²⁺ baru akan bekerja bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme (Palar, 1994). Sifat fisik dan kimia logam Cu²⁺ dapat dilihat dalam tabel 2.6

Tabel 2. 6 Sifat Fisik dan Kimia Logam (Cu)²⁺

Uraian	Keterangan
Warna	Kemerahan
Nomor atom	29
Massa atom	63,546
Titik didih	2310 °C
Titik lebur	1083 °C

Sumber : (*Material Safety Data Sheet* (MSDS))

2.2.8 Limbah Laboratorium

Limbah laboratorium merupakan limbah buangan dari hasil reaksi-reaksi berbagai larutan kimia berbahaya. Larutan kimia mengandung bahan kimia toksik dan logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Tidak hanya bahan-bahan kimia, akan tetapi dimiliki oleh logam-logam berat misal Cu²⁺, Pb²⁺,

Fe, Hg, Cr²⁺ dan lainnya. Berdasarkan zat yang terkandung di dalam limbah cair laboratorium secara kolektif dan dalam kurun waktu yang lama apabila dibuang langsung ke lingkungan akan mencemari lingkungan, seperti merusak struktur tanah, mengancam kelangsungan hidup ekosistem air maupun darat, serta berdampak bagi kesehatan manusia. Hal ini akan membahayakan bagi lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan untuk meminimalisir dari bahaya bahan kimia (Audiana *et al.*, 2014). Limbah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah hasil sisa praktik kimia analisis yang didapatkan dari Laboratorium Rekayasa Proses, Program Studi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap. Tabel baku mutu limbah laboratorium dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 7 Baku Mutu Limbah Cair

Parameter	Satuan	Golongan	
		1	2
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0
TDS	mg/l	2.000	4.000
TSS	mg/l	200	400
Temperatur	°C	38	40
Tembaga (Cu) ²⁺	mg/l	2	3
Timbal (Pb) ²⁺	mg/l	0,1	1
BOD ₅	mg/l	50	150
COD	mg/l	100	300
Besi terlarut (Fe)	mg/l	5	10
Mangan terlarut	mg/l	2	5
Barium (Ba)	mg/l	2	3
Seng (Zn)	mg/l	5	10
Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,1	0,5
Krom Total (Cr)	mg/l	0,5	1
Cadmium	mg/l	0,05	0,1

Parameter	Satuan	Golongan	
		1	2
Air Raksa (Hg)	mg/l	0,002	0,005
Stanum (Sn)	mg/l	2	3
Arsen (As)	mg/l	0,1	0,5
Selesnium (Se)	mg/l	0,05	0,5
Nikel (Ni)	mg/l	0,2	0,5
Kobalt (Co)	mg/l	0,4	0,6
Sianida (CN)	mg/l	0,05	0,5
Sulfida (H ₂ S)	mg/l	0,5	1
Fluorida (F)	mg/l	2	3
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/l	1	2
Amonia-Nitrogen (NH ₃ -N)	mg/l	5	10
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	20	30
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	1	3
Total Nitrogen	mg/l	30	60
Senyawa aktif biru metilen	mg/l	5	10
Fenol	mg/l	0,5	1
Minyak & Lemak	mg/l	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/100ml	10.000	

(Sumber : Permenlhk Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah)

Keterangan:

Golongan I = BOD < 1500 ppm dan COD < 3000 ppm

Golongan II = BOD > 1500 ppm dan COD > 3000 ppm

 = Parameter yang diujikan

2.2.9 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Kadar pH yang ideal tentunya tidak terlalu asam dan tidak terlalu basa. Nilai pH yang normal adalah netral, yaitu 6-8. Nilai pH menentukan apakah larutan bersifat asam, netral atau basa. Jika pH 0 sangat asam, pH 7 netral, pH 14 sangat basa. Semakin banyak kandungan asam di dalam air, maka hal ini menjadi kurang baik bagi kesehatan, karena kandungan zat besi di dalam air kadar pH nya tinggi (Zulius, 2017).

2.2.10 Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid merupakan jumlah padatan yang berasal dari material-material terlarut yang dapat melewati filter yang lebih kecil daripada 2 μm . Semakin besar jumlah padatan terlarut didalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar (Irwan & Afdal, 2016). Nilai TDS yang tinggi dapat menyebabkan kekeruhan yang tinggi di air. Kekeruhan yang tinggi dapat menghalangi sinar cahaya matahari yang masuk ke dalam air (Puspita *et al.*, 2016).

2.2.11 Total Suspended Solid (TSS)

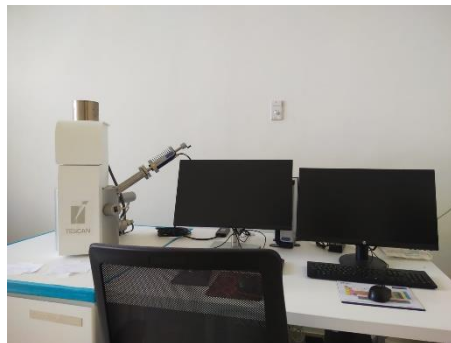
Total Suspended Solid merupakan material yang halus di dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter. Nilai konsentrasi TSS yang tinggi dapat menurunkan aktivitas fotosintesa dan penambahan panas di permukaan air sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan air menjadi berkurang (Hariyanto & Budiarto, 2018).

2.2.12 Temperatur

Temperatur adalah ukuran panas atau dinginnya suatu benda, suhu masuk dalam besaran fisika yang menyatakan derajat panas suatu benda atau zat tertentu. Perubahan temperatur permukaan dapat berpengaruh terhadap proses fisik, kimia dan biologi di perairan tersebut (Hamuna *et al.*, 2018). Temperatur perairan sangat dipengaruhi oleh musim (kondisi awan), proses interaksi air dan udara, letak geografis dan hembusan angin (Silalahi *et al.*, 2017) .

2.2.13 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) ialah jenis mikroskop elektron yang menggambar spesimen dengan memindai berkas elektron yang berenergi tinggi dalam pola raster. Elektron memiliki daya resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya dapat mencapai 200 nm, tetapi elektron dapat mencapai resolusi hingga 0,1-0,2 nm. Elektron berinteraksi dengan atom dan sampel menghasilkan sinyal berisi informasi mengenai topografi permukaan, komposisi dan sifat lain seperti konduktivitas listrik. Prinsip kerja SEM ialah cahaya elektron menghasilkan berkas elektron, yang dipercepat melalui anoda. Kemudian lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel. Sebuah sinar elektron yang terfokus akan memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Berkas elektron ini mengenai sampel dan memancarkan serangkaian elektron dan sinar-X. Detektor mengumpulkan sinar-X dan elektron (elektron sekunder dan elektron hamburan balik) dan mengubahnya menjadi sinyal yang ditransmisikan ke layer (Widayatno *et al.*, 2017). Dibawah ini merupakan gambar alat SEM



Gambar 2. 2 Alat SEM merck Tescan Sumber : (Peneliti, 2023)

2.2.14 Hipotesis

Dari uraian sebelumnya, maka akan muncul beberapa dugaan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Arang yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 menghasilkan karbon aktif sesuai SNI 06-3730-1995. Dengan kadar air kurang dari 15%, kadar abu kurang dari 10%, dan daya serap iodin diatas 750 mg/g.
2. Arang aktif yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 mempunyai ukuran mikropori.

3. Arang aktif dari ampas kopi efektif dalam menurunkan logam tembaga $(\text{Cu})^{2+}$ sebesar 97,1% dan logam timbal $(\text{Pb})^{2+}$ sebesar 99,40%.
4. Penyerapan arang aktif ampas kopi mempunyai kapasitas adsorpsi yang tinggi.