

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A Tinjauan Logam Berat

Terminologi “logam berat” telah banyak digunakan di berbagai literatur ilmiah, terutama dalam bidang pencemaran lingkungan dan kesejahteraan manusia. Namun demikian, konsensus tentang definisi yang tepat dari logam berat tetap sulit dipahami, dengan beberapa sarjana berpendapat bahwa istilah tersebut tidak memiliki kejelasan dan dasar kimia yang terdefinisi dengan baik yang berkaitan dengan toksisitas. (Pourret, 2018). Kurangnya kejelasan ini telah menimbulkan tantangan besar dalam memprediksi dampak toksikologis secara akurat dan merumuskan standar perbaikan untuk area yang terkontaminasi oleh logam berat. (Dubé & Galvez-Cloutier, 2005). Selanjutnya, potensi toksik logam berat bergantung pada beberapa variabel, termasuk tingkat konsentrasi, durasi paparan, dan rute paparan, seperti yang dijelaskan oleh (Rama Jyothi, 2021) juga diakui bahwa logam berat memiliki kemampuan untuk mengganggu proses biologis, mempengaruhi sistem hormonal, dan menghambat pertumbuhan berbagai jaringan tubuh. (KANNAUJIA & SINGH, 2012). Dalam bidang ilmu lingkungan, keberadaan logam berat dalam cadangan tanah dan air telah muncul sebagai titik fokus kritis. Pemeriksaan dispersi spasial dan asal-usul polusi logam berat yang masuk akal di daerah pinggiran kota sangat penting. Selain itu, memahami mobilitas logam berat dalam tanah yang tercemar sangat penting untuk menilai potensi konsekuensi mereka dan menggambarkan tolok ukur remediasi yang tepat. (Dubé & Galvez-Cloutier, 2005)

Dari perspektif kesehatan masyarakat, dampak racun logam berat pada kesejahteraan manusia telah mengumpulkan perhatian yang signifikan dalam komunitas penelitian. Investigasi keberadaan logam berat dalam sereal sarapan dan potensi implikasi kesehatannya telah dilakukan dengan menggunakan metodologi analitis canggih. Selanjutnya, studi yang mengeksplorasi efek modulasi logam berat pada sifat anti-inflamasi aspirin telah mengungkapkan interaksi rumit antara logam berat dan sistem biologis. (Husainov et al., 2010).

B Tinjauan Logam Timbal (Pb)

1. Logam Timbal (Pb)

Timbal, unsur logam yang ditandai dengan penampilannya yang putih kebiruan dan abu-abu keperakan, memiliki nomor atom 82, berat atom 207,20 g/mol, dan titik leleh 327° C. Karena keberadaannya di tanah, timbal diketahui beracun bagi hewan. Penerapan timbal yang luas menimbulkan kekhawatiran di kalangan pencinta lingkungan. Seperti dilansir BSN (2009), berbagai senyawa timbal dapat disintesis melalui reaksi timbal dengan senyawa yang berbeda, termasuk timbal oksida (PbO), timbal klorida (PbCl₂), antara lain. Logam berat ini, Pb, dianggap merugikan tanaman karena dapat mengganggu siklus penyerapan nutrisi tanah. Sampai saat ini, logam timbal diakui sebagai polutan yang mampu mencemari tanah dan lingkungan. (Juhaeti, 2004) Batas yang diizinkan untuk keberadaan logam Pb dalam tanah ditetapkan pada 100 ppm, menurut Kementerian Negara untuk Kependudukan dan Lingkungan Hidup Indonesia dan Universitas Dalhousie Kanada (1992).



Gambar 1. Logam Pb (Unair news.ac.id)

Timbal (Pb) diakui sebagai logam berat yang terkenal karena karakteristik berbahaya dan ketahanannya di lingkungan. Kehadirannya di lingkungan akuatik merupakan perhatian yang signifikan karena sifatnya yang tidak dapat terdegradasi dan potensi bahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. (Nurfadhilla et al., 2020) Penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kontaminasi timbal pada berbagai komponen lingkungan seperti air laut, sedimen, organisme laut, dan air limbah industry. (Barokah et al., 2019) Akumulasi timbal dalam organisme laut dan air laut telah mendorong penelitian yang berfokus pada risiko yang terkait dengan polusi timbal di ekosistem perairan,

menurut (Malau et al., 2018) Penelitian penggunaan timbal sebagai kontaminan dalam air limbah laboratorium dan pengendapannya melalui natrium sulfida, menggarisbawahi perlunya metode pengolahan yang efisien untuk mengurangi polusi timbal. (Anami et al., 2020). Peran potensial organisme tertentu seperti *Skeletonema costatum* dan *Sargassum* sp. dalam memperbaiki kontaminasi timbal dalam limbah industri dan lingkungan laut telah dieksplorasi, menunjukkan minat yang berkembang dalam pendekatan bioremediasi untuk mengatasi polusi timbal. (Malau et al., 2018)

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mengidentifikasi berbagai sumber melalui mana timbal dapat memasuki lingkungan dan tubuh manusia, termasuk udara, air minum pipa yang mengandung timbal, baterai, cat, krayon, kosmetik, tinta cetak, solder, pemberat pancing, peluru dari senjata api, furnitur, pernis, dan tanah. Paparan timah pada manusia dapat terjadi melalui inhalasi melalui saluran pernapasan, konsumsi melalui saluran pencernaan, dan penyerapan kulit melalui kulit, seperti ketika individu menghirup udara yang terkontaminasi, mengonsumsi makanan tercemar, atau menyerap timbal melalui kulit, atau dalam kasus wanita hamil, melalui plasenta.

2. Mekanisme Penyerapan logam timbal Pb pada Tanaman

Mekanisme penyerapan timbal (Pb) pada tanaman mencakup beragam faktor dan proses yang telah dipelajari secara ekstensif dalam literatur ilmiah. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penyerapan timbal oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh tingkat pH lingkungan, dengan lingkungan pH netral diidentifikasi sebagai yang paling kondusif untuk penyerapan timbal oleh organisme tanaman. (Putri & Anggraini, 2022). Selain itu, penelitian pemanfaatan kitosan yang berasal dari exoskeleton *Portunus pelagicus* telah dilakukan untuk mengevaluasi kemanjurannya sebagai bioadsorben untuk timbal, dengan hasil yang menjanjikan diamati dalam hal kemampuan penyerapan timbal. (Supriyantini et al., 2018). Beberapa Komunitas ilmiah juga telah meneliti potensi spesies tanaman tertentu, seperti *Eucheuma cottonii* dan *Vetiveriazizanooides L.*, dalam proses menyerap dan mengakumulasi timbal, menunjukkan kemahiran mereka sebagai biofilter dan akumulator logam berat, sebagaimana diuraikan dalam studi oleh (Mayori et al., 2020) dan (Gurnita et al., 2017).

Selanjutnya, penelitian telah dilakukan mengenai penyerapan timbal di berbagai bagian tanaman, mengungkapkan bahwa semua

komponen tanaman menunjukkan kapasitas yang besar untuk mengakumulasi timbal, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan oleh (Jia et al., 2022) Selain itu, pemanfaatan gabungan rumput laut (*Eucheuma cottonii*) dan kerang hijau (*Perna viridis*) telah dieksplorasi sebagai metode biofiltrasi untuk timbal, menggarisbawahi potensi kemanjuran sistem biofiltrasi dalam mengurangi kontaminasi timbal. (Mayori et al., 2020). Penerapan nanopartikel Fe_3O_4 juga telah menjadi subjek penelitian ilmiah untuk tujuan penyerapan timbal, dengan penelitian yang menunjukkan efektivitas bahan nano dalam upaya remediasi timbal. (Sartika & Permatasari, 2018). Akibatnya, mekanisme yang terlibat dalam penyerapan timbal pada tanaman mencakup serangkaian proses yang kompleks, meliputi faktor-faktor seperti pengaruh tingkat pH, potensi spesies tanaman tertentu untuk menyerap timbal, dan pemanfaatan bahan seperti kitosan dan bahan nano untuk remediasi timbal, sebagaimana dijelaskan oleh berbagai studi penelitian di lapangan.

3. Mekanisme Penyerapan logam timbal Pb pada Tubuh

Proses penyerapan timbal (Pb) dalam tubuh manusia adalah fenomena multifaset yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa akumulasi timbal pada makhluk air, seperti ikan, dapat memicu proses yang dikenal sebagai biomagnifikasi dalam tubuh manusia, menekankan sifat rumit jalur paparan timbal. Selain itu, keberadaan timbal dalam sumber air yang tercemar dapat menyebabkan biokonsentrasi pada populasi ikan, yang pada akhirnya menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan bagi manusia. (Sukma et al., 2021). Akibatnya, konsumsi ikan panggang dapat mengakibatkan akumulasi timbal di kedua jaringan lunak, seperti sistem saraf, ginjal, dan hati, dan jaringan keras, termasuk tulang, gigi, kuku, dan rambut, sehingga menggarisbawahi sifat pervasif dari toksisitas timbal dalam tubuh manusia. Dampak merugikan timbal pada kesehatan manusia telah didokumentasikan secara ekstensif dalam penelitian histopatologis, yang telah mengungkapkan kerusakan hati yang berasal dari peningkatan kadar radikal bebas dan stres oksidatif. (Karina et al., 2022).

Selanjutnya, hubungan antara konsentrasi timbal darah dan kinerja akademik di antara anak sekolah berfungsi sebagai pengingat pedih tentang efek buruk paparan timbal pada fungsi kognitif dan kesejahteraan secara keseluruhan. (ROMLI, 2017). Temuan yang saling berhubungan ini menggarisbawahi kebutuhan mendesak akan strategi

komprehensif yang bertujuan mengurangi paparan timbal dan menjaga kesehatan masyarakat melalui intervensi yang ditargetkan dan langkah-langkah peraturan untuk membatasi konsekuensi merugikan yang terkait dengan toksisitas timbal. Sebagai kesimpulan, interaksi yang rumit antara penyerapan timbal, bioakumulasi, biomagnifikasi, dan dampak kesehatan selanjutnya memerlukan pendekatan holistik untuk mengatasi masalah kesehatan masyarakat yang mendesak ini dan memastikan kesejahteraan populasi yang berisiko paparan timbal.

4. Cemaran Logam Berat dan Dampaknya Bagi Kesehatan

Kontaminasi logam berat, terutama timbal (Pb), dalam berbagai matriks lingkungan seperti air, sedimen, dan biota telah diteliti secara ekstensif dalam studi ilmiah. Kehadiran timbal dalam komponen lingkungan ini dapat mengakibatkan bioakumulasi dan menimbulkan risiko kesehatan potensial bagi manusia dan organisme lain. Untuk mengukur kadar timbal dan logam berat lainnya dalam sampel, penelitian ini menggunakan teknik analisis canggih seperti Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). (Agustriani et al., 2016)

Potensi efek kesehatan yang merugikan dari kontaminasi timbal telah digarisbawahi, termasuk akumulasi dalam biota dan risiko selanjutnya terhadap kesehatan manusia melalui rantai makanan. Selanjutnya, penelitian telah menekankan bioakumulasi timbal dalam berbagai organisme, seperti ikan dan moluska, dan potensi dampaknya yang merugikan pada kesejahteraan mereka. Selain itu, penelitian tentang keberadaan timbal dalam produk konsumen seperti lotion tubuh dan lipstik telah menimbulkan kekhawatiran mengenai potensi paparan manusia terhadap logam berat melalui barang-barang sehari-hari. (Yanti & Laili, 2023)

Kontaminasi logam timbal (Pb) dalam pengobatan herbal beragam dan bermanifestasi dalam berbagai cara. Proses produksi dapat memasukkan timbal ke dalam obat herbal karena residu logam dari korosi atau pembusukan peralatan, yang mengarah pada potensi pencampuran dengan herbal. (Hartanti, 2012) Selain itu, kondisi budaya memainkan peran penting dalam kontaminasi tanaman obat herbal, karena rentan terhadap serangan hama dan penyakit, yang mengharuskan penggunaan pupuk dan pestisida. (Kosalec et al., 2009) Pupuk fosfat yang digunakan dalam budidaya bahan baku herbal sering mengandung logam timbal (Pb) berkisar antara 5-156 ppm, sedangkan pupuk kandang dapat memiliki kadar timbal 30-969 mg/kg. (Setyorini, 2003)

Mengenai sistem irigasi, penanaman bahan baku herbal kemungkinan melibatkan penggunaan air sungai, yang mungkin sudah terkontaminasi dengan logam timbal dari limbah industri seperti baterai, kosmetik, dan deterjen. (Setyorini, 2003) Selain itu, kontaminasi timbal dalam jamu juga dapat berasal dari jaringan pipa yang tergenang air. Pengemasan obat herbal dalam wadah plastik berlapis PVC dapat menyebabkan migrasi logam berat, dengan kandungan logam timbal maksimum 100 ppm, sesuai dengan SNI (2004)

Polusi udara dan tanah juga berkontribusi terhadap kontaminasi timbal (Pb) pada bahan baku herbal. Emisi kendaraan bertenaga bensin yang mengandung tetraethyl lead, agen anti-ketukan, dapat mencemari bahan baku herbal melalui paparan udara. Tingginya kadar timbal di udara terutama disebabkan oleh emisi partikulat timbal tetraetil, yang dapat diserap oleh komponen penting dari tumbuhan atau tanaman obat herbal, menurut (Erdayanti et al., 2015) Selanjutnya, sebuah studi oleh (Marini, 2005) menemukan bahwa tanaman teh yang ditanam di dekat jalan raya menunjukkan tingkat timbal (Pb) yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang ditanam lebih jauh, menunjukkan potensi sumber kontaminasi. Konsumsi timbal (Pb) oleh salah satu tanaman ini dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, seperti kelelahan, lekas marah, gangguan menstruasi, dan masalah tidur. (Widowati et al. 2008).

C Tinjauan Adsorben

1. Adsorben

Adsorben adalah zat dengan kapasitas untuk menyerap atau mengikat partikel atau zat lain di permukaannya, karena adanya gaya tarik antara permukaan zat padat (adsorben) dan zat yang akan diserap (adsorbat). Proses adsorpsi ini sangat mendasar dalam berbagai aplikasi seperti pengolahan udara, penghilangan polutan lingkungan, dan proses pemurnian di industri kimia dan farmasi. Pentingnya karbon aktif yang berasal dari tempurung kelapa telah menjadi subjek dari banyak studi penelitian karena aplikasinya yang menjanjikan. Penelitian telah berfokus pada eksplorasi kemanjuran dan karakterisasi komposit tanah yang mengandung andisol dan karbon aktif dari tempurung kelapa untuk adsorpsi logam berat seperti besi (Pranoto et al., 2020). Struktur mikro karbonaktif tempurung kelapa telah diperiksa dengan cermat, menyoroti potensinya untuk beragam aplikasi (Masthura & Putra, 2018). Studi juga menggali proses aktivasi batubara tempurung

kelapa kelapa dan aplikasi praktisnya dalam pemutihan minyak goreng, menggarisbawahi kegunaannya (Jamilatun et al., 2021). Selanjutnya, tentang penelitian produksi briket yang menggunakan campuran batu bara ampas dan tempurung kelapa telah dilakukan untuk mengeksplorasi sumber bahan bakar alternatif (Mustain et al., 2021).



Gambar 2. Arang Tempurung Kelapa
Sumber: <https://www.arangbriketjakarta.com/>

2. Tempurung Kelapa

Tanaman kelapa, yang dikenal sebagai *Cocos nucifera*, umumnya ditemukan di Indonesia, menghasilkan kelapa yang melimpah di negara ini. Tanaman ini, milik keluarga *Palmae*, tumbuh subur di daerah tropis seperti Indonesia, membutuhkan kondisi lingkungan khusus untuk pertumbuhan dan produktivitas yang optimal. Faktor kunci yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman kelapa termasuk sinar matahari, suhu, curah hujan, kelembaban, dan komposisi tanah (Amin, 2010). Buah kelapa merupakan bagian penting dari tanaman, terdiri dari epikarp, mesocarp, endocarp, dan endosperm. Epikarp, dengan permukaan yang halus dan keras, tebalnya kira-kira +/- mm. Mesocarp, juga dikenal sebagai sabut, terdiri dari serat keras berukuran ketebalan 3-5 cm. Endocarp adalah lapisan cangkang keras, tebal 3-6 mm, dengan endosperma menempel pada kulit luarnya, berukuran 8-10 mm. Buah kelapa matang mengandung 35% sabut, 12% cangkang, 28% endosperma, dan 25% air (Purnama, 2013). Sementara bubur kelapa dan air biasa dikonsumsi, tempurung kelapa sering dibuang, menyebabkan kurang pemanfaatan. Oleh karena itu, penelitian tentang potensi penggunaan tempurung kelapa sangat penting untuk meningkatkan nilainya dan mengurangi keberadaannya di tempat pembuangan sampah.

Kandungan kimia tempurung kelapa meliputi selulosa, hemiselulosa, lignin, dan abu, bersama dengan persentase yang sesuai sebagaimana dirinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Tempurung Kelapa

Komponen	Persentase (%)
Selulosa	34
Lignin	27
Hemiselulosa	21
Abu	18

Sumber: Tarnado, 2013

Hemiselulosa, polisakarida rantai pendek dengan berat molekul rendah, adalah komponen umum dalam kayu lunak. Ini terdiri dari unit pentosa ($C_5H_8O_4$) dan heksosa ($C_6H_{10}O_5$). Pentosan lazim di kayu keras, sedangkan kayu lunak mengandung heksosan. Setelah pirolisis, pentosan menghasilkan asam furfural, furan, karboksilat, sedangkan heksosan menghasilkan asam asetat dan senyawa terkait. Hemiselulosa tempurung kelapa, selain selulosa dan lignin, termasuk unit mannan dan galakton. Pirolisis selulosa menghasilkan asam asetat dan fenol, sedangkan pirolisis lignin menghasilkan senyawa aromatik seperti fenol dan eterfenolik seperti guaicol dan syringol. Senyawa ini sangat penting dalam produk fumigasi (Kasim, 2012).

3. Karakteristik Karbon Aktif

Parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Tabel 2

Tabel 2. Standar Kualitas Karbon Aktif Uraian Persyaratan Kualitas

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

(Sumber: SNI, 1995)

Berbagai faktor dapat mempengaruhi proses adsorpsi dan jumlah adsorbat yang dapat diserap.

Karakteristik adsorben, termasuk ukuran partikel dan luas permukaan, memainkan peran penting dalam menentukan laju adsorpsi. Partikel adsorben yang lebih kecil cenderung memiliki laju adsorpsi

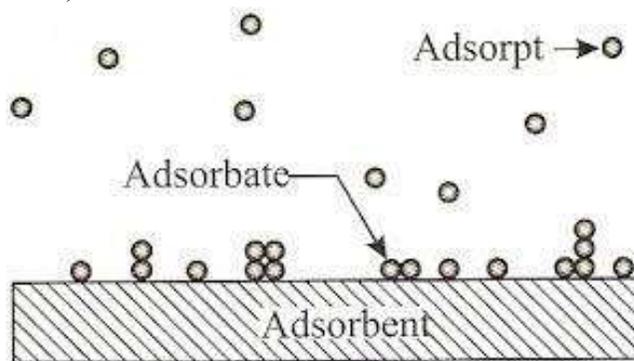
yang lebih cepat, sementara area permukaan yang lebih besar memfasilitasi penyerapan lebih banyak partikel adsorbat. Agitasi juga mempengaruhi proses adsorpsi, dengan laju yang dikendalikan oleh difusi lapisan dan difusi pori, yang dipengaruhi oleh keadaan larutan, baik tenang atau turbulen. Ukuran pori-pori adsorben merupakan faktor penting lainnya dalam proses adsorpsi, karena partikel adsorbat harus dapat memasuki pori-pori ini dengan lancar untuk adsorpsi yang efektif. Tingkat pH dapat sangat mempengaruhi laju adsorpsi, karena ion hidrogen dapat menyerap dengan kuat dan pH dapat mengganggu ionisasi. Kelarutan adsorbat juga memainkan peran penting, dengan beberapa senyawa lebih mudah diserap daripada yang lain tergantung pada kelarutannya. Waktu kontak dan suhu adalah faktor tambahan yang mempengaruhi proses adsorpsi, dengan berbagai dampak pada laju dan efisiensi adsorpsi. Mencapai kesetimbangan dalam proses adsorpsi memerlukan pertimbangan yang cermat dari faktor-faktor ini untuk mengoptimalkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorben.

4. Mekanisme Kerja Adsorben Tempurung Kelapa di Aktivasi NaOH

Mekanisme tindakan untuk adsorpsi kulit kelapa yang diaktifkan dengan NaOH melibatkan beberapa proses kunci yang meningkatkan kapasitas adsorpsinya. Awalnya, aktivasi NaOH meningkatkan area permukaan dan porositas karbon kulit kelapa, yang sangat penting untuk adsorpsi yang efektif. Ini dicapai melalui reaksi kimia di mana NaOH mengikat permukaan karbon, menciptakan lebih banyak mikropor dan meningkatkan area permukaan keseluruhan yang tersedia untuk adsorpsi. (Lv et al., 2023) (Tangsathikulchai et al., 2021) Muatan NaOH optimal, yang diidentifikasi sebagai 180 mg / g, memaksimalkan kapasitas adsorpsi CO₂ dengan menyeimbangkan penciptaan situs adsorpsi baru dan mencegah pemblokiran pori-pori yang berlebihan, yang dapat terjadi pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi. Proses adsorpsi terutama terjadi di mikropor yang berkisar dari 0,7 hingga 0,9 nm, di mana molekul CO₂ diserap melalui mekanisme mengisi pori. Selain itu, aktivasi NaOH memperkenalkan lebih banyak kelompok fungsional yang mengandung oksigen pada permukaan karbon, yang meningkatkan interaksi antara adsorbent dan adsorbat melalui mekanisme seperti ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatik. (Sun et al., 2022).

Kinetika adsorpsi dijelaskan dengan baik oleh model difusi pori, yang menunjukkan bahwa transportasi molekul CO₂ ke situs

adsorpsinya diatur oleh difusi permukaan, yang jauh lebih cepat daripada difusi pori. Selain itu, area permukaan spesifik yang tinggi dan tekstur pori-pori besar yang dicapai melalui aktivasi NaOH berkontribusi pada kapasitas adsorpsi material yang tinggi untuk berbagai polutan, termasuk metil siloksan volatile (VMS) dan aplikasi penyimpanan hidrogen. Secara keseluruhan, kombinasi area permukaan yang meningkat, porositas yang ditingkatkan, dan pengenalan kelompok fungsional melalui aktivasi NaOH membuat karbon aktif yang berasal dari kulit kelapa menjadi adsorbent yang sangat efektif untuk berbagai aplikasi. (Lv et al., 2023)



Gambar 3. Mekanisme Adsorpsi
Sumber : Haloedukasi.com

D Metode Destruksi Basah

Metode destruksi basah tertutup, juga disebut sebagai refluks, memerlukan pemanasan sampel (organik atau biologis) dengan zat pengoksidasi kuat seperti asam mineral tunggal atau campuran. Dengan memasukkan zat pengoksidasi ke dalam sampel dan memanaskannya ke suhu yang cukup tinggi terus menerus untuk waktu yang lama, oksidasi lengkap sampel tercapai. Selanjutnya, berbagai senyawa dibiarkan dalam larutan asam, yang kemudian dapat dianalisis (Anderson, 1987). Analisis logam dalam makanan menggunakan refluks melibatkan penempatan sampel dalam labu destruksi yang dilengkapi dengan kondensor pendingin yang disuplai dengan air. Sampel dihancurkan menggunakan zat pengoksidasi dan dipanaskan hingga 100° C. Setelah kondensor melekat pada air mengalir, ia bertindak sebagai pendingin, menyebabkan uap dari tabung mengembun dan kembali. Pendinginan dan filtrasi dilakukan pasca-destruksi selama tiga jam (Darmono, 1995). Metode destruksi refluks menawarkan keuntungan seperti yang disorot oleh Rodiana et al. (2013) karena meminimalkan hilangnya analit logam yang

mudah menguap dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk penyelesaian.

Dalam studi Wulandari dan Sukesri (2013) menggunakan kombinasi zat pengoksidasi yang terdiri dari HNO₃ p.a + H₂O₂ p.a, di mana penambahan HNO₃ bertujuan untuk mengganggu ikatan senyawa kompleks dengan logam. Menurut Yawar et al. (2009), dimasukkannya H₂O₂ berfungsi sebagai zat pengoksidasi yang memurnikan reaksi, memfasilitasi dekomposisi sampel secara lengkap. Reaksi yang melibatkan asam nitrat dan asam peroksida dengan senyawa organik (Rifqi et al., 2015) adalah sebagai berikut: $2\text{Pb}(\text{CH}_2\text{O})_x(\text{s}) + 4\text{HNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{NO}_x(\text{g}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

E Tinjauan Jamu

1. Definisi Jamu

Jamu adalah ramuan yang dibuat dari bahan tumbuhan, hewan, mineral, sediaan sarian (galenik), atau campuran dari bahan-bahan tersebut yang telah digunakan untuk pengobatan sejak lama. Jamu biasa digunakan untuk menjaga kesehatan dan mencegah dan mengobati penyakit tertentu. Menurut Permenkes RI Nomor 007 Tahun 2012, obat tradisional tidak boleh mengandung:

- a. etil alkohol lebih dari 1%, kecuali dalam bentuk sediaan tingtur yang diencerkan
- b. narkotika atau psikotropika
- c. bahan kimia obat sintetik atau isolasi yang berkhasiat obat; dan/atau
- d. bahan lain yang dianggap membahayakan kesehatan berdasarkan pertimbangan kesehatan dan/atau penelitian (Anonim, 2012). Menurut Keputusan Kepala Badan POM RI No HK.00.05.4.2411, obat tradisional diklasifikasikan menjadi tiga kategori (BPOM, 2004). Logo jamu menurut BPOM dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 4. Logo Jamu (BPOM, 2015)

Jamu adalah obat herbal tradisional yang telah banyak digunakan dalam budaya Indonesia selama berabad-abad. Hal ini menunjukkan bentuk minuman herbal tradisional yang telah dilaporkan memiliki efek menguntungkan pada kesehatan, dengan persentase tinggi orang Indonesia mengakui manfaatnya bagi kesehatan. (Arifa et al., 2021). Penggunaan jamu telah berakar dalam masyarakat Indonesia, dengan penggunaannya yang prevalen di kalangan masyarakat. (Dhany et al., 2022). Selain itu, pemerintah Indonesia memiliki peraturan untuk memastikan bahwa produk obat herbal tidak mengandung obat-obatan kimia karena efek toksik potensial dari konsumsi yang tidak terkendali. Ini mencerminkan upaya pemerintah untuk mengatur dan memastikan keamanan obat herbal tradisional. (Pratiwi et al., 2019).

Pada bukti klinis yang mendukung efek menguntungkan obat herbal dalam pengobatan dan pencegahan penyakit epidemi, termasuk hasil yang signifikan dalam pengobatan coronavirus SARS. (Ang et al., 2020) Hal ini menyebabkan potensi obat herbal dalam berkontribusi pada manajemen penyakit menular, yang tetap menjadi masalah kesehatan global yang signifikan. (Ganjhu et al., 2015). Pengembangan dan penggunaan obat herbal telah menjadi subjek penelitian dan inovasi di Indonesia, dengan studi berfokus pada peningkatan kapasitas di perusahaan obat herbal dan manajemen modal manusia untuk kegiatan inovatif di industri obat herbal. (Aminullah, 2022). Upaya ini menekankan pentingnya obat herbal dalam konteks Indonesia dan potensi untuk kemajuan lebih lanjut di bidang ini.

2. Jamu Asam Urat

Jamu asam urat adalah jamu yang digunakan untuk membantu mengobati penyakit asam urat. Asam urat sering dijadikan sebagai akar penyebab nyeri dan linu, seperti nyeri punggung dan sendi. Serangan asam urat yang akut biasanya disertai tanda peradangan seperti nyeri, bengkak, panas, nyeri saat digerakkan dan kulit sendi yang terkena tampak kemerahan. Serangan pertama menimbulkan gejala yang khas, seperti nyeri hebat pada persendian yang muncul tiba-tiba pada pagi hari tanpa gejala pada malam sebelumnya.

F Tinjauan *Design Expert*

Perangkat lunak *Design-Expert* 12.0 digunakan untuk melakukan proses produksi dan optimasi formula. Perangkat lunak ini menawarkan fasilitas desain campuran (*D-Optimal*) dan desain lapisan respons

(Central Composite Design). Design campuran atau campuran digunakan untuk mendapatkan formula terbaik dari berbagai faktor. Komponen atau ingredient yang tidak independen disebut faktor dalam campuran pengalaman. Faktor ini akan menentukan ruang desain, atau ruang desain, atau daerah uji. Desain permukaan respons, juga dikenal sebagai desain permukaan respons, digunakan untuk menemukan parameter proses terbaik. Baik kombinasi desain maupun metodologi permukaan respons menggunakan prinsip metodologi permukaan respons (RSM). Metodologi permukaan respons (RSM) adalah kumpulan teknik matematik dan statistik yang berguna untuk memodelkan dan menganalisis masalah dimana responnya dipengaruhi oleh variabel tertentu (Montgomery, 2012).

Ada empat model untuk desain campuran atau campuran campuran: linier, kubik, quadratic, dan quatric. Pilihan model ini didasarkan pada beberapa kriteria, terutama nilai probabilitas (atau $\text{Prob} > F$) dan ketidakcocokan. Jika nilai kemungkinan model kurang dari 5%, maka model tersebut signifikan, yang berarti faktor dalam model atau persamaan tersebut berpengaruh secara signifikan terhadap respon pada taraf signifikansi 5%. Jika nilai kemungkinan model lebih dari 5%, maka disarankan untuk mengganti model hingga nilai kemungkinan yang signifikan diperoleh. Hal yang sama berlaku jika nilai kemungkinan ketidaksesuaian kuantitatif kurang dari 5%. Nilai R-segi panjang yang disesuaikan, nilai R-segi panjang yang diprediksi, dan presisi yang cukup adalah beberapa cara lain untuk menunjukkan bahwa model itu baik. Data-data aktual dan diprediksi untuk setiap respons ditunjukkan oleh R^2 yang diprediksi dan disesuaikan. Jika perbedaan antara nilai R^2 yang diprediksi dan R^2 yang disesuaikan kurang dari 0,2 maka dikatakan data in reasonable agreement yang berarti tidak banyak data pencilan atau nilai respon prediksi sesuai dengan nilai respon aktual sehingga model yang diperoleh dapat memodelkan data dengan baik. Adequate precision menunjukkan besarnya sinyal terhadap noise ratio. Nilai Adequate precision yang baik adalah lebih dari 4 (Mulyawanti et al, 2016).

Untuk mengetahui apakah model regresi dari residual yang akan dianalisis terdistribusi normal atau tidak, plot normal residual adalah grafik yang digunakan untuk menentukan apakah model regresi tersebut memiliki nilai residual yang normal. Untuk mengetahui apakah nilai residual ini normal, Anda harus melihat apakah titik-titik plotting residual berada di sekitar garis diagonal atau tidak. Optimisasi adalah langkah

selanjutnya setelah membuat model yang tepat. Ini akan mencapai titik ideal untuk setiap parameter proses atau formula. Kriteria yang diinginkan digunakan untuk menentukan titik terbaik. Dengan nilai desirability tertentu, importance menunjukkan seberapa terpenuhi keinginan yang ditunjukkan pada kriteria oleh titik optimum. Nilai importance (mendekati 5) menunjukkan seberapa penting komponen atau respon tersebut untuk dioptimasi dibandingkan dengan komponen atau respon lain. Nilai importance (mendekati 1) menunjukkan seberapa penting komponen atau respon tersebut. Nilai desirability sangat tinggi pada titik optimal (Montgomery, 2012).

G Tinjauan Spektroskopi Serapan Atom

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) adalah teknik analisis penting yang digunakan untuk mengukur konsentrasi logam berat, seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan merkuri (Hg), dalam berbagai sampel lingkungan. AAS beroperasi pada prinsip penyerapan cahaya oleh atom bebas, memungkinkan untuk kuantifikasi unsur-unsur spesifik dalam sampel tertentu. Referensi menunjukkan penerapan AAS dalam menganalisis kandungan logam berat dalam air, sedimen, organisme laut, dan matriks lingkungan lainnya, mencerminkan pentingnya dalam pemantauan dan evaluasi lingkungan.



Gambar 5. Spektrofotometri Serapan Atom
Sumber : Foto Pribadi

Prinsip operasi *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* melibatkan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh atom bebas yang dihasilkan dari proses atomisasi, memungkinkan penentuan kuantitatif elemen logam yang hadir dalam sampel. AAS menggunakan pola penyerapan yang unik dari unsur-unsur yang berbeda

untuk mengukur konsentrasi mereka dengan tepat. Ketika sampel diatomisasi dan dimasukkan ke dalam jalur cahaya, atom bebas menyerap cahaya pada panjang gelombang karakteristik, dan penyerapan diukur untuk menentukan konsentrasi logam spesifik dalam sampel. (Gardea-Torresdey, J.L, J.H. Gonzalez, 1998). AAS digunakan secara luas di berbagai bidang, termasuk pemantauan lingkungan, analisis farmasi, keamanan pangan, dan kontrol kualitas industri, karena sensitivitas tinggi, selektivitas, dan akurasi. Teknik ini sangat berharga untuk analisis logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan merkuri (Hg) dalam sampel lingkungan. Ini telah digunakan untuk mengukur tingkat logam berat dalam air, sedimen, organisme laut, dan matriks lingkungan lainnya, mencerminkan pentingnya dalam pemantauan dan evaluasi lingkungan. (Gardea-Torresdey, J.L, J.H. Gonzalez, 1998).

Proses atomisasi yang terjadi dalam *Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)* biasanya melibatkan beberapa tahap seperti yang diuraikan oleh Chasten (2000). Nebulizer berfungsi dengan menggabungkan asetilena (bahan bakar) dengan oksidan (udara dan nitro oksida), sehingga menghasilkan tekanan yang memfasilitasi masuknya sampel yang diserap ke dalam ruang nebulizer. Di dalam ruangan ini, manik-manik kaca dan dayung pencampur bekerja bersama-sama untuk membuat campuran heterogen yang terdiri dari bahan bakar dan oksidan, bersama dengan sampel aerosol. Selanjutnya, campuran ini dengan lancar bertransisi ke kepala burner. Khususnya, sampel cair menghindari aliran ke arah nyala api dan malah terakumulasi di dasar nebulizer, akhirnya mengalir secara gravitasi menuju tempat pembuangan sampah. Nyala api berfungsi untuk menghancurkan analit, mengubahnya menjadi keadaan atom. Setelah ini, monokromator memainkan peran penting dalam mengisolasi sinar yang berasal dari analit dan membedakannya dari sinar lain yang dihasilkan oleh nyala api. Terakhir, detektor bertanggung jawab untuk mengukur intensitas sinar yang dipancarkan dari monokromator dan mengubah data ini menjadi energi listrik.

Korelasi antara absorbansi dan konsentrasi dijelaskan dalam karya Day dan Underwood (1989). Menurut Hukum Lambert, intensitas sinar yang ditransmisikan berkurang saat melewati media transparan dengan ketebalan yang meningkat, sedangkan Hukum Beer menyatakan bahwa intensitas sinar yang ditransmisikan menurun secara eksponensial dengan meningkatnya konsentrasi media penyerap. Prinsip-prinsip ini

memuncak dalam rumus $A = a \cdot b \cdot c \dots$ (2.4), di mana A mewakili absorbansi, a melambangkan daya serap molar, b menandakan panjang sedang, dan c menunjukkan konsentrasi atom yang menyerap sinar.

Dari persamaan yang disebutkan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day dan Underwood 1989). Konsentrasi sampel dapat dipastikan menggunakan metode kurva standar. Metodologi ini dimulai dengan pengembangan berbagai solusi standar yang mencakup konsentrasi yang berbeda, yang absorbansinya diukur melalui AAS. Selanjutnya, grafik yang mencerminkan hubungan antara konsentrasi (C) dan absorbansi (A) dibangun, menggambarkan pola linier yang memotong asal dengan kemiringan b. Dengan menggunakan teknik interpolasi ke dalam kurva standar atau menggabungkan persamaan regresi linier, konsentrasi larutan sampel ditentukan secara akurat (Syahputra, 2004).

H Hipotesis

Landasan teoritis penelitian ini berfokus pada isu penting terkait kontaminasi logam berat, khususnya timbal (Pb), yang dapat mengancam kesehatan manusia. Logam berat merupakan polutan berbahaya yang dapat berasal dari berbagai sumber, seperti penggunaan pestisida, pencemaran industri, dan praktik pertanian yang tidak ramah lingkungan. Timbal, ketika terakumulasi dalam tubuh, dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk kerusakan sistem saraf, gangguan fungsi ginjal, dan masalah reproduksi. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis menyeluruh terhadap keberadaan logam berat dalam produk jamu, seperti Jamu Asam Urat.

Jamu Asam Urat adalah ramuan tradisional yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah asam urat. Meskipun memiliki khasiat yang diakui, potensi kontaminasi logam berat dalam jamu ini memerlukan perhatian serius. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keberadaan timbal dalam Jamu Asam Urat yang beredar di masyarakat, sehingga dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi konsumen.

Salah satu solusi yang diusulkan dalam penelitian ini adalah penggunaan arang aktif yang terbuat dari tempurung kelapa. Arang aktif memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi berkat luas permukaan yang besar dan struktur porositasnya. Proses adsorpsi terjadi ketika partikel zat terlarut, seperti timbal, melekat pada permukaan arang, sehingga

mampu mengurangi konsentrasi zat berbahaya dalam larutan. Dengan memanfaatkan arang aktif tempurung kelapa, penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kontaminasi timbal dalam jamu.

Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Design Expert*, sebuah teknik statistik yang efektif untuk merancang eksperimen dan menganalisis data. Metode ini memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi pengaruh beberapa variabel sekaligus dan menemukan kombinasi optimal dari parameter yang diuji. Dalam konteks penelitian ini, metode ini akan digunakan untuk menentukan kondisi terbaik dalam proses adsorpsi timbal (Pb) oleh arang aktif.

Beberapa faktor yang akan dieksplorasi dalam penelitian ini meliputi pH larutan, waktu kontak antara adsorben dan kontaminan, serta kadar adsorben. Variasi dari faktor-faktor ini diyakini dapat mempengaruhi efisiensi adsorpsi, dan penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai interaksi tersebut dalam konteks pengolahan Jamu Asam Urat yang lebih aman.

Berdasarkan landasan teori yang ada dapat disusun hipotesis dalam penelitian yaitu:

1. Terdapat kontaminasi logam timbal (Pb) dalam Jamu Asam Urat yang beredar di Kecamatan Sampung, Kabupaten Ponorogo.
2. Variasi pH, waktu kontak, dan kadar adsorben berpengaruh signifikan terhadap efisiensi penurunan timbal (Pb) dalam Jamu Asam Urat.