

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2020 tentang Pengelolaan Sampah Spesifik. Sampah terbentuk setiap hari dari aktivitas manusia, terutama di dapur maupun area komersial seperti toko, pasar, kantor, restoran, hotel, dan lainnya. Jenis sampah yang dihasilkan mencakup sisa makanan, kertas, kardus, plastik, tekstil, kulit, sampah kebun, kayu, kaca, logam, serta sampah rumah tangga dan limbah berbahaya. Fasilitas umum juga menghasilkan sampah dari kegiatan pembersihan seperti jalan, taman, pantai, dan area rekreasi, dengan jenis sampah seperti daun, ranting, serta sampah taman lainnya (Rahma et al., 2025). Sampah merupakan salah satu masalah lingkungan yang hingga saat ini belum teratasi dengan baik di negara-negara berkembang. Kemampuan mengelola sampah tidak seimbang dengan jumlah sampah yang dihasilkan, sehingga menyebabkan penumpukan sampah (Rahmawati, 2018). Sampah-sampah tersebut kemudian dikumpulkan di Tempat Penampungan Sementara (TPS), kemudian diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), setelah itu mengalami berbagai proses pengolahan. Sampah yang tidak bisa diproses akan ditimbun di area penimbunan. Sampah yang ditimbun akan mengalami proses dekomposisi yang menyebabkan perubahan fisik, kimia, dan biologis. Salah satu hasil dari proses dekomposisi sampah bersama air hujan adalah air lindi (Silmi et al., 2023).

Lindi adalah cairan yang muncul karena adanya air dari luar yang masuk ke dalam tumpukan sampah, kemudian mengencerkan dan mengalirkan berbagai bahan yang larut, termasuk bahan organik yang dihasilkan dari proses penguraian secara biologis. Hal ini diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Diketahui bahwa air lindi mengandung logam bahan organik, anorganik, mikroorganisme, serta konsentrasi logam berat yang cukup tinggi (Ali, 2011).

Limbah cair yang mengandung logam berat sangat berbahaya bagi lingkungan, karena ciri khasnya adalah kemampuan menumpuk, sehingga jumlahnya bisa terus bertambah (Larasati et al., 2015). Berbagai jenis logam berat memiliki tingkat toksisitas yang tinggi, seperti Hg, Cd, Cu, Fe, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn, dan Mn. Bahan-bahan ini bisa menyebabkan keracunan yang bersifat akut maupun kronis (Simbolon et al., 2022). Salah satu logam berat yang sudah lama menjadi perhatian karena risiko serius yang ditimbulkannya pun termasuk dalam komponen lindi, yaitu merkuri (Hg). Hal ini terbukti dari ditemukannya banyak sampah bekas baterai, aki, dan lain-lain (Prayogo & Sudarmaji, 2008). Hg terdaftar sebagai salah satu dari sepuluh bahan kimia utama yang menjadi perhatian oleh WHO (Yuniwati & Hakim, 2023). Unsur Hg bisa menumpuk dalam tubuh secara perlahan, sehingga menyebabkan cacat bawaan, kerusakan organ (otak, ginjal, dan hati), serta gangguan pada susunan kromosom (Fahrudin et al., 2025).

Konsentrasi logam berat di dalam air lindi bisa dikurangi, salah satunya dengan menggunakan biochar. Biochar adalah arang yang dibuat melalui proses pirolisis, yaitu pemanasan bahan organik pada suhu yang tinggi dengan sedikit atau bahkan tanpa oksigen (Subarkhah & Titah, 2023). Biochar memiliki stabilitas yang lebih baik terhadap proses pembusukan dan kemampuan menyerap ion yang lebih baik dibandingkan bahan organik lainnya. Hal ini karena biochar memiliki luas permukaan yang lebih besar, sifat permukaan negatif, dan struktur yang padat (Hasnelly et al., 2018). Mekanisme penyerapan ini bisa dibagi menjadi dua jenis, yaitu penyerapan secara fisika dan penyerapan secara kimia (Bath et al., 2012). Penyerapan secara fisika terjadi karena ada interaksi antara adsorben dan adsorbat yang melibatkan gaya antar molekul, sedangkan penyerapan secara kimia terjadi jika interaksi tersebut melibatkan pembentukan ikatan kimia (Zulfania et al., 2022). Selain itu, proses penyerapan juga bisa terjadi melalui mekanisme seperti mekanisme pemerangkapan, mekanisme pertukaran ion, dan pembentukan ikatan hidrogen (Zulfania et al., 2022).

Beberapa penelitian yang menggunakan biomassa dari limbah pertanian sebagai bahan baku biochar antara lain Mustaqiman et al. (2021) yang menguji biochar dari sekam padi dan tongkol jagung dalam menurunkan kandungan logam besi (Fe) di dalam air lindi, Sasmita et al. (2021) yang melakukan penyisihan logam

berat timbal (Pb) pada tanah dengan menambahkan biochar sekam padi, dan Halim et al. (2021) yang membuat adsorben dari sekam padi untuk menyerap logam berat tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dalam air limbah. Dari ketiga bahan tersebut, biochar yang berasal dari sekam padi memiliki kemampuan penyisihan logam terbaik. Besarnya potensi biochar dapat dilihat dari ketersediaan bahan baku serta manfaat yang diberikannya. Cara pembuatan dan sumber bahan mempengaruhi kualitas biochar. Biochar dapat dihasilkan dari bahan yang kaya akan lignin dan selulosa (Sasmita et al., 2021). Mengingat ketersediaan sekam padi yang cukup banyak sebagai limbah pertanian di Indonesia serta efektivitas tinggi dalam proses adsorpsi logam berat melalui mekanisme pertukaran ion dan luas permukaan yang besar (Fahrudin et al., 2025), maka penelitian mengenai pemanfaatan biochar sekam padi sebagai agen reduksi kandungan merkuri (Hg) pada air lindi penting dilakukan sebagai upaya mengatasi pencemaran lingkungan.

1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

1.2.1 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan di atas, maka masalah yang diidentifikasi sebagai bahan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tingginya kandungan logam berat merkuri (Hg) pada air lindi akibat dekomposisi sampah di TPA yang berpotensi mencemari lingkungan serta membahayakan kesehatan manusia melalui kerusakan organ dan cacat bawaan.
2. Belum optimalnya pemanfaatan limbah sekam padi sebagai bahan baku biochar yang memiliki potensi besar dalam mereduksi kadar merkuri (Hg) melalui mekanisme adsorpsi.

1.2.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah biochar sekam padi yang sudah diaktivasi bisa menurunkan kadar merkuri (Hg) dan berapa lama waktu kontak yang paling efektif untuk menurunkan merkuri (Hg)?

2. Apakah kadar merkuri (Hg) dalam air lindi setelah perlakuan dengan biochar sekam padi telah memenuhi baku mutu air lindi berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor 59 Tahun 2016?

1.3 Tujuan dan Sasaran

1.3.1 Tujuan

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menilai penurunan kadar merkuri (Hg) dan menentukan waktu kontak paling efektif yang menghasilkan penurunan kadar merkuri (Hg) tertinggi.
2. Mengevaluasi kesesuaian kadar merkuri (Hg) hasil perlakuan dengan baku mutu air lindi menurut Peraturan Menteri LHK Nomor 59 Tahun 2016.

1.3.2 Sasaran

Sasaran yang ingin dicapai dalam studi ini meliputi:

1. Diperolehnya data kuantitatif berupa persentase penurunan kadar merkuri (Hg) dalam air lindi oleh biochar sekam padi teraktivasi.
2. Ditentukannya durasi waktu kontak optimal yang menghasilkan efisiensi penurunan merkuri (Hg) tertinggi atau yang memenuhi baku mutu.
3. Diketuinya status kepatuhan hasil olahan terhadap regulasi, yaitu apakah kadar merkuri (Hg) akhir sudah di bawah atau sama dengan 0.005 mg/L sesuai Permen LHK No. 59 Tahun 2016.
4. Teridentifikasinya potensi aplikasi biochar sekam padi teraktivasi sebagai bahan adsorben sederhana dan ramah lingkungan untuk pengolahan air lindi terkontaminasi logam berat.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dilakukan dari penelitian ini yaitu:

1. Instansi Pengelola Lingkungan (TPA/Pemerintah Daerah)
Memberikan manfaat praktis berupa penyediaan solusi teknis pengolahan air lindi yang spesifik dan terjangkau. Data efisiensi penyerapan dan waktu kontak optimal yang dihasilkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan

teknologi pengolahan alternatif yang memanfaatkan limbah pertanian lokal. Temuan mengenai perbandingan hasil pengolahan dengan Baku Mutu Air Lindi (Permen LHK No. 59 Tahun 2016) dapat menjadi dasar evaluasi dan penyusunan Standar Operasional Prosedur (SOP) pengolahan yang efektif dan sesuai regulasi lingkungan, sehingga dapat meminimalkan risiko pencemaran merkuri (Hg) atau logam berat lain pada lingkungan.

2. Peneliti

Memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan ilmu pengetahuan melalui penyediaan data empiris dan kajian mendalam mengenai efektivitas biochar sekam padi yang diaktivasi sebagai adsorben alami dan ekonomis untuk menurunkan merkuri (Hg) dalam air lindi. Penelitian ini juga memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mengembangkan kompetensi metodologis dalam pengujian laboratorium, analisis data kuantitatif, serta penentuan kondisi operasi optimum seperti waktu kontak yang paling efektif dalam proses adsorpsi limbah cair kompleks.

3. Institusi

Penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dan koleksi karya ilmiah di institusi, khususnya di bidang ilmu atau teknik lingkungan. Hasil penelitian tentang efektivitas biochar sekam padi dalam menurunkan merkuri (Hg) pada air lindi dapat dijadikan sumber referensi yang relevan bagi pengembangan penelitian lanjutan, khususnya mengenai teknologi pengolahan limbah berkelanjutan dan pemanfaatan limbah pertanian. Selain itu, penelitian ini merupakan wujud nyata pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi yang meningkatkan reputasi akademik institusi melalui kontribusi aktif dalam pencarian solusi permasalahan lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam studi ini dibedakan menjadi dua, yaitu ruang lingkup wilayah yang menjelaskan batasan wilayah studi yang menjadi objek penelitian, serta ruang lingkup materi yang berisi mengenai materi yang akan dibahas dalam studi ini.

1.5.1 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah dalam penelitian ini meliputi:

1. Sumber sampel: sampel air lindi (*leachate*) yang digunakan sebagai objek penelitian diambil dari TPA yang berlokasi di Desa Banjarsari, Kecamatan Trucuk, Kabupaten Bojonegoro.
2. Seluruh eksperimen dilakukan di Laboratorium Ilmu Lingkungan dan Laboratorium Kimia Universitas Bojonegoro.
3. Analisis konsentrasi merkuri (Hg) sebelum dan sesudah perlakuan dilakukan di Laboratorium Terakreditasi KAN.

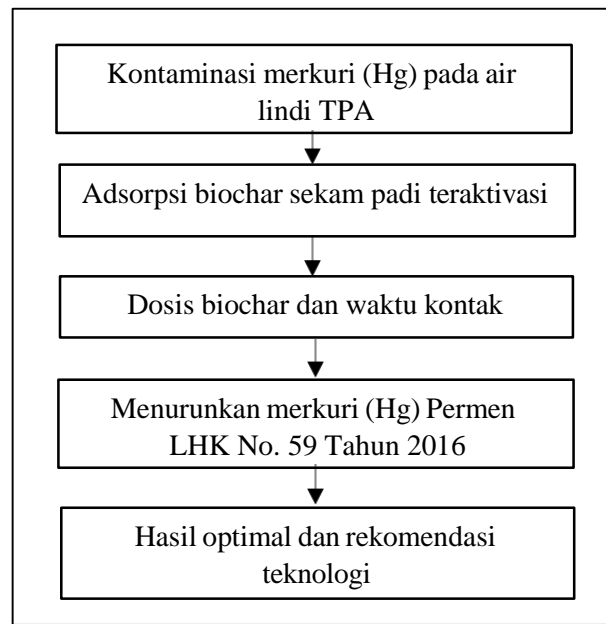
1.5.2 Ruang Lingkup Materi

Mengingat luasnya cakupan materi, peneliti mempertimbangkan waktu yang dimiliki maka ruang lingkup materi dibatasi seperti berikut:

1. Adsorben yang digunakan adalah biochar sekam padi teraktivasi yang diperoleh secara komersial. Sampel yang diolah adalah air lindi dari TPA, dengan volume tiap perlakuan 600 ml dan variabel bebas yang diuji adalah dosis biochar 15 g dan 30 g serta waktu kontak 120 menit dan 180 menit.
2. Proses adsorpsi dilakukan secara *batch* menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 300 rpm, suhu ruang, dan pH alami air lindi.
3. Parameter yang dianalisis adalah konsentrasi merkuri (Hg) sebelum dan sesudah perlakuan, persentase penurunan, serta kesesuaian dengan baku mutu 0.005 mg/L sesuai Permen LHK No. 59 Tahun 2016.

1.6 Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir atau kerangka pemikiran adalah dasar pemikiran dari penelitian yang disintesis dari fakta-fakta, observasi dan kajian kepustakaan (Syahputri et al., 2023). Penelitian dilakukan dengan memiliki tujuan untuk menilai penurunan kadar merkuri (Hg) dan menentukan waktu kontak paling efektif yang menghasilkan penurunan kadar Hg tertinggi.



Gambar 1. 1 Kerangka Pemikiran

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan yang digunakan dalam studi ini, adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, identifikasi dan rumusan masalah, tujuan dan sasaran, manfaat, ruang lingkup, kerangka pemikiran dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi pustaka tentang pengertian air lindi, merkuri (Hg), biochar sekam padi, mekanisme adsorpsi oleh biochar, faktor yang mempengaruhi efisiensi adsorpsi, kerangka teori dan studi terdahulu.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, variabel penelitian, bahan dan alat penelitian, teknik pengambilan sampel, prosedur penelitian, metode analisis laboratorium, teknik analisis data dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan mengenai karakteristik sampel air lindi awal, analisis kadar merkuri (Hg) setelah perlakuan dengan adsorpsi.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan serta saran yang tepat terkait hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**