

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit sebagai fasilitas pelayanan kesehatan menghasilkan limbah padat dan limbah cair dengan karakteristik yang kompleks. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah tersebut berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan mencemari lingkungan. Salah satu senyawa toksik yang umum ditemukan dalam limbah cair rumah sakit adalah fenol, yang berasal dari penggunaan antiseptik, disinfektan, produk farmasi, bahan laboratorium, serta berbagai kegiatan medis.

Kegiatan pelayanan rumah sakit mencakup berbagai aktivitas medis dan penunjang, seperti pelayanan rawat inap, rawat jalan, laboratorium, radiologi, farmasi, laundry, dapur, sterilisasi, serta sistem pendingin dan pemanas. Beragam aktivitas tersebut menghasilkan limbah padat dan limbah cair. WHO melaporkan bahwa Indonesia menghasilkan sekitar 225 ton limbah medis setiap hari, sedangkan di negara maju produksi limbah medis mencapai 5–8 kg per tempat tidur per hari. Secara nasional, limbah rumah sakit diperkirakan mencapai 376.089 ton limbah padat dan 48.985,70 ton limbah cair per hari. Besarnya volume limbah tersebut meningkatkan risiko pencemaran lingkungan, kecelakaan kerja, dan penyebaran penyakit apabila tidak dikelola secara memadai (Memory *et al.*, 2025).

Limbah cair rumah sakit merupakan air buangan yang dihasilkan dari berbagai kegiatan pelayanan kesehatan dan berpotensi mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia berbahaya, serta zat radioaktif. Apabila tidak diolah secara memadai, limbah cair tersebut dapat membahayakan kesehatan dan mencemari lingkungan.

Selain itu, kandungan mikroorganisme dalam limbah medis bervariasi bergantung pada jenis rumah sakit dan proses pengelolaan sebelum pembuangan.

Air limbah yang dihasilkan mengandung beragam kontaminan, seperti senyawa obat aktif, mikroorganisme patogen termasuk bakteri yang resisten terhadap antibiotik, gen resisten antibiotik, serta virus yang bersifat persisten. (Majumder *et al.*, 2021). Secara umum, limbah cair rumah sakit mengandung kebutuhan oksigen biokimia (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), amonia, kandungan nitrogen tinggi, dan konsentrasinya lebih tinggi daripada limbah cair domestik (Verlicchi *et al.*, 2015). BOD adalah jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik pada suhu dan durasi waktu tertentu, sementara COD adalah jumlah ekuivalen oksigen yang dikonsumsi dalam oksidasi kimia bahan organik oleh oksidan kuat. Oleh karena itu BOD dapat disebut sebagai fraksi biodegradable dari air limbah, sementara COD adalah ukuran senyawa organik. (Majumder *et al.*, 2021).

Limbah cair rumah sakit mengandung berbagai mikropolutan, meliputi residu obat beserta metabolitnya, bahan kimia, logam berat, disinfektan, sterilisator, dan senyawa organik seperti alkohol, aseton, formaldehida, asetaldehida, serta fenol. Meskipun umumnya berada pada konsentrasi rendah ($\mu\text{g/L}$), senyawa-senyawa tersebut tetap berpotensi mencemari lingkungan sehingga memerlukan pengelolaan yang tepat sebelum dibuang ke badan air. Verlicchi *et al.* (2012) melaporkan bahwa limbah cair rumah sakit mengandung deterjen, disinfektan, berbagai senyawa organik, logam, serta berpotensi menjadi media penyebaran mikroorganisme yang resisten terhadap obat.

Hal ini dapat memicu pertumbuhan berbagai bakteri berbahaya yang mengakibatkan munculnya wabah sejumlah penyakit terkait air yang mengancam kesehatan manusia, terutama di negara-negara yang sedang berkembang (Todedji *et al.*, 2020) . Limbah ini memiliki ekotoksisitas 5 hingga 15 kali lebih besar dibandingkan limbah perkotaan, selain manfaat terapeutiknya, senyawa farmasi dalam limbah rumah sakit dapat mengganggu target biologis tertentu, sehingga menimbulkan kekhawatiran tentang risiko ekotoksikologi dan kesehatan yang berhubungan dengan keberadaannya di lingkungan (Todedji *et al.*, 2021)

Fenol adalah kontaminan yang harus diperhatikan secara khusus karena tingkat konsentrasinya ($1,556 \pm 0,73$ mg/L) cenderung melampaui baku mutu (0,5 mg/L). Fenol bisa dimanfaatkan sebagai pengawet vaksin untuk membantu mencegah kontaminasi bakteri pada larutan vaksin. Di rumah sakit, fenol sering terdapat dalam desinfektan yang dipakai untuk mensterilkan alat medis dan untuk membersihkan berbagai permukaan objek di rumah sakit seperti meja, ranjang, permukaan lab, dan sebagainya (Adityosulindro *et al.*, 2023).

Biodegradasi adalah salah satu metode utama untuk menghilangkan fenol, dan proses metabolisme terutama diatur oleh mikroorganisme yang mengubah fenol menjadi produk, dianggap sebagai cara yang efektif dan aman untuk mengolah limbah cair fenol. Berbagai jenis mikroorganisme, termasuk kelompok aerob dan anaerob, mampu menggunakan fenol sebagai sumber karbon dan energi dalam proses metabolismenya. Degradasi mikrobial dianggap sebagai metode yang efisien dan ramah lingkungan untuk menghapus fenol. Beragam mikroba yang diambil dari tempat terkontaminasi mampu mendekomposisi fenol dalam keadaan aerob. Perkembangan

terkini dalam pengolahan fenol melalui mikroba telah memperdalam pemahaman kita mengenai biodegradasi (Mahgoub *et al.*, 2023).

Untuk menekan pencemaran di perairan, dilakukan proses biodegradasi. Biodegradasi merupakan proses pengurangan konsentrasi polutan dalam limbah dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen utamanya. Proses biologis menjadi salah satu metode yang banyak diterapkan karena mampu mengolah limbah organik terlarut secara efisien dengan biaya yang relatif murah. Melalui proses biologis sangat ditentukan oleh aktivitas dan kemampuan mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa (Syamsudin, 2006).

Di Indonesia, sejumlah penelitian telah menginformasikan adanya bakteri *indigenous* yang mampu mendegradasi senyawa fenol dari beragam sumber polutan, termasuk limbah cair Rumah Sakit. Beragam studi menunjukkan bahwa limbah cair dari rumah sakit bisa menjadi tempat tinggal bagi bakteri *indigenous* yang sudah beradaptasi dengan senyawa beracun, sehingga berpotensi digunakan sebagai agen biodegradasi. Sampai saat ini, belum ada ditemukan publikasi ilmiah yang melaporkan isolasi dan pengujian bakteri *indigenous* dari limbah cair Rumah Sakit Universitas Andalas Padang. Kekurangan data tersebut menunjukkan bahwa potensi mikroorganisme *indigenous* di area itu masih belum ada, padahal bakteri asli biasanya memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap lingkungan mereka. Sehingga, penelitian ini sangat diperlukan untuk menciptakan alternatif pengelolaan limbah yang efisien, berkelanjutan, dan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme setempat.

Berdasarkan penelitian (Harianja *et al.*, 2021) memperoleh isolat bakteri hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi fenol. Sampel diambil dari tangki

biofilter IPAL Rumah Sakit Bhayangkara Denpasar dan diisolasi pada media NA yang mengandung fenol. Dari uji viabilitas pada berbagai konsentrasi fenol, diperoleh tiga isolat (IB2, IB5, IB10) yang mampu tumbuh hingga 500 mg/L. Ketiga isolat kemudian diuji kemampuan dan laju degradasinya. Setelah inkubasi 72 jam dan analisis menggunakan metode *Folin–Ciocalteu*, isolat IB2 menunjukkan kemampuan degradasi tertinggi pada konsentrasi 600 mg/L, sedangkan IB5 terbaik pada 700 mg/L. Isolat IB10 memiliki kemampuan terendah di kedua konsentrasi. Berdasarkan hasil pewarnaan Gram, ketiga isolat memiliki karakteristik bakteri Gram-negatif berbentuk batang yang memiliki kemiripan dengan genus *Pseudomonas*.

Penelitian Juwita *et al.*, (2014) berhasil mengisolasi sebanyak 51 koloni isolat bakteri pendegradasi fenol yang diisolasi dari limbah cair RSUD Arifin Achmad Pekanbaru. Karakteristik terhadap enam isolat terpilih menunjukkan bahwa seluruhnya merupakan bakteri Gram-negatif berbentuk basil. Sebanyak enam isolat dipilih secara acak untuk tahap pengujian selanjutnya. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa seluruh isolat berbentuk basil dan termasuk bakteri gram negatif. Uji kemampuan degradasi menunjukkan bahwa semua isolat mampu menurunkan kadar fenol pada media yang diperkaya fenol 500 ppm. Isolat MJEQ1 memiliki laju degradasi tertinggi yaitu 10 ppm/jam, sedangkan isolat MJST2 memiliki laju degradasi terendah yaitu 7,2 ppm/jam. Perbedaan ini dipengaruhi oleh karakteristik fisiologis dan biokimia masing-masing isolat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat bakteri *indigenous* dari limbah cair rumah sakit yang toleran terhadap fenol?

2. Bagaimana kemampuan dan efektivitas degradasi fenol oleh isolat bakteri *indigenous* yang diperoleh dari limbah cair rumah sakit ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri *indigenous* yang berasal dari limbah cair Rumah Sakit
2. Menguji kemampuan isolat bakteri *indigenous* serta menghitung efektivitas dalam degradasi fenol

1.4 Manfaat Penelitian

Untuk mengkaji karakteristik bakteri *indigenous* yang diperoleh dari limbah cair Rumah Sakit Universitas Andalas Padang dalam mendegradasi senyawa fenol. Hasil penelitian ini, diharapkan menjadi dasar pengembangan teknologi pengolahan limbah cair berbasis bioteknologi yang ramah lingkungan. Serta mendukung upaya pengurangan pencemaran akibat kandungan fenol pada limbah cair rumah sakit

