

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emerging Contaminants (ECs) merupakan kelompok senyawa kimia yang keberadaannya di lingkungan belum sepenuhnya diatur dalam regulasi, namun memiliki potensi dampak signifikan terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Salah satu jenis ECs yang saat ini menjadi perhatian global adalah residu farmasi, khususnya antibiotik (aus der Beek et al., 2016). Antibiotik seperti Amoxicillin banyak digunakan secara luas baik melalui resep medis maupun penggunaan mandiri oleh masyarakat. Tingginya konsumsi antibiotik ini berbanding lurus dengan peningkatan jumlah residu yang terbuang ke lingkungan melalui ekskresi manusia dan limbah fasilitas pelayanan kesehatan.

Secara farmakokinetik, Amoxicillin tidak sepenuhnya dimetabolisme di dalam tubuh manusia. Sekitar 60–90% dari dosis yang dikonsumsi akan dikeluarkan kembali dalam bentuk senyawa aktif melalui urin dan feses (Daughton & Ternes, 1999). Residu ini kemudian masuk ke sistem drainase dan akhirnya bermuara ke badan air, seperti sungai. Di negara berkembang seperti Indonesia, sistem pengolahan air limbah (IPAL) umumnya belum dirancang untuk menghilangkan mikropolutan farmasi, sehingga residu antibiotik tetap bertahan di lingkungan perairan.

Sungai Seketak di Kota Semarang merupakan salah satu contoh badan air yang menerima tekanan antropogenik tinggi. Sungai ini melintasi kawasan pemukiman padat, institusi pendidikan, serta berbagai fasilitas pelayanan kesehatan. Secara visual dan berdasarkan parameter kualitas air konvensional seperti BOD, COD, dan DO, kondisi sungai ini seringkali masih tergolong baik atau hanya tercemar ringan. Namun demikian, pendekatan konvensional tersebut memiliki keterbatasan karena tidak mampu mendeteksi keberadaan senyawa kimia aktif dalam konsentrasi sangat rendah tetapi berdampak signifikan secara biologis.

Fenomena ini dikenal sebagai “pencemaran jernih” (*clear-water pollution*), yaitu kondisi di mana air tampak bersih secara fisik, namun sebenarnya mengandung zat berbahaya yang tidak terlihat (Kümmerer, 2009). Residu antibiotik seperti Amoxicillin, meskipun berada dalam konsentrasi mikrogram per liter, memiliki aktivitas biologis yang tinggi dan dapat mengganggu mikroorganisme pada tingkat dasar rantai makanan.

Lebih jauh lagi, keberadaan antibiotik di lingkungan perairan berkontribusi terhadap munculnya Resistensi Antimikroba (*Antimicrobial Resistance/AMR*), yang saat ini telah menjadi salah satu ancaman kesehatan global. Paparan antibiotik dalam konsentrasi sub-lethal di lingkungan dapat bertindak sebagai tekanan seleksi yang mendorong bakteri untuk mengembangkan mekanisme resistensi (WHO, 2017). Lingkungan perairan seperti sungai berperan sebagai reservoir dan media penyebaran gen resistensi melalui mekanisme *Horizontal Gene Transfer* (HGT) (UNEP, 2023).

Permasalahan utama di Indonesia adalah belum adanya regulasi spesifik yang mengatur batas residu antibiotik dalam air limbah maupun badan air. Peraturan yang ada, seperti PP No. 22 Tahun 2021, masih berfokus pada parameter konvensional dan belum memasukkan kontaminan farmasi sebagai parameter wajib. Hal ini menciptakan kesenjangan antara kondisi kualitas air yang “aman secara regulasi” namun “berbahaya secara biologis”.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji secara komprehensif keberadaan Amoxicillin di Sungai Seketak, menilai risiko ekotoksikologi menggunakan pendekatan *Risk Quotient* (RQ), serta menganalisis implikasinya terhadap struktur komunitas biota dan potensi Resistensi Antimikroba. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih holistik mengenai kondisi kualitas air dan menjadi dasar ilmiah dalam pengembangan kebijakan lingkungan yang lebih adaptif terhadap emerging contaminants.

1.2 Batasan Masalah

1. Lokasi penelitian dibatasi pada Sungai Seketak di Kota Semarang yang mewakili karakteristik sungai urban dengan tekanan antropogenik tinggi.
2. Parameter utama yang dikaji adalah residu antibiotik Amoxicillin sebagai representasi emerging contaminants dari golongan farmasi.
3. Analisis risiko difokuskan pada dua aspek utama, yaitu:
 - a. Risiko ekotoksikologi terhadap organisme akuatik (RQeco)
 - b. Risiko kesehatan manusia melalui paparan lingkungan (RQhuman)
4. Analisis biologi dibatasi pada organisme makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas lingkungan.
5. Penelitian tidak mengkaji interaksi antar berbagai jenis antibiotik (cocktail effect) maupun polutan lain secara simultan.
6. Pengambilan data dilakukan secara cross-sectional pada satu periode waktu, sehingga tidak merepresentasikan variasi musiman.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana konsentrasi residu Amoxicillin di Sungai Seketak dan bagaimana distribusinya secara spasial?
2. Apakah terdapat ketidaksesuaian antara status mutu air konvensional dengan keberadaan residu Amoxicillin?
3. Bagaimana tingkat risiko ekotoksikologi Amoxicillin terhadap organisme akuatik berdasarkan pendekatan *Risk Quotient* (RQ)?
4. Bagaimana hubungan antara konsentrasi Amoxicillin dengan struktur komunitas biota sebagai indikator tekanan lingkungan?
5. Bagaimana potensi risiko kesehatan manusia akibat paparan residu Amoxicillin di lingkungan perairan?
6. Bagaimana efektivitas regulasi yang ada dalam mengendalikan pencemaran antibiotik dan apa rekomendasi kebijakan yang dapat diusulkan?

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis konsentrasi Amoxicillin di Sungai Seketak menggunakan metode HPLC.
2. Mengevaluasi kesesuaian antara kualitas air berdasarkan parameter konvensional dengan keberadaan emerging contaminants.
3. Menghitung dan menganalisis tingkat risiko ekotoksikologi (RQeco) dan risiko kesehatan manusia (RQhuman).
4. Mengkaji hubungan antara paparan Amoxicillin dengan perubahan struktur komunitas biota akuatik.
5. Mengidentifikasi celah regulasi terkait pengelolaan limbah farmasi di Indonesia.
6. Menyusun rekomendasi berbasis ilmiah untuk pengelolaan pencemaran antibiotik di perairan urban.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu lingkungan, khususnya dalam kajian ekotoksikologi dan emerging contaminants di perairan urban. Selain itu, penelitian ini memperkaya pemahaman mengenai hubungan antara pencemaran kimia dan resistensi antimikroba (AMR).

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi pemerintah dan pengambil kebijakan:

Memberikan dasar ilmiah untuk pengembangan regulasi terkait baku mutu air yang mencakup parameter antibiotik.

- b. Bagi fasilitas pelayanan kesehatan dan industri farmasi:

Menjadi acuan dalam pengelolaan limbah cair yang lebih efektif melalui teknologi pengolahan lanjutan.

c. Bagi masyarakat:

Meningkatkan kesadaran akan risiko pencemaran antibiotik terhadap kesehatan dan lingkungan.

d. Bagi akademisi:

Menjadi referensi untuk penelitian lanjutan terkait emerging contaminants dan AMR.

