

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Air

2.1.1 Pengertian Pencemaran Air

Pencemaran air merujuk pada terjadinya perubahan pada tempat penampungan air seperti laut, sungai, danau dan air tanah yang disebabkan oleh manusia itu sendiri. Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 1990 mengenai Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air didefinisikan sebagai penyisipan, penambahan makhluk hidup, energi, bahan dan unsur lainnya di dalam air oleh manusia sehingga kualitas air tersebut menurun hingga pada titik tertentu yang membuat air tidak dapat digunakan kembali, sesuai tujuannya. Menurut (Fadhila & Purwanti, 2022), Pencemaran air terjadi ketika makhluk hidup, energi, zat, dan komponen lain yang masuk atau disuntikkan ke dalam air oleh manusia, mengakibatkan penurunan kualitas air hingga titik tertentu untuk mencegah air berfungsi dengan baik sesuai tujuannya. Tingkat ketercemaran air tanah pada setiap lokasi bergantung pada sejauh mana air tanah rentan terhadap kontaminasi.

2.1.2 Jenis Pencemar air

Berbagai macam pencemar air dibedakan berdasarkan sifat-sifatnya termasuk padatan, oksigen yang dibutuhkan oleh limbah, mikroorganisme, komponen organik buatan, nutrisi tanaman, minyak, panas, senyawa anorganik dan mineral, serta bahan radioaktif. (Rahmadani & Sabang, 2015)

Menurut (Sumarya, Ketut, & Juliasih, 1907), Terdapat beberapa tipe zat pencemar yang bisa mencemari air danau, seperti endapan, limbah bukan organik,

limbah organik, sisa pestisida, dan sebagainya. Adanya zat-zat pencemar tersebut mengakibatkan berkurangnya manfaat dan fungsi danau.

2.1.3 Sumber Pencemaran Air

Pencemaran air terjadi ketika aktivitas manusia mencemari sumber air seperti danau, sungai, laut, dan air tanah. Jika air tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya, maka air tersebut dianggap terkontaminasi. Secara umum, ada beberapa sumber pencemaran air yang perlu diperhatikan:

1) Bahan kimia padat atau cair non-industri, sisa bahan bakar, minyak, tumpahan minyak, pipa minyak bocor dan terkubur di dalam tanah. 2) Perubahan peruntukan lahan untuk perumahan menyebabkan hilangnya lahan hijau. 3) Residu pestisida dari kegiatan pertanian 4) Residu pengolahan kayu 5) Penggunaan bom oleh nelayan untuk menangkap ikan di laut 6) Limbah yang dibuang oleh rumah tangga.

Sumber pencemaran yang ada dapat digolongkan menjadi dua kategori, yaitu sumber domestik yang berasal mula dari lingkungan sekitar, seperti pemukiman, perkotaan, pasar, jalan raya, stasiun kereta api, rumah sakit, dan lain-lain, serta sumber non hayati yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, hewan, peternakan, perikanan, transportasi dan sumber lainnya. Sedangkan jenis polutan dapat dibedakan menjadi polutan cair, polutan padat, polutan gas dan kebisingan (Ainuddin & Widyawati, 2017).

Penyebab terjadinya pencemaran air ada banyak sekali, namun secara umum dapat dijelaskan bahwa sumber pencemaran dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Sumber utama pencemaran antara lain aliran limbah dari industri, tempat pembuangan sampah (TPA) dan sumber lainnya. Sumber pencemaran tidak

langsung adalah bahan pencemar yang masuk ke badan air melalui tanah, air tanah, atau udara dalam bentuk hujan (Sahabuddin, 2012).

2.1.4 Indikator Pencemaran Air

Pembuangan air limbah langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu merupakan penyebab utama pencemaran air. Limbah baik padat maupun cair yang masuk ke lingkungan, seperti badan air, dapat menyebabkan perubahan keadaan alami air dan mengindikasikan adanya pencemaran air. Ciri-ciri yang menunjukkan air telah tercemar dapat diketahui melalui perubahan atau tanda-tanda yang dapat diamati melalui perubahan suhu, keasaman (pH), perubahan warna, bau dan konsentrasi ion hidrogen, munculnya endapan, koloid dan zat terlarut, serta air. keberadaan mikroorganisme.

Kegiatan manusia, terutama yang berkaitan dengan kehidupan rumah tangga dan industri, menjadi salah satu pemicu polusi yang menyebabkan pencemaran lingkungan dan perairan. Indikator fisik pencemaran seperti tingkat kekeruhan air menunjukkan bahwa kondisi lingkungan perairan di Kabupaten Bangkalan, khususnya di Selat Madura, masih tergolong baik. Kondisi tersebut menjadi menarik untuk diteliti lebih jauh karena beberapa situasi terlihat baik secara visual, tetapi biologisnya menunjukkan sebaliknya. (Wahyuni, 2015).

2.1.5 Komponen Pencemar Air

Komponen pencemaran air erat kaitannya dengan indikator pencemaran air, karena komponen pencemaran air juga menentukan bagaimana indikator pencemaran tersebut terjadi. Komponen pencemaran air adalah:

a. Bahan buangan padat

Jika limbah padat berukuran besar dan kecil dibuang ke dalam air, akibat yang dapat terjadi adalah sebagai berikut:

Air melarutkan sampah, sampah mengendap di dasar air dan membentuk koloid yang mengapung di dalam air (Rahmadani & Sabang, 2015).

b. Bahan Buangan Organik

Biasanya bahan organik yang dikeluarkan merupakan limbah biodegradable atau terurai oleh mikroorganisme. Zat organik meliputi protein, karbohidrat, dan lemak. (Rahmadani & Sabang, 2015).

c. Bahan Buangan Anorganik

Secara umum sampah anorganik merupakan sampah yang sulit diurai oleh mikroorganisme, dan jika sampah tersebut masuk ke dalam badan air maka kandungan ion logam di dalam air akan meningkat. Benda tak hidup antara lain timbal (Pb), arsen (As), kadmium (Cd), merkuri (Hg), nikel (Ni), dan lain-lain (Rahmadani & Sabang, 2015).

d. Bahan Buangan Oleh Makanan

Jika sisa makanan jatuh ke dalam air, akan timbul bau yang tidak sedap akibat pembusukan mikroorganisme. Selain itu, air yang mengandung bahan pangan olahan juga banyak mengandung mikroorganisme, termasuk bakteri penyebab penyakit (Rahmadani & Sabang, 2015).

e. Bahan buangan cairan berminyak

Minyak tidak dapat larut dalam air tetapi mengapung di atas air dan melapisi permukaannya. Kehidupan organisme yang ada di dalam air akan terganggu dengan adanya lapisan hidrokarbon pada permukaan air. Pasalnya,

lapisan minyak yang terdapat pada air akan menghalangi oksigen yang ada di udara untuk menyebar ke dalam air, sehingga jumlah oksigen yang dapat terlarut dalam air menjadi berkurang (Rahmadani & Sabang, 2015).

f. Bahan Buangan Zat Kimia

Ada banyak jenis limbah kimia, namun yang termasuk di dalamnya adalah bahan-bahan yang mencemari air, seperti sabun (deterjen, sampo, dan bahan pembersih lainnya), pestisida (bahan pengendali organisme, dll. berbahaya) dan pewarna kimia (Rahmadani & Sabang, 2015).

2.1.6 Pencemaran Air oleh Pb

Permasalahan pencemaran logam berat sangat penting dan harus segera diatasi, karena dampak buruknya terhadap lingkungan dan seluruh ekosistem sangat besar. Logam berat dapat dibedakan menjadi 2 kategori yaitu logam berat sangat penting dan logam berat kurang penting. Kategori pertama mencakup logam berat yang penting bagi semua makhluk hidup, namun beberapa di antaranya dapat bersifat racun. Contohnya adalah logam berat esensial seperti seng (Zn).

Sedangkan jenis yang kedua merupakan logam berat yang tidak penting, tidak beracun, belum jelas manfaatnya bagi tubuh, bahkan beracun seperti timbal (Pb). Secara alami, timbal dapat masuk ke lingkungan perairan dengan mengkristalkan timbal di udara melalui hujan. Selain itu, pelapukan mineral oleh gelombang dan angin juga berperan dalam masuknya timbal ke lingkungan perairan.

Logam berat memiliki persyaratan yang sama dengan logam lain, yang membedakan hanyalah efek yang terjadi jika logam tersebut masuk ke dalam organisme hidup. Logam berat yang masuk ke perairan, termasuk sungai dan

lautan, dipisahkan dari air melalui proses tiga langkah yang meliputi pengendapan, penyerapan, dan serapan oleh organisme perairan. Limbah industri apabila dibuang ke lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan distribusi, kemudian diserap oleh organisme hidup yang ada di dalam air. Pengendapan logam berat dalam air disebabkan oleh adanya karbonat, hidroksil dan klorida dalam bentuk anionik (Rahmadani & Sabang, 2015).

2.2 Industri

Pemanfaatan sumber daya asing selain menghasilkan keuntungan juga dapat menimbulkan permasalahan bagi ekosistem, seperti menurunnya kualitas air akibat meningkatnya polutan. Logam berat yang masuk ke perairan, termasuk sungai dan lautan, dipisahkan dari air melalui proses tiga langkah yang meliputi pengendapan, penyerapan, dan serapan oleh organisme perairan. PT Semen Tonasa berlokasi di Kecamatan Bungoro dan Kecamatan Minasate'ne, Kabupaten Pangkep, tempat penambangan kapur dan tanah liat, menggunakan material pengganti fly ash dan bottom ash sebagai limbah B-3 dalam produksi semen. lingkungan. lingkungan. . Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan logam berat Pb pada limbah, operasi penambangan dan masuknya logam berat secara alami ke dalam air.

Hasil analisa menunjukkan bahwa abu dasar mengandung logam berat seperti Pb (timbal), Cd (kadmium), Cu (tembaga) dan lain-lain. Jika masuk ke wilayah daratan atau perairan maka akan terjadi pencemaran terhadap lingkungan. Dampak lingkungan dari abu terbang (*fly ash*) terutama disebabkan oleh abu yang tersebar di udara dan dapat terhirup oleh manusia dan hewan. Ada pula pelepasan (filtrasi) beberapa unsur dari fly ash yang dapat mempengaruhi kualitas air dan tanah disekitarnya sehingga dapat membahayakan tanaman. Efek negatif khusus

dapat dihasilkan oleh logam jejak seperti Pb, Cr, Cd yang seringkali terkonsentrasi dalam bentuk partikel yang sangat kecil, berkisar antara 0,5 hingga 10 mm (Nayla & Lia, 2021).

2.3 Viabilitas bakteri pada lingkungan yang mengandung Pb

Mikroorganisme ini menunjukkan resistensi terhadap logam berat karena bakteri ini telah mengembangkan mekanisme detoksifikasi dan pernafasan dengan menggunakan logam berat. Mikroorganisme tersebut merupakan mikroorganisme yang telah beradaptasi pada lingkungan yang terkontaminasi logam berat dengan cara mengurangi efek toksik dari logam berat yang dikandungnya. Hasil diperoleh dari *Bacillus tropicus* (Ikhsan & Herayati, 2020).

Mengingat *Bacillus tropicus* termasuk golongan yang mampu mengatasi pencemaran logam berat, maka bakteri lain yang dapat dijadikan contoh adalah *Bacillus sp*, *Pseudomonas sp*, dan *Escherichia coli*. Beberapa jamur yang umum adalah *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus stolonifer* dan *Aspergillus oryzae*. Tiga bakteri juga diuji, *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus thuringiensis* dan *Pseudomonas aeruginosa*, yang masing-masing terpapar timbal, logam berat (Pb). Ketiga bakteri ini mampu mengumpulkan timbal, salah satu logam berat (Pb), namun *Bacillus thuringiensis* kemungkinan paling efektif karena termasuk dalam kelompok bakteri Gram positif. Dibandingkan dengan dua jenis bakteri yang termasuk dalam kelompok bakteri gram negatif, semakin lama waktu kontak dengan bakteri tersebut, semakin baik efek penurunan konsentrasinya. Jumlah total yang diperoleh ketiga bakteri tersebut mencerminkan kemampuannya dalam menurunkan konsentrasi timbal (Pb) (Baharudin & Widyorini, 2022).

Menurut (Hoyle dan Beveridge, 1983) Kemampuan ketiga bakteri ini dalam mengumpulkan logam timbal disebabkan adanya ikatan anionik pada permukaan dinding sel bakteri Gram positif dan Gram negatif, sehingga logam tersebut mudah diserap. Beberapa bakteri yang menghasilkan lipase antara lain *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Burkholderia* (Sukmawati & Simamora, 2020)

Lipase merupakan salah satu enzim yang digunakan dalam proses industri, baik pada industri makanan maupun non makanan. Lipase dikenal sebagai enzim lipolitik dan didefinisikan sebagai enzim yang menghidrolisis ester asam lemak rantai panjang. Lipase bertindak sebagai katalis dalam hidrolisis triasilgliserol dan ester, selain asilgliserol. Enzim lipase banyak terdapat pada hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme. Enzim lipase mikroba dapat diproduksi oleh berbagai bakteri, ragi dan jamur, baik sendiri atau bersama-sama dengan enzim keluarga hidrolase lainnya, seperti ester. Aktivitas enzim pada pengolahan sampah kota dengan sistem lumpur aktif dan sistem ekstraksi enzim lipase dan enzim protease lumpur aktif dengan tujuan untuk mengamati aktivitas enzim lipase ketika ditambahkan pada senyawa organik dalam air. Menurut penelitian, enzim lipase yang berasal dari mikroorganisme tidak hanya lebih ekonomis tetapi juga lebih tahan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, kegunaannya lebih luas dalam bidang industri, seperti industri lemak, minyak, susu, farmasi, dan tekstil (Kasipah, Rismayani, & Nurachman, 2013).

2.4 Logam Berat

Logam merupakan bahan atau kombinasi yang mempunyai sifat permukaan mengkilat, daya hantar panas dan listrik yang tinggi, serta sulit terurai. Dalam konteks kimia, logam berat adalah logam yang mampu terurai oleh hidrogen sulfida

dalam larutan asam. Logam berat adalah logam yang biasanya tidak diperlukan untuk metabolisme dan dapat berbahaya meskipun berada dalam jumlah kecil. Logam berat adalah bahan padat atau cair dengan berat 5 gram atau lebih per cm³. Sebaliknya logam yang beratnya kurang dari 5 gram disebut logam ringan. Logam berat selalu tergolong logam dengan kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak pada efek yang dihasilkan ketika logam ini berikatan dan/atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat mempunyai ciri-ciri antara lain:

1. Memiliki parameter gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4),
2. Terdapat nomor atom (NA) 22-34 dan 40-50, serta unsur lantanida dan aktinida,
3. Mempunyai respon biokimia yang khas (spesifik) terhadap organisme hidup.

Logam berat merupakan logam yang tergolong mikrologam, yaitu logam yang konsentrasinya di kerak bumi kurang dari 500 mg/kg. Logam berat mempunyai sifat yang hampir sama dengan logam lainnya seperti daya hantar listrik yang baik, daya hantar panas yang baik, massa jenis yang tinggi, membentuk paduan dengan logam lain dan membentuk logam padat. Perbedaan logam berat dengan logam lainnya terletak pada efek toksik yang ditimbulkan ketika logam berat mengikat dan/atau masuk ke dalam organisme. Secara umum logam berat dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu:

- a) Logam berat esensial; Artinya, logam dalam jumlah tertentu diperlukan bagi organisme, tetapi dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik. Misalnya: seng (Zn). Tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), mangan (Mn).

b) Logam berat non esensial; yaitu logam-logam yang keberadaannya di dalam tubuh masih belum diketahui, bahkan lebih beracun bagi organisme. Misalnya: merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb) dan kromium (Cr).

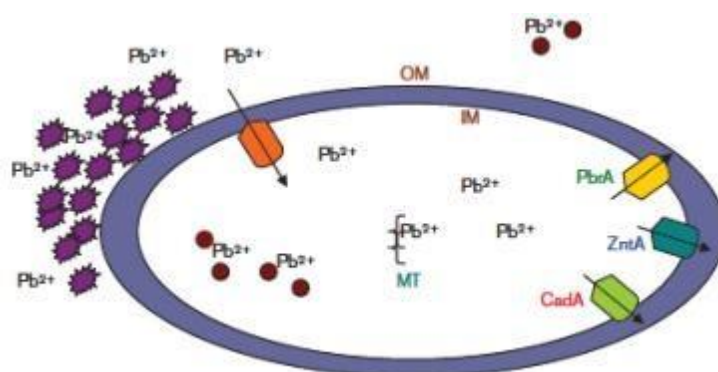
Setiap organisme memiliki logam berat yang sangat penting, yang disebut *mineral trace* atau mineral, dalam jumlah yang sangat kecil dan digunakan untuk berfungsinya sistem enzim (*metaloenzim*), misalnya tembaga (Cu) diperlukan untuk aktivitas sistem enzim *laccase* dan *tyrosinase*, kobalt (Co) diperlukan untuk aktivitas enzim ribonukleotida reduktase, dan mangan (Mn) diperlukan untuk aktivitas enzim arginase dan piruvat karboksilase. Namun logam berat non esensial cenderung bersifat racun bagi organisme hidup dan umumnya hanya digunakan sebagai bahan baku proses industri. Banyak logam berat, yang penting dan beracun, dapat larut dalam air dan menyebabkan pencemaran air. Sebagian besar polusi ini berasal dari pertambangan, pabrik metalurgi, industri, dan dari lahan pertanian yang menggunakan pupuk atau pestisida yang mengandung logam. Unsur-unsur berat dalam air dapat membentuk ikatan dalam senyawa kimia atau berbentuk ion logam, bergantung pada lingkungan di mana unsur-unsur tersebut berada. Kandungan logam tiap bagian dan polutannya dapat dibedakan berdasarkan derajat konsentrasinya.

Ada tiga tingkat pencemaran logam berat dalam air yaitu pencemaran berat, sedang dan tidak ada. Di perairan yang sangat tercemar, terdapat sejumlah besar lumpur di dalam air dan keberadaan organisme hidup juga melimpah. Perairan dengan polusi sedang mengandung logam berat dan organisme yang hidup di sana juga cukup terbatas. Namun pada perairan yang tidak tercemar, konsentrasi logam berat dalam air dan organisme hidup sangat rendah, bahkan dapat terdeteksi. Logam

berat mempunyai sifat terakumulasi dalam organisme hidup dan konsentrasinya meningkat (biodegradasi) pada tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan. Proses biokondensasi ini berdampak langsung pada manusia, karena manusia berada pada puncak rantai makanan suatu ekosistem, hal ini meningkatkan konsentrasi logam berat pada makanan yang dikonsumsi manusia, mulai dari bahan hingga bagian dasar makanan. tingkat atau di tingkat produsen. Logam berat banyak terdapat pada kerak bumi khususnya pada daerah pertambangan, logam berat juga terdapat pada batuan yang terbentuk dari magma akibat aktivitas gunungberapi, misalnya timbal terdapat pada *golena*, *cerussite* dan *anglesite* (Rahmadani & Sabang, 2015).

2.5 Mekanisme Resistensi Bakteri Terhadap Pb

Bakteri yang resisten terhadap timbal dan cocok digunakan sebagai agen bioremediasi dapat diisolasi dari media yang terkontaminasi logam berat (Arrizal, 2013). Pada hasil penelitian (Lewaru et al., 2012). Lingkungan dimana bakteri resisten timbal dapat ditemukan adalah tanah dan perairan. Mekanisme resistensi bakteri terhadap Pb ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1 Mekanisme Resistensi Bakteri terhadap Timbal (Pb)

(Jarostawiecka & Seget, 2014).

Mekanisme resistensi bakteri terhadap Pb, tergantung lokasinya, terbagi menjadi dua jenis, ekstraseluler dan intraseluler. Fungsi utama mekanisme resistensi ini adalah untuk mengatasi toksisitas logam berat agar tidak mengganggu fungsi biologis mikroorganisme.

2.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah terdapat spesies bakteri dari limbah tanaman mengandung silika dari lokasi PIER yang berpotensi menjadi agen bioremediasi konsentrasi Pb dalam air limbah.

