

PERANAN MIKROBA DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Dwi Soelistya Dyah Jekti

Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram – Mataram

E-mail: soelisty.dj@gmail.com (*correspondence author*)

ABSTRAK

Berkembangnya industri disatu sisi dapat meningkatkan kemakmuran masyarakat namun disisi yang lain memiliki dampak yang kurang baik terhadap kualitas dan kuantitas limbah yang dihasilkan termasuk di dalamnya adalah bahan berbahaya dan beracun (B3). Untuk mengurangi polutan di lingkungan serta menurunkan toksisitas dari berbagai senyawa polutan maka penggunaan mikroba seperti bakteri, kapang dan jamur akan sangat berarti. Penggunaan mikroba dalam proses tersebut dikenal dengan remediasi yang banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pH, kadar air, keberadaan zat nutrisi, temperatur dan oksigen. Saat ini telah banyak dimanfaatkan mikroba dalam pengelolaan lingkungan yaitu sebagai pembersih air, pengurai sampah, pengurai minyak di laut, pengurai detergen, pengurai plastik, pengurai logam berat, dan pengurai pestisida.

Kata kunci: mikroba, polutan, pengelolaan lingkungan, limbah B3

PENDAHULUAN

Lingkungan yang bersih dan nyaman adalah impian dan dambaan kita semua. Lingkungan yang bersih akan membuat warganya sehat dan nyaman tinggal di lingkungan tersebut. Tetapi pada saat ini kita jarang menemukan daerah atau lingkungan yang bersih dan nyaman karena hampir di semua tempat sudah terjadi pencemaran atau polusi. Walaupun pencemaran lingkungan juga dapat terjadi secara alami tetapi aktivitas manusia ternyata sangat dominan sebagai penyebabnya baik secara sengaja maupun tanpa disengaja. Tingginya jumlah penduduk, kurangnya pendidikan dan wawasan masyarakat merupakan penyebab dari tingginya pencemaran atau polusi di suatu tempat.

Pencemaran atau polusi lingkungan adalah kontaminasi yang terjadi di lingkungan oleh bahan-bahan yang dapat mengganggu kesehatan manusia, kualitas kehidupan serta fungsi alami dari ekosistem. Tidak perlu diukur seberapa besar atau kecilnya suatu polusi pasti akan mengganggu kesehatan kita. Lingkungan kita baik di darat, air tawar, sawah, hutan maupun laut semua tempat tersebut tidak ada yang terbebas dari polusi. Polutan sebagai penyebab polusi sangat bervariasi ada yang dapat didegradasi tetapi ada yang tidak dapat didegradasi atau lamban terdegradasi. Walaupun dapat didegradasi seperti sampah misalnya, tetapi bila kecepatan produksi sampah lebih cepat dari kecepatan degradasinya tetap akan menimbulkan masalah pada lingkungan.

Lingkungan yang mengalami pencemaran harus mendapat perhatian serius baik oleh warga masyarakat maupun pemerintah. Pengelolaan lingkungan yang tercemar harus dilakukan supaya lingkungan tidak menjadi rusak yang nantinya akan berakibat hilangnya fungsi tanah, atau air dan akan menimbulkan masalah bagi kesehatan masyarakat maupun kualitas kehidupan serta fungsi alami dari ekosistem. Bagi usaha-usaha masyarakat yang mempunyai hasil pencemar yang larut dalam air, harus melakukan pengelolaan hasil pencemar sebelum air dikeluarkan ke alam atau sungai. Salah satu cara mengelola lingkungan yang tercemar adalah dengan bantuan mikroba.

Mikroba merupakan makhluk kecil yang terdapat dimana-mana disekitar kita, baik sebagai penghuni air, tanah dan atmosfer kita. Dalam siklus makanan maka mikroba berfungsi sebagai *decomposer* sehingga mikroba memang seharusnya dimanfaatkan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Pemanfaatan mikroba sangat menguntungkan dalam pengelolaan lingkungan sebab bentuknya yang kecil, cepat berkembang biak, sangat mudah tersebar di alam dan dapat bertahan hidup di luar inang. Mikroba baik bakteri maupun jamur sangat penting dalam melakukan penguraian sehingga dapat mengurangi pencemaran yang ada di lingkungan.

PENCEMARAN LINGKUNGAN

Lingkungan yang tercemar perlu mendapat perhatian serius sebab bila tidak diperhatikan maka akan hilang fungsi alami dari lingkungan disamping akan mengganggu kesehatan manusia dan menurunkan kualitas lingkungan. Pencemaran telah menimbulkan masalah di mana-mana baik di tanah, air tawar, air laut, danau, sawah, hutan, udara dan lainnya. Pencemaran lingkungan telah meningkat di banyak daerah karena industrialisasi. Aktivitas industri manusia, termasuk pertambangan, peleburan, dan pembuatan senyawa sintetis, telah menyebabkan peningkatan eksponensial dalam jumlah logam berat dilepaskan ke atmosfer, air, dan tanah. Polusi dari sampah industri seperti tumpahan bahan kimia, produk rumah tangga dan peptisida telah menyebabkan kontaminasi pada lingkungan.

Perkembangan pembangunan di Indonesia khususnya bidang industri, senantiasa meningkatkan kemakmuran dan dapat menambah lapangan pekerjaan bagi masyarakat kita. Namun di lain pihak, perkembangan industri memiliki dampak terhadap meningkatnya kuantitas dan kualitas limbah yang dihasilkan termasuk di dalamnya adalah limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Pada saat industri yang berlokasi di pinggir sungai membuang limbah maka akan terbawa oleh aliran sungai menuju perairan dan akan mengalami pengendapan di kawasan muara sungai. Hal tersebut mengakibatkan konsentrasi bahan pencemar dalam sedimen meningkat dan hasilnya, logam berat yang terendapkan akan terdispersi dan akan diserap oleh organisme yang hidup di perairan tersebut. Jika terus dibiarkan maka akan berdampak pada penurunan kualitas perairan, tercemarnya sedimen dan terkontaminasinya berbagai tumbuhan dan biota di sana.

Tanah yang kita andalkan untuk menanam bahan makanan telah terkontaminasi secara langsung oleh hasil aktivitas manusia. Pertanian modern selalu berkaitan dengan penggunaan berbagai jenis bahan kimia. Varian dari pestisida tersebut digunakan untuk mengelola berbagai kelompok hama dalam memaksimalkan produksi tanaman pangan dan memenuhi tuntutan akan pasokan makanan yang lebih tinggi dari populasi manusia yang tumbuh dengan cepat. Makanan dan air yang kita konsumsi sering terkontaminasi oleh bahan

kimia dan logam berat, seperti timbal, kadmium, arsenik, kromium, dan merkuri, yang terkait dengan banyak penyakit.

Salah satu sumber pencemaran laut adalah limbah industri yang mengandung logam berat yang secara sengaja maupun tidak dibuang ke laut. Umumnya logam berat pada suhu kamar tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berupa unsur cair, misalnya merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), dan lain sebagainya. Dalam badan perairan, logam biasanya berada dalam bentuk ion-ion, baik tunggal maupun berpasangan. Bahan pencemar terdiri dari polutan yang mudah terdegradasi (biodegradable) dan polutan yang sulit terdegradasi atau membutuhkan waktu lama untuk mendegradasinya (nondegradable). Yang termasuk dalam polutan yang mudah terdegradasi adalah sampah. Sampah terdiri dari sampah organik dan sampah anorganik. Sampah anorganik akan mengalami daur ulang dan sampah organik akan terbentuk kompos. Proses pembentukan kompos dilakukan oleh mikroba yang berupa fungi dan bakteri. Walaupun sampah termasuk polutan yang mudah terdegradasi tapi bila produksi sampah lebih cepat dari pada pendegradasiannya maka polutan ini juga akan menjadi masalah yang serius. Pencemaran ini menimbulkan banyak masalah, mulai dari estetika, bau, munculnya banyak binatang yang menimbulkan penyakit seperti lalat, semut, nyamuk, dan tikus.

BIOREMEDIASI

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan di lingkungan atau menurunkan toksisitas dari berbagai senyawa polutan. Enzim-enzim yang diproduksi mikroorganisme seperti bakteri, khamir dan kapang yang berperan penting dalam bioremediasi limbah polutan. Mikroorganisme ini menghasilkan enzim yang digunakan untuk memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimianya, sehingga struktur kimianya menjadi tidak lagi kompleks dan pada akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun, peristiwa ini disebut biotransformasi.

Keanekaragaman bakteri sangat tinggi baik secara morfologi, fisiologi, maupun potensinya. Salah satu potensi yang dimiliki bakteri adalah mampu menggunakan material yang ada di

habitatnya sebagai sumber nutrient dengan cara memetabolisme termasuk polutan yang mencemari lingkungan. Mikroorganisme yang dapat memanfaatkan hidrokarbon sebagai sumber karbon pada lingkungan tidak tercemar minyak hanya sekitar 0,1%, tetapi pada lingkungan tercemar minyak meningkat hingga 100% dari komunitas mikroba yang ada di lingkungan tersebut. Bakteri yang secara spesifik menggunakan karbon dari hidrokarbon minyak bumi sebagai sumber makanannya disebut sebagai bakteri petrofilik. Bakteri inilah yang memegang peranan penting dalam bioremediasi lingkungan yang tercemar limbah minyak bumi.

Bioremediasi mempunyai dua tujuan yaitu pertama menstimulasi pertumbuhan mikroba indigen (mikroba asli) atau mikroba non indigen yaitu mikroba yang sengaja dimasukkan dari luar ke daerah yang tercemar. Kedua, adalah menciptakan kondisi lingkungan yang sesuai untuk meningkatkan intensitas kontak langsung antara mikroba dengan senyawa polutan di lingkungan yang terikat partikel maupun yang terlarut supaya terjadi degradasi, biotransformasi ataupun biomineralisasi.

Lingkungan yang memerlukan bioremediasi adalah tanah, udara, air, dan sedimen yaitu gabungan tanah dengan pelapukan tanaman dan hewan yang ada di dasar air. Menurut jenisnya bioremediasi terdiri dari:

1. Bioremediasi berdasarkan lokasi

- a. Bioremediasi in situ yaitu bioremediasi yang dilakukan untuk mendegradasi pencemar pada tanah yang basah dan air tanah yang dilakukan langsung di lokasi tanah yang tercemar. Metoda ini sangat baik dan murah untuk membersihkan lingkungan yang tercemar dengan menggunakan mikroba yang tidak berbahaya untuk mendegradasi bahan kimia. Menggunakan mikroba yang mempunyai kemampuan bergerak dapat pindah dari satu tempat ke tempat lain yang terkontaminasi. Dengan demikian bioremediasi in-situ merupakan metoda yang baik untuk mendegradasi komponen yang berbahaya. Bioremediasi in-situ merupakan metoda yang menguntungkan, tidak memerlukan penggalan tanah yang

terkontaminasi, sehingga dari segi biaya juga sangat efektif.

Pada bioremediasi in-situ ada beberapa hal yang tidak menguntungkan, yaitu lebih memakan waktu dibandingkan yang lain. Aktivitas mikroba langsung terekspose dalam mengubah factor lingkungan yang tidak dapat dikontrol. Mikroba bereaksi baik hanya jika materi yang ada ditempat tersebut memungkinkan untuk memproduksi makanan dan energy untuk pengembangan sel-sel mikroba. Bila kondisi tidak baik maka kapasitas untuk mendegradasi menjadi berkurang. Sehingga perlu digunakan genetic engenering pada mikroba walaupun stimulasi mikroba indigen juga perlu diupayakan.

- b. Bioremediasi ex situ yaitu bioremediasi yang dilakukan dengan mengambil limbah tersebut dan dilakukan treatment ditempat lain untuk dilakukan degradasi, dan setelah itu dikembalikan ke tempat asal yang selanjutnya diberikan perlakuan khusus dengan menggunakan mikroba. Bioremediasi ex situ lebih cepat dan mudah untuk dikontrol dibanding in situ. Disamping itu bioremediasi ex situ mampu meremediasi jenis kontaminan dan jenis tanah yang lebih beragam

2. Bioremediasi yang menggunakan mikroba

- a. Bioaugmentasi adalah penambahan satu jenis atau lebih mikroorganisme pengurai baik yang alami maupun yang sudah mengalami perbaikan sifat untuk melengkapi populasi mikroba yang telah ada. Cara ini paling sering digunakan dalam menghilangkan kontaminan di suatu tempat. Beberapa hambatan yang ditemui adalah sulit mengontrol kondisi tempat yang tercemar agar mikroorganisme dapat berkembang dengan optimum dan mikroorganisme yang dilepas ke lingkungan baru mungkin akan sulit untuk beradaptasi.

- b. Biostimulasi adalah proses yang dilakukan melalui penambahan zat gizi tertentu yang dibutuhkan oleh mikroorganisme atau menstimuli kondisi lingkungan sedemikian rupa agar mikroorganisme tumbuh dan beraktivitas dengan baik
- c. Bioremediasi intrinsik adalah bioremediasi yang terjadi secara alami di dalam air atau tanah yang tercemar.

Faktor-faktor yang berpengaruh pada Bioremediasi

- a. pH tanah umumnya merupakan lingkungan asam, dan jarang bersifat basa. Untuk mendapatkan pH basa ditambahkan kapur dapat meningkatkan penguraian minyak menjadi dua kali. Penyesuaian pH dapat mengubah kelarutan, bioavailabilitas, bentuk senyawa kimia polutan serta makro dan mikro nutrient. pH basa akan menurunkan ketersediaan Ca, Mg, Na, K, NH₄, N dan P sedang pH asam akan menurunkan ketersediaan NO₃ dan Cl. Karena jamur lebih tahan terhadap pH asam maka jamur akan lebih berperan dibandingkan dengan bakteri
- b. Kadar air dan bentuk poros tanah berpengaruh pada bioremediasi. Bioremediasi lebih berhasil pada tanah yang poros dengan kadar air Antara 50 – 60%
- c. Keberadaan zat nutrisi. Tanah bekas pertanian cukup nutrisi dan untuk hidrokarbon perlu ditambahkan nitrogen dan fosfor atau diberikan makro mikro nutrient yang lain.
- d. Temperatur yang optimal untuk degradasi hidrokarbon adalah 30-40°C.. Suhu sangat berpengaruh terhadap lokasi tempat dilaksanakannya bioremediasi.
- e. Oksigen
Langkah awal katabolisme senyawa hidrokarbon oleh bakteri maupun kapang adalah oksidasi substrat dengan katalis enzim oksidase, dengan demikian tersedianya oksigen merupakan syarat keberhasilan degradasi hidrokarbon minyak. Ketersediaan oksigen di tanah tergantung pada (a) kecepatan

konsumsi oleh mikroorganisme tanah, (b) tipe tanah dan (c) kehadiran substrat lain yang juga bereaksi dengan oksigen. Terbatasnya oksigen, merupakan salah satu faktor pembatas dalam biodegradasi hidrokarbon minyak.

PERANAN MIKROBA DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN

1. Mikroba dan lingkungan tercemar

Mikroba dalam hal ini bakteri dan fungi adalah mikroba decomposer yang yang bersifat kosmopolitan yang berarti mudah ditemukan diberbagai lingkungan dan dapat berfungsi sebagai recycler. Mikroba akan mentransformasikan bahan kimia sintetik dan alami sebagai sumber energy dan material yang penting untuk pertumbuhannya. Mikroba seperti bakteri, kamir dan kapang merupakan mikroba penting yang berperan dalam bioremediasi limbah pencemar di lingkungan. Saat ini mikroba banyak digunakan untuk membantu memperbaiki kualitas lingkungan dan utamanya untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan.

Pencemaran yang terjadi pada tanah, air, udara, sedimen semuanya akan mempengaruhi lingkungan karenanya perlu dilakukan pembersihan dengan bioremediasi. Pencemaran yang berupa sampah rumah tangga, sampah plastic, sampah industry yang berupa logam berat (merkuri, cadmium, stronsium), petroleum, dan senyawa organic seperti pestisida, herbisida dan lain-lain. Saat ini untuk meningkatkan bioremediasi telah didukung oleh tehnologi genetika molekuler untuk mengidentifikasi gen-gen yang mengkode enzim yang terkait dengan bioremediasi.

Jenis mikroba rekombinan yang diciptakan pertama kali dipatenkan adalah bakteri pemakan minyak. Bakteri pemakan minyak ini mampu mengoksidasi senyawa hidrokarbon yang ditemukan pada minyak bumi. Bakteri ini tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan bakteri jenis lain (yang alami), tetapi bakteri rekombinan ini hanya dapat mengurai komponen berbahaya dengan jumlah yang terbatas dan belum mampu untuk mendegradasi komponen-komponen molekuler yang cenderung bertahan di lingkungan.

Interaksi spesies bakteri dengan logam dan penggunaannya untuk menghilangkan logam dari tempat yang terkontaminasi merupakan proses yang unik. Karena logam berat adalah unsur alami yang tidak mungkin terdegradasi dan dimetabolisme. Sebagai gantinya, mikroorganisme telah mengembangkan strategi penanggulangan untuk mengubah unsur tersebut menjadi bentuk yang kurang berbahaya atau mengikat logam secara intra atau ekstraselular, sehingga mencegah adanya interaksi berbahaya pada sel inang. Mikroba dapat secara aktif mengangkut logam keluar dari sitosol sel. Terjadi interaksi yang rumit antara kontaminan logam berat dan mikroorganisme asli. Mikroba ini mengembangkan mekanisme ketahanan yang memungkinkan mikroba bertahan dan dalam beberapa kasus, menghilangkan / mengurangi konsentrasi kontaminan di lingkungan mereka. Sejumlah mikroba lingkungan telah lama dikenal karena kemampuannya untuk mengikat logam.

2. Biodegradasi bahan pencemar

a. Peran mikroba sebagai pembersih air

Air yang kelihatannya bersih belum tentu tanpa ada bahan pencemar atau makhluk hidup yang membahayakan manusia. Bahan pencemar mulai dari sampah, bahan kimia, logam berat demikian pula mikroba yang terdiri bakteri, mikroalga dan jamur dapat mencemari air tanah, air sumur, air danau, sumber mata air ataupun air laut. Bakteri dan mikroalga yang berada di perairan akan menyebabkan kekeruhan air meningkat, berubahnya warna air, maupun peningkatan oksidasi.

Peningkatan kekeruhan terjadi karena peningkatan jumlah mikroba. Mikroba meningkat karena makanan mikroba tercukupi yang dapat berasal dari bahan organik dari limbah yang ada di perairan. Perombakan limbah dengan oksidasi baik oksidasi biologis maupun oksidasi kimia. Semakin tinggi bahan organik di perairan menyebabkan rendahnya oksigen terlarut karena oksigen digunakan mikroba untuk mengoksidasi bahan organik karena itu kebutuhan akan

oksigen (BOD) jadi meningkat. Kelompok bakteri besi *Crenotrix* dan *Sphaerotilus* mampu mengoksidasi senyawa ferro menjadi ferri yang berakibat berubahnya warna air menjadi kehitaman atau kecoklatan. Kelompok bakteri belerang *Cromatium* dan *Thiobacillus* mampu mereduksi senyawa sulfat menjadi H₂S sehingga air akan berbau busuk. Kelompok mikroalga dalam jumlah besar juga akan membuat perubahan warna pada air.

Bila bahan kimia pencemar jumlahnya banyak maka bakteri pengurai juga akan banyak di perairan tersebut. Bakteri yang bersifat sebagai dekomposer akan menguraikan bahan kimia tersebut sehingga bahan kimia menjadi tidak berbahaya lagi bagi makhluk hidup yang tinggal di perairan tersebut dan air aman digunakan oleh makhluk hidup yang lain.

b. Peran mikroba dalam mengurai sampah

Sampah merupakan bahan pencemar yang berasal dari limbah rumah tangga, pasar, sawah, hutan dan lainnya. Banyak jenis sampah yang dihasilkan dan digolongkan menjadi dua golongan yaitu sampah organik dan sampah anorganik. Sampah anorganik akan didaur ulang dan sampah organik akan mengalami proses lanjutan dalam pembuatan kompos. Mikroba yang berfungsi sebagai dekomposer penting perannya dalam mengurai sampah. Mikroba dengan kemampuannya mentransformasi bahan alam dan bahan kimia menjadi sumber karbon dan energi untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Pembuatan kompos harus memperhatikan kondisi yang optimum supaya kompos dapat dibuat dengan baik. Parameter optimasi dapat berupa suhu, keasaman, dan medium pertumbuhan. Bila parameter diperhatikan maka proses pembentukan kompos bisa lebih efektif. Pada proses pengomposan terjadi proses biokonversi bahan organik oleh

berbagai kelompok mikroba heterotroph. Mikroba yang banyak berperan dalam proses tersebut adalah bakteri, jamur Actinomycetes, dan protozoa. Peran mikroba bersifat selulolitik dan lignolitik sangat besar pada proses dekomposisi sisa tanaman yang banyak mengandung lignoselulosa

Sampah organik dapat diproses menjadi kompos dan biogas. Pengomposan secara alami berlangsung sangat lambat tetapi dengan berkembangnya bioteknologi maka proses pengomposan dapat dipercepat. Produksi bio gas menggunakan limbah organik dan sisa bahan ternak yang diuraikan oleh kelompok Archea metanogen. Bio gas yang dihasilkan sebagian berupa metana hasil penguraian limbah organik yang mengandung protein, lemak dan karbohidrat. Penguraian dilakukan oleh bakteri anaerob.

c. Peran mikroba dalam mengurai minyak di laut

Komponen minyak yang terdiri dari banyak senyawa merupakan polutan utama di tanah dan lingkungan perairan dan bersifat toksik. Bioremediasi yang dapat dilakukan ialah 1) dengan bioaugmentasi yaitu penambahan mikroba pengurai untuk melengkapi mikroba yang telah ada. 2) dengan biostimulasi yaitu dengan menambahkan nutrisi tertentu atau dengan menstimuli kondisi lingkungan agar mikroorganisme tumbuh dan beraktivitas dengan baik.

Proses degradasi yang dilakukan oleh bakteri alami (indigenus) memerlukan waktu yang relative lama karena pengaruh faktor-faktor seperti konsentrasi bahan pencemar, keragaman populasi, aktivitas enzim, ketersediaan oksigen, suhu. Suhu optimal untuk biodegradasi adalah 30-40° C, dan pH berkisar 6,5 – 7,5 dengan ketersediaan nutrisi, nitrogen dan posfor. Mikroba akan memanfaatkan senyawa tersebut sebagai sumber karbon dan energi

yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroba. Mikroba akan mengoksidasi hidrokarbon yang terkandung di dalam minyak bumi dan menjadikan hidrokarbon sebagai donor elektronnya. Mikroba mengoksidasi minyak bumi menjadi CO₂ dan bioproduk seperti asam lemak, surfaktan, dan biopolymer. Dengan demikian mikroba dapat melakukan pembersihan tumpahan minyak. Setelah minyak dan air menyatu selanjutnya bakteri dapat mendegradasi minyak. Mikroba yang dapat mendegradasi minyak adalah kelompok Pseudomonas, bermacam-macam Corynebacteria, Mycobacteria dan beberapa jenis Yeast. Walaupun senyawa hidrokarbon dapat diuraikan oleh mikroba, tetapi belum ditemukan mikroba yang berkemampuan enzimatik lengkap untuk menguraikan hidrokarbon secara sempurna.

d. Peran Mikroba dalam mengurai detergen

Detergen merupakan surfaktan yang sangat luas penggunaannya baik untuk keperluan rumah tangga maupun industri. Alkil benzil sulfonat (ABS) adalah komponen detergen yang merupakan zat aktif yang dapat menurunkan tegangan permukaan sehingga dapat digunakan sebagai pembersih. Jenis surfaktan yang paling banyak digunakan dalam detergen adalah tipe anionik dalam bentuk sulfat dan sulfonat. Bagian alkil dari ABS ada yang linier (Linier Alkil Sulfonat /LAS) dan ada yang non linier Alkil Benzene Sulfonat (ABS). Bagian yang bercabang (ABS) lebih kuat dan berbusa dan lebih sulit terurai sehingga menyebabkan badan air berbuih. Banyak mikroba dilaporkan mampu mendegradasi detergen ABS dan LAS. Banyak penelitian difokuskan kepada peran komunitas mikroba di dalam unit pengolahan limbah merombak senyawa detergen. Komunitas mikroba didominasi oleh bakteri gram negative. Telah ditemukan

bakteri dari sub kelas proteobacteria yang mampu mendegradasi detergen dari ekosistem air laut. Kemampuan mikroba terutama bakteri dalam menggunakan detergen sebagai sumber karbon utama menunjukkan bahwa bakteri memegang peran penting dalam proses bioremediasi.

e. Peran mikroba dalam menguraikan plastik

Plastik terdiri dari bermacam senyawa yang terdiri dari polietilin, polisterin, dan polivenil klorida. Bahan-bahan ini lambat untuk didegradasi. Senyawa lain penyusun plastik disebut plasticizers yang terdiri ester asam lemak dan ester asam phtalat, maleat dan fosforat. Plastik mempunyai banyak kegunaan dan polimer sintetik plastik sangat sulit untuk dirombak secara alami yang mengakibatkan limbah plastik semakin menumpuk dan pasti akan mencemari lingkungan. Tetapi akhir-akhir ini telah diproduksi plastik yang mudah untuk diuraikan. Untuk dapat merombak plastik mikroba harus mampu menggunakan komponen yang ada di dalam plastik sebagai nutrisi.

Telah ditemukan mikroba perombak plastik yang terdiri dari bakteri, actinomycetes, jamur dan khamir yang pada umumnya menggunakan plasticizer sebagai sumber karbon. Tetapi hanya sedikit mikroba yang mampu merombak dan menggunakan sumber karbon yaitu jamur *Aspergillus niger*, *A. versicolor*, *Cladosporium sp*, *Husarium sp.*, *Penicillium sp*, *Trichoderma sp.*, dan *Verticillium sp*. Sedangkan jenis jamur yang mampu mendegradasi plastik adalah *Zygosaccharomyces drosophilae*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, *Brevibacterium sp.*, Actinomycetes, *Streptomyces rubrircetuli*.

f. Peran mikroba dalam menguraikan logam berat

Ekspansi yang baru-baru ini terjadi pada aktivitas industri, termasuk pertambangan, peleburan, dan pembuatan senyawa sintesis, telah menyebabkan peningkatan jumlah logam berat dilepaskan ke atmosfer, air, dan tanah. Limbah penambangan emas dan tembaga (tailing) banyak mengandung logam berat terutama air raksa (Hg), demikian juga industri logam dan penyamakan kulit banyak menghasilkan limbah logam berat cadmium (Cd). Logam berat walaupun dalam konsentrasi rendah dapat membahayakan kehidupan karena afinitasnya yang tinggi pada enzim di dalam sel sehingga dapat menyebabkan inaktivasi enzim dan terjadi gangguan fisiologi sel.

Di seluruh dunia, terutama negara-negara tanpa teknologi dan infrastruktur yang tepat, beban pemaparan logam terjadi tanpa henti dan seringkali tanpa perlindungan bagi warganya. Sementara proyek bioremediasi yang menggunakan spesies bakteri sekarang merupakan bidang yang mapan dan aktif, penerapan mikroba untuk bioproteksi dan detoksifikasi tubuh manusia dari logam berat dan kontaminan lainnya masih dalam masa pertumbuhan.

Limbah pabrik yang banyak mengandung logam berat dapat dibersihkan oleh mikroorganisme yang dapat menggunakan logam berat sebagai nutrisi atau hanya menjerat (Imobilisasi) logam berat. Mikroorganismenya yang dapat digunakan adalah *Thiobacillus ferrooxidans* dan *Bacillus subtilis*. *Thiobacillus ferrooxidans* mendapatkan energi dari senyawa anorganik seperti besi sulfida dan menggunakan energi untuk membentuk bahan yang berguna seperti asam fumarat dan besi sulfat. Sedangkan *Bacillus subtilis* mampu mengikat beberapa logam

berat seperti Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, AL dan Fe. Logam-logam tersebut dapat dilarutkan kembali setelah bakteri dilisisikan yang pada akhirnya logam tersebut dapat digunakan kembali oleh industri logam. Bakteri Gram positif, terutama *Bacillus spp.*, Memiliki kapasitas adsorpsi tinggi karena kandungan peptidoglikan dan teichoic yang tinggi di dinding sel mereka.

Untuk mengambil logam berat yang sudah terakumulasi oleh bakteri dapat dilakukan dengan beberapa cara. Logam pada limbah cair dapat dipisahkan dengan memanen mikroba. Sedangkan logam yang berada dalam tanah lebih sulit untuk dipisahkan. Cara yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan tanaman pengakumulasi logam berat. Tanaman sawi dan kelompoknya dapat digunakan bersama *Rhizobacteria* dengan mengakumulasi *Pseudomonas fluorescens* untuk mengambil logam berat yang mencemari tanah.

g. Peran mikroba dalam menguraikan pestisida/herbisida

Pestisida digunakan untuk memberantas hama maupun herbisida dan digunakan pula untuk membersihkan gulma. Pestisida kimia sintetik yang banyak digunakan telah banyak menimbulkan pencemaran. Hal ini karena sifat pestisida sangat tahan terhadap peruraian secara alami (persisten). Sebagai contoh pestisida yang sangat persisten adalah DDT, Dieldrin dll. Walau dalam dosis rendah pestisida di lingkungan akan dapat terakumulasi melalui rantai makanan sehingga dapat membahayakan kehidupan terutama manusia. Untuk mengatasi pencemaran tersebut saat ini telah banyak dipelajari biodegradasi pestisida atau herbisida. Biodegradasi pestisida dipengaruhi oleh struktur kimia dari pestisida. *Aspergillus niger* merupakan jamur

yang dapat dikembangkan untuk memetabolisme pestisida tertentu seperti karbofuran dan endosulfan.

PENUTUP

Telah diuraikan tentang peranan mikroba pada lingkungan yang mengalami pencemaran. Pencemaran yang tidak ditangani dengan baik akan menyebabkan hilangnya fungsi tanah, air dan akan menimbulkan masalah bagi kesehatan maupun kualitas kehidupan dan fungsi alami dari ekosistem. Berkembangnya industri disatu sisi meningkatkan kemakmuran masyarakat namun disisi yang lain memiliki dampak terhadap kualitas dan kuantitas limbah yang dihasilkan termasuk di dalamnya adalah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Untuk mengurangi polutan di lingkungan serta menurunkan toksisitas dari berbagai senyawa polutan maka penggunaan mikroba seperti bakteri, kapang dan jamur akan sangat berarti. Penggunaan mikroba dalam proses tersebut dikenal dengan remediasi yang banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pH, kadar air, keberadaan zat nutrisi, temperatur dan oksigen. Saat ini telah banyak dimanfaatkan mikroba dalam pengelolaan lingkungan yaitu sebagai pembersih air, pengurai sampah, pengurai minyak di laut, pengurai detergen, pengurai plastik, pengurai logam berat, dan pengurai pestisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshehrei, F. (2017). Biodegradation of Synthetic and Natural Plastic by Microorganism. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*. 5(1), 8-19.
- Francois, F., Lombard, C., Guigner, J. M., Soreau, P., & Brian-Jaisson, F. (2012). *Isolation and Characterization of Environmental Bacteria Capable of Extracellular Biosorption of Mercury*. *Applied Environmental Microbiology*, 78(4), 1097-1106.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., & Clark, D. P. (2012). *Brock Microbiology of Microorganism*. San Fransisco : Pearson Benjamin cummings.

- Munawar & Elvita (2015). *Biodiversitas bakteri endogen dan kontribusinya dalam pengelolaan lingkungan tercemar: Studi kasus beberapa wilayah di Indonesia*. *I*(6), 1359-1363.
- Pal. R., Chakrabarti, K., Chakraborty, A., & Chowdhury A. (2006). Degradation and Effect of Pesticides on Soil Microbiological; Parameter – A Review. *International Journal of Agricultural Research*, 1, 240-258.
- Purwanto, W., & Firdayati, M. (2002). Pengaruh Aplikasi Mikroba Probiotik pada Kualitas Kimiawi Perairan Tambak Udang. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 3(1) : 61-65
- Sasikumar, C. S. & Papinazath, T. (2003). *Environmental Management: Bioremediation of polluted environment*.
- Seeger, M., Hernandez, M., Mendez, V., Ponce, B., Cordova, M., & Conzalez, M. (2010). Bacterial Degradation and Bioremediation of Chlorinated Herbicide and biphenyls. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 10(3), 320-332.