

MODUL 5

**ANALISIS KUALITAS LINGKUNGAN
PENCEMARAN TANAH**



DEVI ANGELIANA KUSUMANINGTIAR, SKM, M.PH

**FAKULTAS ILMU-ILMU KESEHATAN
PRODI KESEHATAN MASYARAKAT**

OKTOBER

2018

TOPIK 6 PENCEMARAN TANAH

Pencemaran merupakan masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tersebut tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (PP No.82, tahun 2001). Menurut Odum (1996), pencemaran adalah perubahan-perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi yang tidak dikehendaki pada udara, tanah, dan air. Perubahan tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi kehidupan manusia atau spesies-spesies yang berguna, proses-proses industri, tempat tinggal dan peninggalan-peninggalan kebudayaan atau dapat merusak sumber bahan mentah.

Pencemaran lingkungan merupakan satu dari beberapa faktor yang dapat memengaruhi kualitas lingkungan. Undang Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pasal 1 ayat (14) menyebutkan : "Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan". Makhluk hidup, zat, atau energi yg dimasukkan kedalam lingkungan hidup tersebut biasanya merupakan sisa suatu usaha dan/atau kegiatan manusia. Sisa suatu usaha dan/atau kegiatan manusia disebut juga limbah. Karena itu dapat dikatakan bahwa salah satu penyebab pencemaran lingkungan adalah sebagai akibat adanya limbah yang dibuang ke dalam lingkungan sehingga daya dukungnya terlampaui. Pencemaran lingkungan tersebut merupakan sumber penyebab terjadinya gangguan kesehatan pada masyarakat (Mulia, 2005).

1. Tanah

Tanah adalah komponen yang sangat penting bagi kelangsungan hidupseluruh makhluk hidup karena di atas tanahlah seluruh aktivitas makhluk hidupberlangsung. Tanpa tanah, makhluk hidup tidak akan memiliki tempat untukberpijak. Namun, akhir-akhir ini tanah telah mengalami kerusakan yangkebanyakan disebabkan oleh kesalahan manusia sendiri. Manusia terus-menerus memanfaatkan tanah dengan sesukanya tanpa memikirkan cara untuk menjaga kesuburan tanah.Akibatnya, tanah mengalami pencemaran yang nantinya akanmemberikan dampak buruk baik kepada kesehatan makhluk hidup, maupunkepada lingkungan kita sendiri. Oleh karena itu, makalah ini disusun untuk memberikan informasi kepada pembaca mengenai pencemaran tanah, sertacara-cara untuk menanggulangnya sehingga pencemaran tanah dapat dicegahmaupun dikurangi efek negatifnya.

Tanah merupakan material kompleks yang terbentuk dari batuan besar. Formasi tanah merupakan hasil dari siklus geologi yang secara terus menerus terjadi pada permukaan tanah. Siklus ini meliputi pelapukan, transportasi, deposisi atau pelapisan dan seterusnya yang dipengaruhi oleh pelapukan dan cuaca (Redana, 2011).

Fungsi tanah secara kimiawi adalah sebagai gudang dan penyuplai zat hara atau nutrisi (senyawa-senyawa organik dan anorganik sederhana dan unsur-unsur esensial seperti N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, B, Cl) (Mas'ud, 1992). Pengertian tanah menurut Peraturan Pemerintah RI No. 150 tahun 2000 tentang pengendalian kerusakan tanah untuk produksi biomassa, adalah tanah merupakan salah satu komponen lahan berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral

dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Tanah merupakan elemen yang penting dan sangat dibutuhkan bagi kehidupan dimana tanah digunakan manusia sebagai media untuk mereka bercocok tanam (Redana, 2011).

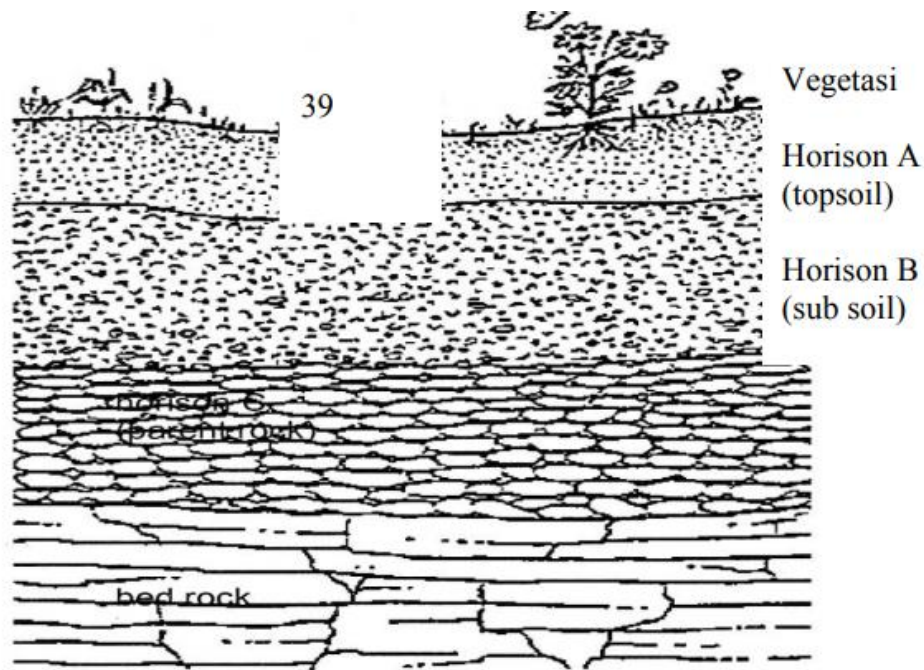
Tabel 1. Kandungan logam berat dalam tanah secara alamiah ($\mu\text{g/g}$)

Logam	Rerata Kandungan ($\mu\text{g/g}$)	Kisaran Non Populasi
As	100	5-3000
Co	8	1-40
Cu	20	2-300
Pb	10	2-200
Zn	50	10-300
Cd	0,06	0,05-0,7
Hg	0,03	0,01-0,3

Air tanah merupakan sumber air minum yang sangat vital bagi penduduk di Indonesia terutama di daerah pedesaan. Tetapi sampai sekarang hal yang mengenai kualitas air tanah di berbagai daerah di Indonesia belum banyak dilaporkan. Di Amerika Serikat sampai tahun 1988 ditemukan 38 jenis bahan kimia mencemari air tanah yang digunakan untuk minum. Badan Proteksi Lingkungan Amerika (US EPA) melaporkan bahwa 45% dari fasilitas air minum asal air tanah telah terkontaminasi bahan kimia organik sintesis yang cukup berbahaya terhadap kesehatan konsumen. Bahan kimia yang paling banyak ditemukan ialah trikloroetilen (TCE), karbon tetraklorid, dan kloroform. Di samping itu, air tanah terkontaminasi oleh 74 macam pestisida. Beberapa penelitian juga dilaporkan bahwa yang paling sering ditemukan dalam air sumur ialah nitrat dan jenis pestisida pertanian untuk pupuk mau-pun untuk membunuh parasit cacing nematoda yang merusak akar tanaman.

2. Sifat-Sifat Tanah

Tanah merupakan campuran dari berbagai mineral, bahan organik, dan air yang dapat mendukung kehidupan tanaman. Tanah umumnya mempunyai struktur yang lepas dan mengandung bahan-bahan padat dan rongga-rongga udara. Bagian-bagian mineral dari tanah dibentuk dari batuan induk oleh proses-proses pelapukan fisik, kimia dan biologis. Susunan bahan organik tanah terdiri dari sisa-sisa biomas tanaman dari berbagai tingkat penguraian atau pembusukan. Sejumlah besar bakteri, fungi, dan hewan-hewan seperti cacing tanah dapat ditemukan di dalam tanah. Fraksi padat dari jenis tanah produktif terdiri dari kurang lebih 5 % bahan organik dan 95 % bahan anorganik. Beberapa jenis tanah, seperti tanah gambut dapat mengandung bahan organik sampai 95 %, jenis tanah lainnya ada yang hanya mengandung 1 % bahan organik. Jenis-jenis tanah tertentu mempunyai lapisan-lapisan yang berbeda (horizon), bila tanah itu semakin kedalam, seperti ditunjukkan pada Gambar1.



Lapisan atas, umumnya terdiri dari ketebalan sampai beberapa inci dan dikenal sebagai horizon A atau tanah atas ("top soil"). Lapisan ini merupakan lapisan dimana aktivitas biologis berjalan secara maksimum dan mengandung paling banyak bahan organik tanah. Ion-ion logam dan partikel-partikel tanah liat dalam horizon A paling mudah mengalami pencucian ("leaching"). Lapisan berikutnya adalah horizon B atau "sub soil". Lapisan ini menerima material-material seperti bahan organik, garam-garam, dan partikel-partikel Clay yang merembes dari lapisan tanah atas. Horizon C tersusun dari pelapukan batuan induk dimana tanah berasal.

3. Pencemaran Tanah

Menurut Palar (2008), Pencemaran adalah suatu kondisi yang telah berubah dari kondisi asal ke kondisi yang lebih buruk sebagai akibat masukan dari bahan-bahan pencemar atau polutan. Suatu lingkungan dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan-perubahan dalam tatanan lingkungan sehingga tidak sama lagi dengan bentuk asalnya, sebagai akibat masuk dan atau dimasukkannya suatu zat atau benda asing ke dalam tatanan lingkungan. Perubahan ini memberikan dampak buruk terhadap organisme yang hidup dalam tatanan tersebut. Pada tingkat lanjut, perubahan ini juga dapat membunuh bahkan menghapuskan satu atau lebih organisme.

Menurut keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No.02/MENKLH/I/1988 yang dimaksud dengan polusi atau pencemaran tanah adalah masuk dan dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam tanah dan atau berubahnya tatanan (komposisi) oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas tanah menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan tanah menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Pencemaran tanah adalah keadaan dimana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Tanah merupakan bagian penting dalam menunjang kehidupan makhluk hidup di muka bumi. Seperti kita ketahui rantai makanan bermula dari tumbuhan. Manusia, hewan hidup dari tumbuhan. Memang ada tumbuhan dan hewan yang hidup di laut, tetapi sebagian besar dari makanan kita berasal dari permukaan tanah.

Pencemaran ini biasanya terjadi karena: kebocoran limbah cair atau bahan kimia industri atau fasilitas komersial, penggunaan pestisida, masuknya air permukaan tanah tercemar ke dalam lapisan sub-permukaan, zat kimia, atau limbah air limbah dari tempat penimbunan sampah serta limbah industri yang langsung dibuang ke tanah secara tidak memenuhi syarat.

Jika suatu zat berbahaya telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya.

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 150 tahun 2000 tentang Pengendalian kerusakan tanah untuk produksi bio massa: "Tanah adalah salah satu komponen lahan berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Tetapi apa yang terjadi, akibat kegiatan manusia, banyak terjadi kerusakan tanah. Di dalam PP No. 150 th. 2000 di sebutkan bahwa "Kerusakan tanah untuk produksi biomassa adalah berubahnya sifat dasar tanah yang melampaui kriteria baku kerusakan tanah". Ketika suatu zat berbahaya/beracun telah mencemari permukaan tanah, maka ia dapat menguap, tersapu air hujan dan atau masuk ke dalam tanah. Pencemaran yang masuk ke dalam tanah kemudian terendap sebagai zat kimia beracun di tanah. Zat beracun di tanah tersebut dapat berdampak langsung kepada manusia ketika bersentuhan atau dapat mencemari air tanah dan udara di atasnya.

4. Sumber Pencemaran Tanah

Sumber pencemar tanah, karena pencemaran tanah tidak jauh beda atau bisa dikatakan mempunyai hubungan erat dengan pencemaran udara dan pencemaran air, maka sumber pencemar udara dan sumber pencemar air pada umumnya juga merupakan sumber pencemar tanah. Sebagai contoh gas-gas oksida karbon, oksida nitrogen, oksida belerang yang menjadi bahan pencemar udara yang larut dalam air hujan dan turun ke tanah dapat menyebabkan terjadinya hujan asam sehingga menimbulkan terjadinya pencemaran pada tanah. Air permukaan tanah yang mengandung bahan pencemar misalnya tercemari zat radioaktif, logam berat dalam limbah industri, sampah rumah tangga, limbah rumah sakit, sisa-sisa pupuk dan pestisida dari daerah pertanian, limbah deterjen, akhirnya juga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada tanah daerah tempat air permukaan ataupun tanah daerah yang dilalui air permukaan tanah yang tercemar tersebut. Maka sumber bahan pencemar tanah dapat dikelompokkan juga menjadi sumber pencemar yang berasal dari, sampah rumah tangga, sampah pasar, sampah rumah sakit, gunung berapi yang meletus / kendaraan bermotor dan limbah industri.

5. Faktor – Faktor Pencemaran Air

a. Kondisi sanitasi lingkungan

Air tanah memiliki kualitas yang pada umumnya baik, akan tetapi banyak tergantung kepada sifat lapisan tanahnya, apabila kondisi sanitasi lingkungan sangat rendah maka banyak tercemar oleh bakteri. Apabila berdekatan dengan industri dengan beban pencemaran tinggi dan tidak memiliki sistem pengendalian pencemaran air maka akan terpengaruh rembesan pencemaran (Munif, 2009).

b. Tingkat eksploitasi dan degradasi kualitas lingkungan

Tekanan terhadap sumber daya airtanah tidak hanya disebabkan tingkat eksploitasi yang berlebihan, namun juga karena adanya degradasi kualitas lingkungan. Pembuangan air limbah secara langsung (tanpa pengolahan), buangan dari industri, limpasan dari pengairan sawah yang telah memperoleh perlakuan dengan bahan pestisida dan herbisida merupakan sumber pencemaran secara eskponensial menimbulkan dampak negatif pada sumber daya air (Achmadi, 2001).

6. Komponen Bahan Pencemaran Tanah

a. Limbah Domestik

Limbah domestik dapat berasal dari daerah: pemukiman penduduk; perdagangan/pasar/tempat usaha hotel dan lain-lain; kelembagaan misalnya kantor-kantor pemerintahan dan swasta; dan wisata, dapat berupa limbah padat dan cair.

1) Limbah Padat

2) Berupa senyawa anorganik yang tidak dapat dimusnahkan atau diuraikan oleh mikroorganisme seperti plastik, serat, keramik, kaleng-kaleng dan bekas bahan bangunan, menyebabkan tanah menjadi kurang subur. Bahan pencemar itu akan tetap utuh hingga 300 tahun yang akan datang. Bungkus plastik yang kita buang ke lingkungan akan tetap ada dan mungkin akan ditemukan oleh anak cucu kita setelah ratusan tahun kemudian. Sampah anorganik tidak terbiodegradasi, yang menyebabkan lapisan tanah tidak dapat ditembus oleh akar tanaman dan tidak tembus air sehingga peresapan air dan mineral yang dapat menyuburkan tanah hilang dan jumlah mikroorganisme di dalam tanahpun akan berkurang akibatnya tanaman sulit tumbuh bahkan mati karena tidak memperoleh makanan untuk berkembang.

3) Limbah Cair

Berupa; tinja, deterjen, oli, cat, jika meresap kedalam tanah akan merusak kandungan air tanah bahkan dapat membunuh mikro-organisme di dalam tanah.

b. Limbah Industri

Limbah Industri berasal dari sisa-sisa produksi industri. Limbah cair yang merupakan hasil pengolahan dalam suatu proses produksi, misalnya sisa-sisa pengolahan industri pelapisan logam dan industri kimia lainnya. Tembaga, timbal, perak, khrom, arsen dan boron adalah zat-zat yang dihasilkan dari proses industri pelapisan logam seperti Hg, Zn, Pb, Cd dapat mencemari tanah. Merupakan zat yang sangat beracun terhadap mikroorganisme. Jika meresap ke dalam tanah akan mengakibatkan kematian bagi mikroorganisme yang memiliki fungsi sangat penting terhadap kesuburan tanah.

c. Limbah Pertanian

Limbah pertanian dapat berupa sisa-sisa pupuk sintetik untuk menyuburkan tanah atau tanaman, misalnya pupuk urea dan pestisida untuk pemberantas hama tanaman. Penggunaan pupuk yang terus menerus dalam

pertanian akan merusak struktur tanah, yang menyebabkan kesuburan tanah berkurang dan tidak dapat ditanami jenis tanaman tertentu karena hara tanah semakin berkurang. Dan penggunaan pestisida bukan saja mematikan hama tanaman tetapi juga mikroorganisme yang berguna di dalam tanah. Padahal kesuburan tanah tergantung pada jumlah organisme di dalamnya. Selain itu penggunaan pestisida yang terus menerus akan mengakibatkan hama tanaman kebal terhadap pestisida tersebut.

Limbah pertanian yang bisa menyebabkan pencemaran tanah merupakan sisa-sisa pupuk sintetis untuk menyuburkan tanah/tanaman, misalnya pupuk urea, pestisida pemberantas hama tanaman, misalnya DDT (Dichloro Diphenyl Trichlorethane). Dua sifat buruk yang menyebabkan DDT sangat berbahaya terhadap lingkungan hidup adalah: 1. Sifat apolar DDT: ia tak larut dalam air tapi sangat larut dalam lemak. Makin larut suatu insektisida dalam lemak (semakin lipofilik) semakin tinggi sifat apolarnya. Hal ini merupakan salah satu faktor penyebab DDT sangat mudah menembus kulit. 2. Sifat DDT yang sangat stabil dan persisten. Ia sukar terurai sehingga cenderung bertahan dalam lingkungan hidup, masuk rantai makanan (foodchain) melalui bahan lemak jaringan makhluk hidup. Itu sebabnya DDT bersifat bioakumulatif dan biomagnifikatif. Karena sifatnya yang stabil dan persisten, DDT bertahan sangat lama di dalam tanah; bahkan DDT dapat terikat dengan bahan organik dalam partikel tanah. Dalam ilmu lingkungan, DDT termasuk dalam urutan ke 3 dari polutan organik yang persisten (Persistent Organic Pollutants, POP), yang memiliki sifat-sifat berikut:

- a) Tak terdegradasi melalui fotolisis, biologis maupun secara kimia,
- b) Berhalogen (biasanya klor),
- c) Daya larut dalam air sangat rendah,
- d) Sangat larut dalam lemak,
- e) Semivolatilis,
- f) Di udara dapat dipindahkan oleh angin melalui jarak jauh,
- g) Bioakumulatif,

Pengaruh buruk DDT terhadap lingkungan sudah mulai tampak sejak awal penggunaannya pada tahun 1940-an, dengan menurunnya populasi burung elang sampai hampir punah di Amerika Serikat. Dari pengamatan ternyata elang terkontaminasi DDT dari makanannya (terutama ikan sebagai mangsanya) yang tercemar DDT. DDT menyebabkan cangkang telur elang menjadi sangat rapuh sehingga rusak jika dieram. Dari segi bahayanya, oleh EPA DDT digolongkan dalam bahan racun PBT (persistent, bioaccumulative, and toxic) material

7. Penanggulangan Komponen Bahan Pencemaran Tanah

Limbah domestik, yang sangat banyak penanggulangan sampah ini yaitu dengan cara memisahkan antara sampah organik atau sampah yang dapat atau mudah terurai oleh tanah, dan sampah anorganik atau sampah yang akan terurai tanah tetapi membutuhkan waktu yang sangat panjang untuk terurai oleh tanah. Sampah organik yang mudah terurai oleh tanah, misalnya dijadikan bahan urukan, ke-mudian kita tutup dengan tanah sehingga terdapat permukaan tanah yang dapat kita pakai lagi, dibuat kompos dan khusus kotoran hewan dapat dibuat biogas dan lain-lain. Sedangkan sampah anorganik yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme. Cara penanganan yang terbaik dengan mendaur ulang sampahsampah menjadi barang-barang yang mungkin bisa dipakai atau juga bisa

dijadikan hiasan dinding. Limbah industri, cara penanggulangannya yaitu dengan cara mengolah limbah tersebut sebelum dibuang kesungai atau kelaut. Limbah pertanian, yaitu dengan cara mengurangi penggunaan pupuk sintetis dan berbagai bahan kimia untuk pemberantasan hama seperti pestisida diganti dengan penggunaan pupuk kompos.

8. Dampak Pencemaran Tanah

a. Dampak Pada Kesehatan

Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal. Paparan kronis (terus-menerus) terhadap benzena pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia. Merkuri (air raksa) dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, dan mungkin tidak bisa diobati, PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati, Organofosfat dan karmabat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Ada beberapa macam dampak pada kesehatan seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut di atas. Yang jelas, pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan Kematian.

Beberapa ahli mengemukakan bahwa penurunan kualitas tanah telah memberikan dampak nyata pada kesehatan, seperti dampak dari kekurangan unsur unsur hara mikro yang terkandung dalam bahan makanan terhadap kesehatan manusia. Salah satu contoh adalah Selenium (Se) yang bersifat toksik pada dosis tinggi tapi sangat dibutuhkan dalam konsentrasi mikro. Kekurangan unsur mikro ini memberikan efek merugikan bagi manusia dan hewan (Mulia, 2005).

Adakalanya dampak kesehatan yang terjadi adalah sebagai akibat pemaparan bahan-bahan beracun tidak langsung tetapi melalui air minum, udara, ataupun rantai makanan. Ketika sumber minum melalui tanah yang terkontaminasi, maka kontaminan akan masuk ke dalam air minum. Ketika makanan tumbuh di atas tanah yang terkontaminasi, kontaminan masuk melalui rantai makanan (Mulia, 2005). Dampak pencemaran tanah terhadap kesehatan tergantung pada tipe polutan, jalur masuk ke dalam tubuh dan kerentanan populasi yang terkena. Kromium, berbagai macam pestisida dan herbisida merupakan bahan karsinogenik untuk semua populasi. Timbal sangat berbahaya pada anak-anak, karena dapat menyebabkan kerusakan otak, serta kerusakan ginjal pada seluruh populasi (Sadrach, 2008).

Paparan kronis (terus-menerus) terhadap benzena pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan kemungkinan terkena leukemia. Merkuri (air raksa) dan siklodiena dikenal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, beberapa bahkan tidak dapat diobati. PCB dan siklodiena terkait pada keracunan hati. Organofosfat dan karmabat dapat menyebabkan gangguan pada saraf otot. Berbagai pelarut yang mengandung klorin merangsang perubahan pada hati dan ginjal serta penurunan sistem saraf pusat. Terdapat beberapa macam dampak kesehatan yang tampak seperti sakit kepala, pusing, letih, iritasi mata dan ruam kulit untuk paparan bahan kimia yang disebut di atas. Yang jelas,

pada dosis yang besar, pencemaran tanah dapat menyebabkan kematian (Hermawati, 2009).

b. Dampak Pada Lingkungan Atau Ekosistem

Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama. Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut.

Pencemaran tanah juga dapat memberikan dampak terhadap ekosistem. Perubahan kimiawi tanah yang radikal dapat timbul dari adanya bahan kimia beracun/berbahaya bahkan pada dosis yang rendah sekalipun. Perubahan ini dapat menyebabkan perubahan metabolisme dari mikroorganisme endemik dan antropoda yang hidup di lingkungan tanah tersebut. Akibatnya bahkan dapat memusnahkan beberapa spesies primer dari rantai makanan, yang dapat memberi akibat yang besar terhadap predator atau tingkatan lain dari rantai makanan tersebut. Bahkan jika efek kimia pada bentuk kehidupan terbawah tersebut rendah, bagian bawah piramida makanan dapat menelan bahan kimia asing yang lama-kelamaan akan terkonsentrasi pada makhluk-makhluk penghuni piramida atas. Banyak dari efek-efek ini terlihat pada saat ini, seperti konsentrasi DDT pada burung menyebabkan rapuhnya cangkang telur, meningkatnya tingkat Kematian anakan dan kemungkinan hilangnya spesies tersebut. Dampak pada pertanian terutama perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama.

c. Terhadap Pertanian

Perubahan metabolisme tanaman yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Hal ini dapat menyebabkan dampak lanjutan pada konservasi tanaman di mana tanaman tidak mampu menahan lapisan tanah dari erosi. Beberapa bahan pencemar ini memiliki waktu paruh yang panjang dan pada kasus lain bahan-bahan kimia derivatif akan terbentuk dari bahan pencemar tanah utama (Hermawati, 2009).

9. Penanganan Pencemaran Tanah

Pencegahan dan penanggulangan merupakan dua tindakan yang tidak dapat dipisah-pisahkan dalam arti biasanya kedua tindakan ini dilakukan untuk saling

menunjang, apabila tindakan pencegahan sudah tidak dapat dilakukan, maka dilakukan langkah tindakan. Namun demikian pada dasarnya kita semua sependapat bahwa tindakan pencegahan lebih baik dan lebih diutamakan dilakukan sebelum pencemaran terjadi, apabila pencemaran sudah terjadi baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, baru kita lakukan tindakan penanggulangan. Tindakan pencegahan dan tindakan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran dapat dilakukan dengan berbagai cara sesuai dengan macam bahan pencemar yang perlu ditanggulangi. Langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan terhadap terjadinya pencemaran.

a. Remediasi

Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu in-situ (atau on-site) dan ex-situ (atau off-site). Pembersihan on-site adalah pembersihan di lokasi. Pembersihan ini lebih murah dan lebih mudah, terdiri dari pembersihan, venting (injeksi), dan bioremediasi. Pembersihan off-site meliputi penggalian tanah yang tercemar dan kemudian dibawa ke daerah yang aman. Setelah itu di daerah aman, tanah tersebut dibersihkan dari zat pencemar. Caranya yaitu, tanah tersebut disimpan di bak/tangki yang kedap, kemudian zat pembersih dipompakan ke bak/tangki tersebut. Selanjutnya zat pencemar dipompakan keluar dari bak yang kemudian diolah dengan instalasi pengolah air limbah. Pembersihan off-site ini jauh lebih mahal dan rumit.

Kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah dikenal dengan remediasi. Remediasi adalah kegiatan untuk membersihkan permukaan tanah yang tercemar. Sebelum melakukan remediasi, hal yang perlu diketahui (Hardiyanti, 2012) :

- a) Jenis pencemar (organik atau anorganik), terdegradasi atau tidak, berbahaya atau tidak
- b) Berapa banyak zat pencemar yang telah mencemari tanah tersebut
- c) Perbandingan karbon (C), nitrogen (N), dan fosfat (P)
- d) Jenis tanah
- e) Kondisi tanah (basah, kering)
- f) Telah berapa lama zat pencemar terendapkan di lokasi tersebut
- g) Kondisi pencemaran (sangat penting untuk dibersihkan segera/bisa ditunda)

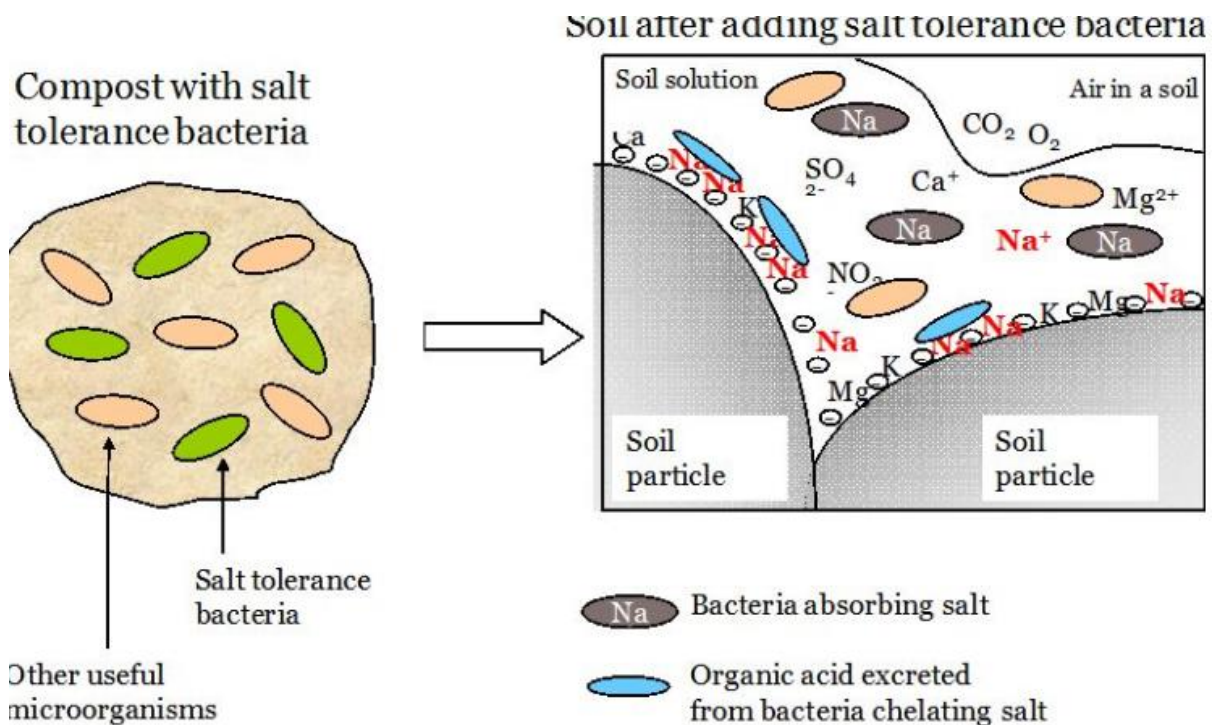
1) Bioremediasi

Bioremediasi berasal dari dua kata yaitu bio dan remediasi yang dapat diartikan sebagai proses dalam menyelesaikan masalah. "Bio" yang dimaksud adalah organisme hidup, terutama mikroorganisme yang digunakan dalam pemanfaatan pemecahan atau degradasi bahan pencemar lingkungan menjadi bentuk yang lebih sederhana dan aman bagi lingkungan tersebut. Bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran atau polutan. Yang termasuk dalam polutan antara lain logam-logam berat, petroleum hidrokarbon, dan senyawa-senyawa organik terhalogenasi seperti pestisida, herbisida, dan lain-lain. Bioremediasi mempunyai potensi menjadi salah satu teknologi lingkungan yang bersih, alami, dan paling murah untuk mengantisipasi masalah-masalah lingkungan.

Menurut Ciroreksoko (1996), bioremediasi diartikan sebagai proses pendegradasian bahan organik berbahaya secara biologis menjadi senyawa lain seperti karbondioksida (CO₂), metan, dan air. Sedangkan menurut Crowder (1996), bioremediasi merujuk pada penggunaan secara produktif proses biodegradatif untuk menghilangkan atau mendetoksi polutan (biasanya kontaminan tanah, air dan sedimen) yang mencemari lingkungan dan mengancam kesehatan masyarakat. Jadi bioremediasi adalah salah satu teknologi alternatif untuk mengatasi masalah lingkungan dengan memanfaatkan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme yang dimaksud adalah khamir, fungi (mycoremediasi), yeast, alga dan bakteri yang berfungsi sebagai agen bioremediator. Selain dengan memanfaatkan mikroorganisme, bioremediasi juga dapat pula memanfaatkan tanaman air. Tanaman air memiliki kemampuan secara umum untuk menetralkan komponen-komponen tertentu di dalam perairan dan sangat bermanfaat dalam proses pengolahan limbah cair (misalnya menyingkirkan kelebihan nutrisi, logam dan bakteri patogen). Penggunaan tumbuhan ini biasa dikenal dengan istilah fitoremediasi. Jenis-jenis tanaman yang dapat melakukan remediasi disebut dengan tanaman hiperakumulator, contohnya adalah sebagai berikut.

Bioremediasi adalah proses pembersihan pencemaran tanah dengan menggunakan mikroorganisme (jamur, bakteri). Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air). Bioremediasi adalah strategi atau proses detoksifikasi (menurunkan tingkat racun) dalam tanah atau lingkungan lainnya dengan menggunakan mikroorganisme, tanaman, atau enzim mikroba atau enzim tanaman. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks, dan akhirnya menjadi bahan yang mempunyai tingkat toksisitas rendah.

Bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi bahan yang kurang beracun atau tidak beracun (karbon dioksida dan air). Proses bioremediasi harus memperhatikan temperatur tanah, ketersediaan air, nutrisi, dan ketersediaan oksigen (Sofyan, 2011).



Gambar. Mekanisme Penghilangan garam dari tanah yang terkena tsunami oleh bioremediasi

Proses utama pada bioremediasi adalah biodegradasi, biotransformasi dan biokatalis. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut. Enzim mempercepat proses tersebut dengan cara menurunkan energi aktivasi, yaitu energi yang dibutuhkan untuk memulai suatu reaksi. Pada proses ini terjadi biotransformasi atau biodegradasi senyawa toksik menjadi senyawa yang kurang toksik atau tidak toksik. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi. Degradasi senyawa kimia oleh mikroba di lingkungan merupakan proses yang sangat penting untuk mengurangi kadar bahan-bahan berbahaya di lingkungan, yang berlangsung melalui suatu seri reaksi kimia yang cukup kompleks dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun. Misalnya mengubah bahan kimia menjadi air dan gas yang tidak berbahaya misalnya CO₂. Dalam proses degradasinya, mikroba menggunakan senyawa kimia tersebut untuk pertumbuhan dan reproduksinya melalui berbagai proses oksidasi. Enzim yang dihasilkan juga berperan untuk mengkatalis reaksi degradasi, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai keseimbangan. Lintasan biodegradasi berbagai senyawa kimia yang berbahaya dapat dimengerti berdasarkan lintasan mekanisme dari beberapa senyawa kimia alami seperti hidrokarbon, lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Sebagian besar dari prosesnya, terutama tahap akhir metabolisme umumnya berlangsung melalui proses yang sama.

Supaya proses tersebut dapat berlangsung optimal, diperlukan kondisi lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme. Tidak terciptanya kondisi yang optimum akan mengakibatkan aktivitas degradasi biokimia

mikroorganisme tidak dapat berlangsung dengan baik, sehingga senyawa-senyawa beracun menjadi persisten di lingkungan. Agar tujuan tersebut tercapai diperlukan pemahaman akan prinsip-prinsip biologis tentang degradasi senyawa-senyawa beracun, pengaruh kondisi lingkungan terhadap mikroorganisme yang terkait dan reaksi-reaksi yang dikatalisnya. Salah satu cara untuk meningkatkan bioremediasi adalah melalui teknologi genetik. Teknologi genetik molekular sangat penting untuk mengidentifikasi gen-gen yang mengkode enzim yang terkait pada bioremediasi. Karakterisasi dari gen-gen yang bersangkutan dapat meningkatkan pemahaman kita tentang bagaimana mikroba-mikroba memodifikasi polutan beracun menjadi tidak berbahaya.

Jenis-jenis bioremediasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu bioremediasi yang melibatkan mikroba dan bioremediasi berdasarkan lokasinya.

1. Bioremediasi yang melibatkan mikroba.

Teknologi bioremediasi dalam menstimulasi pertumbuhan mikroba dilakukan dengan tiga cara yaitu :

a. Biostimulasi

Biostimulasi adalah suatu proses yang dilakukan melalui penambahan zat gizi tertentu yang dibutuhkan oleh mikroorganisme (misalnya nutrisi dan oksigen) atau menstimulasi kondisi lingkungan sedemikian rupa (misalnya pemberian aerasi) agar mikroorganisma tumbuh dan beraktivitas lebih baik. Nutrien dan oksigen dalam bentuk cair atau gas, ditambahkan ke dalam air atau tanah yang tercemar untuk memperkuat pertumbuhan dan aktivitas bakteri remediasi yang telah ada di dalam air atau tanah tersebut. Namun sebaliknya, jika kondisi yang dibutuhkan tidak terpenuhi, mikroba akan tumbuh dengan lambat atau mati.

b. Bioaugmentasi

Bioaugmentasi merupakan penambahan atau introduksi satu jenis atau lebih mikroorganisme baik yang alami maupun yang sudah mengalami perbaikan sifat (*improved/genetically engineered strains*). Mikroorganisme yang dapat membantu membersihkan kontaminan tertentu kemudian ditambahkan ke dalam air atau tanah yang tercemar. Tetapi proses ini mempunyai hambatan yaitu sangat sulit untuk mengontrol kondisi situs yang tercemar agar mikroorganisme dapat berkembang dengan optimal, karena mikroorganisme yang dilepaskan ke lingkungan yang asing kemungkinan sulit untuk beradaptasi. Dalam beberapa hal, teknik bioaugmentasi juga diikuti dengan penambahan nutrisi tertentu.

c. Bioremediasi Intrinsik

Bioremediasi jenis ini terjadi secara alami (tanpa campur tangan manusia) dalam air atau tanah yang tercemar.

2. Bioremediasi berdasarkan lokasi

Bioremediasi berdasarkan lokasi dapat dilakukan secara in-situ dan ex-situ.

a. Bioremediasi in-situ, yaitu proses pengelolaan limbah di lokasi limbah itu berada dengan mengandalkan kemampuan mikroorganisme yang telah ada di lingkungan tercemar untuk mendegradasinya.

b. Bioremediasi ex-situ, yaitu bioremediasi yang dilakukan dengan mengambil limbah di suatu lokasi lalu ditreatment di tempat lain, setelah itu baru dikembalikan ke tempat asal. Kemudian diberi perlakuan khusus dengan memakai mikroba. Bioremediasi ini bisa lebih cepat dan mudah dikontrol dibanding in-situ, ia pun mampu me-remediasi jenis kontaminan dan jenis tanah yang lebih beragam.

Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Bioremediasi

Keberhasilan proses biodegradasi banyak ditentukan oleh aktivitas enzim. Dengan demikian mikroorganisme yang berpotensi menghasilkan enzim pendegradasi hidrokarbon perlu dioptimalkan aktivitasnya dengan pengaturan kondisi dan penambahan suplemen yang sesuai. Dalam hal ini perlu diperhatikan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi proses bioremediasi, yang meliputi kondisi tanah, temperature, oksigen, dan nutrient yang tersedia.

1. Tanah

Proses biodegradasi memerlukan tipe tanah yang dapat mendukung kelancaran aliran nutrient, enzim-enzim mikrobial dan air. Terhentinya aliran tersebut akan mengakibatkan terbentuknya kondisi anaerob sehingga proses biodegradasi aerobik menjadi tidak efektif. Karakteristik tanah yang cocok untuk bioremediasi in situ adalah mengandung butiran pasir ataupun kerikil kasar sehingga disp.ersi oksigen dan nutrient dapat berlangsung dengan baik. Kelembaban tanah juga penting untuk menjamin kelancaran sirkulasi nutrien dan substrat di dalam tanah.

2. Temperatur

Temperatur yang optimal untuk degradasi hidrokarbon adalah 30-40°C. Ladislao, et. al. (2007) mengatakan bahwa temperatur yang digunakan pada suhu 38°C bukan pilihan yang valid karena tidak sesuai dengan kondisi di Inggris untuk mengontrol mikroorganisme patogen. Pada temperatur yang rendah, viskositas minyak akan meningkat mengakibatkan volatilitas alkana rantai pendek yang bersifat toksik menurun dan kelarutannya di air akan meningkat sehingga proses biodegradasi akan terhambat. Suhu sangat berpengaruh terhadap lokasi tempat dilaksanakannya bioremediasi.

3. 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.

4. Nutrien

Mikroorganisme memerlukan nutrisi sebagai sumber karbon, energy dan keseimbangan metabolisme sel. Dalam penanganan limbah minyak bumi biasanya dilakukan penambahan nutrisi antara lain sumber nitrogen dan fosfor sehingga proses degradasi oleh mikroorganisme berlangsung lebih cepat dan pertumbuhannya meningkat.

5. Interaksi antar Polusi

Fenomena lain yang juga perlu mendapatkan perhatian dalam mengoptimalkan aktivitas mikroorganisme untuk bioremediasi adalah interaksi antara beberapa galur mikroorganisme di lingkungannya. Salah satu bentuknya adalah kometabolisme. Kometabolisme merupakan proses transformasi senyawa secara tidak langsung sehingga tidak ada energi yang dihasilkan.

2) Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (Chaney, 1995). Fitoremediasi merupakan metode yang murah, efisien, dan ramah lingkungan. Metode fitoremediasi sangat berkembang pesat karena metode ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya relatif murah bila dibandingkan dengan metode konvensional sehingga biaya dapat dihemat sebesar 75-85% (Schanoor dan Cutcheon, 2005).

Tidak semua tanaman dapat digunakan dikarenakan semua tanaman tidak dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama. Untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan pada penelitian fitoremediasi dipilih tanaman yang mempunyai sifat:

1. Cepat tumbuh.

2. Mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat.

3.Mampu meremediasi lebih dari satu polutan.

4.Toleransi yang tinggi terhadap polutan. (Youngman, 1999)

Menurut Mangkoedihardjo (2010), proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan. Adapun klasifikasi proses fitoremediasi adalah sebagai berikut:

- a) Fitostabilisasi (phytostabilization) Akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zona akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik yaitu sulfur, nitrogen, dan beberapa logam berat.
- b) Fitoekstraksi/fitoakumulasi (phytoextraction/phytoaccumulation) Akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik seperti pada proses fitostabilisasi.
- c) Rizofiltrasi (rhizofiltration) Akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zona akar atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar. Proses ini digunakan untuk bahan larutan yang mengandung bahan organik maupun anorganik.
- d) Fitodegradasi/fitotransformasi (phytodegradation/phytotransformation) Organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik.
- e) Rizodegradasi (rhizodegradation) Polutan yang diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol dan asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini tepat untuk dekontaminasi zat organik.
- f) Fitovolatilisasi (phytovolatilization) Penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Proses ini tepat digunakan untuk kontaminan zat-zat organik.

Menurut Homaee, dkk., (2006), bahwa tanaman lobak (*Rhaphanus sativa* L.) mampu berperan dalam fitoremediasi logam Pb. Konsentrasi maksimum Pb di dalam akar yaitu sebesar 440 µg/gr, sedangkan di dalam daun sebesar 42 µg/gr. Dalam penelitian ini terlihat bahwa lobak berperan dalam proses fitoekstraksi. Sedangkan yang dilaporkan oleh Huang, dkk., (2000), bahwa tanaman jagung (*Zea mays* L.) dan kacang kapri (*Pisum sativum* L.) dapat menyerap Pb. Melalui penambahan EDTA di dalam tanah meningkatkan konsentrasi Pb di dalam pucuk kedua tumbuhan tersebut dari sekitar 500 mg/kg menjadi 10.000 mg/kg dengan kandungan Pb di dalam tanah lebih kurang 2.500 mg/kg.

Jenis Tanaman	Unsur Yg Diserap
<i>Thlaspi caerulescens</i>	Zink (Zn) dan Kadmium (Cd)
<i>Alyssum sp., Berkheya sp., Sebertia acuminata</i>	Nikel (Ni)
<i>Brassicacea sp.</i>	Sulfate
<i>Pteris vittata, Pityrogramma calomelanos</i>	Arsenik (As)
<i>Pteris vittata, Nicotiana tabacum, Liriodendron tulipifera.</i>	Mercuri (Hg)
<i>Thlaspi caerulescens, Alyssum murale, Oryza sativa</i>	Senyawa organik (petroleum hydrocarbons, PCBs, PAHs, TCE juga TNT)
<i>Brassica sp.</i>	Emas (Au)
<i>Brassica juncea.</i>	Selenium (Se)

Keuntungan Fitoremediasi 1. Biaya operasi lebih murah 2. Tanaman juga dapat digunakan bahan bakar. 3. Pencemaran pada tanah bisa berkurang secara alamiah 4. Tanah juga akan mengalami perbaikan akibat adanya aktivitas akar. 5. Tanah menjadi lebih subur kembali. 6. Tanaman yang mampu menyerap unsur bernilai ekonomi seperti emas (au) dan nikel (ni) bisa digunakan untuk pertambangan. 7. Tanaman hiperakumulator masuk dalam kriteria tanaman dengan syarat tumbuh yang tidak membutuhkan nutrisi tinggi dan tidak rewel.

Perbedaan Fitoremediasi dan Bioremediasi

Bioremediasi vs Fitoremediasi	
Bioremediasi adalah keseluruhan proses dekontaminasi lingkungan dengan menggunakan agen biologis termasuk mikroorganisme dan tumbuhan.	Fitoremediasi adalah proses yang hanya menggunakan tanaman hijau untuk mendekontaminasi lingkungan.
Jenis	
Ada dua mode bioremediasi; <i>in situ</i> dan <i>ex situ</i> bioremediasi.	Ini adalah salah satu cara bioremediasi yang disebut bioremediasi <i>di situ</i> .
Preposisi	
Bioremediasi terutama diperintah oleh mikroorganisme	Fitoremediasi diatur oleh spesies tanaman tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

Wardhana, W.A., 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan, Andi Offset Yogyakarta, Jakarta.