

AKADEMIA

ISSN No. 1410-1315

Vol. 10 No. 2 Agustus 2006

DAFTAR ISI

Tinjauan Tentang Masalah Perjalanan Wiraniaga Dengan Menggunakan Heuristic Christopides <i>Afnaria, Ssi</i>	1
Efek Dua Jenis Sumber Pupuk Nitrogen Dan Beberapa Dosis Aquasym Terhadap Tanaman Sawi <i>Dr. Ir. Bilter Sirait, MS dan Ir. Ernitha Panjaitan, Msi</i>	11
Peran Praanggapan (Presupposition) Dalam Pemahaman <i>Dr. Tagor Pangaribuan, MPd</i>	16
Logam Berat Sebagai Polutan dan Efek Sampingnya Terhadap Mikroorganisme Tanah <i>Elisabeth Sri Pujiastuti, SP</i>	22
Kepastian Hukum Mengenai Pengelolaan Lingkungan Hidup Pada Perusahaan Yang Berwawasan Lingkungan <i>Emmi Rahmiwita Nasution, SH</i>	28
Pengaruh Lembaga Keuangan Dalam Pengembangan Usaha Tani di Kecamatan Tanjung Morawa <i>Ir. Asmina Herawaty Sinaga, MM</i>	31
Formalin Pada Mie Aceh <i>Jasmen Manurung, SKM</i>	34
Penanggulangan Kemiskinan Melalui Pemberdayaan Masyarakat <i>Lindawati, SP</i>	38
Zat Pewarna Pada Mie Aceh <i>Marlinang I Silalahi, SKM</i>	44
Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja di Perusahaan Industri. <i>Suryatmono, SH, MM</i>	48
Perancangan Algoritma Penentuan Apanning Cycle Suatu Graph Dengan Metode Kombinatorial <i>Nikous Soter Sihombing, ST</i>	55
Model Pembelajaran Kooperatif Tipe "STAD" Salah Satu Alternatif Dalam Mengajarkan Sains IPA Yang Menggunakan Kurikulum Berbasis Kompetensi <i>Drs. Bajongga Silaban, MPd</i>	58

DITERBITKAN OLEH :
KOPERTIS WILAYAH I NANGGROE ACEH DARUSSALAM (NAD) - SUMATERA UTARA

AKADEMIA

ISSN No. 1410-1315

Vol. 10 No 2 Agustus 2006

DAFTAR ISI

Tinjauan Tentang Masalah Perjalanan Wiraniaga Dengan Menggunakan Heuristic Christopides	
<i>Afnaria, Ssi</i>	1
Efek Dua Jenis Sumber Pupuk Nitrogen Dan Beberapa Dosis Aquasym Terhadap Tanaman Sawi	
<i>Dr. Ir. Bilter Sirait, MS dan Ir. Ernitha Panjaitan, Msi</i>	11
Peran Praanggapan (Presupposition) Dalam Pemahaman	
<i>Dr. Tagor Pangaribuan, MPd</i>	16
Logam Berat Sebagai Polutan dan Efek Sampingnya Terhadap Mikroorganisme Tanah	
<i>Elisabeth Sri Pujiastuti, SP</i>	22
Kepastian Hukum Mengenai Pengelolaan Lingkungan Hidup Pada Perusahaan Yang Berwawasan Lingkungan	
<i>Emmi Rahmiwita Nasution, SH</i>	28
Pengaruh Lembaga Keuangan Dalam Pengembangan Usaha Tani di Kecamatan Tanjung Morawa	
<i>Ir. Asmina Herawaty Sinaga, MM</i>	31
Formalin Pada Mie Aceh	
<i>Jasmen Manurung, SKM</i>	34
Penanggulangan Kemiskinan Melalui Pemberdayaan Masyarakat	
<i>Lindawati, SP</i>	38
Zat Pewarna Pada Mie Aceh	
<i>Marlinang I Silalahi, SKM</i>	44
Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja di Perusahaan Industri.	
<i>Suryatmono, SH, MM</i>	48
Perancangan Algoritma Penentuan Apanning Cycle Suatu Graph Dengan Metode Kombinatorial	
<i>Nikous Soter Sihombing, ST</i>	55
Model Pembelajaran Kooperatif Tipe "STAD" Salah Satu Alternatif Dalam Mengajarkan Sains IPA Yang Menggunakan Kurikulum Berbasis Kompetensi	
<i>Drs. Bajongga Silaban, MPd</i>	58

LOGAM BERAT SEBAGAI POLUTAN DAN EFEK SAMPINGNYA TERHADAP MIKROORGANISME TANAH

OLEH:

ELISABETH SRI PUJIASTUTI

Dosen Kopertis Wilayah I dpk Universitas HKBP Nommensen

ABSTRACT

A literature study is done to find out the role of heavy metals as a kind of pollutants in the environment and their side effect to soil microorganisms.

The study shows that microorganisms are involved in many important environmental processes, as in biogeochemical cycles, energy productions, and decomposition processes. Many microorganisms are found in the soil, and they are very important in mineral transformation and transportation.

It can be concluded that an addition of heavy metals to the ecosystem has some important effects to the microorganisms community. First, heavy metals change the microorganisms biomass. Second, the addition of heavy metals with selective stress causes the increasing in the heavy metal resistant strains proportions in the community. Third, the addition of heavy metals change the community diversity. The actual mortality of the microorganisms depends on some factors, such as: soil type, humidity, soil physic condition, the total and kind of the chemicals used, and the methods of application.

Keywords : *Microorganism, heavy metal, pollutant*

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas industri yang cepat untuk memenuhi kebutuhan hidup populasi manusia yang terus bertambah merupakan penyebab utama pencemaran atau polusi lingkungan, termasuk pencemaran tanah oleh logam berat (Yamamoto, Tatsuyama dan Uchiwa, 1985). Kepedulian manusia terhadap lingkungan telah merangsang dilakukannya penelitian-penelitian untuk mengevaluasi pengaruh global polusi di biosfer (Babich dan Stotzky, 1978), tetapi pengetahuan manusia tentang pengaruh logam berat terhadap organisme tertentu masih terbatas pada yang contohnya cukup tersedia untuk analisis kimia, atau yang aktivitasnya mudah diukur (Hughes, Lepp dan Phipps, 1980).

Penelitian-penelitian lingkungan umumnya lebih ditujukan kepada implikasi polusi terhadap manusia daripada terhadap komponen ekosistem yang lain (Hughes, *et al.*, 1980). Walaupun sering diabaikan dalam penelitian-penelitian lingkungan, mikroorganisme sebenarnya berperan sangat penting dalam menopang ekosistem (Lal, 1982) karena terlibat dalam banyak proses ekologi dasar, seperti: daur biogeokimia dan proses-proses dekomposisi, produksi energi (fotosintesis dan kemosintesis), transformasi energi, dan berbagai interaksi mikroba-mikroba, mikroba-tanaman dan mikroba-hewan (Babich dan Stotzky, 1978; Dasmann, 1976). Banyak dari proses dan interaksi tersebut, baik yang positif maupun yang negatif,

dapat hilang ataupun berubah di dalam lingkungan yang tercemar oleh logam berat. Tulisan ini mencoba untuk memaparkan peran logam berat sebagai salah satu polutan penting dan efek sampingnya terhadap mikroorganisme tanah.

PEMBAHASAN

Logam Berat Sebagai Salah Satu Polutan

Polusi atau pencemaran lingkungan adalah perubahan yang tidak diharapkan dalam ciri fisik, kimia dan biologi pada udara, air dan tanah yang dapat dan akan berpengaruh buruk terhadap kehidupan manusia atau spesies lain, atau yang dapat dan akan memboroskan atau menurunkan mutu sumber-sumber bahan mentah. Biaya polusi lingkungan, menurut Odum (1971) diukur melalui tiga hal, yaitu: 1) Kehilangan sumberdaya melalui eksploitasi yang berlebihan dan tidak perlu, 2) Biaya pengendalian polusi, dan 3) Pengorbanan kesehatan manusia.

Polutan didefinisikan sebagai sisa-sisa bahan yang dibuat, digunakan dan dibuang. Ada dua jenis utama polutan. Yang pertama adalah polutan yang *degradable*, seperti sampah-sampah domestik, yang dapat dengan cepat diuraikan melalui proses alami. Masalah polutan *degradable* baru timbul jika masukan ke dalam lingkungan melebihi kapasitas dekomposisi. Jenis yang kedua adalah polutan *non degradable*, yakni bahan dan racun, seperti kaleng aluminium, garam-garam merkuri atau logam berat lainnya, yang tidak dapat hancur atau sangat lambat

tersebut pada lingkungan alami. Polutan non degradabile tidak hanya terakumulasi, tetapi juga sering mengalami pemekatan biologis ketika terpapar dalam daur biogeokimia dan sepanjang rantai makanan. Polutan tersebut juga sering berinteraksi dengan senyawa lain di lingkungan untuk menghasilkan racun-racun tambahan.

Menurut Kwan (1982), suatu lingkungan dapat mengandung campuran bahan kimia yang bersifat:

- a) saling antagonis, dimana pengaruh racun yang terlihat lebih kecil daripada yang diperkirakan,
- b) sinergis, dimana pengaruh yang terlihat lebih toksik daripada yang diperkirakan,
- c) netral, dimana pengaruh yang terlihat berkenaan dengan aksi dari satu bahan kimia saja, dan
- d) aditif, dimana pengaruh yang terlihat merupakan penjumlahan bagian-bagian yang diperkirakan.

Logam berat menunjuk kepada sekitar 40 unsur yang mempunyai kepadatan (massa jenis) lebih dari 5 (Babich dan Stotzky, 1978), sedangkan menurut Hughes, et al. (1980), dari lebih dari 80 unsur logam, lebih dari dua per tiganya termasuk ke dalam logam berat, yakni yang merupakan anggota seri: matriks blok d dan logam sub grup b. Dari unsur-unsur lingkungan, Cd (cadmium) bersamaan dengan Zn (seng), Pb (timah hitam), Hg (air raksa atau merkuri), Cu (tembaga), Ni (nikel) dan lain-lain termasuk ke dalam logam berat.

Proses-proses seperti pembakaran bahan bakar fosil, bersama dengan ekstraksi dan peleburan logam-logam dan sejumlah industri kimia, menghasilkan pancaran partikel kecil ke atmosfer. Banyak dari partikel-partikel tersebut mengandung beberapa logam berat dalam berbagai bentuk kimia. Logam berat, menurut Kinkle, Angle dan Keyser (1987), masuk ke lingkungan dari berbagai sumber, meliputi: buangan kota, buangan industri dan buangan tambang. Sedangkan menurut Hughes, et al. (1980), masukan utama logam ke dalam lingkungan terjadi sebagai hasil aktivitas manusia, dan jalan masuknya melalui tiga cara, yaitu: 1) deposisi partikel dari atmosfer, 2) pembuangan limbah kaya logam, dan 3) hasil sampingan dari proses penambangan logam.

Walaupun konsentrasi rata-rata unsur dalam suatu ekosistem mungkin sangat rendah, logam berat dapat terkonsentrasi dalam sebagian kecil ekosistem dan menjadi berbahaya. Walaupun tingkat kontaminasi suatu ekosistem secara keseluruhan rendah, tetapi pola mobilitas dan konsentrasi kompleks dari logam berat dapat berakumulasi pada tercapainya level toksik pada satu atau lebih komponen ekosistem (Hughes, et al., 1980).

Cadmium adalah salah satu polutan paling beracun yang dipancarkan ke biosfer, seperti terlihat pada pengaruh yang merugikan terhadap aktivitas dan interaksi mikroba. Cadmium

mencapai konsentrasi tinggi di dalam komponen ekosistem sebagai hasil dari mobilitas ekologis dan mobilitas fisiologisnya yang besar. Fungisida yang mengandung Ni digunakan untuk mengendalikan fungi pada tanaman komersial penting. Arsenikum-organik dewasa ini masih banyak digunakan sebagai herbisida, dan dapat bersifat racun terhadap manusia, hewan yang mempunyai system syaraf pusat, hampir semua tanaman tingkat tinggi, dan beberapa organisme yang lebih rendah (Alexander, 1974).

Sampah dari daerah industri biasanya mengandung logam berat yang secara potensial beracun, seperti: Zn, Cu, Ni, Cd, Pb dan Cr. Logam-logam tersebut diikat oleh tanah dan terakumulasi bersamaan dengan meningkatnya jumlah penambahan sampah (Brookes, McGrath dan Heijnen, 1986a). Logam berat diperkirakan dapat bertahan di lapisan atas selama sepuluh ribu tahun (McGrath, 1986 dalam Brookes, et al., 1986a), sehingga racun-racun tersebut tetap aktif lama setelah penimbunan sampah dihentikan (Brookes, et al., 1986a). Berbagai logam berat selain Hg, termasuk Pb, Cr, Ni dan Cd, digunakan dalam campuran logam atau sebagai katalis. Penambangan dan peleburan serta pembuangan akhir produknya menyebabkan masalah polusi logam berat. Semua logam tersebut memiliki toksisitas yang tinggi terhadap manusia, hewan, dan terhadap mikroorganisme (Atlas dan Bartha, 1981).

Aktivitas manusia bertanggungjawab terhadap peningkatan mobilitas, transportasi dan akumulasi Zn di lingkungan. Sedangkan pancaran Cd berasal baik dari aktivitas industri yang langsung berasosiasi dengan produksi dan penggunaan Cd atau dari aktivitas yang memancarkan Cd sebagai produk sampingan dari proses lain (Babich dan Stotzky, 1978). Benneth (1982 dalam Babich dan Stotzky, 1983) memaparkan bahwa sumber Ni dari kegiatan manusia meliputi: pemakaian bahan bakar, penambangan Ni, pembakaran sampah, produk baja, aplikasi industri, serta pembakaran bahan bakar bensin, diesel dan batubara. Sedangkan kegiatan pertanian menyumbangkan Hg ke habitat darat dalam bentuk fungisida organik, terutama untuk perlindungan benih. Logam merkuri tersebut mencemari tanah, walaupun hanya secara lokal (Alexander, 1974).

Sifat umum dari logam berat adalah kemampuannya untuk membentuk kompleks dengan ligan yang ada pada protein. Kemampuan beberapa logam berat untuk mengikat amina atau asam amino sederhana mengikuti sekuen afinitas: Hg>Cu>Ni>Pb>Co>Cd (Passow, et al., 1961 dalam Babich dan Stotzky, 1978). Logam berat berakumulasi dalam biota. Urutan afinitas algae coklat untuk logam divalen adalah: Pb>Mn>Zn>Cu, Cd>Co>Ni (Lagerwerff, 1972 dalam Babich dan Stotzky, 1978). Beberapa organisme, yaitu: *Chlorella*, *Micrococcus* sp. dan *Pichia guilermundii*, dapat mereduksi As menjadi

arsenat pentavalen; sedangkan oksidasi terjadi pada biakan *Pseudomonas* dan di dalam tanah (Alexander, 1974). Asam humat mempunyai pengaruh menurunkan pH dan membentuk kompleks logam berat-asam organik, dan meningkat dengan urutan $Cd < Zn < Pb < Cu$. Laju pencucian pada daerah tercemar mengikuti urutan $V < Zn < Ni < Cd < Mn < Cu < Cr < Pb$ (Hughes *et al.*, 1980). Pada pH netral sampai alkalin, logam berat di tanah dan sedimen cenderung untuk terimmobilisasi oleh pengendapan dan/atau penyerapan ke tapak pertukaran kation pada mineral-mineral liat (Atlas dan Bartha, 1981). Fraksi organik tanah juga mengakumulasi Ni, dengan rata-rata konsentrasi 70 ppm Ni (Babich dan Stotzky, 1983).

Faktor-faktor yang Menentukan Pengaruh Logam Berat terhadap Mikroorganisme Tanah

Berbagai penelitian telah mengungkapkan berbagai pengaruh merugikan logam berat terhadap suatu komunitas mikroorganisme tanah. Pengaruh tersebut bergantung atas: konsentrasi logam berat, sifat masing-masing logam berat, jenis mikroorganisme, dan lingkungan dimana mikroorganisme hidup. Karena peran mikroorganisme tanah yang sangat penting dalam menopang ekosistem tanah, dan karenanya berperan penting dalam menunjang tingkat kesuburan tanah yang tinggi, maka pengaruh negatif logam berat dapat secara tidak langsung menurunkan produktivitas suatu tanah.

Di dalam larutan, ion logam dalam konsentrasi rendah akan merangsang pertumbuhan mikroorganisme; tetapi jika ada dalam konsentrasi yang lebih tinggi, ion logam akan berperan dengan baik sebagai antiseptik ataupun desinfektan. Aktivitas ion logam tersebut mungkin berkenaan dengan reaksinya dengan protein pada protoplasma sel, dan dengan pembentukan endapan proteinat logam yang terjadi selanjutnya (Sarles, Frazier, Wilson dan Knight, 1968).

Merkuri (Hg) menghambat Na^+ , K^+ -ATPase dan mempengaruhi reaksi parsial Na^+ , K^+ -ATPase. Etil merkuri dan metil merkuri secara selektif menghambat Na^+ , K^+ -ATPase tetapi tidak mempengaruhi K^+ -ATPase, Na^+ -ATPase, reaksi pertukaran ADP-ATP dan pembentukan fosfoenzim. Tetapi pada konsentrasi senyawa Hg yang rendah, setiap penurunan awal diikuti oleh peningkatan aktivitas ATPase. Jadi, toksisitas polutan bergantung sepenuhnya atas dosis atau konsentrasi (Rath, Panigrahi dan Misra, 1986)

Pada beberapa kasus, resistensi terhadap, atau toleransi dari konsentrasi tinggi logam berat tampak pada bakteri dan fungi (Ashida, 1965 dalam Hughes, *et al.*, 1980). Hal tersebut menunjukkan bahwa konsekuensi logam berat terhadap proses-proses di dalam tanah dan terhadap komposisi

komunitas mikroba tanah mungkin agak kompleks (Jensen, 1977 dalam Hughes, *et al.*, 1980).

Menurut Gildon dan Tinker (1983), banyak mikroorganisme toleran terhadap logam berat, dan banyak contoh tentang cepatnya penampakan toleran logam pada mikroorganisme. Toleransi bakteri tanah terhadap logam dihubungkan dengan derajat kontaminasi tanah dengan Cd, Zn atau Pb. Sedangkan terhadap fungi, logam berat dapat bersifat sangat fungitoksik, dan tampaknya tingkat pembentukan mikoriza, dan karenanya perharan P tanaman inang, mungkin juga terpengaruh.

Efek Samping Logam Berat Terhadap Mikroorganisme Tanah

Pencemaran logam berat di dalam tanah dapat menghasilkan beberapa pengaruh penting terhadap suatu komunitas mikroba tanah, yaitu: 1) menurunkan aktivitas mikroba, 2) mengubah biomassa mikroba, 3) melalui tekanan selektif menyebabkan peningkatan proporsi strain mikroba yang resisten terhadap logam berat, dan 4) mengubah keragaman komunitas (Kinkle, *et al.*, 1987).

Efek Samping Logam Berat terhadap Aktivitas Mikroorganisme

Aktivitas mikroorganisme terpengaruh pada konsentrasi logam tanah yang tinggi, sehingga biomassa mikroba, ATP-tanah, aktivitas dehidrogenase tanah, nitrifikasi dan fiksasi N heterotrofik lebih rendah pada tanah-tanah yang tercemar logam berat. Fiksasi N_2 oleh algae hijau biru memerlukan waktu yang lebih lama pada tanah yang tercemar logam berat. Tanah dengan kadar logam berat yang rendah memfiksasi sekitar 10 kali lebih banyak N_2 daripada tanah yang tercemar logam berat (Brookes, *et al.*, 1986a).

Menurut Gildon dan Tinker (1983), penambahan logam berat mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap infeksi Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (VAM). Taraf Zn dan Ni yang tinggi menghilangkan infeksi sama sekali. Penampakan infeksi internal sangat berubah dengan penambahan logam, terutama pada taraf yang tinggi. Tanpa penambahan logam berat, miselium internal tampak normal dengan *arbuscule* dan *vesicle*-nya. Dengan taraf Cu dan Zn tinggi, miselium internal menjadi kurang padat dan mempunyai hifa yang panjangnya tidak teratur dengan ujung-ujung yang nyata lebih banyak daripada infeksi normal. Juga tidak atau sedikit mengandung *vesicle*. Miselium eksternal juga terpengaruh, dimana persen infeksi akar kedelai dengan *Glomus mosseae* meningkat ketika Zn ditambahkan pada taraf $< 45 \mu\text{g g}^{-1}$. Pada taraf yang lebih besar, infeksi menurun. Tingkat infeksi bawang dengan VAM fungi *G. mosseae* juga sangat ditekan dengan penambahan Zn, Cu, Ni dan Cd

baik medium tanah, dan infeksi dapat hilang sama sekali dengan pemberian logam taraf tinggi.

Brookes, Heijnen, McGrath dan Vance (1986b) mencatat bahwa populasi mikroba pada tanah dengan logam berat dipengaruhi respirasinya oleh penambahan Cu, Ni, Zn dan Cd, yang menghasilkan penurunan evolusi C-CO₂ sebanyak 30%. Menurut Babich dan Stotzky (1978) Cd telah terbukti menekan respirasi mikroorganisme, menghambat aktivitas enzim, fosforilasi oksidatif dan laju fotosintesa, mengubah permeabilitas dan integritas membran sel, mengganggu sintesa RNA dan protein, dan membentuk kompleks dengan DNA.

Menurut Babich dan Stotzky (1983) Ni berpengaruh merugikan terhadap banyak proses biokimia, seperti: replikasi, transkripsi dan mutasi DNA, aktivitas enzimatis, fotosintesa, siklus nitrogen dan respirasi, dan mempengaruhi mutasi permukaan sel. Yang sangat penting adalah pengaruh Ni yang mengganggu proses-proses seluler yang diperantarai oleh mikroorganisme, seperti: mineralisasi C dan N, nitrifikasi, dekomposisi serasah, dan aktivitas enzimatis tanah, yang dibutuhkan untuk memelihara mutu biosfer.

HgCl₂ merupakan desinfektan yang efektif tetapi penggunaannya terbatas karena HgCl₂ beracun melalui jaringan, korosif terhadap logam dan dimetabolkan oleh protein. Karena senyawa organik Hg tidak terionisasi, maka seluruh molekul berinteraksi dengan protein ada protoplasma sel (Sinha, et al., 1968). Senyawa Hg dapat membentuk ikatan kovalen dengan S dan dapat menginaktivasi banyak sistem enzim, terutama yang membutuhkan gugus sulfhidril tereduksi untuk aktivitasnya (Webb, 1966 dalam Rath, et al., 1986). Sinha, et al. (1988) melaporkan terjadinya penghambatan produksi CO₂ pada konsentrasi tinggi Hg.

Efek Samping Logam Berat terhadap Bio-massa Mikroorganisme

Biomassa mikroba total terpengaruh pada konsentrasi logam tanah yang tinggi. Pertumbuhan algae hijau biru memerlukan waktu yang lebih lama pada tanah yang tercemar logam berat (Brookes, et al., 1986a).

Menurut Babich dan Stotzky (1983) Ni menghambat pertumbuhan eubakteria, aktinomisetes, cyanobakteria, ragi, fungi, helifera, protozoa dan algae. Algae dan cyanobakteria tampaknya paling peka terhadap Ni, karena penghambatan umumnya terjadi pada konsentrasi yang lebih rendah. Nikel juga menghambat pertumbuhan dan perkecambahan sporangium abnormal fungi. Penghambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh Ni merupakan konsekuensi nyata dari pengaruh merugikan logam berat tingkat subseluler.

Menurut Babich dan Stotzky (1978) Cd mempengaruhi beberapa aspek pertumbuhan

mikroorganisme. Misalnya, Cd terbukti menurunkan dan memperpanjang laju pertumbuhan logaritmik mikroorganisme, menghambat pembentukan spora fungi, menyebabkan morfologi abnormal mikroorganisme, menghambat transformasi bakteri, dan menekan perkecambahan spora fungi.

Menurut Hughes, et al. (1980) terjadi reduksi yang sangat besar dalam pertumbuhan mikroorganisme pada tanah yang tercemar Hg.

Efek Samping Logam Berat terhadap Pen-ciptaan Strain Toleran Logam Berat

Menurut Kinkle, et al. (1987) jika logam berat ditambahkan ke tanah melalui pemberian sampah yang bertindak sebagai tekanan selektif, ada dua cara dimana populasi *Rhizobium* berespon. Pertama, logam diseleksi untuk kelompok yang lebih toleran. Kedua, populasi *Rhizobium* menunjukkan penampakan dan perkembangbiakan dari strain-strain yang lebih resisten terhadap logam berat melalui reaksi spontan atau melalui penyebaran resistensi terhadap logam berat dengan media plasmid di antara strain.

Dueck, Visser, Ernst dan Schat (1986) menyatakan bahwa VAM juga dapat mengembangkan strain toleran logam berat. Sifat kimia Zn berubah selama perjalanannya menembus hifa VAM, yang akan menurunkan potensi racunnya.

Menurut Hughes, et al. (1980), banyak fungi di dalam tanah yang tercemar Zn dapat tumbuh cukup baik, dan beberapa bakteri dan aktinomisetes toleran Zn juga dijumpai.

Efek Samping Logam Berat terhadap Ke-ragaman Mikroorganisme

Polusi logam berat menghasilkan penurunan keragaman fungi tanah. Jumlah spesies fungi menurun dua per tiganya dalam waktu 5 bulan (Yamamoto, et al., 1985). Tetapi, menurut Brookes, et al. (1986b), hanya sedikit bukti yang mendukung bahwa rasio fungi:bakteri dipengaruhi oleh logam berat.

Pada penelitian pengaruh Pb pada biodegradasi sampah berminyak dalam tanah, Hughes, et al. (1980) menemukan penurunan populasi bakteri bersama dengan perkembangbiakan beberapa spesies fungi. Pemecahan beberapa substansi meningkat pada tanah kaya Pb karena fungi yang toleran Pb berperan aktif dalam penguraian tersebut. Di wilayah kompleks penambangan dan peleburan Pb, juga dijumpai penurunan arthropoda sampah.

Strojan (1978 dalam Hughes, et al., 1980) menunjukkan penurunan yang cukup besar dari arthropoda sampah di dekat tempat peleburan Zn.

Berbagai Mikroorganisme yang Dipe-ngaruhi oleh Logam Berat

Menurut Baldi dan Olson (1987) Hg sangat beracun bagi *Thiobacillus ferrooxidans*, walaupun terdapat juga strain resisten Hg dari spesies tersebut yang dapat memvolatilisasi Hg.

Penghambatan pertumbuhan *Escherichia coli* oleh Ni berkorelasi dengan penurunan sintesa RNA dan protein. Penghambatan fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* oleh Ni berkorelasi dengan penghambatan logam terhadap aktivitas dehidrogenase alkohol (Babich dan Stotzky, 1983).

Ion Cu, yang terbentuk dari ionisasi CuSO_4 , terutama efektif melawan algae (Sarles, et al., 1968). Algae hijau biru sangat peka terhadap Cu (Brookes, et al., 1986a)

Senyawa As bersifat antiseptis dan germisidal terhadap beberapa protozoa (Sarles, et al., 1968).

Menurut Dutka dan Kwan (1982) pengaruh ion Cu^{2+} dan Pb^{2+} bersifat antagonis pada toksisitas penghambatan tumbuh *Pseudomonas fluorescens* dan *Aeromonas hydrophila*. Hal tersebut berhubungan dengan persaingan untuk tapak kation pada metaloenzim atau sistem enzim yang lain.

KESIMPULAN

Mikroorganisme sering diabaikan dalam evaluasi pengaruh merusak dari kontaminan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia di biosfer. Padahal, mikroorganisme terlibat dalam banyak proses ekologi yang penting, seperti: daur biogeokimia, produksi energi, proses dekomposisi, dan banyak interaksi mikroba-hewan, mikroba-tanaman, dan mikroba-mikroba. Sebagian besar mikroorganisme pada ekosistem darat dijumpai di dalam tanah. Mikroorganisme tersebut secara metabolis sangat aktif dan karenanya sangat penting dalam perubahan dan transportasi unsur-unsur kimia.

Pencemaran tanah oleh logam berat mempunyai pengaruh penting terhadap komunitas mikroorganisme tanah, yaitu: mengubah biomassa mikroba, meningkatkan proporsi strain resisten logam berat dalam komunitas, dan mengubah keragaman komunitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1974. *Microbial formation of environmental pollutants*. Adv. Appl. Microbiol. 18: 1 - 73.
- _____. 1978. *Introduction to Soil Microbiology*. New Delhi: Wiley Eastern Ltd.
- Atlas, R. M. dan R. Bartha. 1981. *Microbial Ecology: Fundamentals and Application*. Massachusetts: Addison-Wesley Publ.Co.
- Babich, H dan J. Stotzky. 1978. *Effects of cadmium on the biota: influence of environmental aspects*. Adv. Appl. Microbiol. 23: 55 - 117.
- _____. 1983. *Toxicity of nickel to microbes: environmental aspects*. Adv. Appl. Microbiol. 29: 195 - 265.
- Baldi, F. dan G. J. Olson. 1987. *Effects of cinnabar on pyrite oxidation by Thiobacillus ferrooxidans and cinnabar mobilization by mercury-resistant strain*. Adv. Appl. Microbiol. 53: 772 - 776.
- Brookes, P.C., S. P. McGrath dan C. Heijnen. 1986a. *Metal residues in soils previously treated with sewage sludge and their effects on growth and nitrogen fixation by blue-green algae*. Soil Biol. Biochem. 18: 345 - 353.
- _____, dan E. D. Vance. 1986b. *Soil microbial biomass estimates in soils contaminated with minerals*. Soil Biol. Biochem. 18: 383 - 388.
- Dasmann, R. F. 1976. *Environmental Conservation, 4th ed*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Dueck, Th. A., P. Visser, W. H. O. Ernst dan H. Schat. 1986. *Vesicular arbuscular mycorrhizae decrease zinc-toxicity to grasses growing in zinc-polluted soil*. Soil Biol. Biochem. 18: 331 - 333.
- Dutka, B. J dan K. K. Kwan. 1982. *Application of four bacterial screening procedures to assess changes in the toxicity of chemicals in mixtures*. Environ. Pollut. 29: 125 - 134.
- Gildon, A. dan P. B. Tinker. 1983. *Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and heavy metal in plants: I. The effect of heavy metal on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizae*. New Phytol. 95: 247-261.
- Hughes, M. K., N. W. Lepp dan D. A. Phipps. 1980. *Aerial heavy metal pollution and terrestrial ecosystem*. Adv. Ecol. Research 11: 217 - 327.
- Kinkle, B. K., J. S. Angle dan H. H. Keyser. 1987. *Long-term effects of metal-rich sewage sludge application on soil population of Bradyrhizobium japonicum*. Appl. And Environ. Microbiol. 53: 315 - 319.
- Lal, R. 1982. *Accumulation, metabolism and effects of organophosphorus insecticides on microorganism*. Adv. Appl. Microbiol. 28: 149 - 200.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology, 3rd ed.*. New York: W. B. Saunders Co..

Richard, D. V. 1975. *Effects of toxicants on the morphology and fine structure of fungi.* Adv. Appl. Microbiol. 19: 289 - 319.

Satta, W. B., W. C. Frazier, J. B. Wilson dan S. G. Knight. 1968. *Microbiology: General and Applied.* New York: Harper and Brothers, Publ.

Sumarmo, H., K. Tatsuyama dan T. Uchiwa. 1985. *Fungal flora of soil polluted with copper.* Soil Biol. Biochem. 17: 785 - 790.