

BAB 10

INTERAKSI MIKROORGANISME DENGAN ORGANISME LAIN

A. MACAM-MACAM INTERAKSI

Dalam suatu lingkungan yang kompleks yang berisi berbagai macam organisme, aktivitas metabolisme suatu organisme akan berpengaruh terhadap lingkungannya. Mikroorganisme seperti halnya organisme lain yang berada dalam lingkungan yang kompleks senantiasa berhubungan baik dengan pengaruh faktor abiotik dan pengaruh faktor biotik. Sedikit sekali di alam ada suatu jenis mikroorganisme yang hidup secara individual. Sekalipun suatu biakan mikroorganisme murni yang tumbuh dalam suatu medium, tetap akan berhubungan dengan pengaruh faktor lingkungan secara terbatas. Mikroorganisme umumnya hidup dalam bentuk asosiasi membentuk suatu konsorsium laksana suatu “Orkestra” yang satu dengan lainnya bekerja sama. Hubungan mikroorganisme dapat terjadi baik dengan sesama mikroorganisme, dengan hewan dan dengan tumbuhan. Hubungan ini membentuk suatu pola interaksi yang spesifik yang dikenal dengan simbiosis (sym = bersama, bios = hidup)

Interaksi antar mikroorganisme yang menempati suatu habitat yang sama akan memberikan pengaruh positif, saling menguntungkan dan pengaruh negatif; saling merugikan dan netral; tidak ada pengaruh yang berarti. Interaksi yang “netral” sebenarnya jarang terjadi hanya dapat terjadi dalam keadaan dorman seperti endospora. Beberapa macam interaksi yang mungkin terjadi antara mikroorganisme dengan organisme lain dapat dilukiskan dalam tabel 10.1 di bawah ini:

Tabel 10.1

Beberapa Macam Kemungkinan interaksi antar mikroorganisme dengan organisme lain (Sumber: Brock & Madigan,1991)

Macam interaksi	Organisme A	Organisme B
Komensalisme	+	0
Mutualisme	+	+
Neutralisme	0	0
Antagonisme		
- Amensalisme	0	-

- Parasitisme	+	-
- Predasi	+	-

Keterangan: + = memberikan pengaruh menguntungkan

- = memberikan pengaruh merugikan/menekan pertumbuhan

0 = tak memberikan pengaruh

Jumlah populasi mikroorganisme dalam suatu komunitas supaya dapat mencapai jumlah yang optimal, maka mikroorganisme berinteraksi dan mempengaruhi organisme lain. Mikroorganisme harus berkompetisi dengan organisme lain dalam memperoleh nutrisi dari lingkungannya, sehingga dapat terus “lulus hidup” dan dapat berkembangbiak dengan sukses.

1. Komensalisme

Interaksi antara mikroorganisme dengan organisme lain dimana satu jenis dapat diuntungkan dan jenis lain tidak dirugikan, hubungan interaksi semacam ini disebut komensalisme atau metabiosis. Interaksi bentuk komensalisme antar mikroorganisme biasanya berhubungan dalam proses metabolisme, satu jenis mikroorganisme memberikan kondisi yang cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme lain. Sebagai contoh dalam saluran pencernaan manusia mikroorganisme anaerob obligat merupakan mikroorganisme yang berlimpah dan tumbuh dengan optimal. Bakteri asam asetat dan khamir terjadi hubungan komensalisme selama proses fermentasi asam asetat, dimana sel khamir menyediakan substrat alkohol bagi pertumbuhan bakteri asam asetat.

2. Mutualisme

Interaksi antar mikroorganisme dapat saling menguntungkan, interaksi semacam ini disebut mutualisme. Hubungan interaksi mutualisme dapat terjadi antar mikroorganisme yang berkerjasama dalam proses metabolisme. Biasanya satu jenis mikroorganisme menyediakan nutrisi bagi mikroorganisme lain begitupula sebaliknya. Contohnya: *Streptococcus faecalis* dan *Lactobacillus arabinosis* yang biasanya tidak dapat tumbuh pada medium tanpa glukosa. *S. faecalis* membutuhkan asam folat yang dihasilkan oleh *L. arabinosus* sebaliknya *L. arabinosus* membutuhkan fenilalanin yang

dihasilkan oleh *S. faecalis*. Ketika kedua bakteri mikroorganisme ditumbuhkan dalam medium yang sama, maka mereka mendapatkan nutrisi yang lengkap. Contoh lain antara bakteri *Escherichia coli* dan *Proteus vulgaris*, dimana *E.coli* menghidrolisis laktosa bagi *Proteus vulgaris*, sementara itu *P. vulgaris* menguraikan urea yang melepaskan sumber Nitrogen bagi pertumbuhan *E.coli*.

3. Antagonisme

Hubungan antara mikroorganisme dengan organisme lain yang saling menekan pertumbuhannya disebut antagonisme. Bentuk interaksi ini merupakan suatu hubungan asosial. Biasanya Spesies yang satu menghasilkan suatu senyawa kimia yang dapat meracuni spesies lain yang menyebabkan pertumbuhan spesies lain tersebut terganggu. Senyawa kimia yang dihasilkan dapat berupa sekret atau metabolit sekunder. Contoh dari antagonisme antara lain *Streptococcus lactis* dengan *Bacillus subtilis*. Pertumbuhan *B. subtilis* akan terhambat karena asam laktat yang dihasilkan oleh *S. lactis*. Interaksi antagonisme disebut juga antibiois. Bentuk lain dari interaksi antagonisme di alam dapat berupa kompetisi, parasitisme, amensalisme dan predasi. Biasanya bentuk interaksi ini muncul karena ada beberapa jenis mikroorganisme yang menempati ruang dan waktu yang sama, sehingga mereka harus memperebutkan nutrisi untuk tetap dapat tumbuh dan berkembangbiak. Akhirnya dari interaksi semacam ini memberikan efek beberapa mikroorganisme tumbuh dengan optimal, sementara mikroorganisme lain tertekan pertumbuhannya.

B. INTERAKSI MIKROORGANISME DENGAN TUMBUHAN

1. Simbiosis Bakteri Dengan Tumbuhan

Simbiosis di antara bakteri *Rhizobium* dengan akar kacang-kacangan dibahas dalam ilmu tersendiri yang dinamakan Rhizobiologi. Karena simbiosis ini sudah merupakan bisnis tersendiri. Sehingga berbagai inokulan (preparat hidup bakteri *Rhizobium*) banyak diperdagangkan, terutama hasil industri-bioteknologi di Amerika Serikat.

Tahap-tahap pembentukan nodul. Tahap-tahap dalam infeksi dan perkembangan nodul akar, saat ini sudah diketahui dengan baik, antara lain :

- 1). Pengenalan pasangan yang sesuai pada tumbuhan dan bakteri dan penempelan bakteri terhadap akar tumbuhan Di sekitar bulu-bulu akar kacang-kacangan terkumpul sejumlah besar bakteri *Rhizobium* baik secara alami (misal pada ladang kacang-kacangan) ataupun secara buatan (penambahan inokulan). Akibat terkumpulnya bakteri tersebut, bulu akar akan mengeluarkan triptopan, yang oleh bakteri diubah menjadi indol asetat Kehadiran indol asetat menyebabkan bulu akar menjadi berkerut dan bakteri juga menghasilkan enzim yang dapat melarutkan senyawa pektat yang terdapat di dalam fibril (selulosa) kulit bulu akar, sehingga bakteri dapat menempel pada buluh akar;
- 2). Invasi bakteri ke dalam buluh akar dan terjadi ancaman infeksi. Akibat adanya larutan pektat, bakteri *Rhizobium* kemudian berubah menjadi bulat dan kecil-kecil serta dapat bergerak.. Senyawa pektat dapat berikatan dengan selulosa, sehingga dinding bulu akar menjadi tipis hingga dapat ditembus oleh bakteri *Rhizobium*;
- 3). Berjalan sepanjang akar utama melalui tempat infeksi.;
- 4). Pembentukan bakteroid (sel bakteri perusak) dalam sel tumbuhan dan terjadi perkembangan ke keadaan penambatan-nitrogen Di dalam bulu akar bakteri memperbanyak diri, kemudian memasuki bagian akar dengan membentuk benang-infeksi, hingga koloni bakteri didapatkan pada setiap sel akar;
- 5). Berlangsungnya pembelahan bakteri dan sel tumbuhan, maka terbentuk nodul akar matur.

Penambatan/fiksasi nitrogen udara oleh bakteri *Rhizobium* cukup penting di dalam bidang pertanian. Rata-rata nitrogen yang terikat (kg) per hektar luas per tahun cukup tinggi, terutama untuk tanaman seperti semanggi (*Trifolium* spp.). Lupin (*Lupinus* sp.), dan kacang kedele (*Glycine max*).

Sehingga tidak mengherankan kalau di dalam sistem pertanian moderen yang banyak dilakukan di Eropa dan Amerika, penggunaan kacang-kacangan sebagai pupuk-hijau banyak dilakukan mengingat hasilnya yang cukup baik. Hal ini dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu :

- Penambahan nitrogen ke dalam tanah secara biologi.
- Mempertahankan sifat fisik tanah dengan banyaknya jatuhnya daun dan batang kacang-kacangan yang ditanam.

- Beberapa jenis *Rhizobium* mempunyai kemampuan pula untuk mengurai residu pestisida sehingga menjadi senyawa yang tidak berbahaya, hal ini dapat digunakan sebagai cara biologis di dalam pengendalian pencemaran tanah pertanian.
- Daun kacang-kacangan selain untuk pupuk hijau juga merupakan makanan ternak berkualitas tinggi, terutama kandungan protein dan vitamin.
- Buah kacang-kacangan tertentu, dapat dijadikan sumber protein.

Genetik pembentukan nodul : gen nod.

Gen-gen yang melangsungkan tahap-tahap spesifik dalam pembentukan nodul pada tumbuhan leguminosa oleh strain *Rhizobium* disebut gen nod. Beberapa gen nod dari spesies *Rhizobium* yang berbeda disimpan dan umumnya berada pada plasmid yang disebut plasmid sym. Sebagai tambahan pada gen nod yang langsung terlibat dalam nodulasi/pembentukan nodul, gen sym mengandung gen spesifisitas yang menahan strain *Rhizobium* pada tumbuhan inang tertentu. Selanjutnya, kemampuan nodulasi pada tumbuhan leguminosa tertentu dapat dipindahkan antar spesies *Rhizobium* melalui pemindahan plasmid sym secara singkat. Sebagai contoh, ketika plasmid sym dari *Rhizobium leguminosarum* (yang memiliki inang kacang-tanah) dipindahkan ke *Rhizobium trifolii* (yang memiliki inang semanggi), sel spesies *R. trifolii* akan efektif membentuk nodul pada kacang-tanah. Yang menarik dalam hal ini, plasmid sym juga dapat dipindahkan di antara genera. Jika plasmid sym dipindahkan dari *Rhizobium* ke bakteri yang berhubungan erat, *Agrobacterium*, maka bakteri tersebut akan membentuk nodul, meskipun nodul tersebut tidak memfiksasi-nitrogen karena *Agrobacterium* tidak mampu untuk memfiksasi-nitrogen.

- Pengendalian Fiksasi N₂.

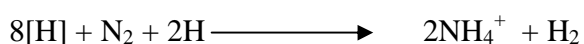
Dalam proses fiksasi, N₂ direduksi menjadi amonium dan amonium dirubah menjadi bentuk organik. Proses reduksi diatalisis oleh kompleks enzim nitrogenase yang terdiri dari dua komponen protein yang terpisah yang disebut dinitrogenase dan dinitrogenase reduktase. Kedua komponen mengandung besi dan dinitrogenase juga mengandung molibdenum, keduanya bersifat sensitif terhadap oksigen. Molibdenum dan besi dalam dinitrogenase didukung oleh ko-faktor yang disebut FeMo-co, dan reduksi N₂ ternyata, melibatkan pusat besi-molibdenum. Enzim ini mampu mereduksi molekul

berikatan-tiga seperti N_2 dan membutuhkan Mg^{2+} , dan stabilitas pada ikatan-tiga $N(N$, sangat lambat dan aktivasinya merupakan proses yang membutuhkan banyak energi dalam bentuk ATP (15-20 ATP/ N_2). Enam elektron dipindahkan untuk mereduksi N_2 menjadi $2NH_3$, dan menghasilkan beberapa tahap perantara; tetapi karena tidak ada perantara yang diisolasi, sekarang diperkirakan bahwa tiga tahap reduksi terjadi dengan perantara yang berikatan kuat kepada enzim. Fiksasi nitrogen sangat reduktif di alam dan prosesnya dihambat oleh oksigen, karena dinitrogenase reduktase secara cepat dan irreversibel diinaktifkan oleh oksigen (bahkan ketika diisolasi dari bakteri aerob penambat-nitrogen).

Pada bakteri aerobik, fiksasi N_2 terjadi dengan adanya oksigen dalam seluruh sel, tetapi tidak pada pemurnian penyiapan enzim, dan dalam hal ini nitrogenase dalam sel dianggap berbentuk O_2^- yang dilindungi mikro-lingkungan. Beberapa bakteri dan *Cyanobacteria* yang mampu tumbuh secara aerobik dan anaerobik, melakukan fiksasi N_2 hanya dalam kondisi anaerobik. Biosintesis enzim ini dikontrol oleh gen *nif*. Mikroorganisme menunjukkan perkembangan untuk menghindari inaktivasi enzim nitrogenase sensitif-oksigen. Sebagai contoh, *Azotobacter* menghasilkan sejumlah salinan (copy) polisakarida, yang membantu mengurangi difusi O_2 , melindungi inaktivasi enzim tersebut.

Enzim glutamin sintetase dan glutamat sintetase berfungsi pada penyisipan ion amonium ke dalam senyawa organik, bila ion ini tersedia dalam konsentrasi yang rendah. Sistem ini mempunyai afinitas tinggi untuk ion amonim dan mempertahankan agar kadar ion ini tetap rendah dalam sel bakteri. Peningkatan kadar ion amonium di sekeliling bakteri akan bersifat menghambat pembentukan glutamin sintetase, demikian juga pada pembentukan nitrogenase.

Kalau tidak ada nitrogen, maka sistem nitrogenase dapat mereduksi proton menjadi molekul hidrogen. Sistem nitrogenase juga bersifat seperti hidrogenase pembentuk H_2 yang tergantung ATP. Karena hidrogen juga terbentuk kalau N_2 tersedia, maka pembentukan H_2 ini dapat diikutsertakan pada reaksi fiksasi N_2 .



Bakteri penambat N_2 selain memiliki nitrogenase juga suatu hidrogenase (klasik)

yang mengaktifkan H_2 sehingga menjadi bermanfaat kembali.

Regulasi dan Genetik gen nif.

Secara genetis pengendalian fiksasi N_2 ini dikontrol oleh gen yang dikenal dengan gen-nif. Kemampuan untuk memfiksasi N_2 dapat dialihkan secara langsung dari satu sel bakteri ke sel bakteri lain. Pengalihan gen-nif dari *Klebsiella pneumoniae* kepada *Escherichia coli* dengan cara konjugasi dengan menempatkan gen-nif pada plasmid, hal ini juga dimungkinkan gen-nif ditransfer pada sel-sel eukariotik. Namun masih memerlukan penelitian lebih jauh, karena untuk fiksasi N_2 di luar nitrogenase masih diperlukan protein belerang besi khusus dan harus menjamin terlindungnya nitrogenase dari oksigen.

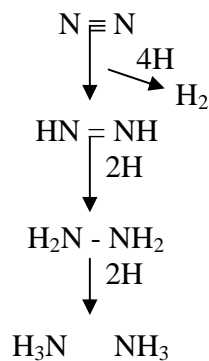
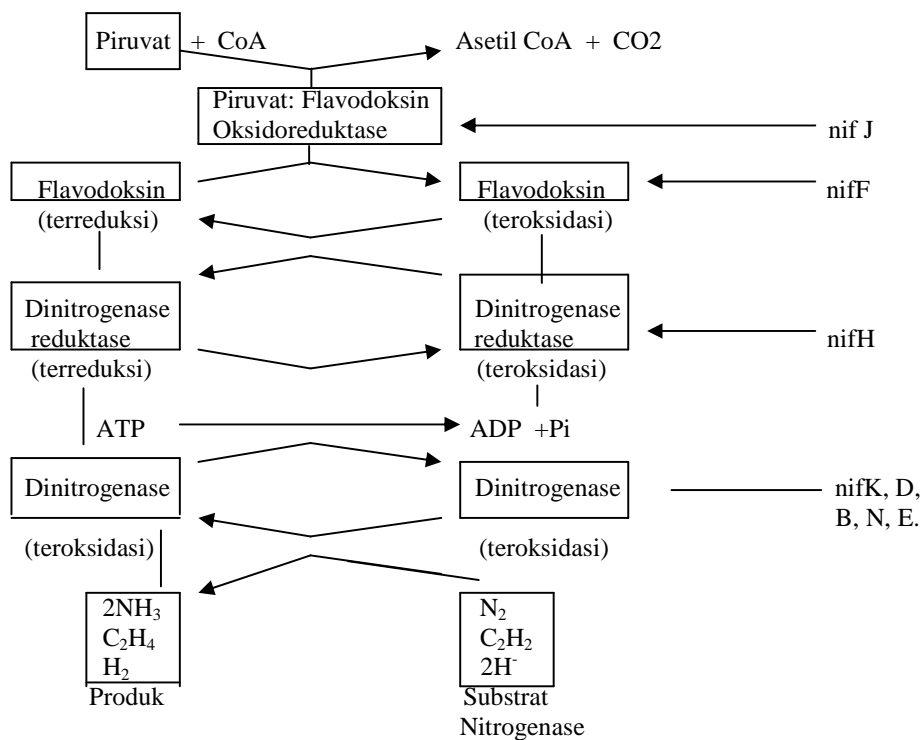
Gen untuk dinitrogenase dan dinitrogenase reduktase merupakan bagian dari suatu kompleks regulon (suatu operon besar) yang disebut regulon nif. Sebagai tambahan terhadap struktur gen nitrogenase, gen untuk FeMo-co (gen yang mengendalikan protein transpor elektron), dan sejumlah gen regulator juga terdapat dalam regulon. Dinitrogenase merupakan suatu kompleks protein yang dibuat dari dua subunit, produk gen nifD dan produk gen nifK, masing-masing gen terdapat dalam dua salinan. Dinitrogenase reduktase merupakan suatu dimer protein yang terdiri dari dua subunit yang identik, merupakan produk dari gen nifH. FeMo-co, yang struktur lengkapnya belum diketahui, disintesis dengan bantuan lima gen yang terpisah, nifN, E, B, juga Q, yang mengendalikan suatu produk dengan melibatkan pengambilan molibdenum.

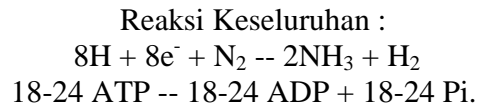
Nitrogenase merupakan pengendali regulator kuat. Fiksasi nitrogen dihambat oleh O_2 dan oleh fiksasi nitrogen, termasuk NH_3 , N_3^- , dan asam amino tertentu. Bagian terbesar regulasinya terjadi pada tingkat transkripsi. Transkripsi struktur gen nif diaktifkan oleh protein nifA (regulasi positif) dan ditekan oleh protein nifL (regulasi negatif), meskipun belum diketahui secara terperinci bagaimana protein ini mengatur transkripsi.

Amonia dihasilkan oleh nitrogenase, tapi tidak menekan sintesis enzim, karena segera setelah dihasilkan amonia akan digabungkan menjadi bentuk organik dan digunakan dalam biosintesis. Tetapi pada saat jumlah amonia berlebihan (dalam

lingkungan yang mengandung amonia tinggi), sintesis nitrogenase ditekan dengan cepat. Hal ini mencegah habisnya ATP dengan tidak membuat suatu produk yang sudah terdapat dalam jumlah yang memadai Pada bakteri penambat-nitrogen, khususnya bakteri fototrofik, aktivitas nitrogenase juga diatur oleh amonia, suatu fenomena yang disebut efek "switch-off" amonia. Dalam hal ini, kelebihan amonia terkatalisasi suatu modifikasi kovalen dinitrogenase reduktase, yang menyebabkan hilangnya aktivitas enzim. Ketika amonia kembali pada jumlah yang terbatas, protein termodifikasi ini dirubah kembali menjadi bentuk aktif dan memfiksasi N_2 . "Switch-off" amonia menjadi suatu metode yang reversibel dan cepat dalam mengendalikan penggunaan ATP oleh nitrogenase.

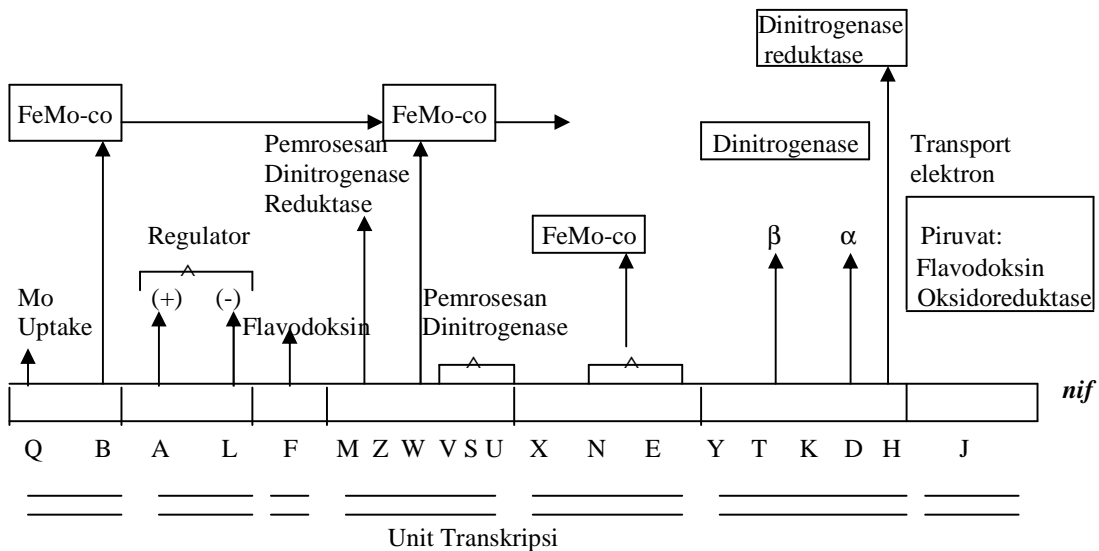
(a). Tahap-tahap fiksasi nitrogen : reduksi NH_2 menjadi NH_3 .





Gambar 10.1 Sistem nitrogenase; tahap-tahap fiksasi nitrogen reduksi N_2 menjadi $2NH_3$ (Sumber Brock & Madigan, 1991)

(b). Struktur genetik regulon nif (operon) pada *Klebsiella pneumoniae*, penelitian terbaik pada organisme penambat-nitrogen. Fungsi beberapa gen tidak jelas. Transkrip mRNA (unit transkripsional) diperlihatkan di bawah gen-gen; tanda panah menunjukkan transkripsi langsung.



Gambar 10.2 Struktur genetik regulon nif (operon) pada *Klebsiella pneumoniae* (Sumber Brock & Madigan, 1991)

2. Simbiosis Fungi Dengan Tumbuhan

Mikoriza (Yunani = "Mycorrhizae") memiliki arti "fungi akar" dan berkenaan dengan bentuk hubungan simbiotik antara fungi dengan akar tanaman, yang pertama kali ditemukan oleh Albert Bernhard Frank, pada tahun 1885.

Sebagian besar akar tumbuhan darat kemungkinan berupa Mikoriza. Mikroorganisme ini memberikan kontribusi dan fungsi pada lingkungan pertanian dan pengolahan lahan. Pada akar tanaman kira-kira 80% dari jaringan pembuluh tanaman susah berasosiasi dengan Mikoriza. Ada dua kelompok utama asosiasi Mikoriza yaitu :

a. Ektomikoriza

Umumnya ditemukan pada daerah yang agak dingin (beriklim sedang), berasosiasi dengan tanaman khusus dan semak-semak. Contohnya, pohon cemara, oak, dan paling banyak tumbuh pada hutan temperata. yang tumbuh pada kondisi dingin biasanya mengandung Ektomikoriza, yang terdiri dari komponen fungi dengan Basidiomycetes, Ascomycetes atau Zygomycetes.

Ektomikoriza tumbuh pada sekitar akar tanaman, terutama pada ujung akar, selanjutnya terjadi penetrasi fungi ke bagian kortek, yang umumnya dijumpai pada jenis kayu cemara atau tanaman berdaun jarum. Jenis fungi ini adalah *Thelephora terrestris*. Meskipun demikian terdapat hubungan yang terbuka antara fungi dengan akar. Sebagai contoh, suatu spesies tunggal pinus dapat membentuk Mikoriza dengan lebih dari 40 spesies fungi.

Lebih dari 5000 spesies fungi Basidiomycetes, banyak di antaranya yang membentuk Ektomikoriza. Miselium secara luas memanjang ke luar sel dan meningkatkan nutrisi tumbuhan. Salah satu fungi yang terpenting pada Ektomikoriza adalah *Pisolithus tinctorius*. Bila fungi ini diinokulasikan ke dalam akar tumbuhan, pertumbuhannya menjadi lebih cepat, dibandingkan dengan tumbuhan yang tidak diinokulasi fungi tersebut.

b. Endomikoriza

Endomikoriza sungguh menarik perhatian, karena fungi tidak mungkin untuk berkembang tanpa tumbuhan inang, dan biasanya fungi dari kelompok Zygomycetes. Ini merupakan hubungan hifa fungi yang masuk ke sel kortek tanaman, kemudian tumbuh dalam sel/intraseluler dan membentuk gumpalan (lilitan), sehingga membentuk pembengkakan. Mikoriza endotrofi dijumpai pada tanaman gandum, jagung, buncis, jeruk dan tanaman komersial lain serta jenis rumput-rumputan tertentu.

Terdapat bukti bahwa, pada lingkungan tumbuhan, Mikoriza dapat meningkatkan persaingan antar tumbuhan tersebut. Pada lingkungan yang basah Mikoriza dapat meningkatkan nutrisi, khususnya ketersediaan fosfat. Sedangkan pada daerah yang kering/gersang, Mikoriza membantu dalam pengambilan air, peningkatan transpirasi,

dibandingkan dengan tanpa adanya Mikoriza pada tumbuhan. Dan ini akan memberikan manfaat dalam penggantian energi yang diperlukan untuk fotosintesis tumbuhan.

3. HUBUNGAN INANG PARASIT

Tubuh hewan secara terus menerus bersentuhan dengan mikroorganisme. Sebenarnya, triliunan sel bakteri terdapat dalam atau pada permukaan tubuh manusia dan sebagian besar memberikan keuntungan, bahkan kadang-kadang sangat dibutuhkan. Peranannya dalam kesehatan menyeluruh dari seseorang. Mikroorganisme ini secara bersama-sama berhubungan sebagai flora normal dan mewakili jenis mikroorganisme yang memberikan suatu hubungan yang baik dengan jaringan tertentu dari tubuh hewan.

Flora normal tersebut dapat menghuni pada berbagai jaringan atau organ pada tubuh manusia atau hewan, seperti pada rongga mulut, lambung, usus, pada saluran reproduksi, saluran pernafasan dsb. Jumlah dan keanekaragaman flora normal pada setiap jaringan dan organ tubuh berbeda-beda tergantung pada kemampuan jenis mikroorganisme untuk tumbuh dan melakukan kolonisasi pada organ tersebut. Apabila keadaan flora normal dalam tubuh meningkat jumlahnya dan menyebabkan infeksi pada tubuh disebut sebagai patogen oportunistis.

Suatu parasit merupakan organisme yang hidup pada permukaan atau dalam suatu organisme kedua, yang disebut inang. Interaksi yang membentuk hubungan inang-parasit adalah kompleks. Ketika suatu parasit mencoba untuk menyebabkan infeksi, inang merespon dengan menggerakkan suatu kesatuan perlawanan dari mekanisme pertahanan. Kemampuan mencegah penyakit yang akan memasuki mekanisme pertahanan disebut resistensi atau kekebalan. Suatu keadaan dimana tubuh tanpa melakukan mekanisme pertahanan disebut sebagai kerentanan.

Resistensi inang terhadap masuknya parasit dipisahkan menjadi dua tipe: resistensi non-spesifik dan resistensi spesifik. Resistensi nonspesifik atau alami merupakan resistensi yang termasuk mekanisme pertahanan alami yang melindungi inang dari bermacam parasit tanpa menghiraukan apakah tubuh menghadapi tipe parasit sebelumnya atau tidak. Resistensi spesifik atau disebut kekebalan merupakan mekanisme pertahanan yang telah dikembangkan untuk merespon suatu parasit tertentu, atau

spesifik. Mekanisme pertahanan imun spesifik demikian didapatkan inang sebagai suatu akibat dari permulaan adanya parasit.

Pada kebanyakan organisme resistensi nonspesifik merupakan hal paling umum dan mendasar untuk pencegahan penyakit. Tumbuhan dan sebagian besar hewan bertahan hanya dengan resistensi nonspesifik terhadap dunia patogen potensial. Hanya hewan vertebrata yang memiliki resistensi spesifik atau mendapatkan suatu respon imun spesifik. Oleh karena itu mereka lebih efisien dalam melawan infeksi. Pertama mereka menggunakan mekanisme resistensi nonspesifik, dengan segera tersedia, menyerang masuknya parasit; selanjutnya mereka mengandalkan imunitas spesifik sebagai bantuan atau, pada suatu penyakit yang terus-menerus, sebagai akhir dari resistensi. Jika pengaruh gabungan dari resistensi alami dan imunitas didapatkan tidak mampu menghentikan penyebaran infeksi, akhirnya selalu terjadi kematian inang.

Untuk menolong inang, dilakukan terapi antimikroba, seperti penggunaan antibiotik. Pengobatan ini tidak selalu menghancurkan parasit secara sempurna. Dalam hal kebanyakan hanya untuk memberi kesempatan kepada inang untuk menghilangkan parasit dengan mekanisme pertahanan inang apa saja yang dapat berhubungan dengan parasit.

RANGKUMAN

Mikroorganisme umumnya hidup dalam bentuk asosiasi membentuk suatu konsorsium laksana suatu “Orkestra” yang satu dengan lainnya bekerja sama. Hubungan mikroorganisme dapat terjadi baik dengan sesama mikroba, dengan hewan dan dengan tumbuhan. Hubungan ini membentuk suatu pola interaksi yang spesifik yang dikenal dengan simbiosis (sym = bersama, bios = hidup)

Interaksi antar mikroorganisme yang menempati suatu habitat yang sama akan memberikan pengaruh positif, saling menguntungkan dan pengaruh negatif; saling merugikan dan netral; tidak ada pengaruh yang berarti. Interaksi yang “netral” sebenarnya jarang terjadi hanya dapat terjadi dalam keadaan dorman seperti endospora. Beberapa macam interaksi yang mungkin terjadi antara mikroorganisme dengan organisme lain, diantaranya: mutualisme, komensalisme, parasitisme, amensalisme dll.

Hubungan inang dan parasit memiliki karakteristik fisiologi yang spesifik. Suatu parasit merupakan organisme yang hidup pada permukaan atau dalam suatu organisme kedua, yang disebut inang. Interaksi yang membentuk hubungan inang-parasit adalah kompleks. Ketika suatu parasit mencoba untuk menyebabkan infeksi, inang merespon dengan menggerakkan suatu kesatuan tempur dari mekanisme pertahanan. Kemampuan mencegah penyakit yang akan memasuki mekanisme pertahanan disebut resistensi atau kekebalan.

PERTANYAAN DAN TUGAS

1. Jelaskan keuntungan dan kerugian adanya interaksi berbagai mikroorganisme dengan organisme lain ?
2. Deskripsikan 4 macam interaksi antar mikroorganisme dengan organisme lain dan berikan masing-masing satu contoh !
3. Bagaimana hubungan inang dan parasit dan pengaruhnya terhadap kelulushidupan suatu inang ?
4. Bagaimanakah peranan flora normal dalam tubuh ? Mengapa flora normal dapat berubah menjadi patogen oportunistik ? Jelaskan !
5. Jelaskan interaksi antara :
 - a. Bakteri *Rhizobium* dan tanaman legum
 - b. Ektomikoriza dan endomikoriza dan tumbuhan inang

ISTILAH PENTING:

- Simbiosis
- Mutualisme
- Komensalisme
- Parasitisme
- Amensalisme
- Ektomikoriza
- Endomikoriza
- Fiksasi nitrogen
- Resistensi