

VI. STRATEGI PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN

5.1. Epidemi dan perkembangan budidaya tanaman

Pertanian di Indonesia mempunyai sejarah yang cukup panjang, terutama di bidang perkebunan. Kopi *arabika* mulai dibudidayakan sekitar tahun 1700-an dan merupakan perkebunan yang tertua di Indonesia. Tahun 1880-an terjadi epidemi penyakit karat daun kopi yang disebabkan oleh *Hemileia vastatrix*, sehingga kopi *arabika* diganti dengan kopi *liberika* dan kopi *robusta*. Tahun 1826 tanaman teh dari Cina (berdaun kecil) mulai ditanam, tetapi 50 tahun kemudian jenis teh Cina diganti dengan teh Assam (India) dan baru ditanam dalam perkebunan tahun 1910 di Sumatra Utara. Perkebunan tebu mulai dikembangkan di sekitar Jakarta (Batavia) tahun 1830-an, kemudian baru bergeser ke timur, tetapi tahun 1880 perkebunan tebu hampir punah karena adanya epidemi penyakit 'serah'. Perkebunan kina muncul tahun 1860 dan perkebunan tembakau cerutu tahun 1864 di Klaten. Perkebunan kakao mulai dibudidayakan di Jawa tengah tahun 1880 untuk mengganti tanaman kopi *arabika* yang mengalami epidemi penyakit karat daun, kemudian kakao lindak (yang dikembangkan sekarang) baru mulai dikembangkan tahun 1970-an di Sumatra utara. Perkebunan karet *Ficus elastica* di Jawa termasuk perkebunan tertua di dunia, tetapi perkebunan karet *Hevea brasiliensis* baru berdiri di Sumatra utara tahun 1903 dan di Jawa tahun 1906. Perkebunan termuda adalah perkebunan kelapa sawit dimulai di Sumatra utara tahun 1911.

Dalam tulisan ini tanaman yang digunakan sebagai obyek pembahasan sejarah adalah tanaman perkebunan karena perkebunan masih dianggap sebagai usaha pertanian yang memegang peranan penting sehubungan dengan peningkatan komoditi non-minyak (non-BBM) dan gas ditekankan kepada intensifikasi dan ekstensifikasi perkebunan. Oleh karena itu dapat dikemukakan sebagai contoh : berjangkitnya cacar daun cengkeh (*Phyllosticta* sp.) dan gugur daun corynespora (*Corynespora casicola*) pada tanaman karet dan penyakit-penyakit lain pada tanaman perkebunan selalu menjadi masalah menurunnya devisa negara. Dengan demikian diperlukan konsep strategi tertentu agar kejadian-kejadian yang sangat merugikan tidak terulang kembali, baik pada tanaman perkebunan maupun tanaman-tanaman lain.

Melihat jauh tentang Epidemiologi Penyakit Tanaman yang akan datang, ada sejumlah ras-ras fisiologi diantara patogen-patogen. Setiap tanaman utama dapat diserang oleh 50 sampai 200 patogen, sedangkan setiap spesies atau varietas dari tanaman yang bersangkutan selalu mempunyai keadaan lingkungan

atau factor yang menghambat dan yang sesuai dengan perkembangannya. Konsep memanipulasi macam-macam faktor untuk menekan patogen dilakukan oleh ahli penyakit tumbuhan dan petani sendiri dengan memperhatikan siklus penyakit, perkembangan tanaman inang dan pengaruh lingkungan terhadap siklus tersebut serta interaksi antar patogen dan inangnya. Konsep ini sudah banyak dibicarakan dan diterapkan untuk pengendalian dengan mempergunakan semua komponen pencegahan dalam satu kesatuan rencana dengan tujuan keluaran produksi yang optimal sekaligus mempertahankan ekosistem pertanian dan lingkungan hidup manusia

Keadaan konsep tersebut merupakan dasar pengelolaan penyakit secara terpadu yang telah merupakan bagian integral dari ilmu penyakit tumbuhan sejak puluhan tahun yang lampau. Sebagian besar penyakit tanaman dikendalikan dengan pencegahan dan bukan pembrantasan. Hal ini berarti bahwa tindakan yang tepat diambil sebelum penyakit itu berkembang sampai lanjut agar tidak terjadi eksplosi (out-break, epidemi puncak). Cara pengendalian penyakit harus terpadu dengan paket pengelolaan pertanian secara moderen, terutama yang ada hubungannya dengan agen perantara (vektor, gulma). *Pengendalian penyakit tanaman dapat dilakukan secara aman, efektif dan efisien, jika difahami aspek-aspek sosial ekonomi, budidaya, hayati, fisik dan kimia yang menyangkut cara-cara pengendalian.*

Pengendalian penyakit tanaman pada hakekatnya merupakan tugas dan kewajiban petani sendiri. Bagi petani Indonesia yang masih berpandangan sebagai '*orang timur*', pencapaian peradaban berarti membutuhkan kesejahteraan material dan kesejahteraan spiritual dalam bentuk ilmu pengetahuan dan kearifan yang bersumber pada agama yang bersifat monotheisme dan disana sini masih ada kepercayaan tambahan sebagai sisa-sisa animisme dan sejenisnya yang belum dapat dihilangkan. Oleh karena itu *penyuluhan dan peningkatan ketrampilan kepada petani Indonesia tidak cukup hanya menerapkan ilmu pengetahuan semata-mata, tetapi masih perlu menggunakan kearifan yang diwariskan oleh nenek moyang sebagai media penyuluhan.* Peningkatan ketrampilan yang intensif sebaiknya dimulai dari anak-anak petani sendiri yang terorganisasi secara baik.

5.2. Karantina tumbuhan

Pengendalian penyakit dengan undang-undang dan peraturan-peraturan bertujuan untuk melindungi hasil-hasil pertanian di dalam negeri terhadap hama dan penyakit baru yang mungkin terdapat pada tumbuhan yang diimport atau sudah ada di suatu daerah, tetapi belum terdapat di daerah lain. Tindakan

larangan atau pembatasan dapat dilakukan tergantung kepada bahaya dari hama atau penyakitnya, keadaan lingkungan, macam tumbuhan dan kepentingan ekonominya. Misalnya : larangan import tanaman karet dari Amerika Selatan ke Indonesia, karena disana ada penyakit daun yang disebabkan oleh *Microcyclus ulei* (= *Dothidella ulei*) yang belum terdapat di Indonesia (LN. No 427 jo No 532, 1932), larangan membawa tanaman pisang, buah pisang dan bagian-bagian tanaman pisang lainnya dari Sulawesi dan dari Minahasa ke tempat dan daerah lain untuk mencegah penjaralan penyakit darah yang disebabkan oleh *Pseudomonas celebensis* serta masih banyak lagi larangan dan pembatasan-pembatasan yang diatur dalam suatu undang-undang Karantina dan peraturan-peraturan pelaksanaannya.

5.3. Penggunaan benih dan bibit

Penggunaan benih dan bibit yang sehat dapat diperoleh dari tanaman yang ditanam di daerah yang tidak ada penyakit. Oleh karena itu benih yang akan disebar luaskan perlu memiliki sertifikat kesehatan, kemurnian, kemampuan adaptasi dengan keadaan setempat, kemampuan berproduksi, ketahanan terhadap hama dan penyakit, sifat-sifat agronomi, serta kualitas yang menyangkut sifat-sifat khusus. Untuk mematikan atau membuat patogen tidak aktif dapat dilakukan pemanasan, penyimpanan atau perawatan dengan pestisida. Semua perlakuan perlu memenuhi beberapa syarat antara lain adalah : dapat membunuh patogen yang dimaksud, dapat dikerjakan dengan mudah, tidak merusak benih, murah harganya, dan tidak berbahaya bagi orang.

Dalam memilih benih atau bibit perlu diperhatikan jenis ketahanannya terhadap hama dan penyakit. Apakah benih atau bibit tersebut berasal dari hasil pemuliaan yang memiliki ketahanan vertikal, horizontal atau toleransi ?. Populasi inang yang semua individunya mempunyai ketahanan umum disebut *patodem*, sedangkan populasi patogen yang semua individunya mempunyai patogenisitas yang umum disebut *patotipe*. Apabila dilakukan sederetan inokulasi, jumlah penyakit yang ditimbulkan sebagai interaksi antara inang dan patogen tidak menunjukkan perbedaan nyata, maka ketahanan dari tanaman tersebut disebut *horizontal*, sedang jika ada perbedaan nyata maka ketahanannya disebut *vertikal*. Ketahanan horizontal reaksinya tidak deferensial, bekerja tidak begitu menyolok,, tahan lama (stabil), gen-gen yang menentukan sulit diidentifikasi karena bersifat poligenik. Ketahanan vertikal reaksinya deferensial, berkerja sangat kuat, tidak tahan lama, gennya dapat diketahui karena bersifat monogenik. Diantara ketahanan tersebut ada yang disebut

toleran, yaitu : tanaman masih mampu memproduksi meskipun sangat menderita atau mengalami serangan berat.

5.4. Ketahanan vertikal

Masa kini, banyak digunakan benih atau bibit yang mempunyai ketahanan vertikal untuk mengejar hasil panen yang tinggi. Dari segi epidemiologi, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan ketahanan vertikal, yaitu sebagai berikut :

1. *Adanya variabilitas vertikal dari inang.* Ketahanan vertikal mudah diterapkan pada tanaman semusim, misalnya : cerealia, legum, sayuran, kentang, tomat, tembakau, kapas, dan tanaman semusim lainnya. Untuk tanaman setahun atau setengah keras, misalnya : tebu, pisang dan beberapa buah-buahan sulit diterapkan, sedangkan untuk tanaman tahunan (keras), misalnya : teh, kopi, kakao, karet, jeruk, apel, kelapa, dan tanaman hutan sangat tidak praktis atau sama sekali tidak dapat dilaksanakan. Perlu diperhatikan juga tentang kemudahan untuk mengadakan pemuliaan. Variabilitas vertikal tanaman inang mempunyai perbedaan individual antara spesies tanaman. Tebu yang lebih mudah dimuliakan mempunyai variabilitas vertikal yang tinggi dibanding triploid pisang yang lebih sulit dimuliakan.
2. *Tipe epidemi penyakit tanaman.* Adanya dua tipe epidemi yang secara matematik analog dengan bunga tunggal dan bunga majemuk dalam pinjam meminjam uang di Bank. Ketahanan vertikal lebih mempunyai arti terhadap penyakit tipe bunga tunggal dari pada tipe bunga majemuk. *Fusarium*, *Verticillium*, dan layu bakteri merupakan penyebab penyakit tipe bunga tunggal, sedangkan *Phytophthora* pada kentang merupakan penyebab penyakit bunga majemuk.
3. *Mutabilitas patogen atau kemudahan patogen mengalami mutasi.* Ketahanan vertikal agak tidak berarti terhadap patogen yang mempunyai mutabilitas vertikal yang tinggi. Mutabilitas vertikal dapat terjadi pada patogen tipe bunga tunggal maupun tipe bunga majemuk. *Synchytrium endobioticum* dan beberapa *Fusarium* mempunyai mutabilitas vertikal yang rendah, sedangkan *Pseudomonas solanacearum* mempunyai mutabilitas vertikal yang tinggi. Diantara penyakit tipe bunga majemuk *Fuccinia graminis* mempunyai mutabilitas vertikal yang lebih rendah jika dibandingkan *Puccinia polysora* dan *Phytophthora infestans* yang dapat menghasilkan patotipe vertikal dalam satu musim dengan populasi yang sangat kecil. Ketahanan vertikal terhadap penyakit, baik di lapangan maupun di laboratorium akan cepat dipatahkan.

4. *Keragaman genetik tanaman inang.* Ketahanan vertikal tidak begitu mempunyai arti apabila populasi tanaman inang yang secara genetik seragam (*uniform*) ditanam dalam areal yang luas sebagai kultivar tunggal (*monokultur*) Misalnya pada pertanaman gandum, jumlah populasi patogen (*Puccinia antirrhini* dan *Puccinia graminis*) dari suatu daerah biasanya sedikit, gennya campuran dan jarang, tekanan seleksi pada patotipe vertikal yang baru akan kecil, sebaliknya populasi tanaman gandum yang luas, gennya seragam dan rapat maka seleksi pada patodem vertikal yang baru sangat besar, sehingga ketahanan vertikal tanaman gandum akan patah.
5. *Pola tanam dan pola waktu tanam.* Pola tanam dari ketahanan vertikal di lapangan adalah sangat penting terutama untuk menghadapi penyakit tipe bunga majemuk. Monokultur mempengaruhi tekanan seleksi terhadap patogen tertentu, menghindari monokultur merupakan salah satu cara pengendalian penyakit tipe bunga majemuk. Pola waktu tanam dari pertanaman yang memiliki ketahanan vertikal merupakan langkah sangat penting terutama untuk menghadapi penyakit tipe bunga tunggal. Dalam rotasi tanaman, satu atau lebih gen yang kuat untuk ketahanan vertikal harus tersedia untuk menjamin bahwa tekanan stabilitas bekerja secara maksimal.
6. *Alat perbanyak tanaman inang.* Ketahanan vertikal kurang berarti untuk menghadapi penyakit yang ditularkan melalui alat perbanyak vegetatif inang. Beberapa penyakit ditularkan melalui alat-alat vegetatif. Bila alat-alat perbanyak vegetatif tersebut mempunyai ketahanan vertikal, maka akan diikuti penularan patotipe vertikal yang sesuai. Inokulum awal kemudian menjadi berkembang dan pengaruh ketahanan vertikal akan hilang.
7. *Tingkat perlindungan ketahanan.* Ketahanan vertikal akan cepat patah jika perlindungan untuk ketahanan yang diberikan tidak sempurna.. Mekanisme ketahanan vertikal harus memberi perlindungan yang sempurna terhadap patotipe, tetapi kalau tidak sempurna akan kurang mempunyai arti dan berbahaya (sangat mudah dipatahkan ketahanannya).
8. *Musim atau iklim.* Ketahanan vertikal akan lebih mempunyai nilai apabila ada musim yang menutup, misalnya musim kemarau yang panjang, akan mengurangi populasi patogen patotipe baru. Hal ini sangat penting terutama untuk menghadapi parasit obligat tipe bunga majemuk pada tanaman semusim. Pada tanaman tahunan tetap tidak berguna dalam menggunakan ketahanan vertikal meskipun ada musim yang menutup karena masih tersedianya jaringan inang secara berkesinambungan (*continue*) selama musim kemarau, sehingga patotipe baru tetap berkembang.

9. *Pelaksanaan pengendalian legislatif.* Ketahanan vertikal akan lebih mempunyai arti jika pengendalian legislatif berjalan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Pengendalian legislatif antara lain larangan penanaman patodem vertikal tertentu untuk mempertahankan kekuatan ketahanan vertikalnya. Misalnya kultivar ketang dengan ketahanan vertikal terhadap penyakit kutil (*Synchytrium endobioticum*). Patogen tersebut merupakan patogen golongan parasit obligat dan mekanisme ketahanan vertikal kentang memberi perlindungan sempurna terhadap patotipe vertikal yang tidak sesuai. Di bawah keadaan tersebut patogen dapat mempertahankan diri hanya dalam bentuk spora istirahat yang merupakan patotipe vertikal asli, sehingga tidak dapat dihasilkan patotipe vertikal baru dan ketahanan vertikal tak dapat dipatahkan. Bentuk lain pengendalian legislatif yang dapat mempertahankan nilai ketahanan vertikal adalah sertifikasi kesehatan benih dan pengendalian pola pertanaman.
10. *Tingkat penggunaan ketahanan horizontal.* Ketahanan vertikal tampaknya lebih mempunyai arti jika diperkuat dengan tingkat penggunaan ketahanan horizontal. Tingkat ketahanan horizontal biasanya nilainya sangat rendah, tetapi ketahanan vertikal dapat dipertinggi secara menyolok jika diperkuat dengan tingkat ketahanan horizontal yang berguna. Suatu contoh kultivar kentang vertifolia yang diseleksi untuk ketahanan vertikal terhadap *Phytophthora infestans* telah kehilangan ketahanan horizontalnya dalam proses pemuliaan, sehingga akibatnya pada waktu ketahanan vertikalnya patah maka kultivar vertifolia sangat rentan terhadap *Phytophthora*. Fenomena seperti ini disebut '*vertifolia effect*'.

Sepuluh hal tersebut di atas akan sulit dimengerti jika tidak ada ilustrasi dalam praktek. Beberapa contoh dalam praktek akan disampaikan berikut ini agar dapat diidentifikasi aturan-aturan di atas dengan cara diberi nomor dalam kurung.

- a. *Layu Fusarium oxysporum.* Patogen ini merupakan parasit fakultatif dari tipe bunga tunggal (2). Tanaman inangnya adalah tanaman semusim (1) yang paling sedikit diketahui ada satu gen yang kuat, sehingga rotasi tanaman dapat dilakukan (5), dan pengendalian secara sempurna dapat dimungkinkan dengan ketahanan vertikal. Pengendalian yang demikian dapat berhasil pada tanaman tomat dan kobis, tetapi akan gagal jika rotasi tanaman tidak dijalankan. Pengendalian yang demikian tidak berhasil pada tanaman pisang panama terhadap penyakit panama (*Fusarium oxysporum*), karena pisang merupakan tanaman setahun (setengah keras) yang sangat sulit dimuliakan (1) dan

- ditanam dalam areal yang luas dengan klon tunggal (4) dan penyakit juga ditularkan melalui bahan vegetatif (6).
- b. *Layu bakteri yang disebabkan oleh Pseudomonas solanacearum*. Ketahanan vertikal terhadap penyakit ini telah dipersiapkan pada kentang, akan tetapi tidak mempunyai nilai karena patogen mempunyai mutabilitas vertikal yang tinggi (3), kekurangan gen kuat, penyakit menular melalui umbi sebagai bibit (6) dan kesulitan untuk mencapai pengendalian legislatif yang cocok (9) di daerah pertanian tropika di mana penyakit tersebut menimbulkan kerugian. Kenyataannya, strain SFR dari patogen telah berubah dari tipe bunga tunggal menjadi tipe bunga majemuk (2)
 - c. *Karat kopi yang disebabkan oleh Hemileia vastatrix*. Spora dari karat kopi ditularkan melalui air. Hal ini berarti bahwa pada skala perkebunan, individu populasi inang adalah pohon tunggal dan karat merupakan penyakit tipe bunga tunggal. Pada skala pohon tunggal, individunya adalah daun tunggal dan karat adalah penyakit bunga majemuk (2). Oleh karena itu pola dalam ruang tidak mempunyai arti, karena kopi merupakan tanaman tahunan jangka panjang (1), terdapat jaringan inang secara berkesinambungan (6) yang akan membawa patotipe vertikal yang sesuai, sehingga pola dalam waktu (5) tidak dapat dilakukan. Penggunaan ketahanan vertikal terhadap karat kopi sangat membawa resiko, akan tetapi resiko ini dapat dikurangi karena mutabilitas patogen (3) sangat rendah, disamping dimungkinkan mengurangi patogenisitas horizontal dengan ketahanan vertikal yang kompleks. Di Pantai Gading telah berhasil dikembangkan kopi *Arabusta* yang tahan terhadap *Hemileia vastatrix* strain Afrika barat, kopi ini hasil persilangan kopi Arabika dan Robusta dan menghasilkan kopi rasa Arabika dengan ketahanan Robusta.
 - d. *Penyakit hawar daun pada kentang yang disebabkan oleh Phytophthora infestans*. Penyakit hawar daun kentang merupakan penyakit tipe bunga majemuk (2) yang disebabkan oleh patogen dengan mutabilitas vertikal yang tinggi (3) yang dibawa oleh bagian-bagian vegetatif kentang (6) dari pertanaman yang secara genetik seragam (4). Faktor-faktor tersebut lebih menguntungkan kentang sebagai pertanaman semusim yang mekanisme ketahanan vertikalnya memberikan perlindungan sempurna terhadap patotipe vertikal yang tidak sesuai (7) dari parasit obligat. Beberapa gen yang kuat diketahui, ketahanan vertikal terhadap penyakit hawar daun sedemikian jauh gagal untuk mengendalikan penyakit, akan tetapi kemungkinan pola pertanaman (5) dan penguatan kembali dengan ketahanan horizontal (10) dapat menolong.

- e. *Karat tropika pada jagung yang disebabkan oleh Puccinia polysora*. Penyakit karat jagung merupakan penyakit tipe bunga majemuk (2) yang disebabkan oleh patogen dengan mutabilitas vertikal yang tinggi (3), sehingga ketahanan vertikal tanaman terhadap karat jagung tropika cepat patah dan tidak bernilai lagi. Jagung merupakan tanaman dengan gen yang beraneka ragam dan bersifat polinasi terbuka, sehingga menghasilkan tingkat ketahanan horizontal yang memadai. Oleh karena itu ketahanan vertikal akan tidak berguna dan bahkan tidak diperlukan.

5.5. **Budidaya tanaman**

Untuk meningkatkan produksi bahan makanan dilakukan usaha budidaya yang intensif (intensifikasi) dan perluasan areal (ekstensifikasi). Perubahan lingkungan dari cara budidaya tradisional ke cara budidaya dengan teknologi moderen mengundang resiko penyakit tanaman yang harus diperhitungkan.

Penggunaan tanah atau lahan yang bebas dari penyebab penyakit harus diartikan bahwa tanah atau lahan tersebut relatif atau sama sekali bebas dari patogen yang dapat merugikan jenis tanaman yang akan dibudidayakan atau ditanam dan boleh mengandung patogen tanaman lain. Di Bengkulu banyak tanah bukaan baru, seperti bekas alang-alang atau bekas hutan sering merupakan tanah atau lahan yang bebas patogen tergantung dari jenis tanaman yang akan dibudidayakan. Tanah bekas hutan akan merupakan tanah atau lahan yang dapat sangat berpotensi terhadap penyakit jika lahan tersebut kemudian dibudidayakan tanaman tahunan juga, seperti : karet, kopi, teh, kakao, kelapa sawit dan tanaman tahunan lainnya, karena pada lahan tersebut akan ada sisa-sisa patogen akar dari pohon hutan yang dapat merugikan tanaman tahunan yang dibudidayakan.

Parasit yang terutama menyerang tanaman subur biasanya adalah parasit obligat, yang hidupnya sangat tergantung kepada sel-sel hidup, seperti : patogen karat (*Puccinia arachidis*) pada kacang tanah, patogen karat jagung (*Puccinia polysora*), patogen bulai jagung (*Scleroperonospora maydis*), patogen tepung pada karet, jeruk, tembakau (*Oidium spp.*), patogen cacar pada teh (*Exobasidium vexans*), patogen karat pada kopi (*Hemileia vastatrix*), serta paenyakit-penyakit yang disebabkan oleh virus, mikoplasma dan spiroplasma pada macam-macam tanaman semusim maupun tahunan. Pemakaian nitrogen yang terlampau banyak tidak mempunyai pengaruh langsung terhadap timbulnya karat tetapi akan meningkatkan jumlah daun dan kandungan air. Intensitas penyakit dan kerentanan tanaman sangat dipengaruhi oleh penggunaan nitrogen. Penyakit karat dan tepung dirangsang oleh N dari nitrat

(NO₃) tetapi dihambat oleh N dari amonium (NH₄). Bertambahnya berat serangan penyakit tepung sebagai akibat dari NO₃ dibarengi dengan bertambahnya luas daun. Meskipun demikian ketahanan daun, yang tergantung kepada umur, dapat meningkat lagi sebagai hasil penambahan penggunaan bentuk nitrogen. Patogen *Desclera turcica* pada jagung, justru timbulnya penyakit pada varietas yang resisten (tahan) akan lebih berkurang karena NO₃, sebaliknya penggunaan NH₄ pada varietas padi yang rentan akan menambah timbulnya *Pyricularia oryzae*.

Tanaman yang lemah atau yang tumbuh pada tanah kurang subur mudah menderita penyakit fisiologis dan mudah diserang oleh parasit-parasit lemah yang biasanya menyebabkan bercak daun dan busuk akar. Pada tanah-tanah yang baru sedikit mengalami pelapukan dengan pH rendah (asam) akan menguntungkan untuk hidupnya jamur-jamur akar, sedangkan tanah-tanah dengan pH tinggi (5,2 – 5,7) mudah terjangkit penyakit kudis. Intensitas penyakit busuk akar pada tembakau yang disebabkan oleh *Thielaviopsis basicola* akan menurun jika diberi asam sulfat tetapi akan meningkat jika diberi asam fosfat. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan unsur yang sama ke tanah dari senyawa yang berbeda akan dapat mengakibatkan perkembangan penyakit yang berbeda pula.

Parasit yang penularannya lewat tanah kurang dapat bertahan dalam tanah yang terlalu basah, karena mikroorganisme lain yang bersifat antagonik (misalnya : *Trichoderma*, *Verticillium*) akan menjadi lebih aktif. Tektur tanah yang lebih ringan akan disukai oleh beberapa parasit seperti nematoda, jamur akar merah bata (*Poria hypolateritia*), jamur akar coklat (*Phellinus lamaensis*), sedangkan penyakit-penyakit bakteri pada kapas (*Xanthomonas malvacearum*), jamur akar merah anggur (*Ganoderma pseudoferreum*), jamur akar merah ungu (*Spherotilbe repens*) banyak terdapat pada tanah bertekstur berat.

Akar tanaman dan patogen tular tanah menempati lingkungan yang sama, misalnya aerasinya. Perubahan aerasi tanah mungkin akan mempengaruhi kerentanan tanaman, virulensi patogen atau kedua-duanya, sehingga timbulnya penyakit akan dipengaruhi oleh keadaan aerasi tanah. Busuk akar tebu yang disebabkan oleh *Pythium arrenomones* telah diteliti ada pengaruh 'salicylic aldehyde' yang biasanya terdapat pada tanah-tanah yang drainasenyanya jelek. Substansi ini menyebabkan adanya keracunan terhadap tebu dalam konsentrasi yang relatif tinggi, tetapi mempunyai pengaruh yang kecil dalam konsentrasi rendah. Namun demikian pengurangan berat tanaman karena inokulasi dengan jamur tersebut mendekati 6 kali jika ada salicylic aldehyde.

Daerah yang hujannya tidak teratur atau mempunyai periode kering yang panjang, irigasi merupakan hal yang penting untuk meningkatkan produksi pertanian. Namun demikian pemberian air akan mempengaruhi kelembaban tanah dan pada umumnya menambah berat serangan dari patogen tular tanah, misalnya : *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia spp.* Irigasi memang memungkinkan menanam tanaman di luar musim, sehingga rotasi tanaman biasanya kurang diperhatikan. Hal ini menyebabkan terjadinya serangan yang lebih awal. Oleh karena itu investasi alat-alat irigasi yang besar hanya menguntungkan jika tanaman yang akan diusahakan mempunyai nilai pasar yang tinggi dan tindakan perlindungan tanaman perlu dilakukan seawal mungkin. Untuk penyakit-penyakit tertentu, misalnya busuk kaki hitam pada Rosela yang disebabkan oleh *Phytophthora parasitica*, penggenangan air sedalam 20 cm atau lebih akan mematikan patogen. Penggenangan satu bulan sebelum ditanami tembakau dapat sangat mengurangi penyakit lanas yang disebabkan oleh *Phytophthora nicotianae* dan membantu perkembangan jamur-jamur antagonis. Namun demikian jika drainasenya jelek akan merupakan sarang patogen.

Saat menyebar benih, dalamnya menanam dan jarak tanam merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan dalam mengendalikan penyakit tanaman, karena berpengaruh terhadap lingkungan yang diciptakan dari pertumbuhan tanaman dan persaingan unsur hara dalam tanah. Banyak tanaman yang lebih rentan terhadap penyakit pada waktu masih muda. Untuk mengendalikan penyakit bulai pada jagung dianjurkan untuk menanam jagung lebih awal, sehingga pada waktu musim banyak hujan, tanaman sudah cukup besar dan tahan terhadap penyakit bulai. Di Jepang penanaman padi yang lebih awal justru menambah timbulnya penyakit blast, sebaliknya di Afrika penanaman kacang tanah yang awal merupakan tindakan pencegahan terhadap penyakit roset yang disebabkan oleh virus dan ditularkan oleh Aphis.

Penanaman yang terlalu dalam berarti memperbesar kemungkinan terserang oleh parasit tular tanah, karena kecambah terlalu lama berada di dalam tanah. Demikian juga penanaman yang terlalu rapat memberikan lingkungan yang sangat baik kepada parasit-parasit yang perkembangannya dibantu oleh kelembaban yang tinggi, seperti : *Pythium spp.* penyebab penyakit busuk batang, sebaliknya penanaman kacang tanah yang rapat dapat mengurangi infeksi virus yang ditularkan oleh aphis, menekan persaingan dengan gulma dan dapat mempertinggi angka hasil.

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan oleh petani pada umumnya berupa perlakuan sanitasi yang kadang-kadang secara tidak sengaja membantu penyebaran patogen. Sebagai contoh : pada waktu menyiang atau mencari ulat,

penyakit virus yang dapat ditularkan secara mekanik akan meluas, seperti mosaik tembakau dan belang pada kacang tanah. Dalam penyiangan, kecuali mengurangi kompetisi antara gulma dengan tanaman inang, sekaligus harus diperhatikan tumbuhan sebagai inang lain dari vektor atau inang dari patogennya sendiri. Misalnya untuk mosaik tembakau, tumbuhan inang lain adalah tomat (*Lycopersicon esculentum*), ceplukan (*Physalis angulata*), terong (*Solanum melongena*), ketimun (*Cucumis sativus*), semangka (*Cucumis sp.*), buncis (*Phaseolus vulgaris*), tembakau liar (*Nicotiana glutinosa*). Untuk penyakit krupuk pada tembakau, pembawa patogen (vektor) yang berupa lalat putih (*Bemisia tabaci*) dapat bertahan pada gulma wedusan (*Ageratum conyzoides*), srunen (*Sunedrella nodiflora*), dan tomat. Inang dari virus tungro pada padi antara lain : rumput celulang (*Eleusine indica*), tuton (*Echinochloa colonum*), jawan (*Echinochloa crugalli*) dan lain-lain. Seperti diketahui bahwa penyakit virus tungro dan kerdil kuning ditularkan oleh wereng hijau (*Nephotettix impicticeps*), sedangkan wereng coklat (*Nilaparvata lugens*) menularkan virus kerdil rumput dan kerdil hampa pada padi, sehingga salah satu pengendalian efektif adalah mengadakan pembersihan rumput-rumput inang virus dan sisa-sisa tanaman padi.

Pemotongan bibit tebu dapat menyebabkan menularnya penyakit blendok (*Xanthomonas albilineans*) yang dapat dicegah dengan mendesinfeksi kapak atau pemotong dengan lysol. Pemeliharaan bibit maupun tanaman perlu selalu memperhatikan kebersihan pekerja dengan jalan mengadakan desinfeksi menggunakan sabun trisodium fosfat atau zat-zat penyamak untuk membuat inaktif patogen. Tindakan sanitasi dapat juga dilakukan dengan jalan membinasakan tanaman yang sakit atau menghilangkan bagian-bagian tanaman sakit secara hati-hati untuk mengurangi sumber penular, sehingga penyakit tidak meluas. Misalnya menghilangkan cabang-cabang pohon jeruk yang terserang *Diplodia natalensis*, memotong bagian-bagian tanaman yang terserang jamur upas (*Corticium salmonicolor*)

Penggunaan pohon pelindung yang sering untuk menambah bahan organik, mengurangi penguapan dan kadang-kadang untuk memperbaiki kualitas produksi tanaman (misalnya pada teh), harus diperhitungkan akan kerimbunannya. Pohon pelindung yang terlalu rimbun akan mempertinggi kelembaban kebun dan mengurangi masuknya cahaya matahari. Hal ini akan sangat membantu serangan macam-macam patogen khususnya *Exobasidium vexans* penyebab penyakit cacar teh. Demikain juga jenis pohon pelindung perlu diperhitungkan akan kepekaannya terhadap jamur-jamur akar, serangga vektor yang dapat menyerang tanaman pokok. Misalnya : Lamtoro (*Leucaena glauca*)

peka terhadap jamur akar coklat (*Phellinus lamaensis*), jamur akar hitam (*Rosellinia bunodes*), jamur kanker belah (*Armillaria melea*), jamur leher akar (*Ustulina maxima*) yang infeksiya biasanya melalui luka akibat penyiangan. Pohon pelindung dadap (*Erythrina subumbrans*) banyak digunakan petani Bengkulu selatan sebagai pohon pelindung tanaman kopi dan pohon panjat tanaman lada. Dadap peka terhadap jamur akar coklat, jamur kanker belah, jamur akar merah, jamur leher akar, dan jamur akar putih.

5.6. Pasca panen

Kerusakan tanaman dan hasil tanaman sering terjadi karena pemanenan yang tidak tepat pada waktunya dan dijalankan kurang hati-hati. Penyadapan getah karet yang terlalu berat dan dibantu dengan kelembaban yang tinggi akan banyak menimbulkan penyakit, seperti : mouldy rot (*Ceratostomella fimbriata*), kanker garis, kanker bercak dan kanker bekuan (*Phytophthora palmivora*) dan penyakit kulit dalam coklat (*Pythium complectans*). Pemanenan tembakau yang terlalu lambat dan basah akan memperbanyak serangan patik (*Cercospora nicotianae*). Pemanenan umbi kentang dan rimpang jahe yang kurang hati-hati akan menyebabkan terjadinya luka, yang mempermudah infeksi *Fusarium* dan bakteri pasca panen yang menyebabkan busuk kering (*Fusarium*) dan busuk basah (bakteri). Sepanjang masa penyimpanan harus diusahakan adanya kombinasi antara suhu, kelembaban dan ventilasi. Akan menjadi kurang tepat jika menyimpan buah-buahan dan sayuran segar asal tropika, seperti : mangga (*Mangifera indica*) dan pisang (*Musa paradisiaca*) pada suhu yang rendah (kurang dari 10°C) dalam waktu lama (lebih dari 12 jam), karena buah akan rusak akibat pendinginan. Perlu diingat bahwa setiap bahan mempunyai syarat suhu tersendiri untuk dapat tetap segar.

Penyakit patogenik dari hasil tanaman yang disimpan dapat dibedakan yang terdapat pada bahan-bahan kering, seperti biji cerealia dan yang memerasit tanaman inang yang berdaging. Yang pertama (bahan kering), biasanya bekerja sangat lambat dan toleran terhadap batas-batas kelembaban dan suhu yang lebih luas, sedangkan yang kedua (bahan berdaging) sering berkembang dengan kecepatan yang tinggi dan memerlukan suhu di atas 35°F (=28°C) serta kelembaban tinggi. Penyakit pasca panen pada padi dicirikan adanya pebusukan kering dan kadang-kadang ada yang tidak menunjukkan gejala. Umumnya spora-spora jamur berkecambah pada kandungan air di atas 14%. Batas kandungan air ini berbeda-beda untuk macam-macam spesies jamur, suhu dan kelembaban tempat penyimpanan. Beberapa jamur dapat mengeluarkan racun (mikotoksin) yang berbahaya, misalnya *Penicillium citrinum* yang

mengeluarkan pigmen kuning dan substansi racun citrinin ($C_{13}H_{14}O_5$), berupa kristal, *Penicillium slandicum* menghasilkan substansi racun berupa kristal islanditoxin ($C_{26}H_{33}O_8N_5C_{12}$). Tidak semua beras kuning beracun, misalnya beras kuning yang terserang oleh *Trichoderma sp.* dan *Pseudomonas sp.* maupun beras kuning karena dipanen muda tidak beracun. Disarankan untuk mengeringkan gabah atau beras sampai kandungan airnya kurang dari 14% dan kelembaban udara tempat penyimpanan di bawah 70%. Mikotoksin yang terdapat pada hasil-hasil pertanian, selain berbahaya bagi manusia juga berbahaya bagi ternak. Aflatoxin yang dihasilkan oleh golongan jamur *Aspergillus*, meliputi : *Aspergillus flavus*, *A. Parasiticus*, *A. Oryzae*, *A. Niger* dan juga beberapa jamur lain seperti : *Penicillium puberulum*, *P. frequentants*. Diketahui ada delapan macam aflatoxin, yaitu : B1 ($C_{17}H_{12}O_6$) ; B2 ; B2a ; G1 ($C_{17}H_{12}O_7$), G2 ; G2a ; M1 dan M2. Aflatoxin B2 dan G2 berturut-turut merupakan turunan dihidroaflatoxin B1 dan G1, aflatoxin B2a dan G2a berturut-turut merupakan turunan 2-dihidroksiaflatoxin B2 dan G2, sedangkan aflatoxin M1 dan M2 berturut-turut merupakan turunan 4-hidroksiaflatoxin B1 dan B2. Yang mempunyai daya meracuni tinggi adalah aflatoxin B1, kemudian diikuti oleh aflatoxin G1, B2 dan G2 baru aflatoxin M, sedangkan aflatoxin B2a dan G2a boleh dikatakan tidak beracun. Disarankan agar pada waktu pengeringan (kacang-kacangan) dijaga jangan sampai banyak polong yang pecah atau rusak karena faktor lain yang dapat membantu perkembangan jamur penghasil aflatoxin.

5.7. Pestisida

Istilah pestisida (*pest* = pengganggu + *caedo* = pembunuh) dari segi bahasa adalah pembunuh pengganggu, tetapi istilah ini sering tidak dimengerti oleh petani dan khalayak, kemudian diterjemahkan menjadi racun hama atau obat anti hama. Istilah obat-pun menjadi membingungkan, karena dalam bahasa sehari-hari arti obat adalah penyembuh penyakit. Untuk menghindari kecelakaan dan hal-hal yang tidak diinginkan dalam bahasa penyuluhan disarankan untuk menggunakan istilah racun hama untuk pestisida, racun serangga untuk insektisida, racun tikus untuk rodensida, racun rumput untuk herbisida, dan racun jamur untuk fungisida.

Penggunaan pestisida dalam pengendalian penyakit tanaman harus diperhitungkan pengembalian ekonominya, termasuk masalah keselamatan manusia dan dampaknya terhadap lingkungan. Oleh sebab itu disarankan pengendalian secara “*bioenvironmental control*” (pengendalian hayati dengan mempertimbangkan lingkungan) dijadikan prioritas utama, sedangkan

penggunaan pestisida dilakukan pada waktu yang tepat dan sebagai alternatif terakhir. Pengendalian hayati (*biological control*) saja juga masih tidak lepas dari persyaratan tidak mencemari lingkungan dan harus benar-benar tidak membahayakan manusia.

Beberapa waktu yang lalu, tahun 1970-an sudah banyak digunakan antibiotik, misalnya : tetracyclin, leucomycin, oleandomycin, erytromycin, spiramycin, tylocin, aminocidin, dan blasticidin untuk mengatasi penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan mikoplasma. Diantara antibiotika tersebut, untuk mengatasi penyakit karena mikoplasma, hanya tetracyclin yang dapat menyembuhkan sementara, oleh karena itu penggunaan tetracyclin lebih banyak membantu untuk diagnosis dari pada penyembuhan.