Bab 8: Ketahanan Penyakit dan Hama

Pada Bab 7 kita membahas karakter penting dalam pemuliaan kentang: hasil, ukuran umbi, umur panen, kadar bahan kering, rasa, dan mutu olahan. Semua karakter itu dapat runtuh nilainya bila tanaman terserang penyakit berat. Varietas yang secara genetik mampu menghasilkan banyak umbi dapat gagal panen jika terkena hawar daun. Umbi yang bentuknya bagus dapat ditolak pasar jika permukaannya penuh kudis. Benih umbi yang tampak sehat dapat membawa virus, lalu menurunkan hasil pada musim berikutnya.

Karena itu, ketahanan penyakit dan hama bukan sekadar tambahan. Dalam pemuliaan kentang, ketahanan adalah bagian inti dari varietas unggul. Bradshaw menempatkan ketahanan terhadap penyakit dan hama sebagai salah satu sasaran utama pemuliaan kentang modern, bersama hasil, mutu umbi, adaptasi lingkungan, dan kualitas penggunaan akhir (Bradshaw, 2021).

Bab ini membahas penyakit dan hama utama kentang, terutama hawar daun, virus kentang, layu bakteri, nematoda, dan kudis umbi. Kita juga akan membahas cara berpikir pemulia: bagaimana membedakan ketahanan, toleransi, dan penghindaran; mengapa satu gen ketahanan kadang cepat patah; serta mengapa strategi genetik harus digabungkan dengan sistem benih sehat dan pengelolaan agronomis.

Pertanyaan etis yang melatarbelakangi buku ini juga penting di sini: apakah ketahanan penyakit boleh dipakai untuk “mengunci” penjualan benih? Jawaban yang akan kita bangun adalah: pemulia boleh menciptakan nilai melalui varietas yang benar-benar lebih sehat dan produktif, tetapi tidak etis bila ketergantungan petani dibangun melalui informasi yang tidak transparan, kontrak yang menekan, atau sistem benih yang sengaja menutup akses terhadap pilihan yang adil.

Penyakit, hama, dan kerugian: mulai dari dasar

Dalam pertanian, penyakit tanaman adalah gangguan pada fungsi normal tanaman yang disebabkan oleh organisme penyebab penyakit atau oleh faktor lingkungan. Organisme penyebab penyakit disebut patogen. Patogen kentang dapat berupa oomycete seperti Phytophthora infestans, bakteri seperti Ralstonia solanacearum, virus seperti Potato virus Y, atau jamur dan aktinomiset tertentu seperti Streptomyces penyebab kudis umum. Banyak penyakit penting kentang telah dirangkum dalam literatur patologi kentang, termasuk gejala, cara penyebaran, dan prinsip pengendaliannya (Stevenson et al., 2001).

Hama adalah organisme hewan yang merusak tanaman atau hasil panen. Contohnya kutu daun yang mengisap cairan tanaman dan menularkan virus, nematoda parasit akar yang merusak sistem perakaran, serta ngengat umbi kentang yang larvanya merusak umbi di lapang atau penyimpanan. Radcliffe menjelaskan bahwa serangga hama kentang tidak hanya menurunkan hasil secara langsung, tetapi juga dapat memperparah masalah penyakit melalui perannya sebagai vektor, yaitu pembawa patogen dari satu tanaman ke tanaman lain (Radcliffe, 1982).

Tiga unsur utama biasanya diperlukan agar penyakit berkembang. Konsep ini disebut segitiga penyakit:

1. ada tanaman inang yang rentan,
2. ada patogen yang mampu menyerang,
3. ada lingkungan yang mendukung infeksi.

Contohnya sederhana. Varietas kentang yang rentan hawar daun ditanam di daerah sejuk dan lembap. Di sekitar lahan ada sumber spora Phytophthora infestans. Daun sering basah karena kabut atau hujan. Dalam keadaan seperti itu, ketiga unsur segitiga penyakit hadir: inang rentan, patogen tersedia, dan lingkungan cocok. Wabah dapat berkembang cepat.

Sebaliknya, bila salah satu unsur diputus, penyakit dapat ditekan. Varietas lebih tahan mengurangi kerentanan inang. Benih sehat dan sanitasi mengurangi sumber patogen. Jarak tanam, drainase, dan pengaturan irigasi dapat mengurangi kelembapan yang mendukung infeksi. Inilah mengapa pemuliaan tidak boleh dipisahkan dari agronomi.

Ketahanan, toleransi, dan penghindaran

Sebelum membahas penyakit satu per satu, kita perlu membedakan tiga istilah yang sering tertukar: ketahanan, toleransi, dan penghindaran.

Ketahanan berarti tanaman mampu menghambat infeksi atau perkembangan patogen. Jika dua varietas ditanam di lahan yang sama dan terkena tekanan penyakit yang sama, varietas tahan akan menunjukkan gejala lebih sedikit atau perkembangan penyakit lebih lambat dibanding varietas rentan. Misalnya, klon kentang A hanya menunjukkan bercak hawar daun kecil setelah beberapa hari cuaca basah, sedangkan klon B sudah kehilangan banyak daun. Klon A memiliki tingkat ketahanan lebih baik.

Toleransi berarti tanaman tetap mampu menghasilkan meskipun terinfeksi. Tanaman toleran belum tentu menekan jumlah patogen dengan kuat, tetapi kerugian hasilnya lebih kecil. Contohnya, dua klon sama-sama terinfeksi virus. Klon pertama kehilangan 40% hasil, sedangkan klon kedua hanya kehilangan 10%. Klon kedua lebih toleran, walaupun virus tetap ada di dalam tanaman.

Penghindaran berarti tanaman tidak banyak terkena penyakit karena tidak berada dalam keadaan yang mendukung infeksi. Misalnya, varietas berumur genjah sudah membentuk umbi sebelum musim hujan berat memicu hawar daun. Varietas itu mungkin bukan benar-benar tahan, tetapi “menghindari” fase penyakit terparah. Penghindaran berguna, tetapi pemulia harus berhati-hati: jika varietas genjah ditanam pada musim berbeda, penyakit mungkin tetap muncul.

Dalam pemuliaan, ketiga konsep ini harus dibedakan melalui percobaan yang baik. Tanpa pengujian yang rapi, pemulia dapat salah mengira varietas lolos penyakit karena tahan, padahal hanya karena kebetulan tidak terpapar patogen.

Hawar daun: musuh klasik kentang

Hawar daun adalah penyakit kentang yang disebabkan oleh Phytophthora infestans. Organisme ini sering disebut mirip jamur karena membentuk struktur seperti spora dan menyebabkan busuk pada jaringan tanaman, tetapi secara biologi ia termasuk oomycete, kelompok organisme yang berbeda dari jamur sejati. Hawar daun terkenal karena mampu menghancurkan daun, batang, dan umbi dalam kondisi lingkungan yang mendukung. Penyakit ini juga memiliki sejarah besar dalam pertanian dunia karena berperan dalam kelaparan besar Irlandia pada abad ke-19; hingga kini hawar daun tetap menjadi salah satu penyakit kentang paling penting secara global (Fry, 2008).

Gejala awal hawar daun sering berupa bercak basah kehijauan atau cokelat pada daun. Pada kondisi lembap, bagian bawah daun dapat menunjukkan pertumbuhan putih halus di tepi bercak. Infeksi dapat meluas ke batang, membuat tanaman roboh atau mati. Umbi juga dapat terinfeksi, terutama jika spora terbawa air ke tanah atau saat panen dilakukan dalam kondisi terkontaminasi. Ringkasan gejala dan siklus penyakit hawar daun pada kentang dibahas secara luas dalam kompendium penyakit kentang (Stevenson et al., 2001).

Dari sudut pemuliaan, hawar daun penting karena patogennya mampu berubah. P. infestans memiliki variasi genetik, dan populasi patogen dapat beradaptasi terhadap varietas yang membawa gen ketahanan tertentu. Fry menyebut P. infestans sebagai penghancur tanaman sekaligus penghancur gen R karena kemampuannya mengatasi beberapa bentuk ketahanan berbasis gen mayor (Fry, 2008).

Di sini kita perlu mengenal istilah gen R. Huruf R berasal dari resistance, yaitu gen ketahanan. Secara sederhana, gen R membantu tanaman mengenali molekul tertentu dari patogen. Bila pengenalan berhasil, tanaman mengaktifkan pertahanan. Namun patogen dapat memiliki variasi. Bila varian patogen tidak lagi dikenali oleh gen R tertentu, ketahanan dapat melemah atau patah.

Contoh sederhananya seperti kunci dan gembok. Tanaman membawa “gembok pengenal” tertentu. Patogen membawa “kunci” berupa molekul yang dikenali. Jika patogen berubah sehingga kuncinya tidak cocok lagi dengan sistem pengenal tanaman, tanaman terlambat bereaksi. Dalam praktik pemuliaan, ini berarti varietas yang sangat tahan di satu tempat atau satu periode belum tentu tetap tahan selamanya.

Karena itu, pemulia biasanya tidak hanya mencari ketahanan tunggal yang kuat, tetapi juga mencari ketahanan kuantitatif. Ketahanan kuantitatif adalah ketahanan yang dikendalikan oleh banyak gen, masing-masing memberi pengaruh kecil sampai sedang. Ketahanan semacam ini sering tidak membuat tanaman sepenuhnya bebas gejala, tetapi dapat memperlambat perkembangan penyakit. Dalam banyak program pemuliaan, kombinasi antara gen mayor dan latar belakang ketahanan kuantitatif dianggap lebih menjanjikan daripada mengandalkan satu sumber ketahanan saja (Gebhardt & Valkonen, 2001; Bradshaw, 2021).

Contoh penerapannya: pemulia menyilangkan tetua yang memiliki gen ketahanan kuat terhadap hawar daun dengan tetua lain yang hasil dan mutu umbinya baik. Dari ribuan keturunan, pemulia memilih klon yang bukan hanya tampak tahan pada satu musim, tetapi juga tetap menunjukkan perkembangan penyakit lambat di beberapa lokasi dan beberapa musim. Klon yang hanya tahan di satu lokasi tetapi rentan di lokasi lain perlu dicurigai membawa ketahanan yang terlalu sempit.

Pendekatan agronomis tetap diperlukan. Varietas tahan hawar daun bukan izin untuk mengabaikan kebersihan lahan. Sisa tanaman sakit, umbi relawan yang tumbuh dari musim sebelumnya, jarak tanam terlalu rapat, dan penggunaan benih terinfeksi dapat meningkatkan risiko. Fungisida, bila digunakan, seharusnya menjadi bagian dari pengelolaan terpadu, bukan pengganti pemuliaan. Tujuan varietas tahan adalah mengurangi risiko dan menurunkan ketergantungan pada input, bukan menciptakan rasa aman palsu.

Virus kentang: penyakit yang sering tersembunyi dalam benih

Kentang lazim diperbanyak secara vegetatif melalui umbi. Artinya, petani menanam kembali bagian tanaman, bukan biji botani. Keuntungan sistem ini adalah sifat varietas tetap sama dari satu musim ke musim berikutnya. Namun kelemahannya besar: bila tanaman induk terinfeksi virus, umbi benih yang dihasilkan dapat membawa virus itu ke musim berikutnya.

Virus adalah agen infeksi sangat kecil yang hanya dapat memperbanyak diri di dalam sel hidup. Pada kentang, virus penting antara lain Potato virus Y atau PVY, Potato leafroll virus atau PLRV, Potato virus X atau PVX, dan beberapa virus lain. Salazar menjelaskan bahwa virus kentang merupakan penyebab penting penurunan mutu benih dan kehilangan hasil, terutama karena banyak virus terbawa melalui umbi benih dan disebarkan oleh vektor seperti kutu daun (Salazar, 1996).

Gejala virus bervariasi. Ada tanaman yang menunjukkan mosaik, yaitu pola belang hijau muda dan hijau tua pada daun. Ada yang menggulung daunnya, kerdil, atau menguning. Namun beberapa infeksi dapat ringan atau sulit terlihat. Inilah yang membuat virus berbahaya dalam sistem benih: tanaman tampak cukup sehat, tetapi sebenarnya membawa infeksi.

Dalam pemuliaan dan produksi benih, dikenal istilah degenerasi benih. Degenerasi benih adalah penurunan mutu benih vegetatif dari satu generasi tanam ke generasi berikutnya akibat akumulasi penyakit, terutama virus, serta masalah fisiologis dan campuran varietas. Misalnya, petani menyimpan umbi dari panen sendiri selama beberapa musim. Pada musim pertama hasil masih baik. Pada musim ketiga atau keempat, tanaman makin tidak seragam, lebih banyak yang kerdil, dan hasil turun. Salah satu penyebab umum keadaan seperti itu adalah akumulasi virus dalam benih.

Dari sisi genetik, pemulia dapat mencari beberapa jenis ketahanan terhadap virus. Ada ketahanan yang mengurangi peluang infeksi. Ada ketahanan yang menghambat pergerakan virus dalam tanaman. Ada pula bentuk yang disebut ketahanan ekstrem, yaitu keadaan ketika virus hampir tidak dapat memperbanyak diri pada tanaman yang membawa gen tertentu. Pada kentang, beberapa gen ketahanan terhadap PVY telah dipelajari dan digunakan dalam pemuliaan, dan organisasi gen ketahanan terhadap penyakit pada genom kentang telah dibahas oleh Gebhardt dan Valkonen (Gebhardt & Valkonen, 2001).

Namun ketahanan genetik saja tidak cukup. Karena virus menyebar lewat umbi dan vektor, pengelolaan benih sangat penting. Benih sumber harus diuji, tanaman sakit harus dicabut, populasi kutu daun perlu dipantau, dan produksi benih sebaiknya dilakukan dalam sistem sertifikasi. Pengujian laboratorium seperti ELISA dan PCR sering digunakan untuk mendeteksi virus karena gejala visual tidak selalu dapat diandalkan; prinsip diagnosis virus kentang dan pengendaliannya dibahas secara khusus oleh Salazar (Salazar, 1996).

Bagi pemulia, pelajaran praktisnya jelas: ketika menilai klon kentang, jangan hanya melihat hasil pada satu musim. Klon yang tampak unggul tetapi mudah membawa virus akan menyulitkan sistem benih. Varietas yang baik untuk petani kecil seharusnya tidak hanya produktif, tetapi juga relatif stabil mutunya ketika diperbanyak dengan prosedur benih yang wajar.

Layu bakteri: penyakit tanah yang sulit dikendalikan

Layu bakteri kentang terutama dikaitkan dengan Ralstonia solanacearum species complex. Bakteri ini menyerang jaringan pembuluh tanaman, yaitu jaringan yang mengangkut air. Bila pembuluh terganggu, tanaman layu meskipun tanah masih cukup air. Hayward menjelaskan bahwa layu bakteri adalah penyakit penting di daerah tropis dan subtropis, dengan kisaran inang luas serta kemampuan bertahan dan menyebar melalui tanah, air, bahan tanam, dan tanaman inang tertentu (Hayward, 1991).

Gejala yang sering terlihat adalah tanaman layu mendadak, awalnya mungkin hanya satu atau beberapa batang. Pada umbi, infeksi dapat menyebabkan cincin pembuluh berwarna kecokelatan dan keluarnya lendir bakteri bila umbi dipotong atau ditekan. Namun diagnosis tidak boleh hanya mengandalkan gejala, karena layu juga dapat disebabkan oleh kekeringan, kerusakan akar, atau penyakit lain. Kompendium penyakit kentang menekankan pentingnya diagnosis yang tepat untuk membedakan penyakit bakteri, jamur, virus, dan gangguan fisiologis (Stevenson et al., 2001).

Layu bakteri sulit dikendalikan karena sumber patogennya dapat berada di tanah atau air irigasi. Bila lahan sudah terinfestasi, menanam benih sehat saja belum cukup. Patogen dapat menyerang dari lingkungan. Di sisi lain, menanam benih terinfeksi dapat membawa penyakit ke lahan baru. Jadi masalahnya dua arah: benih dapat menyebarkan penyakit, dan lahan dapat menginfeksi benih.

Pemuliaan untuk ketahanan layu bakteri menantang. Tidak seperti beberapa kasus gen R yang memberi efek jelas terhadap satu patogen tertentu, ketahanan terhadap layu bakteri sering bersifat kompleks dan dipengaruhi lingkungan. Suhu, kelembapan tanah, strain bakteri, dan kondisi akar dapat memengaruhi hasil pengujian. Karena itu, klon yang tampak tahan di satu lokasi perlu diuji lagi di lokasi lain yang memiliki tekanan penyakit berbeda.

Contoh percobaan seleksi yang baik: pemulia menanam beberapa klon kandidat di lahan yang diketahui memiliki riwayat layu bakteri, menggunakan varietas rentan sebagai pembanding, dan mencatat persentase tanaman layu, waktu muncul gejala, serta hasil umbi sehat. Jika klon C hanya sedikit layu pada dua musim berturut-turut dan tetap menghasilkan umbi layak jual, klon itu lebih menjanjikan dibanding klon D yang tampak sehat pada musim kering tetapi gagal pada musim basah.

Pendekatan agronomis untuk layu bakteri meliputi penggunaan benih sehat, rotasi tanaman dengan inang yang tidak mendukung patogen, sanitasi alat, pengelolaan air, pembuangan tanaman sakit, serta menghindari perpindahan tanah dari lahan sakit ke lahan sehat. Namun tidak semua tindakan efektif di semua tempat. Karena Ralstonia memiliki keragaman biologis dan ekologi yang besar, rekomendasi lokal perlu didasarkan pada diagnosis dan pengalaman lapang setempat (Hayward, 1991).

Nematoda: musuh kecil di bawah tanah

Nematoda adalah cacing mikroskopis. Tidak semua nematoda merugikan tanaman, tetapi beberapa menjadi parasit akar. Pada kentang, kelompok penting antara lain nematoda sista kentang dari genus Globodera dan nematoda puru akar dari genus Meloidogyne. Jones dan rekan-rekan menempatkan Meloidogyne dan Globodera di antara nematoda parasit tanaman paling penting karena dampaknya terhadap berbagai tanaman pertanian, termasuk kentang (Jones et al., 2013).

Nematoda menyerang akar dan mengganggu penyerapan air serta hara. Gejalanya sering tidak spesifik: tanaman kerdil, menguning, tidak seragam, dan hasil rendah. Pada nematoda puru akar, akar dapat membentuk puru atau bengkak. Pada nematoda sista, betina membentuk struktur sista yang berisi telur dan dapat bertahan lama di tanah. Inilah yang membuat pengendalian menjadi sulit: sekalipun tanaman kentang tidak ditanam satu musim, telur dalam sista dapat tetap menjadi sumber serangan pada musim berikutnya.

Dari sisi pemuliaan, nematoda menarik karena beberapa gen ketahanan kuat telah digunakan. Misalnya, gen H1 dikenal memberi ketahanan terhadap beberapa patotipe Globodera rostochiensis, tetapi tidak otomatis efektif terhadap semua spesies dan patotipe nematoda sista kentang. Ini penting: ketahanan selalu harus disebut bersama sasaran biologisnya. Tidak cukup mengatakan “tahan nematoda”. Pertanyaan yang benar adalah: tahan terhadap nematoda apa, spesies apa, patotipe apa, dan di lingkungan mana?

Istilah patotipe berarti kelompok dalam suatu spesies patogen atau hama yang berbeda dalam kemampuannya menyerang varietas tertentu. Jika varietas X tahan terhadap patotipe 1 tetapi rentan terhadap patotipe 2, maka menanam varietas X terus-menerus di lahan yang mengandung patotipe 2 tidak akan menyelesaikan masalah.

Pengelolaan nematoda harus terpadu. Varietas tahan membantu menekan reproduksi nematoda tertentu. Rotasi tanaman dapat mengurangi populasi bila tanaman rotasi bukan inang yang baik. Pemeriksaan tanah membantu mengetahui apakah nematoda ada dan seberapa tinggi populasinya. Sanitasi alat dan benih juga penting karena tanah yang menempel dapat memindahkan sista atau telur. Prinsip umum interaksi tanaman-nematoda dan ketahanan tanaman terhadap nematoda dibahas oleh Williamson dan Kumar, yang menekankan bahwa pertarungan antara akar tanaman dan nematoda berlangsung di bawah tanah dan melibatkan mekanisme molekuler serta ekologi yang kompleks (Williamson & Kumar, 2006).

Bagi program pemuliaan, satu kesalahan umum adalah menguji ketahanan nematoda tanpa mengetahui populasi nematoda yang digunakan. Jika identitas nematoda tidak jelas, hasil seleksi sulit ditafsirkan. Klon yang disebut tahan mungkin hanya belum diuji terhadap populasi yang tepat.

Kudis umbi: mutu permukaan yang bernilai ekonomi

Kudis umum atau common scab adalah penyakit umbi yang terutama dikaitkan dengan bakteri tanah dari genus Streptomyces, terutama spesies patogen seperti Streptomyces scabies dan kerabatnya. Penyakit ini menimbulkan bercak kasar, retak, atau berkerak pada permukaan umbi. Loria dan rekan-rekan menjelaskan bahwa kemampuan patogenik beberapa Streptomyces berkaitan dengan faktor virulensi tertentu, termasuk produksi senyawa toksik yang membantu patogen merusak jaringan tanaman (Loria et al., 2006).

Kudis umum biasanya tidak selalu menurunkan hasil secara drastis, tetapi dapat menurunkan nilai jual. Untuk kentang konsumsi segar, permukaan umbi sangat penting. Konsumen sering menilai kualitas dari tampilan. Umbi yang sebenarnya masih dapat dimakan mungkin ditolak karena terlihat buruk. Untuk industri pengupasan, kudis juga dapat meningkatkan kehilangan saat pengolahan.

Dari sudut genetik, ketahanan terhadap kudis umum sering bersifat kuantitatif dan dipengaruhi lingkungan. Kondisi tanah, kelembapan, pH, bahan organik, dan praktik irigasi dapat memengaruhi tingkat penyakit. Karena itu, pemulia tidak boleh menilai ketahanan kudis hanya dari satu lahan. Klon yang bersih di tanah tertentu mungkin berkudis di tanah lain.

Contoh praktis: klon E dan F diuji di dua lokasi. Di lokasi pertama, keduanya tampak bersih. Di lokasi kedua, yang memiliki riwayat kudis tinggi, klon E menunjukkan banyak lesi kasar, sedangkan klon F relatif bersih. Dari hasil ini, klon F lebih layak dipertahankan sebagai kandidat tahan kudis. Namun pemulia masih perlu menguji apakah klon F juga memenuhi syarat hasil, bentuk umbi, dormansi, dan mutu konsumsi.

Pengendalian agronomis kudis umum dapat meliputi pemilihan lahan, pengaturan kelembapan tanah saat pembentukan umbi, penggunaan bahan tanam sehat, dan pengelolaan pH tanah. Namun karena penyebab kudis dan respons lingkungan dapat kompleks, rekomendasi harus disesuaikan dengan kondisi lokal dan diagnosis yang benar (Stevenson et al., 2001; Loria et al., 2006).

Hama serangga: kerusakan langsung dan peran sebagai vektor

Walaupun bab ini menekankan penyakit, hama serangga tidak boleh diabaikan. Pada kentang, beberapa serangga merusak tanaman secara langsung, sementara yang lain berbahaya karena menularkan virus.

Kutu daun adalah contoh penting. Serangga kecil ini menusuk jaringan tanaman dan mengisap cairan. Beberapa spesies kutu daun dapat menularkan virus kentang. Dalam sistem benih, peran kutu daun sangat besar karena satu tanaman sumber virus dapat menjadi titik awal penyebaran ke tanaman lain. Radcliffe menjelaskan bahwa pengelolaan serangga pada kentang harus mempertimbangkan kerusakan langsung dan peran vektor penyakit (Radcliffe, 1982).

Ngengat umbi kentang juga penting di banyak wilayah hangat. Larvanya dapat menggerek daun, batang, atau umbi. Pada penyimpanan, serangan pada umbi dapat menyebabkan lubang, kotoran larva, dan pembusukan sekunder. Untuk petani kecil, kerusakan penyimpanan dapat sama merugikannya dengan kerusakan di lapang karena umbi panen adalah sumber pangan, pendapatan, dan benih musim berikutnya.

Ada juga hama yang sangat penting di beberapa kawasan dunia, seperti Colorado potato beetle. Hama ini tidak selalu menjadi masalah di semua negara, tetapi menjadi contoh bahwa sasaran pemuliaan harus lokal. Varietas yang cocok untuk satu sistem produksi belum tentu memecahkan masalah hama di wilayah lain.

Pemuliaan untuk ketahanan hama dapat melibatkan banyak sifat: daun yang kurang disukai serangga, kandungan senyawa pertahanan, kemampuan tanaman pulih setelah kerusakan, atau umur panen yang menghindari puncak populasi hama. Namun seleksi hama sering lebih sulit daripada seleksi bentuk umbi karena tekanan hama tidak selalu seragam. Di satu plot, populasi hama dapat tinggi; di plot lain rendah. Karena itu, rancangan percobaan dan pengamatan berulang sangat penting.

Ketahanan genetik: gen mayor dan banyak gen kecil

Setelah melihat berbagai penyakit dan hama, kita dapat kembali ke dasar genetika. Ketahanan tanaman dapat dikendalikan oleh satu gen besar, beberapa gen, atau banyak gen dengan pengaruh kecil.

Ketahanan gen mayor biasanya terlihat jelas. Tanaman dengan alel tertentu tahan, tanaman tanpa alel itu rentan. Keuntungannya adalah seleksi lebih mudah. Jika tersedia marka DNA yang terkait erat dengan gen itu, pemulia dapat menyaring bibit sejak kecil. Contohnya beberapa gen ketahanan terhadap virus atau nematoda tertentu dapat dipilih dengan bantuan marka dalam program pemuliaan modern, meskipun efektivitasnya tetap harus diuji terhadap populasi patogen atau hama yang relevan (Gebhardt & Valkonen, 2001; Bradshaw, 2021).

Kelemahannya, ketahanan gen mayor dapat bersifat sempit. Jika patogen memiliki ras atau patotipe yang mampu mengatasi gen itu, varietas menjadi rentan. Ini sering dibahas dalam konteks hawar daun, karena P. infestans memiliki kemampuan evolusi tinggi dan populasi yang berubah (Fry, 2008).

Ketahanan poligenik atau kuantitatif dikendalikan oleh banyak bagian genom. Efeknya sering berupa penurunan laju perkembangan penyakit, bukan perlindungan total. Keuntungannya, ketahanan seperti ini sering lebih luas dan lebih sulit dipatahkan sekaligus oleh patogen. Kelemahannya, seleksi lebih sulit karena perbedaan antar klon dapat halus dan sangat dipengaruhi lingkungan.

Contoh sederhana:

- Klon G memiliki satu gen mayor terhadap penyakit tertentu. Pada lokasi dengan ras patogen yang cocok, klon G hampir tanpa gejala. Namun di lokasi lain, klon G rentan.
- Klon H tidak pernah sepenuhnya bebas gejala, tetapi di banyak lokasi penyakitnya selalu berkembang lambat dan hasilnya tetap baik.
- Klon I membawa gen mayor dan juga latar belakang ketahanan kuantitatif. Klon seperti ini sering menjadi sasaran menarik, karena menggabungkan perlindungan kuat dan stabilitas lebih baik.

Dalam praktik, pemulia jarang memilih hanya berdasarkan satu penyakit. Klon yang sangat tahan hawar daun tetapi rentan virus, mudah busuk, dan umbinya tidak disukai pasar belum tentu menjadi varietas. Pemuliaan kentang adalah seni menyeimbangkan banyak sifat sekaligus.

Ketahanan bukan sifat yang berdiri sendiri

Satu kesalahan umum dalam membaca katalog varietas adalah menganggap kata “tahan” sebagai jaminan mutlak. Dalam ilmu pemuliaan, ketahanan harus selalu dibaca bersama konteks:

- tahan terhadap patogen atau hama apa,
- diuji pada ras, strain, atau patotipe apa,
- diuji di lokasi mana,
- pada umur tanaman berapa,
- dengan metode penilaian apa,
- dan dibandingkan dengan varietas kontrol apa.

Misalnya, pernyataan “tahan hawar daun” lebih kuat jika didukung data uji multilokasi selama beberapa musim, menggunakan varietas rentan dan varietas pembanding sebagai kontrol, serta menunjukkan skor penyakit dan hasil. Pernyataan itu lemah jika hanya berdasarkan pengamatan satu petak kecil pada musim ketika tekanan penyakit rendah.

Ini berkaitan dengan istilah fenotipe, yaitu sifat yang tampak atau terukur. Ketahanan yang kita lihat di lapang adalah fenotipe hasil interaksi antara genotipe dan lingkungan. Genotipe memberi potensi ketahanan, tetapi lingkungan menentukan seberapa berat tekanan penyakit. Karena itu, seleksi ketahanan perlu dilakukan dalam kondisi yang cukup menantang. Jika tidak ada penyakit di lahan uji, semua klon tampak tahan.

Contoh: pemulia menanam 100 klon di lahan yang sangat kering sehingga hawar daun tidak berkembang. Semua klon tampak sehat. Data itu tidak dapat dipakai untuk menyimpulkan ketahanan hawar daun. Sebaliknya, bila klon diuji di lokasi dengan riwayat hawar daun tinggi dan cuaca mendukung penyakit, perbedaan antar klon lebih bermakna.

Pengujian ketahanan: dari pengamatan lapang sampai diagnosis laboratorium

Pengujian ketahanan disebut fenotyping ketahanan. Fenotyping berarti mengukur fenotipe secara sistematis. Untuk penyakit daun, pemulia dapat mencatat persentase luas daun yang sakit, skor keparahan, waktu muncul gejala, atau laju perkembangan penyakit. Untuk penyakit umbi, pemulia dapat menilai jumlah lesi, kedalaman kerusakan, persentase umbi terserang, dan dampak terhadap mutu pasar.

Pengamatan harus dibuat konsisten. Misalnya, skala 1 sampai 9 dapat digunakan, dengan 1 berarti sangat rentan dan 9 berarti sangat tahan. Namun skala harus didefinisikan jelas. Jika satu pengamat memberi skor 7 untuk gejala ringan dan pengamat lain memberi skor 5 untuk gejala yang sama, data menjadi berisik.

Diagnosis laboratorium diperlukan ketika gejala tidak cukup jelas. Virus dapat dideteksi dengan ELISA atau PCR. Bakteri dapat dikonfirmasi dengan metode isolasi atau uji molekuler. Nematoda dapat diperiksa dari sampel tanah dan akar. Prinsip umum diagnosis penyakit kentang menekankan bahwa gejala visual harus dilengkapi uji yang sesuai bila keputusan seleksi atau sertifikasi bergantung pada hasilnya (Stevenson et al., 2001; Salazar, 1996).

Dalam program pemuliaan kecil, tidak semua uji dapat dilakukan sekaligus. Maka prioritas diperlukan. Jika target varietas adalah dataran tinggi basah, uji hawar daun menjadi sangat penting. Jika targetnya produksi benih, uji virus dan kesehatan benih menjadi prioritas. Jika targetnya lahan dengan riwayat layu bakteri, seleksi terhadap layu harus masuk sejak awal.

Strategi terpadu: genetik dan agronomi harus bekerja bersama

Pemuliaan menghasilkan varietas. Agronomi menentukan bagaimana variet

Document information

Bab 8: Ketahanan Penyakit dan Hama

Project	Pemuliaan Genetik Kentang
Document	Document 1.12
Author	hendri
Verifier	Not verified
Downloaded	July 04, 2026 22:01 KST
Status	Working
Document link	https://www.theorytrace.com/projects/pemuliaan-genetik-kentang-97a7b2/documents/-bab-8-ketahanan-penyakit-dan-hama/