

PENYAKIT HUANGLONGBING TANAMAN JERUK (*Candidatus Liberibacter asiaticus*): ANCAMAN DAN STRATEGI PENGENDALIAN

Huanglongbing Disease (Candidatus Liberibacter asiaticus) on Citrus: Threats and Control Strategy

Nurhadi

Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika
Jalan Raya Tlekung No. 1, Junrejo-Batu, Jawa Timur
Telp. 0341-592683, Kotak Pos 22 Batu 65301,
e-mail: en_erha@yahoo.com

Diajukan: 21 November 2014; Direvisi: 16 Januari 2015; Disetujui: 3 Februari 2015

ABSTRAK

Huanglongbing (HLB), di Indonesia dikenal sebagai *citrus vein phloem degeneration* (CVPD), adalah penyakit paling penting pada tanaman jeruk sejak awal 1960-an. Upaya pengendalian penyakit telah dilakukan melalui eradikasi total maupun selektif dan infus antibiotik, namun belum berhasil. Selanjutnya, pada tahun 1985-1990 diimplementasikan program nasional melalui (1) produksi bibit jeruk bebas penyakit, (2) manajemen kebun yang baik, dan (3) pengendalian penyakit yang efisien untuk melindungi tanaman baru dari infeksi ulang. Program tersebut berhasil mewujudkan industri jeruk modern dan meningkatkan produktivitas dari 10 t/ha pada tahun 1970-1993 menjadi 35 t/ha pada 1994-2012. Namun, luas panen menurun dari 65 menjadi 45 ribu ha terutama akibat serangan HLB. Hasil penelitian HLB selama satu dekade terakhir memberikan pemahaman yang komprehensif tentang karakteristik epidemi HLB. Pengembangan pengendalian HLB diarahkan untuk memformulasikan strategi pengendalian yang logis, realistis, dan efektif guna mendukung program pengembangan kawasan jeruk di 22 provinsi. Strategi pengendalian HLB meliputi: (1) penyusunan peta kesesuaian agroekologi dan endemisitas HLB untuk lokasi pengembangan jeruk, (2) pengembangan *point of care* sebagai pusat pemantauan dan penanganan dini HLB, (3) pengembangan sistem pemantauan HLB dan vektor *D. citri* berbasis komputer untuk memfasilitasi tindakan eliminasi, sanitasi, dan pengelolaan sumber inokulum, (4) pembangunan jaringan antara *point of care* dan petani/kelompok tani dalam sosialisasi pengendalian penyakit; dan (5) sosialisasi Peraturan Menteri Pertanian No. 39 Tahun 2006 tentang Produksi, Sertifikasi, dan Distribusi Benih Bina. Strategi terakhir dimaksudkan untuk menjamin ketersediaan bibit jeruk bebas penyakit tepat jumlah, tepat waktu, dan tepat varietas.

Kata kunci: Jeruk, huanglongbing, *citrus vein phloem degeneration*, pengendalian penyakit

ABSTRACT

Huanglongbing, known in Indonesia as citrus vein phloem degeneration, is the most serious disease threatening Indonesian

*citriculture since the early 1960s. Past efforts to control the disease included selective eradication and antibiotic infusion, but had no success. In 1985-1990, a national program has been implemented based on (1) the large-scale production of virus-free plants, (2) introduction of improved orchard management procedures, and (3) development of efficient pest and disease control measures to protect new plantings from reinfection. Such a program offers the creating a modern citrus industry and is able to increase citrus productivity from 10 t/ha in 1970-1993 to 35 t/ha in 1994-2012. However, harvested area gradually decreased from 65 to 45 thousand hectares, mainly due to HLB. Research achievements on HLB over the last decade have provided a more comprehensive understanding of HLB epidemic characteristics. Development of HLB control strategy aimed to formulate the control strategies of HLB disease logically, realistically and effectively to support the success of citrus development program in 22 provinces. Strategies for HLB control include: (1) development of a suitability map for citrus AEZ and endemicity of HLB for determining the suitability of the target area, (2) development of point of care as a center of monitoring and early treatment, (3) development of computer-based monitoring system to facilitate elimination measures, sanitation and patotop management, and monitoring and control of *D. citri*, (4) building networks between the point of care and farmer groups in the socialization of disease control strategies; and (5) improving the Regulation of the Minister of Agriculture No. 39 in 2006 regarding to the Production, Certification and Distribution of Foundation Seeds. This last strategy is intended to better ensure the availability of disease-free citrus seedlings in the right amount, time and varieties.*

Keywords: *Citrus, huanglongbing, citrus vein phloem degeneration, pest control*

PENDAHULUAN

Huanglongbing (HLB), di Indonesia populer dengan sebutan *citrus vein phloem degeneration* (CVPD), merupakan penyakit degeneratif penyebab menurunnya produktivitas, kualitas bahkan kematian tanaman jeruk di

berbagai negara di dunia. Organisme penyebabnya adalah bakteri gram negatif yang termasuk dalam kelompok alfa subdivisi Proteobacteria (Jagoueix *et al.* 1994). Terdapat tiga strain bakteri yang ditemukan di Asia, Afrika, dan Amerika, yang berturut-turut disebabkan oleh *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), *Candidatus L. africanus* (CLaf), dan *Candidatus L. americanus* (CLam) (Jagoueix *et al.* 1996; Teixeira *et al.* 2005). Strain CLas dan CLam dapat ditularkan dari tanaman sakit ke tanaman sehat melalui serangga *Diaphorina citri* Kuwayama dan dikategorikan *heat tolerance*, sedangkan CLaf yang ditularkan oleh *Trioza erythrae* del Guercio dikategorikan *heat sensitive*. CLas, CLam, dan *D. citri* secara geografis tersebar hampir di seluruh pertanaman jeruk di dunia, sementara CLaf dan *T. erythrae* terbatas hanya di dataran tinggi Afrika Selatan. Penyakit HLB juga dapat menular melalui bahan perbanyak vegetatif (mata tempel). Penyebaran HLB secara geografis disebabkan oleh transportasi bibit sakit, sedangkan penyebaran HLB antartanaman dalam kebun disebabkan oleh vektor.

Di Indonesia, penyakit HLB menyerang tanaman jeruk sejak tahun 1940, saat dilaporkan terjadi kerusakan pertanaman jeruk yang sangat parah di sentra-sentra produksi (Tirtawidjaja *et al.* 1965; Tirtawidjaja 1980). Akibat HLB, tercatat 62,34% tanaman mati di Tulungagung pada tahun 1990 (Nurhadi 1992). Sekitar 95.564 ha pertanaman jeruk (60%) mengalami kerusakan parah dalam kurun waktu 1988-1996 di Bali Utara dengan kerugian diperkirakan mencapai Rp36 miliar pada 1984 (Nurhadi *et al.* 1994). Di Sambas-Kalimantan Barat, yang merupakan provinsi terbesar penghasil jeruk siam di Indonesia, sekitar 2.000 dari 13.000 ha pertanaman jeruk merata dan terancam mati hanya dalam waktu 6 bulan, dengan kerugian mencapai Rp120 miliar/tahun. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Kalimantan Barat pada tahun 2008 menginformasikan bahwa 3.572 dari 11.827 tanaman jeruk (31%) di Sambas yang telah berproduksi terserang HLB (Supriyanto 2008). Lebih jauh dilaporkan bahwa HLB dapat mengancam perekonomian karena sekitar 65.000 petani hidupnya bertumpu pada budi daya jeruk. Sedikitnya 2.629 ha tanaman jeruk siam di Kabupaten Sambas terserang penyakit HLB. Selain merugikan petani, kondisi ini juga memukul perekonomian Sambas (Supriyanto 2008). Di Kecamatan Malangke Barat dan Malangke Kabupaten Luwu Utara, luas serangan penyakit HLB berturut-turut mencapai 119,5 dan 104,2 ha (Diperta 2003). Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura memperkirakan kerugian akibat HLB sedikitnya mencapai Rp120 miliar/tahun dan mengancam perekonomian 65.000 petani yang hidupnya bertumpu pada budi daya jeruk (Supriyanto 2010b). BPTP Kalimantan Barat melaporkan 3.572 dari 11.827 tanaman jeruk (31%) yang telah berproduksi terserang HLB.

Pengendalian HLB diimplementasikan melalui penerapan empat komponen utama yang telah diinisiasi sejak tahun 1991 (Supriyanto dan Whittle 1991), yaitu: (1) penggunaan bibit bebas penyakit, (2) eliminasi tanaman sakit di lapangan, (3) pengendalian serangga penular, dan (4) karantina. Apabila melihat statistik peningkatan produktivitas jeruk nasional dari sekitar 8 t/ha menjadi 20 t/ha selama periode 1985-2009 maka upaya pengendalian ini dapat dinyatakan berhasil. Meskipun capaian ini cukup menggembirakan, bila dibandingkan dengan rata-rata produktivitas negara penghasil jeruk di Asia, rata-rata produktivitas nasional masih tergolong rendah. Pengembangan agroindustri jeruk nasional saat ini masih menghadapi berbagai masalah, di antaranya pengaruh dampak perubahan iklim dan masih luasnya insiden penyakit HLB. Selain berdampak pada tingginya angka kematian tanaman, HLB juga memperpendek umur produktif tanaman, menurunkan produktivitas dan kualitas produk yang pada gilirannya akan memperlemah daya saing dan kemampuan memenuhi kebutuhan.

Sejak sepuluh tahun terakhir, kajian tentang epidemi penyakit HLB telah banyak dilakukan. Kajian epidemi kuantitatif memainkan peranan sangat penting karena (1) mampu menjelaskan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan perkembangan penyakit, (2) mampu mengkuantifikasi perkembangan penyakit sebagai fungsi waktu dan ruang, (3) dapat digunakan untuk memprediksi umur fisik, umur produktif, dan umur ekonomis tanaman, dan (4) model yang diformulasikan dapat digunakan untuk menyusun strategi pengendalian penyakit yang tepat. Kajian epidemi dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai biologi dan epidemi penyebab penyakit, penyebaran penyakit, peningkatan intensitas penyakit, dan upaya pengendalian penyakit HLB. Informasi ini dapat digunakan untuk memprediksi dan memperpanjang peluang hidup tanaman dan pola manajemen kebun. Hasil kajian epidemi juga dapat membantu menentukan, memvalidasi, dan mengambil keputusan dalam menerapkan strategi pengendalian penyakit yang efektif dan efisien.

ANCAMAN DAN UPAYA PENGENDALIAN HLB DI INDONESIA 1980-2012

HLB pertama kali ditemukan di Indonesia pada tahun 1964 bersamaan dengan pemberian nama *citrus vein phloem degeneration* (CVPD) yang menyebabkan gangguan pertumbuhan bahkan kematian tanaman jeruk yang bibitnya berasal dari sambungan (Tirtawidjaja *et al.* 1965). Fenomena itu diduga disebabkan oleh virus dan dilaporkan mengakibatkan kematian ratusan ribu tanaman jeruk di Pulau Jawa. Karakteristik gejala tanaman yang terserang

HLB adalah klorosis yang menyerupai defisiensi nitrogen, seng, mangan, dan besi. Meskipun pada saat itu penyakit jeruk tristeza (CTV) prevalen di Jawa, Tirtawidjaja *et al.* (1965) menduga kuat bahwa gejala tersebut bukan disebabkan oleh CTV. Dugaan itu didasari fakta bahwa daun-daun yang bergejala khlorosis disertai dengan kerusakan jaringan floem dan akumulasi pati. Observasi yang dilakukan dengan menyambungkan mata tempel dari tanaman bergejala klorosis pada bibit jeruk nipis varietas West Indian menghasilkan gejala *vein clearing* mirip tristeza, khlorosis, kerusakan jaringan floem, dan akumulasi pati. Sementara penyambungan menggunakan mata tempel dari tanaman bergejala *vein clearing* pada bibit jeruk nipis dari varietas yang sama hanya menghasilkan gejala *vein clearing* tanpa kerusakan jaringan floem.

Tirtawidjaja *et al.* (1965) berpendapat ada virus lain selain tristeza sebagai penyebab kematian tanaman jeruk di Jawa. Pendapat ini didasari oleh hasil kajian bahwa (1) CTV yang ditularkan oleh aphid dari tanaman bergejala khlorosis hanya menyebabkan gejala *vein clearing* pada jeruk nipis West Indian, tetapi tidak menyebabkan gejala *vein phloem degeneration* pada bibit jeruk nipis, Rough Lemon, dan varietas lain; (2) bibit jeruk *trifoliate orange* yang diketahui toleran CTV di Brasil juga menunjukkan gejala *vein degeneration*. Kegagalan penularan gejala khlorosis melalui aphid memberikan kesimpulan adanya penyakit lain selain tristeza. Berdasarkan kajian-kajian tersebut, Tirtawidjaja *et al.* (1965) menyimpulkan bahwa penyakit jeruk yang dicurigai bukan tristeza ini mempunyai kesamaan dengan penyakit "likubin" di Taiwan, meskipun masih diperlukan informasi dan pembuktian lebih lanjut. Salibe dan Cortez (1966) menduga penyakit *vein phloem degeneration* sama dengan penyakit *leaf mottle* di Filipina. Hasil studi mengarah pada kuatnya dugaan bahwa penyebabnya termasuk penyakit *greening* (sebutan lain untuk penyakit HLB). Sejak saat itu, HLB mulai diwaspadai sebagai ancaman serius pada pertanaman jeruk di Indonesia.

Periode Tahun 1985-1994

Sampai tahun 1984, penyakit HLB masih prevalen bahkan semakin meluas di pusat-pusat pengembangan jeruk di Indonesia, kecuali Kalimantan Barat. Kerugian ekonomis yang substansial dilaporkan terjadi di area-area endemis HLB (Supriyanto dan Whittle 1991). Di Bali saja, 3,6 juta tanaman atau 70% dari seluruh tanaman jeruk di Bali dieradikasi total antara tahun 1984 dan 1987. Selanjutnya dilakukan penanaman baru di Bali utara yang sebelumnya menjadi sentra jeruk keprok Tejakula. Lebih dari satu juta tanaman jeruk keprok Tejakula dengan batang bawah

rough lemon ditanam antara tahun 1991 and 1993. Namun pada tahun 1994, sekitar 39% dari tanaman baru ini mulai menunjukkan gejala HLB dan pada tahun 1995 persentase serangan meningkat mencapai 76% (Nurhadi *et al.* 1994). Sebagai respons terhadap ledakan HLB yang tidak diduga ini, diimplementasikan program rehabilitasi jeruk pada tahun 1996 (Bove *et al.* 2000).

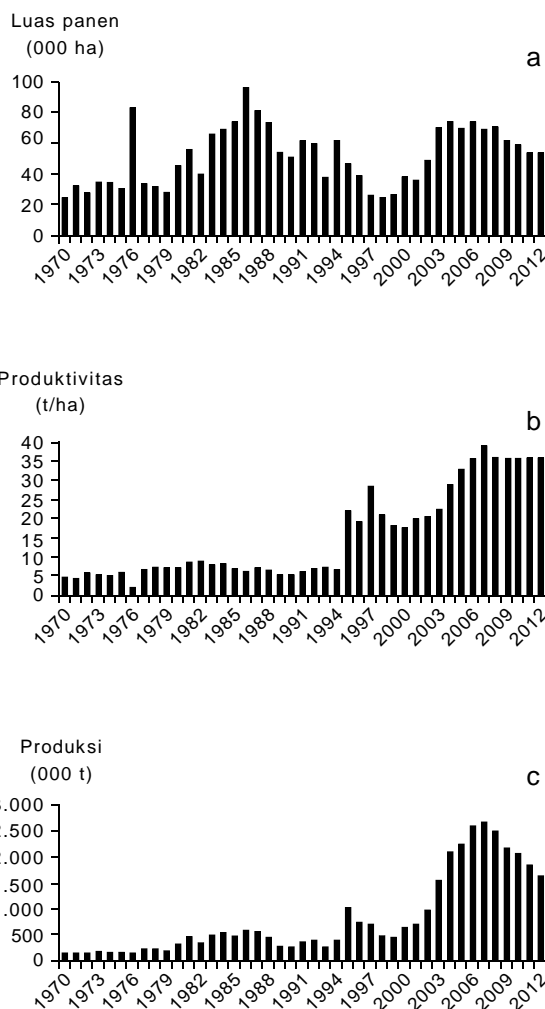
Penurunan laju pertumbuhan produksi, produktivitas, dan luas panen pada periode ini sangat memprihatinkan sehingga muncul gagasan baru untuk memperbaikinya. Pada periode 1985-1994, diinisiasi Program "*Citrus Rehabilitation in Indonesia*" yang diimplementasikan pada tahun 1987 dengan fokus memproduksi bibit jeruk bebas penyakit dalam skala besar. Bibit jeruk bebas penyakit diartikan sebagai benih jeruk yang bebas patogen sistemik HLB, *citrus tristeza virus* (CTV), *citrus vein enation virus* (CVEV), *citrus exocortis viroid* (CEV), dan *citrus psorosis virus* (CPsV). Alur prosesnya diawali dari penentuan calon varietas sebagai pohon induk tunggal (PIT), kemudian dari PIT dilakukan 'pembersihan' patogen sistemik di laboratorium melalui teknik *shoot tip grafting* (STG). Untuk memastikan benih yang dihasilkan melalui STG betul-betul bebas dari patogen sistemik, dilakukan indeksing. Selanjutnya, dari PI diproduksi benih sumber untuk dipelihara di blok fondasi (BF) dan dari BF diproduksi benih untuk diperbanyak di blok penggandaan mata tempel (BPMT), sampai menjadi benih sebar yang siap ditanam di lapangan. Pada periode ini, telah dibangun blok fondasi di empat provinsi guna memenuhi kebutuhan bibit bebas penyakit di empat wilayah pengembangan jeruk di Indonesia.

Periode Tahun 1995-2007

Pengembangan BF maupun BPMT di empat wilayah pengembangan jeruk mempermudah masyarakat memperoleh bibit bebas penyakit. Periode ini ditandai dengan beberapa temuan penting, antara lain (1) dikonfirmasi organisme penyebab penyakit HLB yaitu bakteri gram negatif *phloem-limited fastidious prokaryotic* yang termasuk kelompok alpha subdivisi Proteobacteria, dan (2) teknik identifikasi organisme penyebab penyakit berbasis amplifikasi DNA melalui *polymerase chain reaction* (PCR) (Jagoueix *et al.* 1994). Temuan ini mampu mempercepat dan meningkatkan akurasi proses produksi bibit jeruk bebas penyakit.

Penyediaan bibit jeruk bebas penyakit melalui STG yang diikuti dengan indeksing lima patogen sistemik terbukti mampu menghasilkan bibit berkualitas tinggi sehingga menggairahkan masyarakat untuk mengembangkan jeruk. Inovasi ini didukung dengan kegiatan pengelolaan tanaman terpadu (PTT) jeruk dan Prima Tani.

Implementasi kegiatan ini mendorong peningkatan luas panen dari sekitar 22.000 ha pada tahun 1996 menjadi 35.000 ha pada tahun 2005 (Gambar 1a). Peningkatan luas panen ini diikuti dengan meningkatnya laju pertumbuhan produksi dan produktivitas jeruk nasional yang mencapai puncaknya pada tahun 2008, berturut-turut 750.000 ton dan 17,5 t/ha (Gambar 1b dan 1c). Sayangnya, capaian tersebut tidak dapat dipertahankan secara berkelanjutan karena setelah periode tersebut terjadi *levelling off*, yang ditandai dengan penurunan laju perkembangan luas panen dan pertumbuhan produksi meskipun produktivitas relatif stabil. Kondisi ini berbanding terbalik dengan meningkatnya konsumsi buah masyarakat Indonesia akibat perbaikan pendapatan, khususnya meningkatnya jumlah masyarakat golongan menengah ke atas.



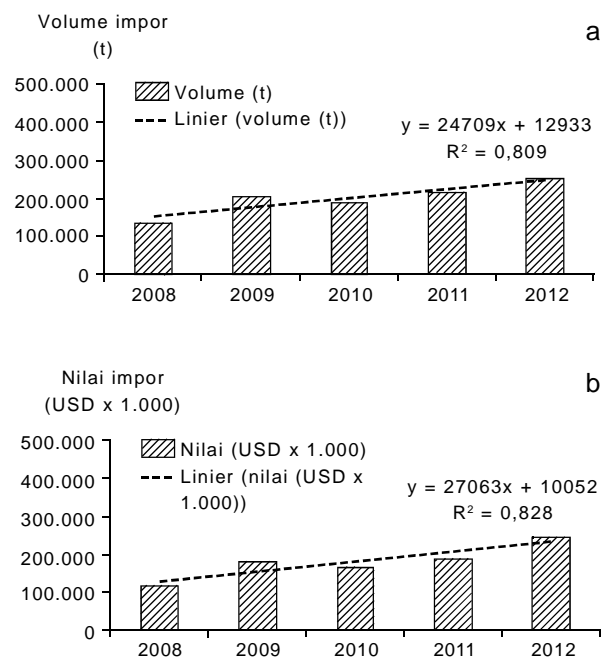
Gambar 1. Perkembangan luas panen (a), produksi (b), dan produktivitas (c) jeruk di Indonesia, 1970-2012 (Kementerian Pertanian 2014).

Periode Tahun 2008-2012

Periode ini ditandai dengan menurunnya produksi jeruk nasional dari 2.467.632 ton pada tahun 2008 menjadi 1.611.768 ton pada tahun 2012. Namun, permintaan buah jeruk meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk berpenghasilan menengah ke atas dan kesadaran masyarakat akan mutu produk yang semakin tinggi. Penurunan produksi ini berdampak pada meningkatnya impor jeruk dari 138.000 ton dengan nilai USD117 juta pada tahun 2008 menjadi 256.000 ton dengan nilai USD247 juta pada tahun 2012 (Gambar 2a dan 2b).

Dalam upaya membatasi peningkatan impor komoditas hortikultura, termasuk jeruk, pemerintah mengimplementasikan enam pilar pengembangan hortikultura, salah satunya ialah Pengembangan Kawasan Agribisnis Hortikultura disingkat PKAH (Ditjen Hortikultura 2008). Dukungan inovasi Badan Litbang Pertanian dalam implementasi PKAH difokuskan pada kegiatan (1) pembangunan demplot, (2) pengawalan/pendampingan/advokasi di lokasi PKAH, serta (3) koordinasi lapangan dengan instansi terkait untuk mereplikasi model dukungan inovasi di dalam dan lintas kawasan. Kontribusi yang paling penting adalah terdistribusinya varietas unggul baru dan benih sumber jeruk bebas penyakit di 22 provinsi.

Bibit jeruk bebas penyakit bukan berarti tahan terhadap penyakit HLB. Setelah bibit jeruk bibit bebas penyakit didistribusikan ke lokasi pengembangan, kesehatan bibit di lapangan akan sangat bergantung pada level



Gambar 2. Perkembangan volume (a) dan nilai (b) impor jeruk tahun 2008-2012.

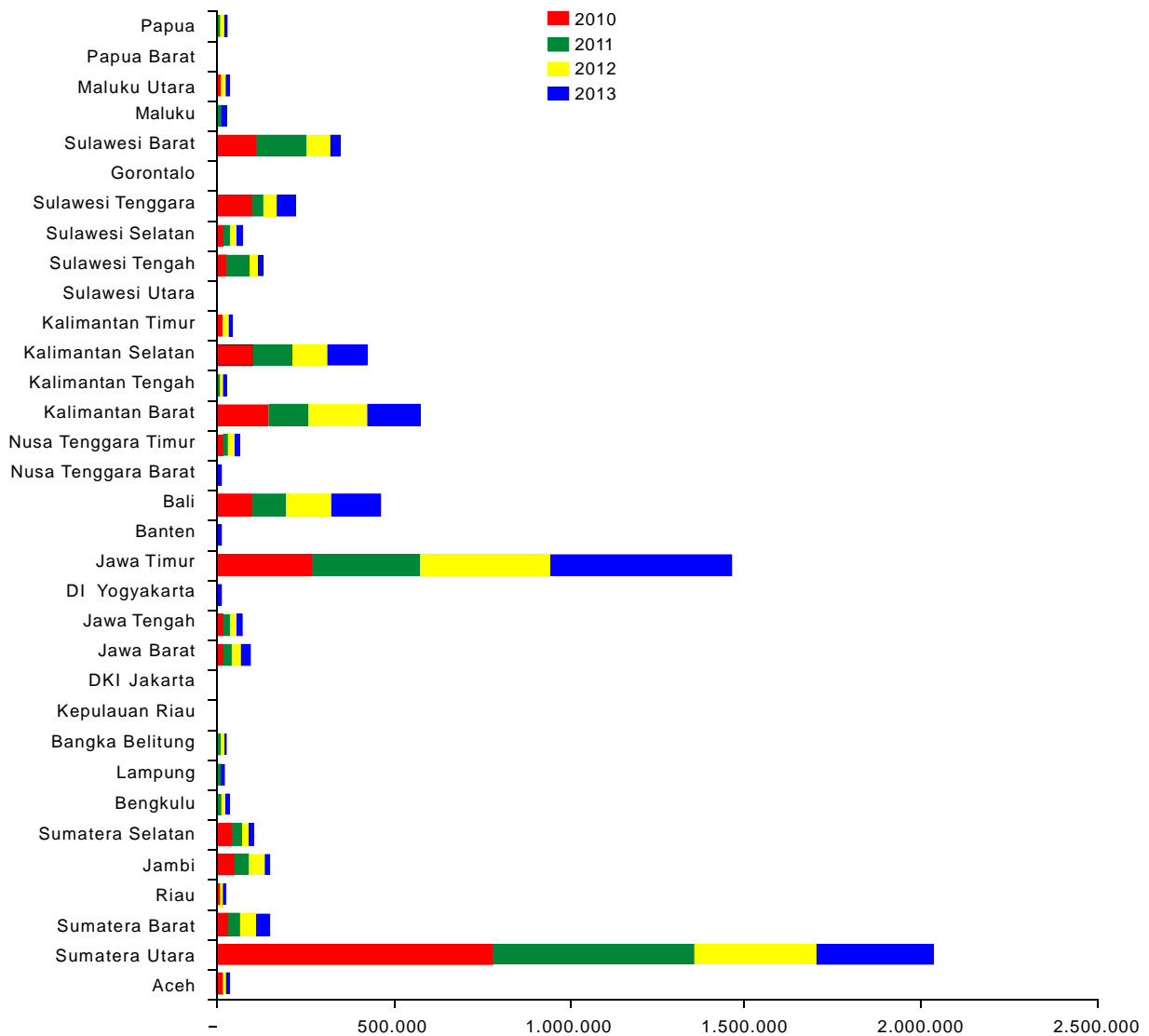
endemisitas penyakit HLB di wilayah tersebut. Faktor ini yang agaknya kurang diperhatikan sehingga dalam kurun waktu 5 tahun pelaksanaan PKAH, bukan saja luas panen yang menurun, tetapi juga produksi jeruk nasional mengalami penurunan secara nyata. Dari 33 provinsi pengembangan jeruk, hanya empat provinsi yang produksinya mengalami peningkatan, yaitu Jawa Timur, Bali, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Selatan (Gambar 3).

Pengendalian HLB diimplementasikan melalui penerapan empat komponen utama yang telah diinisiasi sejak tahun 1991 (Supriyanto dan Whittle 1991), yaitu (1) penggunaan bibit bebas penyakit, (2) eliminasi tanaman sakit di lapangan, (3) pengendalian serangga penular, dan (4) karantina. Apabila melihat statistik peningkatan produktivitas jeruk nasional dari sekitar sekitar 8 t/ha menjadi 20 t/ha selama periode 1985-2009, maka upaya pengendalian ini dapat dikatakan berhasil. Meskipun

capaian ini cukup menggembirakan, bila dibandingkan dengan negara penghasil jeruk di Asia, rata-rata produktivitas ini masih tergolong rendah.

Pengembangan agroindustri jeruk nasional saat ini masih menghadapi berbagai masalah. Masalah yang paling serius ialah pengaruh dampak perubahan iklim dan masih meluasnya insiden penyakit HLB. Selain berdampak terhadap tingginya angka kematian, HLB juga memperpendek umur produktif tanaman serta menurunkan produktivitas dan kualitas produk yang pada gilirannya akan memperlambat daya saing dan pemenuhan kebutuhan produk.

Strategi pengendali HLB dikemas sebagai Pengelolaan Terpadu Kebun Jeruk Sehat (PTKJS) yang komponennya meliputi (1) penggunaan benih jeruk sehat berlabel biru yang bebas HLB dan penyakit virus lainnya, (2) pengendalian serangga penular *D. citri*, (3) eradikasi



Gambar 3. Perkembangan produksi jeruk di 33 provinsi, 2010-2013.

tanaman jeruk terserang HLB, dan (4) pemeliharaan tanaman jeruk secara optimal (Supriyanto *et al.* 2010a). Namun demikian, upaya tersebut belum memberikan hasil yang memuaskan. Belum semua petani dan petugas lapangan memahami dan menerapkan komponen pengendalian secara utuh, dan tidak semua petani di wilayah pengembangan menerapkan teknologi anjuran secara serentak.

BIOLOGI DAN EPIDEMIOLOGI PENYAKIT HUANGLONGBING

Biologi dan Penularan Penyakit

Organisme penyebab penyakit HLB adalah bakteri gram negatif *phloem-limited fastidious prokaryotic* yang termasuk kelompok alpha subdivisi Proteobacteria (Jagoueix *et al.* 1994). Sampai saat ini bakteri tersebut belum dapat dikulturkan secara *in vitro* melalui media buatan sehingga penamaan organisme dalam nomenklatur masih bersifat sementara (*Candidatus*). Terdapat tiga strain bakteri yang ditemukan di Asia, Afrika, dan Amerika, yang berturut-turut disebabkan oleh *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas), *Candidatus L. africanus* (CLaf), dan *Candidatus L. americanus* (CLam) (Jagoueix *et al.* 1994, 1996; Teixeira *et al.* 2005, 2008). Strain CLas dan CLam dapat ditularkan dari tanaman sakit ke tanaman sehat melalui vektor (serangga penular) *D. citri* Kuwayama dan dikategorikan *heat tolerance*, sedangkan CLaf yang ditularkan oleh vektor *Trioza erytreae* del Guercio dikategorikan *heat sensitive*. CLas, CLam, dan *D. citri* secara geografis tersebar hampir di seluruh pertanaman jeruk di dunia, sementara CLaf dan *T. erytreae* terbatas di dataran tinggi Afrika Selatan.

HLB juga dapat menular dari tanaman sakit ke tanaman sehat melalui materi perbanyak vegetatif (mata tempel) saat di pembibitan. Okulasi (penempelan) dan penyambungan (*grafting*) sangat efektif menularkan bakteri CLas. Tingkat infeksi melalui penyambungan mencapai 100% pada 120 hari setelah inokulasi (HSI). Jumlah bakteri meningkat 10 ribu kali dari 10^3 pada 30 HSI menjadi sekitar 10^8 pada 240 HSI, yang menunjukkan multiplikasi CLas berlangsung sangat cepat pada tanaman jeruk yang masih muda (Coletta-Filho *et al.* 2009).

Laju Perkembangan Penyakit sebagai Fungsi Waktu (*Temporal Increase*)

Seiring dengan ledakan dan kompleksitas penyakit HLB dan belum tuntasnya pengendalian, kajian tentang

epidemi penyakit HLB banyak dilakukan sejak sepuluh tahun terakhir. Kajian bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai penyakit HLB yang dapat menyebar secara cepat, berkembang dengan cepat, sulit dikendalikan, dan upaya pengendaliannya. Kajian epidemi kuantitatif memainkan peran sangat penting karena (1) mampu menjelaskan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan perkembangan penyakit, (2) mampu mengkuantifikasi perkembangan penyakit sebagai fungsi dari waktu dan ruang, (3) dapat digunakan untuk memprediksi umur fisik, umur produktif, dan umur ekonomis tanaman, serta (4) model yang diformulasikan dapat digunakan untuk menyusun strategi pengendalian penyakit yang efektif (Madden *et al.* 1982; Madden dan Campbell 1986).

Kajian epidemi HLB di Kabupaten Mojokerto, Kediri, dan Tulungagung Jawa Timur menyusul ledakan serangan HLB pada tahun 1987 di Kecamatan Tejakula-Singaraja (Nurhadi 1994) dan di Batu (Nurhadi 2012) mengungkap bahwa penyakit HLB berkembang sangat cepat. Peningkatan laju intensitas dan luas serangan dari 0% menjadi 100% hanya terjadi dalam kurun waktu 4-7 tahun. Hasil analisis *ordinary runs* menunjukkan bahwa bibit jeruk dan serangga penular memainkan peran penting dalam mempercepat laju perkembangan penyakit. Kajian juga mengungkap bahwa kondisi ini berkaitan erat dengan penggunaan bibit jeruk tidak bersertifikat serta tingginya populasi serangga penular *D. citri* dan sumber inokulum di lapangan (Nurhadi 1992, 1993).

Epidemi HLB tergolong sangat cepat, mencapai lebih dari 95% dalam kurun waktu 3-13 tahun setelah gejala pertama muncul (Aubert *et al.* 1984; Gottwald *et al.* 1989; Gottwald *et al.* 1991; Bassanezi *et al.* 2006; Gatineu *et al.* 2006; Gottwald *et al.* 2007a, 2007b). Laju perkembangan penyakit bergantung pada (1) kehadiran sumber inokulum dan populasi vektor, yang ditentukan oleh intensitas tindakan pengendalian, (2) ketersediaan sumber inokulum, dan (3) umur kebun pada saat terjadi infeksi pertama. Di Sao Paulo State, Brasil, insiden penyakit dapat mencapai lebih dari 50% dalam waktu 3 tahun jika letak kebun berdekatan dengan kebun terinfeksi yang tidak dilakukan pengendalian terhadap tanaman bergejala positif HLB dan serangga penular; selama 12 tahun jika kebun yang mengaplikasikan praktik pengendalian berdekatan dengan kebun terinfeksi; dan dalam waktu 20 tahun jika kebun atau area yang berdekatan mengaplikasikan praktik pengendalian HLB yang direkomendasikan.

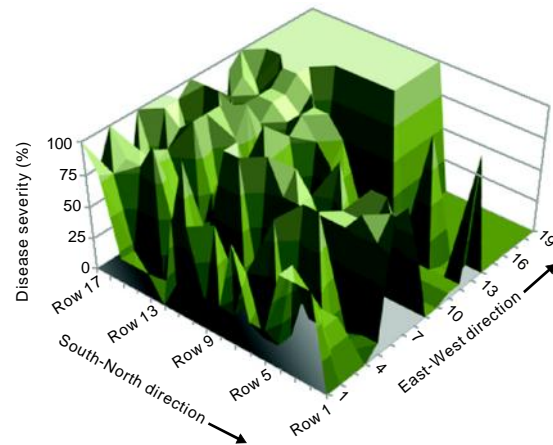
Kajian epidemi HLB di area pengembangan jeruk di Kecamatan Tejakula-Bali merupakan model pengembangan jeruk bebas penyakit pada program rehabilitasi jeruk di Indonesia. Lokasi kajian merupakan pertanaman jeruk dengan intensitas HLB sedang sampai tinggi.

Komponen program rehabilitasi yang diimplementasikan terdiri atas (1) eradikasi total tanaman jeruk terinfeksi HLB di kebun maupun halaman rumah, (2) penanaman kembali (*replanting*) 90 ribu bibit jeruk keprok Tejakula hasil perbanyakan tanaman bebas HLB, dan (3) pengendalian *D. citri* dengan insektisida 2 minggu sekali. Dalam implementasinya, penanaman kembali sudah mulai dilakukan sebelum eradikasi total, penanaman kembali tidak semuanya menggunakan bibit bersertifikat, dan pengendalian *D. citri* dilakukan cukup ketat sehingga tanaman yang menunjukkan gejala serangan HLB diperkirakan kurang dari 1%. Kondisi ini mengindikasikan bahwa program rehabilitasi di area pengembangan ini cukup berhasil, setidaknya pada awal implementasi, sehingga layak dikembangkan sebagai model pengendalian HLB (Nurhadi *et al.* 1994).

Perkembangan penyakit yang sangat cepat dan menurunnya produksi dan kualitas buah menyebabkan kebun yang terserang HLB tidak layak secara ekonomi dalam waktu 7-10 tahun setelah tanam (Aubert *et al.* 1984; Aubert 1990; Gottwald *et al.* 1991; Roistacher 1996). Bassanezi dan Bassanezi (2008) menganalisis dampak serangan HLB terhadap produksi jeruk dan menyimpulkan bahwa tanpa pengendalian HLB, pertanaman jeruk umur 1-5 tahun akan mengalami penurunan produksi yang sangat tinggi pada 2-4 tahun setelah munculnya gejala pertama pada tanaman. Sementara pada pertanaman jeruk yang berumur lebih dari 5 tahun, penurunan produksi nyata terjadi pada 5-10 tahun setelah munculnya gejala pertama. Kejadian ini merupakan tantangan yang sangat besar dalam manajemen HLB karena umumnya petani yang mempunyai pertanaman jeruk yang telah berproduksi tetapi sakit, sering kali berargumen bahwa dalam jangka pendek mereka tidak mengalami kerugian ekonomis sehingga keberatan untuk membongkar tanaman yang masih produktif. Dari segi epidemiologi, kondisi ini akan meningkatkan ketersediaan sumber inokulum dalam kebun sehingga berisiko tinggi apabila akan melakukan penanaman baru dalam jangka waktu singkat.

Pola Penyebaran Penyakit

Kajian pola dan dinamika penyebaran penyakit HLB pada pertanaman jeruk di Reunion Island dan Tiongkok (Gottwald *et al.* 1989, 1991), dan juga di Sao Paulo State Brasil (Bassanezi *et al.* 2005) dan Florida AS (Gottwald 2010) mengungkap bahwa tanaman bergejala HLB pada awalnya ditemukan di tepi atau batas pinggir kebun (*edge effects*) (Gambar 4). Fenomena ini terlihat sebagai agregasi (pengelompokan) penyebaran tanaman sakit yang berupa kluster-kluster tanaman sakit yang letaknya berdekatan.



Gambar 4. Konsentrasi tanaman jeruk terinfeksi HLB di bagian tepi kebun sebagai awal penyebaran HLB (*core cluster*) oleh vektor *Diaphorina citri*.

Umumnya, agregasi tanaman sakit dalam barisan tanaman terlihat lebih tegas dibanding agregasi antarbarisan tanaman. Ekspresi gejala umumnya terjadi pada akhir musim pertunasan utama dan pertunasan di luar musim sehingga tanaman yang terinfeksi pada saat berbeda akan mengekspresikan gejala awal pada waktu yang sama. Pada kondisi tertentu, karena adanya masa tunda antara infeksi oleh vektor dan ekspresi gejala, beberapa tanaman terinfeksi telah menunjukkan gejala, sementara yang lainnya masih belum bergejala. Irey *et al.* (2006) memperkirakan bahwa jumlah tanaman terinfeksi yang tidak bergejala (*symptomless*) sebanding dengan jumlah tanaman terinfeksi yang bergejala. Oleh karena itu, bila pengamatan memperoleh nilai 'n' tanaman bergejala, dapat disimpulkan bahwa potensi tanaman yang terinfeksi adalah '2n'.

Kluster inti dari tanaman terinfeksi HLB berhubungan erat dengan terjadinya kluster sekunder yang berjarak 25-50 m. Fenomena ini, menunjukkan bahwa pergerakan serangga penular terjadi dari satu tanaman ke tanaman lain yang berdekatan, maupun ke tanaman yang berjarak 25-50 m yang kemudian menginisiasi *foci* infeksi baru. Juga, terdapat indikasi yang kuat adanya penyebaran HLB secara regional, dalam cakupan luas yang mencapai 3,5 km. Estimasi jarak antara tanaman-tanaman terinfeksi HLB berkisar antara 0,88-1,61 km dengan median 1,58 km, yang menunjukkan rata-rata jarak penyebaran *D. citri* dalam suatu kawasan (Gottwald 2010). Kajian ini menyimpulkan bahwa HLB menyebar secara terus-menerus dan silih berganti dari (i) infeksi primer yang bersifat acak sebagai akibat dari aktivitas vektor *viruliferous* yang secara periodik bermigrasi dari sumber HLB di luar kebun dan (ii) infeksi sekunder yang terjadi

sebagai aktivitas vektor *viruliferous* pada tunas-tunas dalam tajuk tanaman. Pada kondisi di lapangan, kebun yang jaraknya lebih dari 2 km dari kebun terinfeksi HLB kecil kemungkinannya terinfeksi inokulum eksternal dan penularan yang terjadi bergantung pada pengendalian penyakit yang dilakukan.

Epidemi HLB memerlukan waktu beberapa tahun untuk mencapai level insiden maksimal. Pengujian ketiga model pengembangan penyakit hanya didasarkan atas tingkat insiden penyakit yang belum mencapai 100%, atau masih dalam fase asimtotis, sehingga tidak dapat digunakan untuk keperluan prediksi. Karena itu, dengan menggunakan alternatif model dilakukan uji lanjutan untuk melihat model yang paling sesuai. Dari empat model yang dicoba, hasil analisis menunjukkan bahwa model Gompertz lebih sesuai untuk menggambarkan perkembangan penyakit dibanding monomolekuler, eksponensial maupun Weibull. Selanjutnya, model Gompertz digunakan untuk memprediksi laju perkembangan penyakit dari 113 epidemi HLB yang mewakili 15 desa. Hasil analisis memperlihatkan bahwa perkembangan penyakit sangat cepat, sejak satu sampai seluruh tanaman dalam kebun terserang HLB berlangsung hanya dalam waktu 3-5 tahun. Umur produktif tanaman jeruk terserang HLB tergolong sangat pendek dibandingkan dengan tanaman sehat yang mampu berproduksi sampai umur 20 tahun atau bahkan lebih.

Pertanaman jeruk di Kabupaten Singaraja Bali berada pada zona agroekologi dataran rendah beriklim kering panas dengan curah hujan sangat tegas, suatu kondisi ekologi yang sangat ideal bagi tanaman jeruk dan perkembangan populasi *D. citri*. Populasi *D. citri* ditemukan di 111 dari 113 kebun jeruk dengan kepadatan populasi rendah sampai tinggi, yaitu di Desa Pacung, Sambirenteng, Tembok, Sembiran, dan Tejakula. Hasil analisis *ordinary runs* mengungkap adanya agregasi tanaman terinfeksi HLB di 64 dari 113 kebun yang disurvei. Agregasi tanaman terinfeksi HLB lebih banyak terjadi antartanaman yang berdekatan dalam barisan dibandingkan antarbaris.

Hasil kajian ini menginformasikan fenomena agregasi tanaman sakit yang berupa kluster-kluster tanaman sakit yang letaknya berdekatan. Hampir di semua kebun yang disurvei, agregasi tanaman sakit dalam barisan tanaman terlihat lebih tegas dibanding agregasi antarbarisan tanaman. Fenomena ini terlihat sebagai konsentrasi tanaman-tanaman bergejala HLB yang pada awalnya ditemukan di sepanjang tepi atau batas pinggir kebun. Pola ini merupakan karakteristik penyebaran HLB pada pertanaman jeruk yang disebabkan oleh peran vektor. Ekspresi gejala umumnya terjadi pada akhir musim pertunasan utama dan pertunasan di luar musim. Seiring

dengan perkembangan umur tanaman, penyebaran penyakit berlanjut membentuk agregasi-agregasi baru yang bersifat random.

Penggunaan Model Kuantitatif untuk Memprediksi Laju Perkembangan Penyakit

Mekanisme penularan bakteri penyebab HLB sangat kompleks dan perkembangan penyakit berlangsung sangat cepat. Untuk menyederhanakan proses-proses dalam fenomena yang kompleks ini dikembangkan analisis menggunakan model dinamis dengan menggunakan variabel-variabel yang mempunyai subskrip waktu berbeda, yang secara matematis dinotasikan sebagai dy/dt . Tahap pertama dalam memahami epidemi penyakit HLB yaitu mendapatkan model yang dapat digunakan untuk menggambarkan pola perkembangan dy/dt . Kecepatan perkembangan absolut dimodelkan sebagai fungsi waktu (t), peubah acak (intensitas serangan penyakit y , jumlah vektor, lingkungan), dan parameter-parameter tidak diketahui yang dapat diestimasi melalui data. Nilai serangan dibedakan menjadi proporsi tanaman yang terserang (persentase serangan) dan proporsi serangan dalam individu tanaman (intensitas serangan).

Berdasarkan hasil penelitian ini, hubungan antara laju perkembangan penyakit dan komponen-komponen yang berpengaruh terhadap kecepatan perkembangan penyakit digambarkan sebagai fungsi $Y_t = Y_0 e^{rt}$ di mana Y_t = tingkat serangan penyakit (%) pada waktu ke- t ; Y_0 = tingkat serangan penyakit (%) pada awal epidemi; e = natural logaritma; r = koefisien laju kecepatan perkembangan penyakit; t = waktu (van der Plank 1963). Model generik ini kemudian digunakan untuk mengetahui kecenderungan laju perkembangan penyakit. Hasilnya memperlihatkan bahwa pola polinomial paling sesuai ($R^2 = 0,9544$) menggambarkan laju perkembangan penyakit dibanding pola eksponensial ($R^2 = 0,8966$) dan logistik ($R^2 = 0,7868$). Selanjutnya, laju kecepatan perkembangan penyakit dapat diprediksi, komponen pengendali penyakit dapat diformulasikan dan sebagai implikasinya dapat digunakan untuk mengambil keputusan pengendalian HLB yang efektif dan rasional (Nurhadi 2012). Dengan memanfaatkan model epidemi, strategi pengendalian penyakit diformulasikan sebagai komponen-komponen utama penyusun strategi pengelolaan HLB (Tabel 1), yang kemudian dirancang tahapan implementasinya yang sistematis, mudah diterapkan, dan rasional.

Tabel 1. Komponen pengelolaan dalam penyusunan strategi pengendalian penyakit HLB.

Komponen epidemi penyakit HLB	Kontribusi terhadap komponen epidemi	
	X_0	r
Pemetaan wilayah target pengembangan		
Pemilihan zona agroekologi yang sesuai untuk pengembangan jeruk	√	
Pemilihan lokasi kebun dalam area pengembangan	√	
Pola penyebaran kebun dalam area pengembangan	√	
Level endemisitas penyakit dalam kebun di area pengembangan	√	
Eleminasi, sanitasi, dan pengelolaan sumber inokulum		
Penanaman bibit bebas penyakit (area baru)	√	
Eleminasi sumber penular penyakit sejak dini dan penanaman kembali dengan bibit bebas penyakit (<i>existing area</i>)	√	√
Sanitasi kebun dari tanaman inang penyakit		√
Pengendalian vektor <i>D. citri</i>		
Pengembangan teknik pemantauan (monitoring) fluktuasi populasi vektor (pola pertunasan tanaman sebagai komponen peramalan fluktuasi populasi vektor, penggunaan <i>mouth aspirator</i> , perangkap kuning pijar, dan mesin <i>D-vac</i>).		√
Penyebaran musuh alami pada situasi target		√
Penanaman tanaman <i>border</i> (pagar)		√
Eleminasi tanaman inang alternatif		√
Penggunaan insektisida		√

ARAH DAN STRATEGI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PENGENDALIAN PENYAKIT HLB

Arah Pengembangan

Arah pengembangan teknologi pengendalian HLB di Indonesia difokuskan pada upaya mendukung dua dari empat sasaran program Kementan, yaitu (1) peningkatan nilai tambah, daya saing, dan ekspor; serta (2) peningkatan kesejahteraan petani (Kementan 2014) yang diimplementasikan melalui PKAH (Ditjen Hortikultura 2008). Dalam kurun waktu 5 tahun, implementasi program belum menunjukkan hasil sesuai yang direncanakan. Produktivitas, luas area, dan produksi nasional jeruk masih rendah, bahkan cenderung menurun sejak sepuluh tahun terakhir. Sementara volume dan nilai impor menunjukkan kenaikan yang nyata.

Penyakit HLB masih prevalen dan endemis di berbagai daerah sentra pengembangan dan menjadi ancaman serius bagi keberhasilan budi daya jeruk. Berdasarkan urgensi, keseriusan masalah, dan kompleksitas penyakit HLB, strategi pengendalian penyakit HLB penting diterapkan di kawasan-kawasan PKAH.

Strategi Pengembangan

Badan Litbang Pertanian sebagai penghasil inovasi teknologi pertanian memainkan peran penting dalam

mendukung tercapainya sasaran PKAH. Kebijakan dan strategi Kementan yang perlu mendapat dukungan yaitu (1) pengembangan kawasan dan penataan kebun, (2) perbaikan mutu produk, (3) penguatan sistem perlindungan tanaman, (4) penguatan sistem perbenihan, (5) penguatan kelembagaan, (6) penanganan pascapanen, (7) akselerasi akses pembiayaan dan kemitraan, dan (8) pemasyarakatan produk hortikultura.

Penelitian dan pengembangan merupakan aspek terpenting dalam rancang bangun PKAH. Kegiatan litbang diarahkan untuk mendukung produk yang berdaya saing dari aspek teknologi produksi, panen dan pascapanen, serta pengolahan. Peran dan dukungan lembaga penelitian dan perguruan tinggi lebih diarahkan untuk menjawab dan mengantisipasi kebutuhan petani akan teknologi dan lebih ditekankan pada pendampingan dalam rangka alih teknologi serta sosialisasi hasil penelitian secara langsung.

Sampai saat ini, pemahaman petani terhadap penyakit dan penguasaan teknologi pengendalian HLB masih sangat kurang. Bakterisida untuk pengendalian bakteri penyebab HLB juga belum ditemukan. Namun, hasil kajian epidemi HLB selama satu dekade terakhir memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai biologi dan epidemi penyebab penyakit, penyebaran penyakit, intensitas penyakit, dan pengendalian penyakit HLB.

Perangkat yang ideal untuk pengendalian penyakit HLB secara benar belum terbangun. Kenyataan ini mendorong perlunya upaya percepatan informasi dan teknologi pengelolaan penyakit HLB melalui (1) penguatan kelembagaan petani (kelompok tani/gabungan kelompok tani), (2) pengembangan sistem monitoring berbasis komputer untuk pemantauan serta peringatan dan penanganan dini, (3) penyempurnaan sistem produksi dan distribusi bibit jeruk bebas penyakit, dan (4) pengembangan *point of care* sebagai pusat pemantauan dan penanganan dini penyakit HLB.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

Kesimpulan

1. Perkembangan produktivitas jeruk nasional selama 40 tahun merepresentasikan keberhasilan program pengembangan jeruk sejak tahun 1970. Produktivitas jeruk meningkat dari rata-rata 5,7 t/ha pada periode 1970-1994 menjadi 35 t/ha pada periode 1995-2012. Sementara produksi naik dari rata-rata 500 ribu ton selama periode 1970-2002 menjadi sekitar 2,5 juta ton pada periode 2003-2007.
2. Luas panen jeruk nasional berfluktuasi selama periode 1970-2012, ditengarai sebagai akibat masih tingginya angka kematian tanaman. Produksi jeruk di 33 provinsi pada periode 2008-2012 mengalami penurunan kecuali Jawa Timur, Bali, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Selatan. Penyakit HLB masih prevalen dan menjadi ancaman serius terhadap keberlanjutan pengusahaan jeruk di berbagai provinsi.
3. Arah pengembangan teknologi pengendalian HLB difokuskan pada upaya peningkatan nilai tambah, daya saing dan ekspor yang diimplementasikan melalui Pengembangan Kawasan Agribisnis Hortikultura (PKAH) di 22 lokasi pengembangan. Berdasarkan urgensi, keseriusan masalah, dan kompleksitas penyakit HLB, pengendalian penyakit HLB penting diterapkan di kawasan-kawasan PKAH.
4. Hasil penelitian epidemiologi penyakit HLB telah mendokumentasikan komponen yang berperan penting dalam pengelolaan penyakit. Informasi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih komprehensif dalam menyusun dan mengimplementasikan strategi pengelolaan penyakit yang mudah diterapkan, logis, dan efektif.

Implikasi Kebijakan

1. Program pengembangan jeruk di masa mendatang perlu dilengkapi dengan peta endemisitas penyakit sebagai kelengkapan peta AEZ, sebagai dasar penentuan lokasi pengembangan jeruk.
2. Peran Badan Litbang Pertanian dalam mendukung pencapaian sasaran program Kementan dapat diakselerasi, dipantau dan dievaluasi melalui percepatan adopsi teknologi dengan meningkatkan peran dan sinergi antarinstansi serta kerja sama dengan pemerintah daerah dan penyuluh.
3. Perlunya mengimplementasikan secara lebih efektif Peraturan Menteri Pertanian No. 39 Tahun 2006 tentang Produksi, Sertifikasi dan Peredaran Benih Bina. Pengawasan dan pengawasan yang lebih ketat perlu dilakukan, khususnya yang terkait dengan pengelolaan bibit jeruk bebas penyakit di Blok Penggandaan Mata Tempel (BPMT) dan penangkar di lokasi-lokasi PKAH.
4. Perlunya penguatan kapasitas kelembagaan guna mendukung pengembangan sistem dan manajemen teknologi informasi dan komunikasi, sistem organisasi dan manajemen kelembagaan; pengembangan dan manajemen SDM; pengembangan sistem dan manajemen aset kelembagaan; dan pengembangan sistem dan manajemen keuangan kelembagaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aubert, B., A. Sabine, P. Geslin, and L. Picardi. 1984. Epidemiology of the greening disease in Reunion Island before and after the biological control of the African and Asian citrus psyllas. *Proceedings of the International Society of Citriculture* 1: 440-442.
- Aubert, B. 1990. Integrated activities for the control of huanglongbin-greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. In B. Aubert, S. Tontyaporn, and D. Buangsuwon (Eds.). *Rehabilitation of Citrus Industry in the Asia Pacific Region. Proceedings of Asia Pacific International Conference on Citriculture*, Chiang Mai, Thailand, 4-10 February 1990. UNDP FAO, Rome. pp. 133-144.
- Bassanezi, R.B., L.A. Busato, A. Bergamin Filho, L. Amorim, and T.R. Gottwald. 2005. Preliminary spatial pattern analysis of Huanglongbing in São Paulo, Brazil. pp. 341-355. In M.E. Hilf, N. Duran-Vila, and M.A. Rocha-Peña (Eds.) *Proc. 16th Conference of International Organization of Citrus Virologists*, Univ. California, Riverside.
- Bassanezi, R.B., A. Bergamin Filho, L. Amorim, and T.R. Gottwald. 2006. Epidemiology of huanglongbing in São Paulo. *Proceedings of Huanglongbing Greening International Workshop*, Ribeirão Preto. p. 37.

- Bassanezi, R.B. and R.C. Bassanezi. 2008. An approach to model the impact of Huanglongbing on citrus yield. Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing, Orlando. pp. 301-304.
- Bove, J.M., E. Dwiastuti, A. Trivartno, A. Supriyanto, E. Nasli, P. Becu, and M. Garnier. 2000. Incidence of huanglongbin and citrus rehabilitation in North Bali, Indonesia. Proceedings of the 14th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. IOCV, Riverside. pp. 200-206.
- Coletta-Filho, H.D., E.F. Carlos, K.C.S. Alves, M.A.R. Pereira R.L. Boscariol-Camargo, A.A. De Souza, and M.A. Machado. 2009. In planta multiplication and graft transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* revealed by real-time PCR. Eur. J. Plant Pathol. 126(1): 53-60.
- Dinas Pertanian Kabupaten Luwu Utara. 2003. Data luas perkembangan serangan penyakit CVPD di Luwu Utara. Laporan Tahunan Diperta Luwu Utara.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2008. Membangun Hortikultura Berdasarkan Enam Pilar Pengembangan. Direktorat Jenderal Hortikultura, Deptan. 17 hlm.
- Gatineau, F., H.T. Loc, N.D. Tuyen, T.M. Tuan, N.T. Hien, and N.T.N. Truc. 2006. Effects of two insecticide practices on population dynamics of *Diaphorina citri* and huanglongbing incidence in south Vietnam. Proceedings of Huanglongbing-Greening International Workshop, Ribeirão Preto, Brazil. p. 110.
- Gottwald, T.R., B. Aubert, and X.Z. Zhao. 1989. Preliminary analysis of citrus greening (huanglungbin) of China and French Reunion Island. Phytopathology 79: 687-693.
- Gottwald, T.R., B. Aubert, and K.L. Huang. 1991. Spatial pattern analysis of citrus greening in Shantou, China. pp. 421-427. In R.H. Brlansky, R.F. Lee, and L.W. Timmer (Eds.) Proceedings of the 11th Conference of the International Organization of Citrus Virologist, Univ. California, Riverside.
- Gottwald, T.R., J.V. da Graça, and R.B. Bassanezi. 2007a. Citrus huanglongbing: The pathogen, its epidemiology, and impact. Plant Healthy Progress. doi:10.1094/PHP-2007-0906-01-RV.
- Gottwald, T.R., M. Irey, T. Gast, S. Parnell, E. Taylor, and M.E. Hilf. 2007b. Spatio-temporal analysis of an HLB epidemic in Florida and implications for future spread. In: Proceedings of the 17th Conference of the International Organization Citrus Virologists, Univ. California, Riverside.
- Gottwald, T.R. 2010. Current Epidemiological Understanding of Citrus Huanglongbing. Annu. Rev. Phytopathol. 2010. 48: 119-39.
- Irey, M.S., T. Gast, and T.R. Gottwald. 2006. Comparison of visual assessment and polymerase chain reaction assay testing to estimate the incidence of the huanglongbing pathogen in commercial Florida citrus. Proceedings of Florida State Horticultural Society 119: 89-93.
- Jagoueix, S., J.M. Bove, and M. Garnier. 1994. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the alpha subdivision of the Proteobacteria. Int. J. Syst. Bacteriol. 44: 379-386.
- Jagoueix, S., J.M. Bove, and M. Garnier. 1996. PCR detection of the two *Candidatus Liberobacter* species associated with greening disease of citrus. Mol. Cell. Probes 10: 43-50.
- Kementerian Pertanian. 2014. Data Produksi Buah. <http://data.go.id/organization/kementerian-pertanian>.
- Madden, L.V., R. Loui, J.J. Abt, and K. Knoke. 1982. Evaluation of test for randomness of infected plants. Phytopathology 72(2): 195-198.
- Madden L.V. and C.L. Campbell. 1986. Descriptions of virus disease epidemics in time and space. pp. 273-293. In G.D. Mc. Lean, R.G. Garrett, and W.G. Ruesink (Eds.). Plant Virus Epidemics. Acad. Press, Australia.
- Nurhadi. 1992. Preliminary study on the spread patterns of CVPD disease in the field. Proceedings of Asian Citrus Rehabilitation Conference, AARD/CRIH, FAO-UNDP. 12 pp.
- Nurhadi. 1993. Aspek epidemi penyakit CVPD. 1. Prediksi kecepatan perkembangan penyakit dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan perkembangan. Penelitian Hortikultura 5(2): 72-85.
- Nurhadi, A. Supriyanto, and A. Muharam. 1994. Report of CVPD Mapping on the Districts of Tejakula (Buleleng) and Kubu (Karangasem). Ministry of Public Works and The Commission of European Communities. Project Management Unit, Singaraja. 29 pp.
- Nurhadi. 2012. Epidemi Penyakit Huanglongbing (HLB) dan Implikasinya Terhadap Manajemen Penyakit. hlm. 217-239. Dalam Supriyanto, A., Hardiyanto, B. Murdolelono, A. Pohan dan S. Prabawati (Ed.). Prosiding worrkshop Rencana Aksi Rehabilitasi Agribisnis Jeruk Keprok SoE yang Berkelanjutan Untuk Substitusi Impor di Nusa Tenggara Timur.
- Roistacher, C.N. 1996. The economics of living with citrus diseases: huanglongbing (greening) in Thailand. pp. 279-285. In P. Moreno, J.V. da Graça, and R.K. Yokomi (Eds.). Proceedings of the 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. IOCV, Riverside, CA.
- Salibe, A. and R.E. Cortez. 1966. Studies on the leaf mottling disease of citrus in the Philippines. FAO Plant. Prot. Bull. 14: 141-144.
- Supriyanto, A. and A.M. Whittle. 1991. Citrus rehabilitation in Indonesia. Proc. 11th Conference of International Organization of Citrus Virologists. IOCV, Riverside, CA. pp. 409-413.
- Supriyanto, A. 2008. Pengendalian penyakit CVPD di Kabupaten Sambas-Kalimantan Barat. Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Tlekung, Batu. <http://balitjestro.litbang.deptan.go.id/id/478.html>.
- Supriyanto, A., Mutia, E.D., A. Triwirtno, Otto, E. Dan Suhariyono. 2010a. Pengelolaan Terpadu Kebun Jeruk Sehat: Strategi Pengendalian Penyakit CVPD. Panduan Teknis Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika. ISBN 979-98484-0-3. Seri 01: 44 hlm.
- Supriyanto, A. 2010b. Pengkajian percepatan difusi teknologi pengendalian penyakit cvpd untuk meningkatkan produksi jeruk (15%) di kabupaten Sambas Kalimantan Barat. <http://km.ristek.go.id/index.php/klasifikasi/detail/20808/penkajian%20percepatan%20difusi%20teknologi%20sambas%20kalimantan%20barat>.
- Teixeira, D.C., J.L. Danet, S. Eveillard, E.C. Martins, W.C. de Jesus Jr., P.T. Yamamoto, S.A. Lopes, R. Beozzo Bassanezi, A. Juliano Ayres, C. Saillard, and J.M. Bove. 2005. Citrus huanglongbing in Sao Paulo State, Brazil: PCR detection of the '*Candidatus Liberibacter* species associated with the disease. Mol. Cell. Probes. 19: 173-179.
- Teixeira, D.C., N.A. Wulff, E.C. Martins, E.W. Kitajima, R.B. Bassanezi, A.J. Ayres, S. Eveillard, C. Saillard, and J.M. Bové. 2008. A phytoplasma closely related to the pigeon pea witches'

- broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in the State of São Paulo, Brazil. *Phytopathology* 98: 977-984.
- Tirtawidjaja, S., T. Hadiwidjaja, and A.M. Lasheen. 1965. Citrus vein phloem degeneration virus, a possible cause of citrus chlorosis in Java. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 86: 235-243.
- Tirtawidjaja, S. 1980. Citrus virus research in Indonesia. p. 129-132. *In Proc. 8th Conf. IOCV, IOCV, Riverside, CA.*
- Van der Plank, J.E. 1963. *Plant Diseases: epidemics and control.* Academic Press, New York. 349 p.