

PENYAKIT LAYU *Ralstonia solanacearum* PADA KACANG TANAH DAN STRATEGI PENGENDALIAN RAMAH LINGKUNGAN

Mudji Rahayu¹

ABSTRAK

Penyakit layu yang disebabkan bakteri *Ralstonia solanacearum* adalah suatu penyakit penting karena menjadi kendala produksi kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.), di seluruh dunia meliputi daerah tropis dan subtropis. Penyakit tersebut menyebabkan kerugian hasil antara 15–35%, bahkan mencapai 65% pada kacang tanah yang rentan penyakit. Di Indonesia, penyebaran penyakit meliputi Provinsi Sumatera Utara, Sumatera Barat, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Sulawesi Utara dan Sulawesi Selatan. Gejala layu biasanya mulai terlihat saat tanaman umur sekitar tiga minggu setelah tanam. Infeksi bakteri menyebabkan batang dan daun layu secara tiba-tiba, dan daun tetap berwarna hijau.

Penyakit layu pada kacang tanah selama ini belum dikendalikan secara kimia, walaupun bakterisida yang efektif menekan *R. solanacearum* telah diidentifikasi dan mudah diperoleh secara komersial. Strategi lain untuk pengendaliannya adalah pengendalian non-kimia menggunakan varietas tahan penyakit, benih sehat, budidaya sehat, pengendalian hayati dan pengendalian nabati. Strategi pengendalian tersebut bersifat ramah lingkungan karena komponen pengendalian yang diterapkan tidak berdampak negatif yaitu tanpa residu pencemaran lingkungan. Upaya mendapatkan varietas tahan penyakit layu telah dilakukan pemulia kacang tanah secara intensif selama ini, dan varietas unggul baru yang dilepas sebagian besar dilengkapi dengan karakter tahan. Varietas tahan sangat sesuai untuk mengendalikan penyakit di suatu areal endemik, dan cara tersebut praktis mudah diadopsi oleh petani. Beberapa hasil penelitian budidaya sehat, juga menunjukkan pengaruh positif menekan penyakit layu bakteri sehingga dapat digunakan sebagai komponen pengendaliannya. Agens hayati seperti bakteri antagonis *Pseudomonas fluorescens* (Pf) yang berasal dari rizosfer kacang-kacangan sangat potensial sebagai pengendali hayati karena mampu menekan *R. solanacearum*. Demikian juga ekstrak nabati yang berasal dari sumber daya alam lokal seperti tanaman serai wangi dan akar rumput teki, sangat potensial

untuk mengendalikan penyakit layu bakteri pada kacang tanah.

Kata kunci: kacang tanah, penyakit layu bakteri, *Ralstonia solanacearum*, strategi pengendalian ramah lingkungan.

ABSTRACT

Bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* is an important disease constraint of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in tropical and subtropical all over the world. It causing yield losses of 15–35%, and may reach over 65% in groundnut susceptible varieties. In Indonesia, the disease have been found in some areas in North and West Sumatra, Lampung, West Java, Central Java, East Java, Bali, North and South Sulawesi. The wilt symptoms can be observed three weeks after sowing. Infection of plants results in rapid wilting of stems and foliage, while leaves retain their green color.

There is no desirable method for chemical control of groundnut wilt, although some bactericides that effective against *R. solanacearum* have been identified and available commercially. Other control strategy by non-chemically include resistant varieties, healthy seeds, healthy cultivation, biological control, and botanical control have been reduced the disease. Other disease control strategies which are environment-friendly are resistant variety, and the use of bio control agents. Resistance variety is one of the most effective means of controlling groundnut wilt and effective to control bacterial wilt in endemic area and this method could be adopted by farmer easily. Biocontrol agents *i.e.* antagonistic bacteria *Pseudomonas fluorescens* (Pf) isolated from legumes rhizosphere showed inhibited effect against bacterial wilt *R. solanacearum*. The plants extract of some plants such as lemon grass and nut sedge roots, also showed suppressive effect against bacterial wilt of groundnut.

Key words: groundnut, bacterial wilt disease, *Ralstonia solanacearum*, environment-friendly disease control strategy.

PENDAHULUAN

Penyakit layu yang disebabkan bakteri *R. solanacearum* pada kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.), sangat merugikan karena menurunkan kuantitas dan kualitas hasil panen. Penyakit tersebut tersebar di seluruh dunia di antaranya terdapat di Australia, Fiji, Afrika

¹) Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang Jl. Raya Kendalpayak, km 8 Kotak Pos 66, Malang 65101 email: muji_sings@yahoo.com

Naskah diterima tanggal 7 Oktober 2011; disetujui untuk diterbitkan tanggal 10 September 2012.

Diterbitkan di Buletin Palawija No. 24: 69–81 (2012).

meliputi Lybia, Uganda, Somalia, Ethiopia, Zimbabwe, dan Afrika Selatan. Di Asia yaitu China, Malaysia, Vietnam, Indonesia, Filipina, Thailand, Sri Lanka, Papua New Guinea, Taiwan, Jepang, dan India. Kerugian hasil kacang tanah akibat penyakit layu sebesar 10–30%, bahkan mencapai 60% pada tingkat serangan parah seperti terjadi Vietnam dan Indonesia. Di China, kehilangan hasil kacang tanah akibat penyakit layu diestimasi mencapai 50.000 ton dalam setiap tahun (Mehan *et al.* 1994; Boshou 1999). Nilai kerusakan kacang tanah akibat penyakit layu dipengaruhi beberapa faktor yaitu keganasan patogen, kesesuaian lingkungan seperti iklim lokal, tipe tanah, jenis varietas, serta teknis budidaya (Elphinstones 2005).

Penyakit layu bakteri biasanya terjadi pada musim kemarau awal atau akhir musim hujan, dengan kondisi lahan masih lembab dan cuaca bersuhu hangat. Bakteri menginfeksi melalui luka mikro pada perakaran, selanjutnya menyebar dan berkembangbiak di dalam jaringan pembuluh batang. Selama proses biologisnya bakteri menghasilkan beberapa jenis enzim seperti pektinase, selulase, protease, serta menghasilkan ekso polisakarida (EPS). EPS adalah senyawa ekstraseluler dengan berat molekul tinggi, yang terdeposit dalam jaringan pembuluh dan menyumbat aliran air dari akar ke bagian atas tanaman. Penyumbatan tersebut menimbulkan gejala layu (Hayward 1995). Pada tingkat infeksi ringan, penyakit layu biasanya hanya nampak di sebagian cabang. Pada tingkat serangan parah, seluruh batang akan layu sistemik, tanaman mengering, berwarna kecoklatan dan akhirnya mati. Tanaman kacang tanah yang sakit biasanya tidak dapat sembuh (Mehan *et al.* 1994).

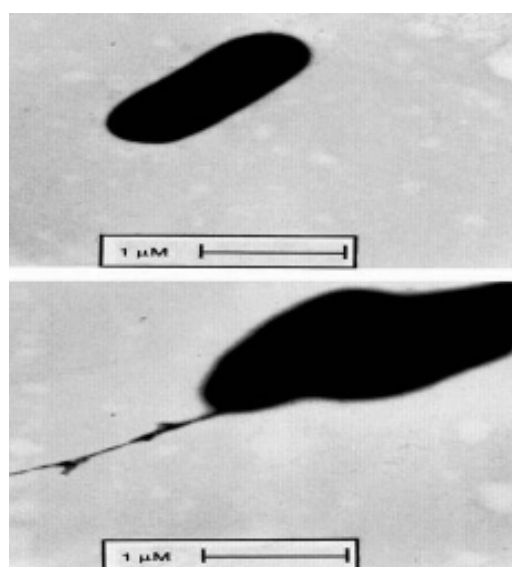
Pengendalian penyakit layu pada kacang tanah belum dilakukan secara kimia, walaupun cara tersebut andal dan bakterisida efektif tersedia secara komersial. Bakterisida kurang populer dalam usahatani kacang tanah di Indonesia karena harganya sangat mahal. Dalam konsep pengendalian hama penyakit terpadu PHT, penggunaan pestisida kimia dikurangi dan disubstitusi dengan alternatif pengendalian non-kimiawi. Pengendalian non-kimiawi terdiri beberapa komponen teknologi yang mudah diintegrasikan dalam sistem budidaya tanaman, seperti pemilihan jenis varietas tahan penyakit, teknis budidaya tanaman sehat, rotasi tanaman; serta pengendalian hayati menggunakan mikroba antagonis dan pengendalian nabati menggunakan ekstrak tumbuhan. Strategi

pengendalian ramah lingkungan tersebut diteliti para pakar perlindungan tanaman untuk mengendalikan *R. solanacearum* pada beragam komoditas termasuk kacang tanah. Di dalam tulisan ini diulas biologi penyakit layu bakteri pada kacang tanah dan strategi pengendaliannya yang ramah lingkungan.

PATOGEN DAN DAUR PENYAKIT LAYU

Identitas Patogen

Penyebab penyakit layu adalah bakteri patogenis *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) Yabuuchi *et al.* (1995). Nama bakteri tersebut mengalami perubahan beberapa kali yaitu: *Bacillus solanacearum* Smith (1896), *Burkholderia solanacearum* Smith (1896) Yabuuchi dan Arakawa (1993), *Pseudomonas solanacearum* Smith (1896) Smith (1914), dan nama mutakhir adalah *Ralstonia solanacearum* Smith (1896) Yabuuchi *et al.* (1995). *R. solanacearum* tergolong bakteri gram negatif, hidup aerob, morfologi sel berbentuk batang pendek, sel tunggal berukuran 0,5–0,7 x 1,5–2,0 μm , dan tidak membentuk spora. Bakteri dapat bergerak dengan menggunakan flagela tunggal atau lebih yang terletak pada salah satu ujung sel polar (Gambar 1). Tans-Kersten *et al.* (2001) menyatakan bahwa dengan flagella tersebut bakteri mampu berenang atau bergerak cepat ke arah rangsangan inang, dan kecepatan tersebut sangat menentukan virulensi *R. solanacearum* di awal invasi



Gambar 1. Morfologi sel *Ralstonia solanacearum* strain K60.

(Sumber: Tans-Kersten *et al.* 2001).

dan kolonisasinya pada inang. Bakteri mampu hidup pada suhu 25–35°C (Anitha *et al.* 2003).

Identitas *R. solanacearum* dibedakan menjadi dua kelompok berdasarkan sistem klasifikasi ras dan biovar. Sistem ras, pengelompokan didasarkan pada ragam jenis tanaman inang dan dibedakan lima jenis ras bakteri yang patogenis. Ras 1 memiliki inang famili solanaceae (terung-terungan) dan inang bukan solanaceae seperti kacang tanah, buncis, kecipir, bunga matahari, dahlia, lili, anturium, dan strawberi (EPPO/CABI 2006). Ras 2 menyerang pisang triploid, dan *Heliconia* sp. Ras 3 pada umumnya ditemukan di dataran tinggi bersuhu dingin; terutama menyerang famili solanaceae seperti kentang, tomat, dan tanaman hias geranium. Ras 4 menyerang jahe, dan ras 5 menyerang tanaman murbei. Secara geografis, penyebaran ras 3 sangat luas meliputi seluruh dunia, menyerang beragam jenis inang meliputi tanaman budidaya dan bahkan pada tumbuhan liar (Denny dan Hayward 2001; Tahat dan Sijam 2010). Dalam sistem biovar, identitas bakteri dibedakan melalui uji reaksi biokimia berdasarkan kemampuannya menggunakan karbohidrat dan oksidasi alkohol. Dalam sistem biovar, *R. solanacearum* dibedakan menjadi 5 biovar (Bv 1 hingga Bv 5).

Proses Infeksi dan Gejala Penyakit

Untuk masuk ke dalam sel perakaran, bakteri membutuhkan jalur khusus yaitu luka dan lubang alami pada perakaran. Selanjutnya bakteri menyebar sistemik dan berkoloni dalam pembuluh silem. Vasse *et al.* (1995) melalui pengamatan mikroskopis pada tomat hidroponik, menyatakan bahwa proses infeksi *R. solanacearum* melalui tiga tahap yaitu: 1) kolonisasi bakteri di permukaan akar, 2) infeksi bakteri di bagian korteks, dan 3) infeksi pada sel parenkim diikuti penyebaran bakteri dalam pembuluh silem. Dari pembuluh silem bakteri menyebar sistemik ke bagian atas yaitu batang dan daun. Dalam proses infeksinya, bakteri mengeluarkan beberapa jenis senyawa ekstraseluler dengan berat molekul tinggi seperti poligakturonase, endoglukanase, dan senyawa toksin. Senyawa ekstraseluler tersebut adalah faktor penentu virulensi atau keganasan *R. solanacearum* (Saile *et al.* 1997; Huang dan Allen 2000). Deposit senyawa eksopolisakarida yang berlebihan di dalam pembuluh silem akan menyumbat aliran air dari tanah ke seluruh tanaman sehingga timbul gejala layu. Gejala penyakit layu pada kacang tanah dibedakan menjadi dua

berdasarkan gejala luar pada tanaman (eksternal) dan gejala kerusakan jaringan pembuluh (internal).

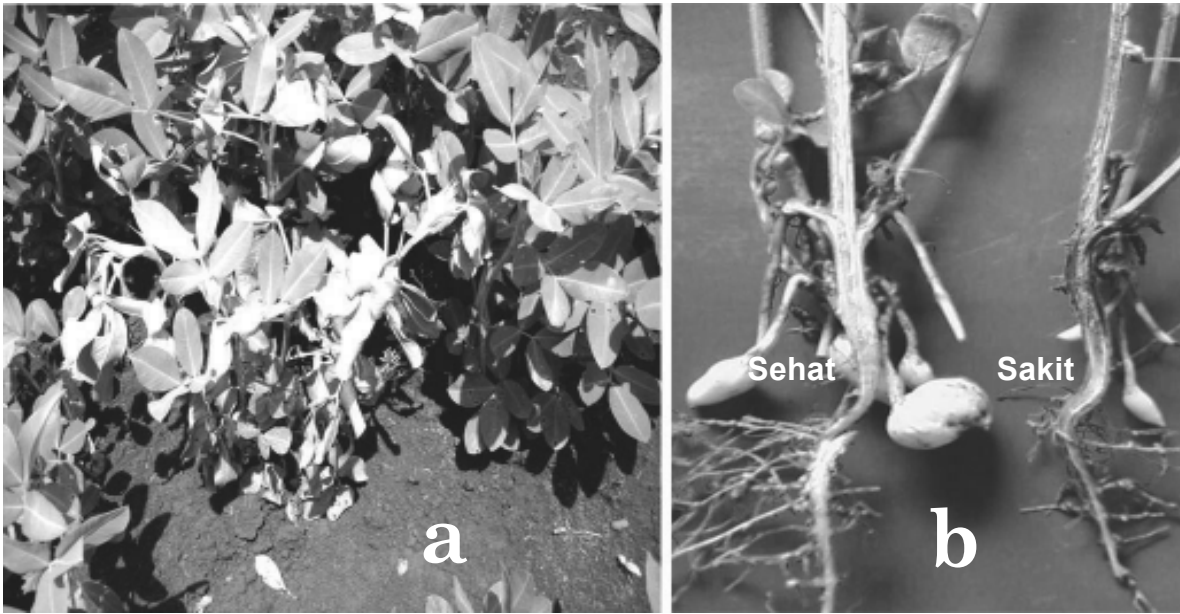
1. Gejala pada tanaman (eksternal)

Kelayuan tanaman secara tiba-tiba adalah gejala khas serangan *R. solanacearum*. Pada awalnya gejala layu hanya terdapat di sebagian cabang dengan daun tetap berwarna hijau (Gambar 2a). Setelah bakteri berkembang sistemik ke seluruh tanaman, daun layu berubah menjadi kusam mirip bekas tersiram air panas, cabang dan batang menjadi lunglai dan layu secara permanen, tanaman berwarna kecoklatan, mengering dan akhirnya mati. Apabila tanaman terserang pada umur tua, proses kelayuan terjadi secara bertahap hanya sebagian cabang menjadi layu. Pada intensitas penyakit ringan, tanaman masih mampu berproduksi namun terjadi penurunan kualitas polong yaitu di bagian kulit polong terdapat urat-urat berwarna kecoklatan karena adanya bakteri dalam jaringan kulit (Mehan *et al.*, 1994).

2. Gejala pada jaringan pembuluh batang (internal)

Kerusakan internal pada pembuluh batang kacang tanah mudah diamati secara visual pada irisan membujur bagian batang yang sakit. Di bagian empulur dan kayu, terjadi kerusakan warna atau diskolorasi yaitu menjadi kecoklatan. Pada pembuluh batang tanaman sehat, tidak terdapat gejala diskolorasi. (Gambar 2b). Diskolorasi biasanya disertai tekstur lunak dan basah, dan kondisi demikian adalah penanda adanya deposit senyawa ekstraseluler yang diekskresikan bakteri (Mehan *et al.* 1994). Senyawa ekstraseluler dengan berat molekul tinggi seperti poligakturonase, endoglukanase, dan toksin adalah faktor penentu virulensi atau keganasan *R. solanacearum* (Saile *et al.* 1997; Huang dan Allen 2000).

Keberadaan bakteri di dalam jaringan batang, dapat dideteksi secara cepat di lapangan dengan cara merendam irisan pangkal batang dalam air jernih selama beberapa menit. Dari permukaan irisan batang akan keluar eksudat berupa lendir berwarna putih seperti kabut tipis yang larut dalam air. Eksudat tersebut mengandung massa bakteri *R. solanacearum*. Lendir tersebut dapat digunakan sebagai pedoman untuk membedakan antara gejala layu akibat infeksi bakteri dengan layu akibat infeksi jamur.



Gejala tanaman layu (eksternal)

Perubahan warna jaringan pembuluh (internal)

Gambar 2. Gejala eksternal dan internal penyakit layu bakteri pada kacang tanah.

Ragam Tanaman Inang

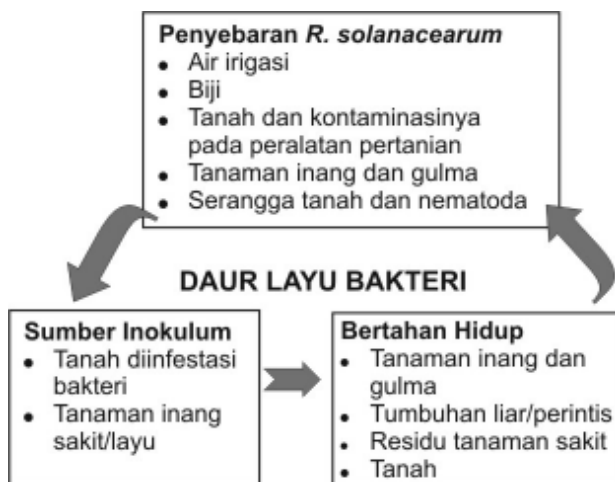
R. solanacearum dapat menyerang 450 jenis inang (Mehan *et al.* 1994; Hayward 2000). Terung, kentang, tomat, pisang, kacang tanah, tembakau, dan cabai adalah inang utama (Semangun 1993; Supriadi 1999). Selain itu bakteri mampu menyerang tanaman pupuk hijau yaitu turi (Machmud dan Hayward 1992), kencur (Adhi *et al.* 1998), jahe (Mulya *et al.* 2000; Supriadi 2000), tanaman aromatik nilam (Asman *et al.* 1998; Nasrun *et al.* 2007), dan

kemangi (Supriadi dan Hadipoentyanti 2000). Gulma yang biasanya tumbuh bersama kacang tanah seperti *Ageratum conyzoides*, *Crotalaria juncea*, *Crassocephalum crepidioides*, dan *Croton hirtus*, juga berperan sebagai inang alternatif (Mehan *et al.* 1994; Denny 2000).

Jenis inang yang sangat beragam tersebut berpengaruh pada munculnya strain baru *R. solanacearum*, dan hal itu menjadi kendala dalam pengendaliannya. Hayward (1991) menyatakan bahwa berdasarkan kisaran jenis inangnya *R. solanacearum* dikelompokkan menjadi lima ras patogenik, dan penyebab layu pada kacang tanah adalah strain dari ras 1.

Daur Penyakit

R. solanacearum termasuk bakteri tular tanah, mampu bergerak aktif di lapisan tipis air tanah. Penyebarannya secara pasif terjadi melalui beberapa jenis media yaitu air pengairan, tanah dan kontaminasinya pada peralatan pertanian, melalui serangga tanah dan nematoda, melalui residu inang yang digunakan sebagai pakan ternak, serta melalui biji. Di dalam tanah, bakteri mampu bertahan hidup lama terutama di lingkungan yang kondusif seperti pada pola tanam intensif dengan jenis inang rentan. Dinyatakan oleh Machmud dan Hayward (1992) bahwa *R. solanacearum* dapat menginfeksi secara laten dan berkembang biak dalam



Gambar 3. Daur penyakit layu *R. solanacearum* pada kacang tanah

Sumber: Priou *et al.* 2011, dimodifikasi.

tanaman inang tanpa menimbulkan gejala layu. Daur penyakit layu pada kacang tanah ditampilkan dalam Gambar 3.

R. solanacearum dapat menular melalui benih kacang tanah dengan persentase penularan 4–8% (Machmud dan Middleton 1990). Dinyatakan juga oleh Zeng *et al.* (1994) bahwa infeksi bakteri tersebut pada kacang tanah, sebanyak 4% biji hasil produksinya membawa penyakit. Penyebaran penyakit melalui benih merupakan modus penyebaran pasif dari bakteri layu dan sangat dipengaruhi oleh aktivitas distribusi benih. Distribusi benih antarlokasi ataupun antarnegara, akan seiring dengan penyebaran penyakit ke wilayah lebih luas. Hal demikian akan sangat merugikan karena menjadi penghambat dalam perdagangan benih kacang tanah skala nasional ataupun internasional.

STRATEGI PENGENDALIAN RAMAH LINGKUNGAN

Pengendalian penyakit layu pada kacang tanah belum dilakukan secara kimia, walaupun bakterisida yang efektif menekan *R. solanacearum* telah diidentifikasi dan tersedia secara komersial di pasar. Untuk menekan penyakit diperlukan beberapa komponen pengendalian yang dipadukan dalam suatu strategi pengendalian, meliputi tindakan yang bersifat preventif dan kuratif. Tindakan preventif sebelum bakteri menginfeksi terutama melalui pemilihan varietas tahan penyakit, benih sehat, dan budidaya tanaman sehat. Tindakan preventif tersebut bersifat ramah lingkungan, karena tidak berdampak negatif terhadap organisme bukan sasaran ataupun lingkungan hidup. Beberapa komponen pengendalian ramah lingkungan terhadap penyakit layu *R. solanacearum* selanjutnya dipaparkan berikut ini.

Varietas Tahan

Varietas tahan sangat sesuai untuk mengendalikan penyakit di suatu areal endemik, dan cara tersebut praktis mudah diadopsi oleh petani. Perakitan varietas unggul kacang tanah untuk ketahanan terhadap penyakit layu di Indonesia telah dilakukan mulai tahun 1925, hasilnya adalah varietas Schwarz 21 yang kemudian ditanam petani hingga tahun 1953. Dengan menggunakan sumber ketahanan dari Schwarz 21 tersebut, kemudian dihasilkan beberapa varietas keturunannya yaitu Gajah, Kidang, Banteng, Macan, Anoa, Rusa, Pelanduk, Tupai, dan Tapir yang juga memiliki sifat tahan terhadap penyakit layu (Mehan *et al.* 1994).

Sumber gen tahan penyakit layu tersedia di dalam genotipe plasma nutfah kacang tanah. Rais *et al.* (2001) mengemukakan bahwa masih banyak genotipe plasma nutfah kacang tanah yang belum dievaluasi ketahanannya terhadap cekaman biotik seperti hama dan penyakit utama. Suryadi dan Rais (2009) menyatakan bahwa beberapa genotipe kacang tanah yaitu ICGV 88262, ICG 10067, ICG 3400, lokal Sindangbarang, PI 203395 memiliki sifat tahan terhadap layu bakteri (Tabel 1).

Respons ketahanan calon varietas unggul baru, biasanya dievaluasi dalam skala rumah kaca dengan penularan penyakit layu secara buatan, serta skala lapangan dilaksanakan di lahan endemik untuk mendapat respons yang stabil. Nugrahaeni (2011) menyatakan bahwa lahan endemik yang sering digunakan sebagai lokasi pengujian ketahanan penyakit layu adalah Pati dan Banjarnegara (Jawa Tengah), dan beberapa lokasi di kabupaten Malang (Jawa Timur).

Beberapa varietas unggul kacang tanah yang menunjukkan respons toleran (agak tahan) hingga tahan di antaranya adalah Gajah, Banteng, Tapir, Kidang, Domba, Mahesa, Panter, Kancil, Anoa, Tupai, KI Putih, Tuban, Papua merah, dan Zb Pth (Rahayu 2009). Menurut deskripsi varietas unggul tanaman kacang-kacangan dan umbi-umbian, sebagian besar varietas kacang tanah telah memiliki sifat toleran hingga tahan terhadap layu bakteri (Balitkabi 2008). Ekspresi ketahanan tersebut seringkali tidak stabil, di agroekologi yang berbeda sifat

Beberapa varietas unggul kacang tanah yang menunjukkan respons toleran (agak tahan) hingga tahan di antaranya adalah Gajah, Banteng, Tapir, Kidang, Domba, Mahesa, Panter, Kancil, Anoa, Tupai, KI Putih, Tuban, Papua merah, dan Zb Pth (Rahayu 2009). Menurut deskripsi varietas unggul tanaman kacang-kacangan dan umbi-umbian, sebagian besar varietas kacang tanah telah memiliki sifat toleran hingga tahan terhadap layu bakteri (Balitkabi 2008). Ekspresi ketahanan tersebut seringkali tidak stabil, di agroekologi yang berbeda sifat

Tabel 1. Reaksi ketahanan genotipe dan penampilan karakter agronomis kacang tanah yang diinokulasi *R. solanacearum*.

No.	Genotipe	Reaksi ketahanan	Penurunan penyakit (%) thd cek
1	ICGV 88262	Tahan	80,0
2	PI 203395	Tahan	91,2
3	ICG 10067	Tahan	91,2
4	ICG 3400	Tahan	55,0
5	L.Sindangbarang	Tahan	85,1
6	Tupai	Tahan	80,0

Sumber: Suryadi dan Rais (2009), tabel dimodifikasi.

tahan tersebut kadang tidak muncul dan hal itu menjadi kendala dalam pengendalian penyakit melalui pemilihan jenis varietas tahan. Faktor genetik adalah penyebab utama stabilitas karakter ketahanan kacang tanah terhadap penyakit layu, yang dikendalikan gen dominan parsial positif sehingga tidak stabil (Lagiman *et al.* 2000). Menurut Semangun (1996) bahwa terdapat tiga faktor yang saling berpengaruh pada perbedaan respons ketahanan tanaman terhadap suatu patogen yaitu: (1) adanya strain patogen yang virulen (ganas), (2) kondisi agroekologis yang mendukung, dan (3) tingkat kerentanan tanaman inang. Faktor virulensi bakteri yang mudah berubah karena munculnya strain baru di suatu lingkungan agroekologi, juga berpengaruh pada ekspresi ketahanan kacang tanah.

Benih Sehat dan Budidaya Sehat

1. Benih Sehat

R. solanacearum dapat terbawa dalam benih kacang tanah, maka penularannya melalui benih berpotensi merugikan untuk areal tanam yang semula tidak terdapat kejadian penyakit layu. Oleh karena itu di areal tanam yang bersih dari penyakit layu, diperlukan benih sehat tidak membawa patogen. Benih sehat sebaiknya dinyatakan dengan keterangan kesehatan benih. Keterangan kesehatan benih sangat berguna untuk mencegah penyebaran bakteri ke areal lebih luas. Agarwal dan Sinclair (1997) menyatakan bahwa pengujian kesehatan benih sangat diperlukan untuk mendapatkan jaminan mutu patologis bahwa benih tidak membawa sumber penyakit, atau untuk memperkecil peluang penyebaran penyakit melalui benih.

Penyediaan benih bermutu adalah salah satu upaya untuk melindungi dan memberikan jaminan kepada petani agar komoditas yang ditanamnya mencapai produksi dan mutu yang baik. Benih bermutu diperoleh dari proses sertifikasi melalui pemeriksaan lapangan dan pengujian laboratorium. Dalam pedoman sertifikasi benih dijelaskan secara rinci sejak evaluasi sumber benih di lapang sampai pengujian di laboratorium. Jenis pengujian benih tanaman aneka kacang adalah pengujian kadar air, keaslian dan kemurnian varietas tertentu tidak tercampur dengan varietas lain, dan mutu fisiologis yaitu viabilitas atau vigor tinggi. Penanggung jawab dan pelaksana sertifikasi benih nasional yaitu Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB) yang tersebar sampai

di tingkat kabupaten, belum menerapkan uji patologis yang memberi jaminan mutu kesehatan benih.

Pengujian kesehatan benih dalam pelaksanaannya harus sesuai dengan prosedur operasional prosedur (SOP) yang dikeluarkan oleh International Seed Testing Association (ISTA). Pengujian kesehatan benih di Indonesia pada umumnya hanya dilakukan terhadap benih-benih introduksi, jadi hanya diterapkan pada alur distribusi benih internasional. Sementara itu dalam sertifikasi benih, belum sepenuhnya menerapkan peraturan sertifikasi internasional tersebut. Anwar (2000) dan Balai Besar Uji Standar Karantina Pertanian (2008) menjelaskan bahwa sampai sejauh ini belum diterapkan uji mutu patologis dalam produksi benih di Indonesia. Sebaliknya di negara-negara maju, selain pengujian mutu fisiologis dan kemurnian varietas, pengujian kesehatan benih mutlak harus dilakukan.

2. Budidaya Sehat

Budidaya kacang tanah di lahan non-endemik atau bersih dari penyakit adalah salah satu upaya untuk menjaga kesehatan tanaman. Di lahan endemik di mana *R. solanacearum* sering menimbulkan kerusakan, bakteri bertahan hidup di tanah dan seresh atau residu inang terinfeksi sehingga menjadi sumber inokulum primer penyakit pada tanaman kacang tanah berikutnya. Oleh karena itu tindakan sanitasi lahan dan eradikasi residu inang terinfeksi perlu diterapkan di lahan endemik, untuk menurunkan populasi patogen dan menyenyapkan sumber penyakit di lapangan.

Tanah tanpa tanaman inang berpeluang mengandung sumber penularan penyakit layu yang terbukti dari penelitian tomat yang ditanam di lahan bekas timbunan balok kayu dan juga bebas dari gulma, ternyata terjadi serangan *R. solanacearum* parah (Dukes *et al.* 1965 dalam Saile *et al.* 1997). Penelitian tersebut membuktikan bahwa bakteri indigenus yang telah menetap di lahan dan air di lingkungan setempat, dapat berperan sebagai sumber primer penyakit layu. Adanya bakteri indigenus sangat merugikan karena tindakan pengendalian preventif melalui pemilihan lahan bukaan baru tidak mampu menekan penyakit karena masih berpeluang muncul serangan *R. solanacearum*.

R. solanacearum adalah patogen tular tanah yang sensitif terhadap kondisi tanah dengan

pH tinggi (tanah alkalin), kadar air rendah (tanah kering), suhu rendah, dan tingkat kesuburan tanah rendah (Hidayah dan Djajadi 2009). Menurut Yeh (1990) bahwa tanah berat yaitu lempung yang memiliki daya ikat air tinggi, sangat kondusif untuk *R. solanacearum*. Pada umumnya tanah dengan pH 5–6,8 kondusif untuk penyakit layu, dan terdapat indikasi bahwa tanah alkalin bersifat supresif atau menekan penyakit.

Tanah supresif yang memiliki kapasitas mencegah dan menekan penyakit sering diterapkan untuk menekan patogen tular tanah seperti *R. solanacearum*. Schonfeld *et al.* (2003) menyatakan bahwa supresifitas tanah berkaitan dengan kandungan bahan organik ataupun pengelolaan secara organik. Pemberian kompos dapat meningkatkan supresifitas tanah, menekan populasi *R. solanacearum* sehingga menurunkan intensitas penyakit layu. Demikian juga dinyatakan van-Bruggen dan Termorshuizen (2003) bahwa di lahan yang dikelola secara organik, maka *R. solanacearum* tertekan perkembangannya. Sebaliknya di lahan yang dikelola konvensional tidak terjadi penekanan bakteri sehingga penyakit layu terus berkembang. Pemberian bahan pembenah tanah berupa bahan organik ataupun kombinasinya dengan pupuk anorganik NPK, dapat meningkatkan kesehatan tanaman kentang sehingga lebih tahan terhadap serangan *R. solanacearum* dan produksi kentang meningkat (Lemaga *et al.* 2004). Di tanah lempung dengan kandungan bahan organik relatif tinggi (4%) maka daya hidup *R. solanacearum* lebih rendah, dibanding dengan di tanah dengan kandungan bahan organik rendah 2,5% daya hidup bakteri ternyata lebih tinggi (van-Elsas *et al.* 2000). Berikutnya Masyitah (2004 dalam Tahat and Sijam 2010) membuktikan hal yang sama bahwa pemberian kompos dari bahan seresah batang jagung dan jerami padi, dapat menekan serangan *R. solanacearum* pada tomat. Mekanisme supresifitas tanah organik tersebut belum diketahui secara pasti, tetapi terdapat dugaan bahwa supresifitas lahan berkaitan dengan peningkatan komunitas mikroba agens hayati di tanah sehingga perkembangan bakteri tertekan.

Dalam budidaya sehat, gulma selalu diminimalkan keberadaannya. Selain merugikan karena menjadi pesaing tanaman utama, gulma juga berperan sebagai inang alternatif bagi patogen. Gulma dan tumbuhan perintis (vol-

unteer) yang terdiri berbagai jenis liar seperti *Portulaca oleracea* dapat menjadi gudang (reservoir) bagi *R. solanacearum* di lahan tanpa tanaman inang, sehingga berperan pada penyebaran lanjut penyakit layu dari satu musim ke musim berikutnya (Lopez dan Biosca 2004). Seringkali, gulma yang terinfeksi *R. solanacearum* tidak menunjukkan gejala layu, sehingga hal ini menjadi penghambat upaya pengendaliannya.

Rotasi Tanaman

Rotasi kacang tanah dengan tanaman selain inang seperti kapas, kedelai, dan serealia (padi, jagung, sorgum, gandum, tebu) dapat memutus siklus perkembangan *R. solanacearum* di lahan setempat sehingga mengurangi kejadian penyakit layu. Sebaliknya, budidaya intensif kacang tanah ataupun inang lainnya akan meningkatkan populasi bakteri di tanah. Manfaat rotasi dalam mengendalikan *R. solanacearum* ditunjukkan Adhikari dan Basnyat (1998) pada penelitian tomat varietas rentan yang ditanam di lahan bekas jagung dan kacang tunggak, ternyata dapat menunda 1–3 minggu munculnya gejala layu dan menekan intensitas penyakit 20–26%.

Data sejarah kejadian penyakit layu di suatu areal sangat diperlukan untuk pedoman pengelolaan penyakit layu, melalui tindakan budidaya tanaman sehat dan rotasi tanaman. Apabila pernah terjadi penyakit layu dengan intensitas parah maka selama 2–3 tahun ke depan perlu dilakukan beberapa upaya pencegahan yaitu dibebaskan sementara dari tanaman kacang tanah, dan dilakukan rotasi dengan tanaman bukan inang.

Pestisida Nabati

Pestisida pengendali bakteri atau bakterisida pada umumnya diterapkan untuk pengendalian penyakit layu bakteri pada tanaman hortikultura. Hasil penelitian Asman dan Sitepu (1994) serta Asman (1996) menunjukkan bahwa aplikasi antibiotik streptomisin-sulfat cukup efektif menekan penyakit layu *R. solanacearum* pada tanaman aromatik nilam. Norman *et al.* (2006) menggunakan bahan kimia asam posporik untuk mengendalikan *R. solanacearum*, dan diketahui bahwa asam posporik mampu melindungi tanaman hias *Pelargonium hortorum* dari penyakit layu. Walaupun bakterisida dan antibiotik telah diketahui efektivitasnya, tetapi sejauh ini belum diterapkan

pada kacang tanah diduga karena pertimbangan tingginya harga bakterisida sehingga tidak efisien.

Bakterisida alami berasal dari ekstrak tumbuhan tertentu akhir-akhir ini sering mendapat perhatian petani, karena diketahui berkhasiat menekan hama penyakit. Ekstrak nabati berasal dari serai wangi misalnya, dapat menekan

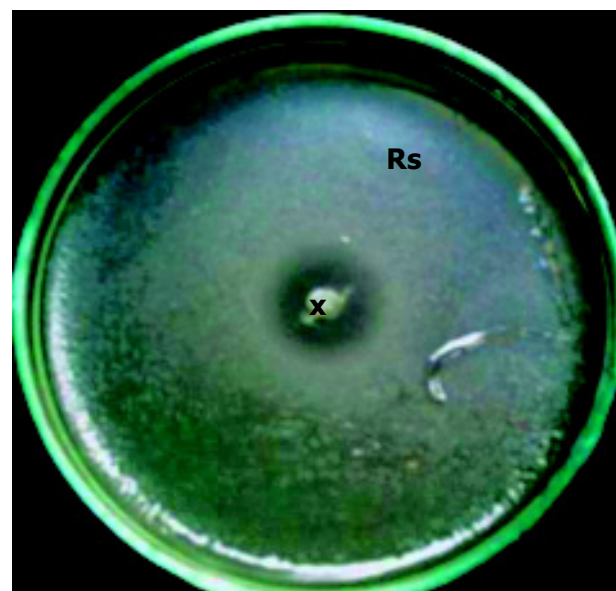
perkembangan *R. solanacearum*. Serai wangi *Andropogon nardus* mengandung senyawa sitronelal dan geraniol yang bermanfaat sebagai pestisida nabati (Guenther 1990). Hasil penelitian *in-vitro* menunjukkan bahwa beberapa jenis tanaman seperti daun jambu biji *Psidium guajava*, cangkang biji mangga *Garcinia mangostana*, rimpang kunyit *Curcuma longa*, akar rumput teki *Cyperus rotundus*, ekstraknya mengandung senyawa aktif yang mampu menekan *R. solanacearum* penyebab penyakit layu pada tomat (Vudhivanich 2003; Tabel 3).

Ekstrak nabati saat ini memang masih terbatas dalam skala penelitian, tetapi sumber senyawa alami tersebut perlu dikembangkan karena prospeknya cukup baik sebagai alternatif bakterisida yang ramah lingkungan.

Tabel 2. Ketahanan varietas kacang tanah terhadap penyakit layu *R. solanacearum*

Varietas	Kategori ketahanan
1 Gajah	Sangat Tahan
2 Macan	Tahan
3 Banteng	Sangat Tahan
4 Tapir	Sangat Tahan
5 Kidang	Sangat Tahan
6 Rusa	Tahan
7 Tupai	Sangat Tahan
8 Pelanduk	Tahan
9 Kelinci	Agak Tahan
10 Turangga	Tahan
11 Jerapah	Tahan
12 Domba	Sangat Tahan
13 Mahesa	Sangat Tahan
14 Komodo	Tahan
15 Biawak	Tahan
16 Badak	Agak Tahan
17 Landak	Tahan
18 Panter	Sangat Tahan
19 Kancil	Sangat Tahan
20 Anoa	Sangat Tahan
21 Bima	Agak Tahan
22 Simpai	Agak Tahan
23 Trenggiling	Agak Tahan
24 KI. Putih	Sangat Tahan
25 Jepara	Agak Tahan
26 Lokal Pati	Tahan
27 Tuban	Sangat Tahan
28 Chico	Rentan (cek rentan)
29 Papua Merah	Sangat Tahan
30 Zb. Pth	Sangat Tahan

Sumber : Balitkabi (2008); Rahayu (2009); Nugrahaeni (2011).



Gambar 4. *P. fluorescens* dan zona hambatan terhadap *R. solanacearum* (Rs).

Tabel 3. Beberapa jenis tanaman dan sumber ekstrak aktif yang mampu menghambat pertumbuhan *in-vitro* *R. solanacearum*.

No. Tanaman	Nama ilmiah	Sumber ekstrak aktif
1. Jambu biji	<i>Psidium guajava</i>	Daun
2. Mangga	<i>Garcinia mangostana</i>	Cangkang biji
3. Rumput teki	<i>Cyperus rotundus</i>	Akar
4. Kunyit	<i>Curcuma longa</i>	Rimpang

Sumber: Vudhivanich (2003), tabel dimodifikasi.

Pengendalian Hayati

Pseudomonas fluorescens Agens Hayati Potensial

Keamanan hayati produk pertanian saat ini semakin mendapat perhatian masyarakat dan petani, sehingga secara berangsur-angsur penggunaan pestisida kimia untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) disubstitusi dengan pestisida hayati ataupun dengan pestisida nabati. Dalam pengendalian hayati penyakit tanaman, digunakan agens hayati atau produk dari agens hayati tertentu. Agens hayati adalah mikroba non-patogenik seperti jamur dan bakteri antagonis yang mampu menekan mikroba lain melalui mekanisme antibiosis, kompetisi, parasitisme, dan induksi ketahanan tanaman.

Bakteri antagonis yang intensif diteliti dan efektif menekan penyakit layu *R. solanacearum* adalah jenis *Pseudomonad fluorezen* (Pf) meliputi *P. fluorescens*, *P. glumae*, *P. Putida*, *P. gladioli*, *P. aeruginosa*, *Bulkholderia cepacia*, serta jenis basil seperti *Bacillus subtilis* (Tomashow dan Weller 1996). Di Indonesia, bakteri antagonis Pf dilaporkan efektif sebagai agens pengendali hayati pada untuk mengendalikan penyakit layu bakteri pada beragam komoditas seperti tomat (Mulya 1997), tembakau (Arwiyanto dan Hartana 2001; Wuryandari 2004), jahe (Mulya *et al.* 2000), dan tanaman aromatik nilam (Asman *et al.* 1998; Nasrun *et al.* 2005).

Peran Pf sebagai agens hayati berkaitan dengan senyawa ekstra seluler yang dihasilkannya. Senyawa jenis antibiotik seperti pyoluteorin, siderofor fluorezen, fenazin karboksilat, dan pyoverdin yang dihasilkan Pf bersifat menghambat dan mematikan mikroba patogen. Khusus untuk siderofor fluorezen, senyawa tersebut mudah dideteksi secara visual karena mudah larut dalam air dan terdifusi dalam media agar-agar. Di bawah paparan sinar ultra violet, siderofor nampak berpendar karena mengandung pigmen berwarna hijau kekuningan. Pigmen tersebut menjadi penanda khas bakteri antagonis Pf. Siderofor memiliki daya ikat sangat kuat terhadap ion besi sehingga bakteri penghasil siderofor seperti Pf tersebut, menjadi pesaing mikroba patogen dalam kebutuhan ion besi. Selain mampu berperan sebagai agens hayati, *P. fluorescens* memiliki fungsi menguntungkan lainnya yaitu menginduksi pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan

resistensinya terhadap penyakit. *P. fluorescens* termasuk salah satu plant-growth promoting rhizobacteria (PGPR) karena memiliki efek hormonal atau memacu pertumbuhan tanaman (Tomashow dan Weller 1996; Bagnasco *et al.* 1998).

P. fluorescens adalah bakteri penghuni tanah (*soil inhabitant*), sehingga mudah dieksplor dan diisolasi dari rizosfer di sekitar perakaran. Hasil eksplorasi Pf di rizosfer tanaman aneka kacang di Jawa Timur menunjukkan bahwa perbandingan perolehan isolat Pf dibandingkan total isolat bakteri tanah mencapai 82,7% pada rizosfer kacang tanah, dan pada rizosfer kedelai mencapai 90,4% (Rahayu 2004). Daya antagonis Pf mudah dilihat secara visual yaitu melalui kultur *in-vitro* pada media agar King's B di cawan. Tahap awal dalam seleksi bakteri calon agens hayati biasanya digunakan metode kultur ganda, dimana dalam satu cawan ditumbuhkan bersama-sama bakteri patogen dan isolat bakteri antagonis. Pf yang bersifat antagonis akan membentuk zona bening yaitu zona tanpa pertumbuhan bakteri patogen (Gambar 3). Zona bening mengindikasikan adanya proses antibiosis, yang berguna sebagai indikator awal produksi antibiotik dari isolat Pf sehingga memenuhi kriteria sebagai calon agens hayati.

Untuk memudahkan aplikasinya, Pf perlu disiapkan secara baik berupa produk formulasi sederhana mengacu produk biopestisida yang telah ada. Penambahan bahan sederhana misalnya berupa limbah organik air kelapa atau air rebusan kulit udang sangat sesuai untuk formulasi cair Pf, karena bahan tersebut memberi nutrisi sehingga mempertahankan viabilitas bakteri dan tidak toksik. Pada formulasi padat biasanya digunakan serbuk talk, gambut, dan kompos. Wuryandari (2004) dalam penelitiannya memformulasikan agens hayati strain Pf-20 berupa pil benih tembakau yang ditambah bahan pembawa gambut. Formulasi tersebut efektif untuk menekan penyakit layu *R. solanacearum*.

Cara praktis aplikasi Pf pada umumnya melalui benih atau bibit. Perlakuan benih dengan Pf adalah tindakan pengendalian preventif sebelum terjadi serangan patogen di tanah. Perlakuan benih perlu ditambah aplikasi lanjutan yaitu agens hayati disemprotkan pada tanaman, sehingga lebih efektif menekan penyakit. Doan and Nguyen (2006) dari hasil penelitiannya menyatakan bahwa *P. fluorescens* dan *Bacillus subtilis* yang aplikasi melalui benih

Tabel 4. Pengaruh perlakuan benih menggunakan bakteri antagonis *P. fluorescens* dan *B. subtilis* terhadap penyakit layu *R. solanacearum* pada kacang tanah.

Perlakuan benih dengan agens hayati	Kejadian layu (%)		Hasil polong (t/ha)
	Rumah kaca	Lapangan	
Tanpa perlakuan (cek)	86	89	2,00
<i>P. fluorescens</i>	56	67	2,71
<i>Bacillus subtilis</i>	52	61	2,75

Sumber: Doan dan Nguyen (2006), dimodifikasi.

kacang tanah, dapat menekan kejadian layu hingga 67% sedangkan tanpa Pf kejadian layu mencapai 89%. Selain menekan penyakit, pengendalian hayati tersebut dapat meningkatkan hasil polong kacang tanah mencapai 2,71 t/ha pada aplikasi Pf sedangkan tanpa pengendalian hasil polong hanya 2 t/ha (Tabel 4).

Sebelum menjadi produk biopestisida Pf, masih diperlukan banyak kajian aspek penelitian dalam kondisi lingkungan terkendali. Pengujian skala rumah kaca yang dilanjutkan pengujian skala luas di lapangan, sangat diperlukan terutama untuk mengetahui dosis, frekuensi, cara dan volume aplikasi, kemungkinan adanya efek fototoksis, kendala biotik dan abiotik di lingkungan alamiah yang kompleks di lapangan, teknologi formulasi dengan bahan pembawa yang mampu meningkatkan efikasinya, hingga analisis resiko dan manfaat ekonominya. Keberhasilan pengendalian hayati sangat dipengaruhi oleh efikasi strain agens hayati, patogen sasaran pengendalian, dan dukungan faktor lingkungan (Cook dan Baker 1996). Dibandingkan dengan pestisida kimia, biopestisida dengan bahan aktif mikroba agens hayati pada umumnya belum optimal menekan penyakit tanaman. Meskipun demikian agens hayati seperti Pf sangat potensial untuk mengendalikan penyakit layu pada kacang tanah, dan memiliki prospek cukup baik untuk dikembangkan menjadi biopestisida ramah lingkungan.

PENUTUP

Penyakit layu pada kacang tanah selama ini belum dikendalikan secara kimia, walaupun bakterisida yang efektif menekan *R. solanacearum* telah diidentifikasi dan mudah diperoleh secara komersial. Strategi lain untuk pengendalian *R. solanacearum* adalah pengen-

dalian non-kimia dengan menggunakan varietas tahan penyakit, benih sehat, budidaya sehat, pengendalian hayati dan pengendalian nabati. Strategi pengendalian tersebut bersifat ramah lingkungan karena komponen pengendalian yang diterapkan tidak berdampak negatif yaitu tanpa residu pencemaran lingkungan. Upaya mendapatkan varietas tahan penyakit layu dilakukan pemulia tanaman secara intensif selama ini, dan varietas unggul kacang tanah yang dilepas sebagian besar dilengkapi dengan karakter tahan. Varietas tahan sangat sesuai untuk mengendalikan penyakit di suatu areal endemik, dan cara tersebut praktis mudah diadopsi oleh petani. Beberapa hasil penelitian budidaya sehat, juga menunjukkan pengaruh positif menekan penyakit layu bakteri sehingga dapat digunakan sebagai komponen pengendalian. Agens hayati seperti bakteri antagonis *Pseudomonas fluorescens* (Pf) berasal dari rizosfer tanaman kacang-kacangan sangat potensial sebagai pengendali hayati atau biopestisida untuk menekan *R. solanacearum*. Demikian juga ekstrak nabati yang berasal dari sumber daya alam lokal seperti tanaman serai wangi dan akar rumput teki, sangat potensial untuk mengendalikan penyakit layu bakteri pada kacang tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, E.M., Supriadi, D. Febriyanti, dan N. Karyani. 1998. Patogenisitas tiga isolat *Ralstonia solanacearum* pada tiga tipe kencur. Pros Seminar Nasional IV PFI Komisariat Jateng dan DIY, Surakarta. hlm 421–425.
- Adhikari, T.B. and R.C. Basnyat. 1998. Effect of crop rotation and cultivar resistance on bacterial wilt of tomato in Nepal. Can. J. Plant Pathol. 20: 283–287.
- Agarwal, VK, and James B. Sinclair. 1997. Principles of seed pathology. (2nd ed.) Lewis Publ. 539 pp.

- Agrios, G.N. 1996. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta. 713 hlm.
- Anitha K, Gunjotikar G.A., Chakrabarty S.K., Singh S.D., Sarath Babu B, Prasada Rao R.D.V.J. and Varaprasad K.S. 2003. Interception of bacterial wilt, *Burkholderia solanacearum* in groundnut germplasm imported from Australia. J of Oilseeds Res 20: 101–104.
- Anwar, A. 2000. Sertifikasi Benih Tanaman Hasil Kultur Jaringan dan Rekayasa Genetik. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Arwiyanto, T. dan I. Hartana. 2001. Percobaan lapangan pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau (*Ralstonia solanacearum*). Media-gama 3:7–14.
- Asman, A., M.A. Esther, dan D. Sitepu. 1998. Penyakit layu, budok, dan penyakit lainnya serta strategi pengendaliannya. Monograf Nilam. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor. hlm 84–88.
- Bagnasco, P., L. de La Fuente, G. Gualtieri, F. Noya, and A. Arias. 1998. Fluorescent *Pseudomonas* spp. as biocontrol agents against forage legume root pathogenic fungi. Soil Biol and Biochem 30:1317–1322.
- Balai Besar Uji Standar Karantina Pertanian. 2008. Layanan pengujian. Jakarta. www.bbuskp.web.id/index.php?link=kt3 (22 Maret 2012).
- Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2008. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balitkabi, Malang. 171 hlm.
- Boshou, L. 1999. Groundnut Bacterial Wilt Working Group (GBWWG). Oil Crops Res. Inst. (OCRDI), China. News Sheet. No. 2. 11 pp.
- Cook, R.J. and Baker, K.F. 1996. The nature and practice of Biological control of plants pathogens. APP Press. The Am Phytopath So. St Paul. Minnesota, USA. 539 pp.
- Denny, E.P. and A.C. Hayward. 2001. *Ralstonia solanacearum*. In: Schaad, N.W., J.B. Jones, and W. Chun (eds.) 3rd Eds. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. APS Press, St. Paul, Minnesota. pp. 151–173.
- Doan, T.T., and Nguyen, T.H. 2006. Status of research on biological control of tomato and groundnut bacterial wilt in Vietnam. In: Zeller W., and C. Ullrich (eds.). Proc of First Internat Symp on Biological Control of Bacterial Plant Diseases. Germany, 2005. p: 105–111.
- Elphinstone, J.G. 2005. The current bacterial wilt situation: a global overview. In Allen C., Prior P., and Hayward A.C. (eds.). Bacterial wilt disease and the *Ralstonia solanacearum* species complex. St. Paul Minnesota. APS Press. 9pp.
- EPPO/CABI. 2006. Distribution maps of plant diseases: *Ralstonia solanacearum* (2003–2006). <http://www.cabi.org/DMPD>.
- Guenther, E. 1990. Minyak Atsiri. Jilid IVB (Penerjemah S. Ketaren). Univ. Indonesia. Jakarta. hlm 480–494.
- Guo, J.H., H.Y. Qi, Y.H. Guo, H.L. Ge, L.Y. Gong, L.X. Zhang and P.H. Sun, 2004. Biocontrol of tomato wilt by plant growth-promoting rhizobacteria. Biol. Control, 29: 66–72.
- Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *P. solanacearum*. Annu. Rev. Phytopathol. 29:67–87.
- Hayward, A.C. 1995. Phenotypic methods for the differentiation of *Pseudomonas solanacearum*: Biovars and supplementary observations. In: VK Mehan and McDonald (eds.) Techniques for diagnosis of *P. solanacearum* and for resistance screening against groundnut bacterial wilt. ICRISAT Tech Manual No. 1: 27–35.
- Hayward, A.C. 2000. *Ralstonia solanacearum*. In Lederberg, J. (Ed.) Encyclopedia of microbiology. (2nd ed.), Acad Press. pp 32–42.
- Hidayah, N. dan Djajadi. 2009. Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi perkembangan patogen tular tanah pada tanaman tembakau. Perspektif 8(2):74–83.
- Huang, Q., and C. Allen. 2000. Polygalacturonases are required for rapid colonization and full virulence of *Ralstonia solanacearum* on tomato plants. Physiol. Mol. Plant Pathol. 57:77–83.
- Lagiman, S. Sastrosumarjo, WEK. Yudiwanti, dan M. Machmud. 2000. Kajian genetic ketahanan layu bakteri pada kacang tanah zuriat dari persilangan varietas Kelinci dan Gajah. Agrivet 4(2): 94–102.
- Lemaga B., Kakuhenzire R., Kassa B., Ewell PT., and Priou S. 2005. Integrated control of potato bacterial wilt in Eastern Africa: The experience of African highlands initiative. In Allen C., Prior P., and Hayward AC. (eds.). Rate of *Ralstonia solanacearum* biovar 2 as affected by conditions and soil treatments in temperate climate zones. The Am Phytopathol Soc, Minnesota, USA. pp. 145–157.
- Lopez M.M., and Biosca E.G. 2004. Potato bacterial wilt management: new prospects for an old problem. In Allen C., Prior P., and Hayward AC. (eds.). Bacterial wilt disease and the *Ralstonia* species complex. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. pp. 205–224.
- Machmud, M. and AC. Hayward. 1992. Genetic and cultural control of peanut bacterial wilt. In Wright, G.C. And K.J. Middleton (eds.) Peanut improvement –a case study in Indonesia. Proc. ACIAR No. 40, Canberra, Australia. pp:19–25.
- Mehan, V.K., B.S. Liao, Y.J. Tan, A. Robinson-Smith, D. McDonald, and A.C. Hayward. 1994. Bacterial wilt of groundnut. ICRISAT Information Bull. No. 35. 28 pp.

- Mulya, K. 1997. Penekanan perkembangan penyakit layu bakteri tomat oleh *Pseudomonas fluorescens* PFG32. *J Hortikultura* 7(2):685–691.
- Mulya, K., Supriyadi, E.M., Adhi, S. Rahayuningsih, dan N. Karyani. 2000. Potensi bakteri antagonis dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri jahe. *J Penelitian Tanaman Industri* 6(2): 37–43.
- Nasrun, Christanti, T. Arwiyanto, dan I. Mariska. 2005. Pengendalian penyakit layu bakteri nilam menggunakan pseudomonad fluoresen. *J Penelitian Tanaman Industri* 11(1):19–24.
- Nasrun, Christanti, T. Arwiyanto, dan I. Mariska. 2007. Karakteristik fisiologis *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri nilam. *J Litri*. 13(2): 43–48.
- Nugrahaeni, N., J. M. Rahayu, dan J. Purnomo. 2002. Penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* pada kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) dan strategi pengendaliannya. hlm 154–159. *Dalam* R. Mudjisihono, M. Faturachim, Mashudi, N.K. Wardhani, A. Musofi, AM. Sudihardjo, G. Supangkat, dan W. Sudana (Peny.). Pros Seminar Nasional Inovasi Teknologi dalam Mendukung Agribisnis. BPTP Yogyakarta-Fak Pertanian Univ. Muhammadiyah Yogyakarta.
- Prasada Rao, RDVJ., Gunjotikar GA., Chakrabarty SK, Varaprasad K.S, Singh S.D. and Bramel-Cox P.J. 2000. Detection of *Ralstonia solanacearum* in seeds of wild *Arachis* spp. imported from Brazil. *Indian J of Plant Protection* 28: 51–56.
- Priou, S., P. Aley, E. Chujoy, B. Lemaga, and E.R. French. 2011. Integrated control of bacterial wilt of potato. www.fao.org/sd/erp/toolkit/BOOKS/integrated_control_of_bacterial_wilt..Diakses 19 januari 2011.
- Rahayu, M. 2004. Efektivitas beberapa mikroorganisme antagonis terhadap penyakit tular tanah pada kacang tanah. Laporan Teknis Hasil Penelitian Balitkabi. Malang. 15 hlm.
- Rahayu, M. 2009. Evaluasi ketahanan varietas kacang tanah terhadap penyakit layu *Ralstonia solanacearum*. Makalah Seminar Hasil Penelitian Balitkabi Malang. 10 hlm.
- Rais, S.A., T.S. Silitonga, S.G. Budiarti, N. Zuraida, dan M. Sudjadi. 2001. Evaluasi ketahanan plasma nutfah tanaman pangan terhadap cekaman beberapa faktor biotik (hama dan penyakit). Pros. Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman. hlm 163–174.
- Saile, E., McGarvey, J.A., Schell, M.A., and Denny, T.P. 1997. Role of extracellular polysaccharide and endoglucanase in root invasion and colonization of tomato plants by *Ralstonia solanacearum*. *Phytopathology*. 87:1264–1271.
- Schonfeld J., Gelsomino A., van Overbeek L.S., Gorissen A., Smalla K., and van Elsas J.D. 2003. Effects of compost addition and simulated solarization on the fate of *Ralstonia solanacearum* biovar 2 and indigenous bacteria in soil. *FMES Microbiol. Ecology* 43:63–74.
- Semangun, H. 1996. Pengantar ilmu penyakit tumbuhan. Gadjah Mada Univ Press. Yogyakarta, 754 hlm.
- Semangun, H., 1993. Penyakit-penyakit Tanaman Pangan di Indonesia. Gadjah Mada Univ. Press. Cetakan kedua. Yogyakarta.
- Supriadi, K. Mulya, and D. Sitepu. 2000. Strategy for controlling wilt disease of ginger caused by *Pseudomonas solanacearum*. *J Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 19(3):106–111.
- Supriadi. 1999. Karakterisasi kultur dan patogenisitas isolat *Pseudomonas celebensis* penyebab penyakit darah pada tanaman pisang. *Jurnal Hortikultura* 9(2):129–136.
- Suryadi, Y. dan Sri A. Rais. 2009. Respon beberapa genotipe kacang tanah terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) di rumah kaca. *Buletin Plasma Nutfah* 15(1): 20–26.
- Tahat, M.M., and K. Sijam. 2010. *Ralstonia solanacearum*: The bacterial wilt causal agent. *Asian J Plant Sci*. 9(7):385–393.
- Tans-Kersten, J., H. Huang, and C. Allen. 2001. *Ralstonia solanacearum* needs motility for invasive virulence on tomato. *J. Bacteriol* 183(12): 3597–3605.
- Tomashow, L.S. and Weller. 1996. Molecular Basis of Pathogen Suppression by Antibiosis in The Rhizosphere. APS Press The Am Phytopathol Soc. St Paul. Minnesota, USA. p.80–103.
- van-Bruggen, AHC., and Termorshuizen, AJ. 2003. Integrated approaches to root disease management in organic farming systems. *Australian Plant Pathol* 32: 141–156.
- van-Elsas J.D., Kastelein P., van Bekhum P., van der Wolf J.M., de Vries P.M., and van Overbeek L.S. (2000). Survival of *Ralstonia solanacearum* biovar 2, the causative agent of potato brown rot, in field and microcosm soils in temperate climates. *Phytopathol.* 90:1358–1366.
- Vasse, J., P. Frey, and A. Trigalet. 1995. Microscopic studies of intercellular infection and protoxylem invasion of tomato roots by *Pseudomonas solanacearum*. *Mol. Plant- Microbe Interact.* 8: 241–251.
- Vudhivanich, S. 2003. Potential of some herbal extracts for inhabiting growth of *Ralstonia solanacearum*, the causal agent of bacterial wilt of tomato. *Kamphaengsaen Acad. J* 1(2):70–76.
- Wuryandari, Y. 2004. Formulasi pil-benih tembakau dengan *Pseudomonas putida* strain Pf-20 untuk pengendalian biologi penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*). Disertasi Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta. Tidak dipublikasi. 120 hlm.

- Yabuuchi, E., Kosako, Y., Yano, L., Hotta, H., and Nishiuchi, Y. 1995. Transfer of two *Bulkholderia* and an *Alcaligenes* species to *Ralstonia* gen. nov.: Proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Palleroni, and Doudoroff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. Microbiol. Immunol. 39:897–904.
- Yeh, W.L. 1990. A review of bacterial wilt on groundnut in Guangdong Province, PRC. In: Middleton, KJ., and Hayward, A.C. (eds.) Bacterial wilt of groundnut. ACIAR Proc. No. 31. Canberra, Australia. pp: 48–51.
- Zeng, DF., Tan, Yj., and Xu, ZY. 1994. Survival of *Pseudomonas solanacearum* in peanut seeds. Bacterial Wilt Newsletter No. 10, pp: 8–9.
-