

PENYAKIT LAYU RALSTONIA SOLANACEARUM PADA KACANG TANAH DAN STRATEGI PENGENDALIAN RAMAH LINGKUNGAN

Mudji Rahayu¹

untuk mengendalikannya penyalakitan layu bakteri pada kacang tanah.

Kata kunci: kacang tanah, penyalakitan 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 leaves 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 strategies by non-chemical 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 areas 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

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

ABSTRAK

Penyalakitan layu yang disebabkan bakteri *Ralstonia solanacearum* adalah suatu penyalakitan penting karena menjadi kendala produksi kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) di seluruh dunia meliputi daerah tropis dan subtropis. Penyalakitan tersebut menyebabkan kerugian hasil antara 15–35%, bahkan mencapai 65% pada kacang tanah yang rentan penyalakitan. Di Indonesia, penyebaran penyalakitan 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.

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

¹ Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-umbian Malang Jl. Raya Kendalparak km 8 Kotak Pos 66, Malang 65101 email: mudji_sings@yahoo.com

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

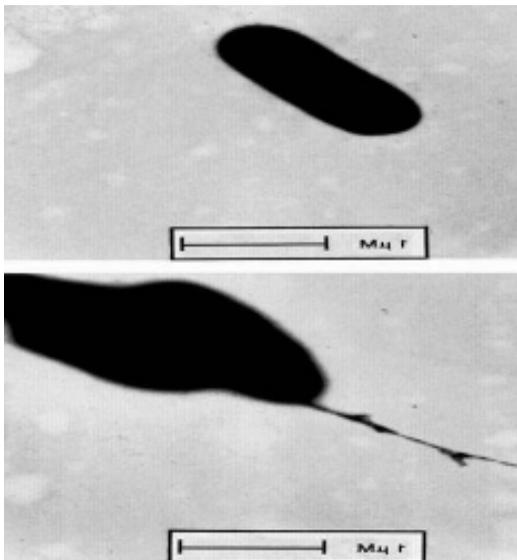
Diterbitkan di Buletin Palawija No. 24: 69–81 (2012).

pengendalian rama lingkungan tersebut dite-
liti para pakar perindugan tanaman untuk
mengendalikan R. solanacearum pada beragam
komoditas termasuk kacang tanah. Di dalam
tulisan ini dilas biologi penyakit layu bakteri
pada kacang tanah dan strategi pengenda-
liannya yang rama lingkungan.

PATOGEN DAN DAUR PENYAKIT LAYU

Identitas Patogen

Penyebab penyakit layu adalah bakteri pato-
genis *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896)
Yabuuchi et al. (1995). Nama bakteri tersebut
mengalami perubahan beberapa kali yaitu:
Bacillus solanacearum Smith (1896), *Burkhol-
deria 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 tergo-
long bakteri gram negatif, hidup aerob, morfo-
logi sel berbentuk batang pendek, sel tunggal
berukuran 0,5-0,7 x 1,5-2,0 µm, dan tidak mem-
bentuk spora. Bakteri dapat bergerak dengan
menggunakan flagela tunggal atau lebih yang
terletak pada salah satu ujung sel polar (Gam-
bar 1). Tans-Kersten et al. (2001) menyatakan
bahwa dengan flagella tersebut bakteri mampu
bergerak atau bergerak cepat ke arah ransang-
an inang, dan kecepatan tersebut sangat menen-
tukan virulensi R. solanacearum di awal invasi



Gambar 1. Morfologi sel *Ralstonia solanacearum*
strain K60.
(Sumber: Tans-Kersten et al. 2001).

meliputi Libya, Uganda, Somalia, Ethiopia,
Zimbabwe, dan Afrika Selatan. Di Asia yaitu
China, Malaysia, Vietnam, Indonesia, Filipina,
Thailand, Sri Lanka, Papua New Guinea, Tai-
wan, 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; Boshor
1999). Nilai kerusakan kacang tanah akibat
penyakit layu dipengaruhi beberapa faktor
yaitu keanayaan patogen, kesesuaian lingkungan,
an seperti iklim lokal, tipe tanah, jenis varietas,
serta teknis budidaya (Elphinstone 2005).

Penyakit layu bakteri biasanya terjadi pada
musim kemarau awal atau akhir musim hujan,
dengan kondisi lahan masih lembab dan cuaca
bersih hangat. Bakteri menginfeksi melalui
luka mikro pada perakaran, selanjutnya meny-
ebar dan berkembang di dalam jaringan
pembuluh batang. Selama proses biologisnya
bakteri menghasilkan beberapa jenis enzim
seperti pektinase, selulase, protease, serta
menghasilkan eksopolisakarida (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
menyebabkan gejala layu (Hayward 1995). Pada
tahap lanjut infeksi ringan, penyakit layu biasanya
hanya nampak di sebagian cabang. Pada tingkat
serangan parah, seluruh batang akan layu siste-
mik, 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 adalah bakteriisida efektif ter-
sebut secara komersial. Bakteriisida kurung
populer dalam usahatani kacang tanah di Indo-
nesia karena harganya sangat mahal. Dalam
konsep pengendalian hama penyakit terpadu
PHT, penggunaan pestisida kimia dikurangi
dan disubstitusi dengan alternatif pengendalian
non-kimia. Pengendalian non-kimia terdiri
beberapa komponen teknologi yang mudah diim-
plementasikan dalam sistem budidaya tanaman,
seperti pemilihan jenis varietas tahan peny-
akit, teknis budidaya tanaman sehat, rotasi
tanaman; serta pengendalian hama penyakit
kan mikroba antagonis dan pengendalian nabati
menggunakan ekstrak tumbuhan. Strategi

berdasarkan gejala lurat pada tanaman (ekster-nal) 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 krusam mirip bekas tersiram air panas, cabang dan batang menjadi lunak 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 (Mohan et al., 1994).

2. Gejala pada jaringan pembuluh batang (internal)

Kerusakan internal pada pembuluh batang kadang masih mudah diamati secara visual pada irisan membujur bagian batang yang sakit. Di bagian empulur dan kayu, terjadi kerusakan warna atau diskolorasi yaitu menjadi keco-klatan. 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 (Mohan et al., 1994). Senyawa ekstraseluler dengan berat molekul tinggi seperti polisakarunase, endoglukanase, dan toksin adalah faktor penebut virulensi atau kegunaan *R. solanacearum* (Salle et al., 1997; Huang dan Allen 2000).

Keberdasan bakteri di dalam jaringan batang, dapat dideteksi secara cepat di labo-ran dengan cara merendaml irisan pangkal batang dalam air jernih selama beberapa menit. Dari permukaan irisan batang akan keluar eksudat berupa lendir berwarna putih seperti kaput tipis yang larut dalam air. Eksudat tersebut mengandung massa bakteri *R. solanacearum*. Lendir tersebut dapat digunkakan sepa-gai bedoman untuk membedakan antara gejala layu akibat infeksi bakteri dengan layu akibat infeksi jamur.

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

Identitas *R. solanacearum* dibedakan men-jadi dua kelompok berdasarkan sistem klasifi-kasi ras dan biovar. Sistem ras pengelompok-an didasarkan pada ragam jenis tanaman inang dan dibedakan lima jenis ras bakteri solanaceae. Ras 1 memiliki inang famili solanaceae (terung-terungan) dan inang bukhan solanaceae seperti kacang tanah, kacang, kacang, kacang 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 bias geranium. Ras 4 menyerang jabe, dan ras 5 menyerang tanaman murbei. Secara geografis, penyebaran ras 3 sangat luas meliputi seluruh dunia, menyerang beragam jenis inang meliputi tanaman budidaya dan bukhan pada tumbuhan liar (Denny dan Hayward 2001; Tahat dan Zijam 2010). Dalam sistem biovar, identitas bakteri dibedakan melalui uji reaksi biokimia berdasar-kan kemampuannya mengunakkan 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. Vase 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 paren-sim diikuti penyebaran bakteri dalam pembuluh silem. Dari pembuluh silem bakteri menyebar sistemik ke bagian atas yaitu batang dan daun. Dalam proses infeksi, bakteri mengeluarkan beberapa jenis senyawa ekstraseluler dengan berat molekul tinggi seperti polisakarunase, endoglukanase, dan senyawa toksin. Senyawa ekstraseluler tersebut adalah faktor penebut virulensi atau kegunaan *R. solanacearum* (Salle et al., 1997; Huang dan Allen 2000). Deposit senyawa ekso polisakarida yang berle-dihan di dalam pembuluh silem akan menyum-pat aliran air dari tanah ke seluruh tanaman sehingga timbul gejala layu. Gejala penyakit layu pada kacang tanah dibedakan menjadi dua



Pertumbuhan warna jaringan pembuluh (internal)

Gejala tanaman layu (eksternal)

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

kemangi (Supriadi dan Hadiqoenyanti 2000).
 Gulma yang biasanya tumbuh bersama kacang
 tanah seperti *Agrotum conyzoides*, *Crotalaria*
juncea, *Crassosiphium crepidioides*, dan *Cro-*
ton hirtus, juga berperan sebagai inang alter-
 natif (Mehan et al. 1994; Denny 2000).

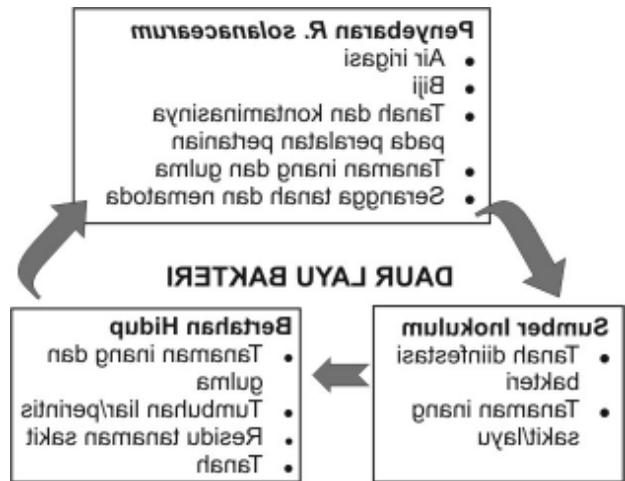
Jenis inang yang sangat beragam tersebut
 berpengaruh pada munculnya strain baru *R.*
solanacearum, dan hal itu menjadi kendala
 dalam pengendaliannya. Hayward (1991) me-
 nyatakan bahwa berdasarkan kisaran jenis
 inangnya *R. solanacearum* dikelompokkan men-
 jadi lima ras patogenik, dan penyebab layu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

Daur Penyakit

R. solanacearum termasuk bakteri tulah
 tanah, mampu bergerak aktif di lapisan tipis
 air tanah. Penyebarannya secara pasif terjadi
 melalui beberapa jenis media yaitu air pengair-
 an, tanah dan kontaminasinya pada peralatan
 pertanian, melalui serangga tanah dan nema-
 toda, melalui residu inang yang digunakan seba-
 gai 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. Diyakini oleh Machmud dan Hayward
 (1992) bahwa *R. solanacearum* dapat meng-
 infeksi secara laten dan berkembang baik dalam

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 paku
 hijau yaitu tur (Machmud dan Hayward 1992),
 kencur (Aghi et al. 1998), jabe (Mulya et al. 2000;
 Supriadi 2000), tanaman aromatik nilam
 (Asman et al. 1998; Nasru et al. 2007), dan



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

Sumber: Prian et al. 2011, dimodifikasi.

duk, Turpai, dan Tapir yang juga memiliki sifat tahan terhadap penyakit layu (Mehan et al. 1994).

Sumber gen tahan penyakit layu tersedia di dalam genotipe plasma nuttall kacang tanah. Rais et al. (2001) mengemukakan bahwa masih banyak genotipe plasma nuttall kacang tanah yang belum dievaluasi ketahanannya terhadap cekaman biotik seperti hama dan penyakit utama. Surjadi 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 perlakuan penyakit layu secara buatan, serta skala lapangan dilaksanakan di lahan endemik untuk mendapat respons yang stabil. Nugraheni (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 Mangrove (Jawa Timur).

Beberapa varietas unggul kacang tanah yang menunjukkan respons toleran (agak tahan) hingga tahan di antaranya adalah Gajah, Banteng, Tapir, Kidang, Domba, Mahesa, Pantar, Kancil, Anoa, Turpai, KI Putih, Turpai, Papua merah, dan NP 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 penemuan bilan karakter agronomis kacang tanah yang diinkulsi *R. solanacearum*.

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

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

tanaman inang tanpa menimbulkan gejala layu. Daun penyakit layu pada kacang tanah ditam- bilkan dalam Gambar 3.

R. solanacearum dapat menular melalui benih kacang tanah dengan persentase penul- lan 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 parasit dari bak-teri 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 men- jadi pengambat dalam perdagangan benih kacang tanah skala nasional ataupun inter- nasional.

STRATEGI PENGENDALIAN RAMAH LINGKUNGAN

Pengendalian penyakit layu pada kacang tanah belum dilakukan secara kimia, walaupun bakterisida yang efektif mekanis secara umum telah dikembangkan dan tersedia secara komersial di pasar. Untuk menekan penyakit diperlukan beberapa komponen pengendalian yang dipadukan dalam suatu strategi penge- dalan, meliputi tindakan yang bersifat preven- tif dan kuratif. Tindakan preventif sebelum bakteri menginfeksi terutama melalui pem- lihan 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 ling- kungan terhadap penyakit layu *R. solanace- arum* selanjutnya dipaparkan berikut ini.

Varietas Tahan

Varietas tahan sangat sesuai untuk mengem- balikan penyakit di suatu area endemik, dan cara tersebut praktis mudah diadopsi oleh petani. Perkitan 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 1928. Dengan menggunakan sumber ketahanan dari Schwarz 21 tersebut, kemudian dihasilkan beberapa varietas ketahanan yaitu Gajah, Banteng, Macan, Anoa, Rusa, Peland

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

Penelitian kesehatan benih dalam belaka-nasannya harus sesuai dengan prosedur operasionaI prosedur (SOP) yang dikeluarkan oleh International Seed Testing Association (ISTA). Penelitian 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 diterapkan sertifikasi internasional tersebut. Anwar (2000) dan Balai Besar 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 penelitian mutu fisiologis dan kemurnian varietas, penelitian kesehatan benih mutlak harus dilakukan.

2. Budidaya Sehat

Budidaya kacang tanah di lahan non-unggul mikstan 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 serasah 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 meminimalkan populasi patogen dan menyebarkan sumber penyakit di lapangan.

Tanah tanpa tanaman inang perbelang 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. 1995 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. Akibatnya bakteri indigenus sangat merugikan karena tindakan pengendalian preventif melalui pemilihan lahan bukan baru tidak mampu menekan penyakit karena masih perbelang muncul serangan *R. solanacearum*.

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

lahan 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 (Lagimod et al. 2000). Menurut Semangun (1998) bahwa terdapat tiga faktor yang saling berpengaruh pada perbedaan respon ketahanan tanaman terhadap suatu patogen yaitu: (1) adanya strain patogen yang virulen (ganas), (2) tingkat kerentanan tanaman inang. Faktor virulensi bakteri yang mudah berubah karena munculnya strain baru di suatu lingkungan agrokologi, 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 diutamakan dengan ketahanan kesehatan benih. Ketahanan kesehatan benih sangat berguna untuk mencegah penyebaran bakteri ke areal lebih luas. Agarwal dan Sinclair (1997) menyatakan bahwa penelitian kesehatan benih sangat diperlukan untuk mendapatkan jaminan mutu patologis bahwa benih tidak membawa sumber penyakit, atau untuk memperkecil peluang penyebaran penyakit melalui benih.

Penyedisan benih bermutu adalah salah satu upaya untuk melindungi dan memperoleh jami-nan 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 lapangan sampai pengujian di laboratorium. Jenis pengujian benih tanaman aneka kacang adalah pengujian kadar air, ke-aslian dan kemurnian varietas tertentu tidak tercampur dengan varietas lain, dan mutu fisiologis yaitu vitalitas atau vigor tinggi. Pengujian jawab dan belakana sertifikasi benih nasional yaitu Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih (BPSB) yang tersebar sampai

unters) yang terdiri berbagai jenis liar seperti Potamogeton pectinatus dan Potamogeton nodosus (reservoir) bagi R. solanacearum di lahan tanam tanaman inang, sehingga berperan pada penyebaran lanjutan penyakit layu dari satu musim ke musim berikutnya (Lopez dan Biscoe 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 serelia (padang jagung, sorgum, gandum, tebu) dapat memutus siklus perkembangannya R. solanacearum di lahan setempat sehingga mengurangi kejadian penyakit layu. Sebaliknya, budidaya intensif kacang tanah ataupun inang lainnya akan meningkatkan kan populasi bakteri di tanah. Manfaat rotasi dalam mengendalikan R. solanacearum ditunjukkan Adhikari dan Banvat (1998) pada penelitian tomat varietas rentan yang ditanam di lahan bekas jagung dan kacang tunggak, ternyata dapat menekan 1-3 minggu munculnya gejala layu dan menekan intensitas penyakit 20-26%.

Data sejarah kejadian penyakit layu di suatu area sangat diperlukan untuk bedoman pengendalian penyakit layu, melalui tindakan budidaya tanaman sehat dan rotasi tanaman. Apabila pila pernah terjadi penyakit layu dengan intensitas parah maka selama 2-3 tahun kedepan perlu dilakukan beberapa upaya pencegahan yaitu dibersihkan sementara dari tanaman kacang tanah, dan dilakukan rotasi dengan tanaman bukan inang.

Pestisida Nabati

Pestisida pengendali bakteri atau bakteri-sida pada umumnya diterangkan untuk pengendalian penyakit layu bakteri pada tanaman hortikultura. Hasil penelitian Asman dan Sitompul (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 pisang Peltandra rotunda dari penyakit layu. Walaupun bakteri-sida dan antibiotik telah diketahui efektifitasnya, tetapi sejauh ini belum diterangkan

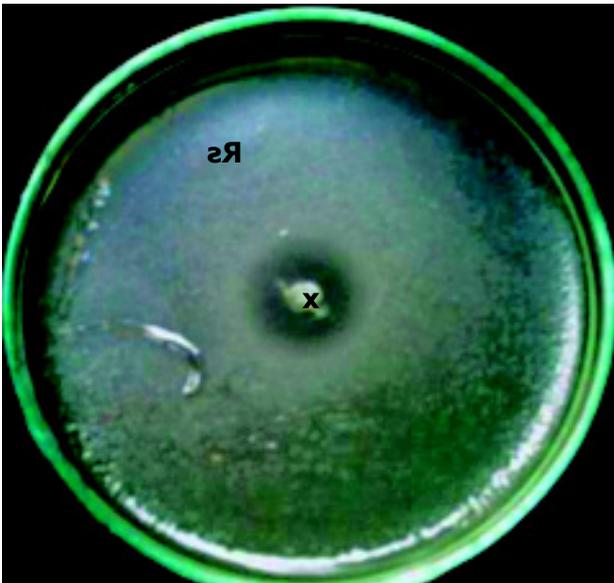
ph tinggi (tanah alkalin), kadar air rendah (tanah kering), suhu rendah, dan tingkat kesuburan tanah rendah (Hidayat dan Djajadi 2009). Menurut Yeh (1990) bahwa tanah berstruktur lempung yang memiliki daya ikat air tinggi, sangat kondusif untuk R. solanacearum. Pada umumnya tanah dengan pH 5-8, kondisi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

Tanah supresif yang memiliki kapasitas meneghal dan menekan penyakit sering disebut tanah untuk menekan patogen tular tanah seperti R. solanacearum. Schonfeld et al. (2003) menyatakan bahwa supresifitas tanah berkaitan dengan kandungan bahan organik atau komposisi unsur organik. Pemberian kompos dapat meningkatkan supresifitas tanah, meskipun populasi R. solanacearum sehingga menurunkan intensitas penyakit layu. Demikian juga dinyatakan van-Brugeen dan Termosthuizen (2003) bahwa di lahan yang dikelola secara organik, maka R. solanacearum tertekan perkembangan. Sebaliknya di lahan yang dikelola konvensional tidak terjadi penekanan bakteri sehingga penyakit layu terus berkembang. Pemberian bahan pembunuh tanah berupa bahan organik ataupun komposinya dengan pupuk anorganik NPK, dapat meningkatkan kesehatan tanaman kacang sehingga lebih tahan terhadap serangan R. solanacearum dan produksi kacang meningkat (Lemaga et al. 2004). Di tanah lempung dengan kandungan bahan organik relatif tinggi (4%) maka daya hidup R. solanacearum lebih rendah, dibandingkan dengan di tanah dengan kandungan bahan organik rendah 2,5% daya hidup bakteri ternyata lebih tinggi (van-Elzas et al. 2000). Berikutan Masviah (2004 dalam Tahat and Sijam 2010) membuktikan hal yang sama bahwa pemberian kompos dari bahan serasah batang jagung dan jerami padi, dapat menekan serangannya R. solanacearum pada tomat. Mekanisme supresifitas tanah organik tersebut belum diketahui secara pasti, tetapi terdapat dugaan bahwa supresifitas lahan berkaitan dengan peningkatan komunitas mikroba genus bakteri di tanah sehingga perkembangan bakteri ter tekan.

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-

perkembangan *R. solanacearum*. Serai yang Antridium virus menggunakan 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*, ekstrak yang menggunakan senyawa aktif yang mampu membunuh *R. solanacearum* penyebab penyakit layu pada tomat (Vudhivachich 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.



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

pada kacang tanah diduga karena pertumbuhan an 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 yang misalnya, dapat menekan

Tabel 3. Ketahanan varietas kacang tanah terhadap penyakit layu *R. solanacearum*

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

Sumber : Baitikapi (2008); Rahayu (2009); Nugraheni (2011).

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: Vudhivachich (2003), tabel dimodifikasi.

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

P. fluorescens adalah bakteri penghuni tanah (*soil inhabitant*), sehingga mudah dieksploitasi dan diisolasi dari rizosfer di sekitar perkaran. 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 menggunakan 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 anti-biosis, yang berguna sebagai indikator awal produksi antibiotik dari isolat *Pf* sehingga memenuhi kriteria sebagai calon agens hayati.

Untuk memudahkan aplikasinya, *Pf* perlu diisipkan secara baik berupa produk formulasi sederhana berupa 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 taluk gambut dan kompos. Wuryandari (2004) dalam penelitiannya memformulasikan agens hayati strain *Pf-20* berupa pil benih tempakan yang ditampah 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 ditampah aplikasi lanjutan yaitu agens hayati disempatkan pada tanaman, sehingga lebih efektif menekan penyakit. Don and Nguyen (2006) dari hasil penelitiannya menyatakan bahwa *P. fluorescens* dan *Bacillus subtilis* yang aplikasi melalui benih

Pengendalian Hayati

Pseudomonas fluorescens Agens Hayati Potensial

Kemampuan hayati produk pertanian saat ini semakin mendapat perhatian masyarakat dan petani sehingga secara berturut-turut pengendalian ginaan pestisida kimia untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) diarahkan kearah pestisida hayati atau pun 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 anti-biosis, kompetisi, parasitisme, dan induksi ketahanan tanaman.

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

Peran *Pf* sebagai agens hayati berkaitan dengan senyawa ekstraseluler yang dihasilkan. Senyawa jenis antibiotik seperti poliketoin, siderofor fluoresen, fenazin karboksilat, dan pyoverdinin yang dihasilkan *Pf* bersifat menghambat dan mematikan mikroba patogen. Khusus untuk siderofor fluoresen, senyawa tersebut mudah dideteksi secara visual karena mudah larut dalam air dan terdistribusi dalam media agar-agar. Di bawah paparan sinar ultraviolet, siderofor nampak berpendar karena mengandung pigmen berwarna hijau kekuningan. Pigmen tersebut menjadi benang 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

Table 4. Pengaruh perlakuan benih menggunakan bakteri antagonis *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>B. subtilis</i>	52	67	2,71
<i>B. thuringiensis</i>	52	61	2,75

Sumber: Doan dan Nugyen (2006), dimodifikasi.

balain non-kimia dengan menggunakan vari-etas 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 melalui tanaman secara intensif selama ini, dan varietas unggul kacang tanah yang dilepas sebagian besar dilengkapi dengan karakter tahan. Varietas tahan sangat sesuai untuk mengendalikannya 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 *Bacillus thuringiensis* (Bt) berasal dari rizoster tanaman kacang-kacangan sangat potensial sebagai pengendali hayati atau biopestisida untuk menekan B. solanacearum. Demikian juga ekstrak nabati yang berasal dari sumber daya alam lokal seperti tanaman serai wangi dan akar rumput teki, sangat potensial untuk mengendalikannya penyakit layu bakteri pada kacang tanah.

DAFTAR PUSTAKA

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, V.K. and James B. Sinclair. 1997. Principles of seed pathology. (2nd ed). Lewis Publ. 539 pp.

Nasional IV PFI Komisariat Jateng dan DIY, Semarang pada tiga tipe kacang. Pros Seminar 1998. Patogenisitas tiga isolat *Ralstonia solanacearum* pada tiga tipe kacang.

Adhikari, E.M., Supriadi, D. Febrivanti, dan N. Karjanti. 2012. Survei dan identifikasi penyakit layu pada kacang-kacangan di Kabupaten Semarang.

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

Sebelum menjadi produk biopestisida Pfl 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, kendala penggunaan sebagai efek fototoksik, kendala aplikasi di lapangan, teknologi formulasi kompleks di lapangan, yang mampu meningkatkan efisiensi, hingga analisis resiko dan dampak lingkungan. Keberhasilan pengendalian hayati sangat dipengaruhi oleh efisiensi strain agens hayati, patogen sasaran, pengendalian, dan lingkungan faktor lingkungan (Cook dan Baker 1996). Dibandungkan dengan pestisida kimia, biopestisida dengan bahan aktif mikroba agens hayati pada umumnya belum optimal menekan penyakit tanaman. Meskipun demikian agens hayati seperti Pfl 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 dengan

Agrios, G.N. 1996. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta. 713 hlm.

Antilla K, Gunnjotkar 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 Oilseds Res* 20: 101-104.

Anwar, A. 2000. Strategi Benih Tanaman Hasil Kultur Jaringan dan Rekayasa Genetik. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Arwiyanto, T. dan I Hartana. 2001. Percobaan lapangan pengendalian hawait penyakit layu bakteri tembakau (*Ralstonia solanacearum*). *Media gamma* 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.

Batrasco, P., L. de La Fuente, G. Gualtieri, F. Noya and A. Aras. 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.pnsk.pw.gov.id/index.php?link=k&3 (22 Maret 2012).

Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2008. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balikpapan. Malang. 171 hlm.

Boshor, L. 1999. Groundnut Bacterial Wilt Working Group (GBWWG). Oil Crops Res. Inst. (OCRI), 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. APF Press. The Am Phytopath Soc. St Paul. Minnesota, USA. 239 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. Ulrich (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/EPPO>.

Gunther, E. 1990. *Minyak Atsir*. Jilid IVB (General S. Ketersan). 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*: Bioners and supplementary observations. In: VK Mehra and McDonald (eds). Techniques for diagnosis of *P. solanacearum* and for resistance screening against groundnut bacterial wilt. ICRIAT Tech Manual No. 1: 27-32.

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. Polysaccharidomannose are required for rapid colonization and full virulence of *Ralstonia solanacearum* on tomato plants. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 57:77-83.

Lasman, S. Sastrosumarjo, WEK. Yudhaniti, dan M. Machmud. 2000. Kajian genetic ketahanan layu bakteri pada kacang tanah variet dari persilangan varietas Kelinci dan Gajah. *Argivet* 4(2): 94-102.

Lemaga B., Kalkuhennire R., Kasas B., Fwell PT., and Prior S. 2005. Integrated control of potato bacterial wilt in Eastern Africa: The experience of African highlands initiative. In Allen C., Prior P., and Hayward A.C. (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 Biosea E.G. 2004. Potato bacterial wilt management: new prospects for an old problem. In Allen C., Prior P., and Hayward A.C. (eds.). Bacterial wilt disease and the *Ralstonia* species complex. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. pp. 205-224.

Machmud, M. and A.C. 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. ICRIAT Information Bull. No. 32. 28 pp.

Effects of compost addition and simulated solar-
Gorssen A., Smalla K., and van Elsas J.D. 2003.
Schonfeld J., Gelsomino A., van Overbeek L.S.,
topathology. 87:1264-1271.
of tomato plants by *Ralstonia solanacearum*. Phy-
endoglucanase in root invasion and colonization
T.P. 1997. Role of extracellular polysaccharide and
Salle, E., McGarvey J.A., Schell, M.A., and Denny,
nologi Tanaman. hlm 163-174.
Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Biotek-
beberapa faktor biotik (hama dan penyakit). Pros.
nutrifan tanaman pangan terhadap cekaman
dan M. Sudjadi. 2001. Evaluasi ketahanan plasma
Rais S.A., T.S. Silintonga, S.G. Budarti, N. Zuraida,
Balitkabi Malang. 10 hlm.
solanacearum. Makalah Seminar Hasil Penelitian
Rahayu, M. 2009. Evaluasi ketahanan varietas
kacang tanah terhadap penyakit layu *Ralstonia*
Balitkabi Malang. 10 hlm.
Rahayu, M. 2009. Evaluasi ketahanan varietas
Penelitian Balitkabi Malang. 15 hlm.
pada kacang tanah. Laporan Teknis Hasil
nisme antagonis terhadap penyakit tular tanah
Rahayu, M. 2004. Efektivitas beberapa mikroorga-
januari 2011.
integrated control of bacterial wilt. Diskusi 19
of potato. www.fao.org/docrep/lookit/BOOKS/French_2011_Integrated_control_of_bacterial_wilt
Prior, S., P. Alej, E. Chirioy, B. Lemaga, and E.R.
xil. Indian J of Plant Protection 28: 21-26.
in seeds of wild *Azadirachta* spp. imported from Bra-
P. 2000. Detection of *Ralstonia solanacearum*
SK Varprasad K.S., Singh S.D. and Bramel-Cox
Prasada Rao, RDVJ., Gunjotikar, GA., Chakrabarty
Univ. Muhammadiyah Yogyakarta.
Agriasia. BPTP Yogyakarta-Fak Pertanian
Nasional Inovasi Teknologi dalam Mendukung
kat, dan W. Sudana (Peny.). Pros Seminar
Warhani, A. Musoff, AM. Sudiharjo, G. Subang-
R. Mardijahono, M. Faturrahim, Masruhi, N.K.
strategi pengendalian. hlm 154-159. Dalam
pada kacang tanah (*Azadirachta indica* L.) dan
Penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*
Ngraheni N., J. M. Rahayu, dan J. Purmono. 2002.
Litri. 13(2): 43-48.
cewa terhadap penyakit layu bakteri nilam. J
2007. Karakteristik fisiologis *Ralstonia solan-*
Nasru, Christanti, T. Arwiyanto, dan I. Marsika.
ilitian Tanaman Industri 11(1):19-24.
menggunakan pseudomonad fluoresen. J Pene-
2005. Pengembangan penyakit layu bakteri nilam
Nasru, Christanti, T. Arwiyanto, dan I. Marsika.
dalam menekan perkembangan penyakit layu
bakteri jahre. J Penelitian Tanaman Industri 6(2):
37-43.
dalam menekan perkembangan penyakit layu
dan N. Karvany. 2000. Potensi bakteri antagonis
Mulya, K., Supriyadi, E.M., Abdi, S. Rabyuningsih,
Mulya, K. 1997. Perkiraan perkembangan penyakit
PRG32. J Hortikultura 7(2):685-691.
sitasi on the fate of *Ralstonia solanacearum*
biovor 2 and indigenous bacteria in soil. FEMS
Microbiol. Ecology 43:63-74.
Mada, Yogyakarta. Tidak dipublikasi. 120 hlm.
(*Ralstonia solanacearum*). Disertasi Univ. Gadjah
pengendalian biologis penyakit layu bakteri
dengan *Pseudomonas putida* strain Pt-20 untuk
Wuryandari, Y. 2004. Formulasi pil-benih tembakau
cewa, the causal agent of bacterial wilt of to-
mata. *Kampungsan Acad J* 1(2):70-76.
tracts for inhibiting growth of *Ralstonia solan-*
Vudhivich, S. 2003. Potential of some herbal ex-
251.
invasion of tomato roots by *Pseudomonas sol-*
studies of intercellular infection and protoxylem
Vasse, J., P. Frey, and A. Trigalat. 1995. Microscopic
Phytopathol. 90:1358-1366.
and microcosm soils in temperate climates.
2, the causative agent of potato brown rot, in field
(2000). Survival of *Ralstonia solanacearum* biovar
Wolf J.M., de Vries P.M., and van Overbeek L.S.
van Elsas J.D., Kastelein P., van Bekkum P., van der
Plant Pathol 32: 141-156.
ment in organic farming systems. Australian
Integrated approaches to root disease manage-
van Bruggen, AHC., and Termorshuizen, AJ. 2003.
St Paul, Minnesota, USA. p. 80-103.
Rhizophere. APS Press The Am Phytopatol Soc.
of Pathogen Suppression by Antidiosis in The
Tomashow, L.S. and Weller. 1996. Molecular Basis
35297-3605.
sive virulence on tomato. J. Bacteriol 183(12):
Tans-Kersten, J., H. Huang, and C. Allen. 2001.
Plant Sci 9(7):385-393.
cewa: The bacterial wilt causal agent. Asian J
Tahat, M.M., and K. Sijam. 2010. *Ralstonia solan-*
Bulletin Plasma Nutrifan 15(1): 20-26.
bakteri (*Ralstonia solanacearum*) di rumah kaca.
genotipe kacang tanah terhadap penyakit layu
Supriyadi, Y. dan Sri A. Rais. 2009. Respon beberapa
Hortikultura 9(2):129-136.
penyakit dalam pada tanaman pisang. Jurnal
nistas isolat *Pseudomonas celebensis* terhadap
Supriyadi. 1999. Karakterisasi kultur dan patoge-
Pengembangan Pertanian 19(3):106-111.
Pengembangan *Pertanian* 19(3):106-111.
for controlling wilt disease of ginger caused by
Supriyadi, K. Mulya, and D. Sitepu. 2000. Strategy
Cetakan kedua. Yogyakarta.
Pangan di Indonesia. Gadjah Mada Univ. Press.
Semangun, H., 1993. Penyakit-penyakit Tanaman
dhan. Gadjah Mada Univ Press. Yogyakarta, 754
hlm.
Semangun, H. 1996. Pengantar ilmu penyakit tum-

- terial Wilt Newsletter No. 10, pp: 8-9.
- Pseudomonas solanacearum in peanut seeds. *Bacteriol. Rev.* 1964. 28: 1-10.
- Eng, D.F., Tan, Y.J., and Xu, Z.Y. 1994. Survival of *Pseudomonas solanacearum* in peanut seeds. *Bacteriol. Rev.* 58: 1-10.
- Yeh, W.L. 1990. A review of bacterial wilt on groundnut in Guangdong Province, PRC. In: Middleton, K.J., and Hayward, A.C. (eds). *Bacterial wilt of groundnut*. ACIAR Proc. No. 31. Canberra, Australia. pp: 48-51.
- Yabumichi, E., Kosako, Y., Yano, I., Hotta, H., and Nishinchi, Y. 1995. Transfer of two Burkholderia and an Alcaligenes species to Ralstonia gen. nov.: Proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston, Ballerini, and Dondoff 1973) comb. nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. nov. *Microbiol. Immunol.* 39: 897-904.