

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) adalah tanaman dikotil tahunan berumur pendek yang biasanya ditanam untuk diambil umbi bawah tanahnya yang dapat dimakan. Setiadi dan Nurulhuda (1993) mengemukakan bahwa kentang dapat tumbuh subur di tempat-tempat yang cukup tinggi, seperti di daerah pegunungan dengan ketinggian sekitar 500-3.000 mdpl, tetapi tempat yang ideal berkisar antara 1.000-3.000 mdpl dengan suhu udara berkisar antara 15-18°C pada malam hari dan 24-30°C pada siang hari, serta curah hujan kira-kira 1.500 mm per tahun. Tanaman kentang yang dihasilkan secara aseksual dari umbi memiliki akar serabut dengan percabangan halus, agak dangkal dan akar adventif yang berserat menyebar. Sedangkan tanaman kentang yang tumbuh dari biji akan membentuk akar tunggang ramping dengan akar lateral yang banyak.

Morfologi tanaman kentang beragam, antara lain bentuk umbinya ada yang memanjang, kotak, bulat, atau pipih dengan warna kuning muda atau putih, mempunyai daun yang rimbun berbentuk oval dengan ujung meruncing dengan tulang daun menyirip dan berwarna hijau muda hingga hijau tua dengan batang tanaman kentang berbetuk segi empat atau segi lima tergantung varietas kentang, tidak berkayu dan bertekstur sedikit keras. Untuk bunga tanaman kentang tergantung dari varietas kentang tersebut karena ada tanaman kentang yang berbunga, ada pula yang tidak (Sinung, 1989).

Tanaman kentang dapat tumbuh dengan baik pada tanah-tanah subur, mempunyai drainase yang baik, tanah liat yang gembur, debu atau debu berpasir dengan kadar air tanah pada kedalaman 15 cm tidak boleh kurang dari 50% kapasitas lapang dan pH berkisar 5-6,5 (Asandhi dan Gunandi, 1989). Namun menurut Setiadi dan Nurulhuda (1993), derajat keasaman tanah (pH tanah) yang sesuai untuk kentang bervariasi tergantung dari varietasnya.

2.2 Penyakit Layu Bakteri *R. Solanacearum* Pada Kentang

2.2.1 Klasifikasi Bakteri *R. solanacearum*

R. solanacearum merupakan bakteri patogen tular tanah yang menjadi faktor pembatas utama dalam produksi berbagai jenis tanaman di dunia. Bakteri ini tersebar luas di daerah tropis, sub tropis, dan beberapa daerah hangat lainnya. Spesies ini juga memiliki kisaran inang luas dan dapat menginfeksi ratusan spesies pada banyak famili tanaman (Sigeo, 1993).

Klasifikasi *R. solanacearum* dibagi dalam dua sistem, yaitu sistem Ras dan sistem Biovar. Sistem pengelompokan Ras didasarkan pada perbedaan kisaran tanaman inang dari patogen pada kondisi di lapangan (Hayward, 1964 dan 1986; Martin dan French, 1996). Berdasarkan sistem Ras, *R. solanacearum* dikelompokkan menjadi lima Ras, yaitu: Ras 1 mempunyai kisaran tanaman inang yang sangat luas, menyerang kentang, tomat, cabai, tembakau, kacang tanah dan gulma. Terjadi terutama di daerah dataran rendah tropis dan sub tropis dan termasuk Biovar 1, 3 dan 4. Ras 2 menyerang tanaman famili *Musaceae*, contoh pisang dan *Heliconia spp.*, yang pada awalnya terbatas ditemukan di daerah tropis Amerika, namun saat ini telah menyebar ke Asia, dan termasuk Biovar 1 dan 3. Ras 3 terutama menyerang tanaman kentang dan tomat di daerah dataran tinggi, dan termasuk Biovar 2. Ras 4 menyerang tanaman jahe, ditemukan terutama di Filipina dan termasuk Biovar 3 dan 4. Ras 5 menyerang murbei di Cina dan termasuk Biovar 5.

Klasifikasi bakteri *R. solanacearum* penyakit layu pada kentang menurut Yabuuch *et al.* (1995) sebagai berikut: Kingdom Prokariotik, Divisio Gracilicutes, Kelas Schizomycetes, Ordo Eubacteriales, Famili Pseudomonadaceae, Genus *Ralstonia*, Spesies *Ralstonia solanacearum*.

2.2.2 Fisiologi dan Morfologi Bakteri *R. solanacearum*

Ditinjau dari segi morfologi dan fisiologinya, *R. solanacearum* merupakan bakteri gram negatif, berbentuk batang dengan ukuran 0,5-0,7 x 1,5-2,5 μm , berflagela, bersifat aerobik, tidak berkapsula, serta membentuk koloni berlendir berwarna putih. Adanya lendir inilah yang membedakan penyakit layu bakteri dengan

layu fusarium (Lelliot dan Stead, 1987). Isolat yang virulen tidak mempunyai flagella sedangkan yang avirulen mempunyai empat flagella.

Pada media biakan, *R. solanacearum* cenderung membentuk koloni tidak virulen atau tingkat virulensinya rendah. Koloni yang virulen dan tidak virulen dapat dideteksi dengan menumbuhkan isolat bakteri pada medium *Triphenyltetrazolium Chloride* (TZC). Koloni bakteri virulen berwarna putih dengan pusat berwarna merah muda dan bentuknya bulat tidak beraturan, sedangkan yang tidak virulen koloni bakterinya berbentuk bulat kecil dengan pusat berwarna merah tua. Pada media cair, bakteri virulen biasanya tidak bergerak, sedangkan bakteri yang tidak virulen aktif bergerak (Sigeo, 1993).

2.2.3 Gejala Penyakit Layu Bakteri *R. solanacearum*

Menurut Sigeo (1993) gejala penyakit layu bakteri menyebar secara merata pada satu areal pertanaman dengan gejala daun layu dan diakhiri dengan kematian tanaman dalam waktu singkat. Gejala awal serangan penyakit berupa salah satu pucuk daun layu dan diikuti dengan daun bagian bawah. Setelah terlihat gejala lanjut dengan intensitas serangan di atas 50%, tanaman akan mati dalam waktu 7-25 hari. Bentuk gejala ini merupakan ciri khas dari serangan patogen penyakit layu bakteri (Sigeo, 1993).

Jika batang, cabang, atau tangkai daun dibelah akan tampak berkas pembuluh berwarna coklat, empulur sering juga berwarna kecoklatan. Pada stadium penyakit yang lanjut, bila batang dipotong, dari berkas pembuluh akan keluar massa bakteri seperti lendir berwarna putih susu. Jika potongan batang sakit dimasukkan ke dalam gelas yang berisi air jernih, setelah ditunggu beberapa menit akan terlihat benang-benang putih halus, yang akan putus bila gelas digoyang. Benang putih tersebut adalah massa bakteri. Adanya massa lendir ini dapat dipakai untuk membedakan penyakit layu bakteri dengan layu *Fusarium*. Karena adanya lendir ini penyakit layu bakteri sering juga disebut “penyakit lendir” (Semangun 2004).

2.2.4 Penyebaran Penyakit *R. solanacearum*

Bakteri dapat hidup dalam tanah dan mampu menginfeksi kembali dalam jangka waktu beberapa tahun lamanya. Patogen ini dapat pula menyebabkan penyakit busuk coklat pada umbi kentang yang bertahan dalam sisa-sisa jaringan umbi sakit. Bakteri *R. solanacearum* umumnya masuk ke dalam tanaman melalui luka yang terjadi pada waktu bercocok tanam atau melalui pertumbuhan akar sekunder. Akar-akar tanaman yang luka, oleh nematoda atau luka mekanik selama bercocok tanam atau lubang-lubang alamiah merupakan tempat masuknya patogen ke jaringan tanaman sehingga cocok untuk kolonisasi bakteri (Kelman, 1953).

Suhu sangat berperan bagi penyebaran patogen baik di daerah tropis, subtropis atau daerah panas lainnya. Suhu optimum untuk perkembangan bakteri layu adalah 27-37°C, sedangkan pada suhu 15°C penyakit ini tidak berkembang dan kondisi tanah yang kering sangat tidak sesuai untuk perkembangan penyakit. Tanah basah menyebabkan meningkatnya penyakit dan pergerakan air akan menjadi sarana penyebaran inokulum ke daerah lebih luas lagi. Dengan demikian, penyakit akan sangat berbahaya pada daerah dengan suhu tinggi dan kelembaban tinggi pula serta penanaman yang kontinyu dengan menggunakan varietas rentan. Penyebaran bakteri jarak dekat dapat melalui kontak antara akar yang satu dengan akar lainnya, alat-alat yang digunakan saat penanaman, dan air irigasi ataupun percikan air hujan. Sedangkan penyebaran jarak jauh dapat melalui umbi, serangga dan bahan perbanyakan vegetatif yang terinfeksi secara laten. Hal ini dapat berlangsung dalam waktu yang relatif lama, bahkan sampai beberapa tahun (Semangun, 1989).

Kelembaban dan suhu tanah juga dapat mempengaruhi kemampuan bertahannya hidup bakteri. Penelitian yang dilakukan oleh Akiew (1985) menunjukkan bahwa populasi *R. solanacearum* menurun tajam pada suhu tanah yang tinggi serta kelembaban tanah yang rendah. Sebaliknya pada kelembaban tanah yang tinggi dan suhu tanah yang rendah, bakteri tersebut menunjukkan kemampuan bertahan hidup untuk waktu yang relatif lama di dalam tanah.

2.3 Bakteri Endofit

Mikroba endofit merupakan istilah untuk organisme-organisme baik jamur maupun bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman dan tidak bersifat patogenik (Hallman, 2001). Mikroba endofit telah ditemukan pada berbagai varietas tanaman inang di seluruh dunia termasuk pohon, semak, rumput-rumputan, lumut, tumbuhan paku dan lumut kerak. Mikroba endofit dapat diisolasi dari jaringan daun, batang, kulit batang, akar dan biji-bijian yang tidak menunjukkan gejala. Bakteri endofit dapat berpengaruh pada kesehatan tanaman dalam hal: (1) antagonisme langsung atas patogen, (2) menginduksi ketahanan sistemik dan (3) meningkatkan toleransi tanaman terhadap tekanan lingkungan (Hallman, 1999).

2.3.1 Mekanisme Bakteri Endofit Masuk ke dalam Tanaman

Dalam menemukan tanaman inangnya, bakteri endofit mempunyai tahapan-tahapan dalam mencari tanaman inangnya yang sesuai, antara lain :

a. Tahap Pencarian Inang

Bakteri endofit dapat menemukan inangnya karena adanya kemotaksis atau eksudat tertentu yang dikeluarkan oleh tanaman sehingga menarik bakteri endofit untuk bergerak mendekati tanaman tersebut. Sebagai contoh, pergerakan bakteri *Pseudomonas flourescens* dan *Azospirillum brasilense* menuju akar tanaman gandum karena adanya variasi genotif tanaman gandum yang menghasilkan antraktan sintetik tertentu sehingga menarik kedua jenis bakteri tersebut untuk bergerak mendekati akar tanaman gandum tersebut (Bashan, 1986).

b. Tahap Pengenalan

Bakteri endofit pada tahapan ini akan melakukan pengenalan terhadap inangnya. Menurut Martin (1996), awalnya kontak antara bakteri endofit dengan tanaman dapat terjadi diluar sel yang kemudian terjadi berlanjut dalam jaringan tanaman baik interseluler maupun intraseluler. Bakteri endofit tersebut akan merasa sesuai dan bersimbiosis dengan jaringan tanaman yang ditemukan jika dalam jaringan tanaman terdapat nutrisi atau stimulan yang mendukung pertumbuhan bakteri endofit. Sebaliknya jika bakteri endofit merasa tidak sesuai dengan jaringan tanaman yang ia

temukan, maka dapat merusak dinding dan membran sel tanaman dan akan terjadi kematian sel sehingga bakteri endofit tersebut menjadi patogen bagi tanaman.

c. Tahap Penetrasi

Bakteri endofit masuk melalui lubang alami seperti hidatoda, stomata dan lenti sel, luka yang disebabkan oleh abrasi partikel-partikel tanah, kerusakan yang disebabkan oleh patogen, pembentukan akar lateral, pori-pori mikro dan luka akibat kerusakan mekanik serta abiotik, misalnya hujan. Diduga bakteri endofit masuk dalam tanaman terutama melalui luka dan pori-pori sebagai tahap awal perkembangannya dalam akar. Jaringan akar yang masih muda, belum terdiferensiasi menyebabkan lapisan kasparian akar belum mampu menahan pergerakan bakteri endofit ke dalam jaringan yang lebih dalam lagi. Disisi lain, infeksi patogen nematoda dan jamur juga dapat menyebabkan bakteri endofit dapat masuk dalam jaringan tanaman. Terdapat korelasi positif antara infestasi nematoda kedalam tanaman dengan jumlah populasi bakteri endofit dalam tanaman. Infestasi nematoda menyebabkan adanya lubang pada tanaman dan kemudian menjadi sarana bagi bakteri endofit untuk masuk kedalam tanaman. Selain itu, ketika nematoda melakukan infestasi kedalam tanaman, ia dapat membawa sel bakteri yang menempel di kutikulanya ikut masuk kedalam jaringan tanaman (Hallman *et al.*, 1998).

Peningkatan bakteri endofit dalam jaringan tanaman juga dapat disebabkan oleh serangan patogen jamur. Menurut Mahaffee dan Kloepper, 1997 (*dalam* Hallmann; 2001) sebagai akibat infeksi yang dilakukan jamur *Rhizoctonia solani* pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris*) menyebabkan masuknya dua bakteri endofit *Enterobacter asburiae* JM 22 dan *Pseudomonas fluorescen* 89B-27 yang melakukan kolonisasi pada jaringan nekrotik akibat infeksi oleh jamur patogen yang kemudian masuk 2-4 cm kedalam jaringan tanaman yang sehat.

d. Tahap Kolonisasi

Setelah bakteri endofit melakukan penetrasi pada jaringan tanaman, bakteri endofit akan melakukan kontak dengan tanaman yang dapat bersifat netral, atau sebagai stimulan pertumbuhan tanaman. Populasi endofit pada umumnya rendah, yaitu sekitar 3-5 cfu/gr jaringan tanaman segar (*fresh plant tissue*). Pada umumnya

peningkatan populasi bakteri endofit dalam jaringan tanaman tergantung pada ketersediaan nutrisi dalam jaringan tanaman yang bermanfaat bagi perkembangan bakteri endofit tersebut (Hallmann, 2001).

e. Tahap Menetap

Bakteri endofit dapat menempati berbagai jaringan tanaman, antara lain: akar, umbi, batang, daun, buah dan biji. Kebanyakan bakteri endofit terdapat pada bagian xylem, floem atau pada bagian lain dalam sel. Bakteri endofit juga banyak ditemukan pada bagian paling luar dari akar, bagian epidermis terutama epidermis yang dekat dengan lubang alami ataupun pada akar lateral. Faktor yang menyebabkan bakteri memilih suatu bagian tertentu dalam jaringan tanaman untuk menetap adalah karena kandungan nutrisi didalamnya yang dapat mendukung metabolisme bakteri endofit antara lain, senyawa asam amino, glukosa dan sukrosa (Hallmann, 2001).

2.3.2 Mekanisme Bakteri Endofit dalam Mengendalikan Patogen

Menurut Bacon dan Hinton (2006), bakteri endofit adalah bakteri yang mengkolonisasi jaringan tanaman sehat tanpa menyebabkan gejala atau luka pada inangnya. Bakteri ini juga dapat hidup pada bagian tanaman seperti akar, batang, daun dan buah. Keberadaannya terjadi secara alami, dapat berasosiasi dengan tanaman dalam jangka waktu yang lama, akan tetapi bukan berupa organ spesifik dari tanaman (Bacon dan Hinton 2006). Oleh karena itu, bakteri endofit hanya dapat dideteksi dengan mengisolasi pada media agar, namun jumlahnya tidak dapat ditentukan secara pasti.

Pada umumnya bakteri endofit mengendalikan patogen dengan cara; pertama, melakukan kolonisasi; kedua, bersifat antagonis secara langsung melalui senyawa-senyawa metabolit, dan ketiga dengan cara memacu atau meningkatkan ketahanan sistemik tanaman inangnya. Cara yang pertama, biasanya dilakukan oleh bakteri endofit yang berada dalam jaringan pembuluh. Bakteri tersebut bersifat antagonis terhadap patogen pembuluh seperti *Verticillium*, *Fusarium* atau *Ralstonia*. Bakteri endofit mengkolonisasi relung hidup yang sama dengan patogen tetapi tidak menimbulkan kerusakan pada inangnya (Siggie 1993). Sedangkan cara kedua dan

ketiga biasanya dilakukan oleh bakteri endofit untuk mengendalikan patogen yang menyerang melalui korteks pada akar (Hallman, 2001).

Meskipun bakteri ini memiliki kisaran inang yang luas, namun ada beberapa bakteri endofit yang hanya dapat berasosiasi dengan inang dari famili tertentu (Bacon dan Hinton 2006). Simbiosis antara tanaman dengan bakteri endofit bersifat netral, mutualisme atau komensalisme. Simbiosis mutualisme antara bakteri endofit dan tanaman, dalam hal ini bakteri endofit mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman dan memproteksi tanaman dalam melawan patogen, sedangkan tanaman mendapatkan derivat nutrisi dan senyawa aktif yang diperlukan selama hidupnya (Tanaka *et al.*, 1999).

Bakteri ini dapat berperan sebagai agens pengendali hayati jika bakteri endofit telah berasosiasi dengan tanaman sebelum patogen menyerang tanaman tersebut (Bacon dan Hinton 2006). Cara kerja bakteri endofit sebagai agens pengendali hayati antara lain: memproduksi bahan campuran anti mikroba; kompetisi ruang dan nutrisi; kompetisi mikro nutrisi seperti zat besi dan produksi siderofor; serta dapat menyebabkan tanaman inang menjadi resisten (Bacon dan Hinton 2006). Keanekaragaman spesies bakteri endofit merefleksikan banyaknya cara kerja yang mungkin terjadi untuk melawan patogen, yang memungkinkan patogen memproduksi senyawa antibiotik untuk melawan bakteri endofit tersebut (Bacon dan Hinton 2006).

2.3.3 Keuntungan Penggunaan Bakteri Endofit

Bakteri endofit lebih banyak diteliti untuk dipelajari potensinya sebagai biokontrol terhadap patogen-patogen tanah. Menurut Chanway (1999), bakteri endofit mempunyai kekhususan tanaman inang. Beberapa tanaman yang ditanam pada daerah yang sama menunjukkan perbedaan komunitas dan populasi bakteri endofit. Eksudat tertentu yang dimiliki oleh masing-masing tanaman dan sumber pakan yang tersedia bagi bakteri endofit mengakibatkan bakteri endofit selektif dalam memilih tanaman sebagai inangnya. Perbedaan komposisi eksudat pada akar tanaman berpengaruh secara langsung terhadap struktur komunitas bakteri pada rhizosfer dan pada endofit juga mempunyai respon tertentu terhadap genotif tanaman.

Bakteri endofit juga mempunyai kemampuan adaptasi tertentu yang diduga disebabkan karena lapisan periderm dan korteks mempunyai biokimia dan fisiologi yang berbeda, sehingga bakteri endofit dapat beradaptasi hanya pada jaringan tertentu dari tanaman inangnya. Selain itu, bakteri endofit telah diketahui mampu memacu pertumbuhan tanaman, sebagai agens pengendali biologi dengan bersifat antagonis langsung (*direct antagonism*) atau dengan cara menambah ketahanan sistemik tanaman terhadap serangan patogen. Beberapa bakteri endofit mampu menurunkan dan melindungi tanaman dari serangan nematoda parasitik dan serangga (Chanway, 1999).

Selain sebagai agens pengendali hayati, hampir semua spesies bakteri endofit juga dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, terutama yang menghasilkan hormon pertumbuhan seperti etilen, auksin dan sitokinin (Bacon dan Hinton 2006). Bakteri ini juga dapat meningkatkan kandungan mineral seperti zat besi dalam tanah, fosfor dan nitrogen bagi tanaman (Bacon dan Hinton 2006).

