

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tomat dan Produktivitasnya di Indonesia

Tanaman tomat dengan nama latin *Lycopersicum esculentum* merupakan tanaman semusim yang berasal dari kelas Dicotyledoneae, ordo Solanes, dan famili Solanaceae. Tomat (*Lycopersicum esculentum*) merupakan tanaman hortikultura yang sangat banyak manfaatnya. Dalam 100 g buah tomat mengandung protein (1 g), karbohidrat (4,2 g), lemak (0,3g), kalsium (5 mg), fosfor (27 mg), zat besi (0,5 mg), vitamin A (karoten) 1500 SI, vitamin B (tiamin) 60 mg dan vitamin C 40 mg (Kailaku *et al.*, 2013). Buah tomat adalah komoditas multiguna yang dapat digunakan sebagai sayuran, bumbu masak, buah meja, minuman, bahan pewarna makanan, bahkan dapat dijadikan sebagai bahan kosmetik dan obat-obatan.

Produktivitas tomat di Indonesia masih tergolong rendah mengingat kebutuhan produksi yang semakin meningkat. Menurut data Kementerian (2017) produksi dan produktivitas tomat di Indonesia tahun 2014 hingga 2016 mengalami penurunan dari 916 ton dan 15,5 ton/ha, menjadi 873 ton dan 15,3 ton/ha. Hal tersebut terjadi meskipun luas areal panen tanaman tomat di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun 2015 ke 2016 yaitu 2,4 ha. Penurunan produksi dan produktivitas tanaman tomat ini diduga dipicu oleh penurunan kesuburan tanah

Salinitas menjadi salah satu ancaman bagi keberlanjutan pertanian hampir semua negara di dunia termasuk Indonesia. Lebih dari 800 juta hektar lahan pertanian di dunia telah dipengaruhi oleh garam (FAO, 2008). Di Indonesia diperkirakan total luas lahan salin 440.300 ha dengan kriteria lahan agak salin 304.000 ha dan lahan salin 140.300 ha (Rahman *et al.*, 2007). Ketidaksuburan lahan disertai pemilihan varietas yang salah juga dapat menurunkan produktivitas tanaman tomat. Selain itu, faktor kendala pertumbuhan tanaman tomat yang lain adalah terserangnya penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*. Menurut Asman *et al.* (1993) *Ralstonia Solanacearum* dapat menyebabkan kerugian sebesar 60-80% serta merupakan patogen yang menempati posisi keenam dari 68 spesies penyebab hama dan penyakit paling berbahaya di Indonesia menurut Geddes (1992).

2.2 Gejala Penyakit Layu Bakteri Tanaman Tomat

Gejala penyakit layu bakteri pada tomat dapat dilihat pada Gambar 1. Gejala utama penyakit ini adalah kelayuan yang segera diikuti oleh kematian tanaman dengan cepat tanpa adanya perubahan warna daun menjadi kuning atau, meskipun dalam beberapa kasus pada tanaman dewasa dimulai dengan bercak kekuningan. Penyakit ini dapat terjadi dimana saja pada areal pertanaman sekalipun daerah tersebut masih baru, karena penyakit dapat masuk terbawa oleh transplanting tanaman sakit, peralatan pertanian, atau air irigasi. Bakteri menginfeksi melalui luka pada perakaran tanaman akibat luka selama proses penanaman maupun faktor nematoda. Bakteri berkembang di jaringan vaskuler tanaman menyebabkan tanaman layu karena adanya gangguan transportasi air akibat kerusakan jaringan tersebut. Penyakit sering dijumpai di daerah basah dan aktif pada suhu 75°F. Untuk mengidentifikasi penyakit ini adalah dengan memotong batang tanaman sakit secara melintang kemudian dicelupkan kedalam air jernih, maka akan terlihat eksudat keluar dari dalam batang yang merupakan massa dari bakteri *Ralstonia Solanacearum* tersebut (Sastrahidayat, 2011).



Gambar 1. Kenampakan Gejala Layu Bakteri Tanaman Tomat (Champoiseau, 2009) A) Batang tomat yang terinfeksi *Ralstonia solanacearum* saat dibelah, B) Tanaman tomat di lahan mengalami layu bakteri, C) Tanaman tomat di pot mengalami layu bakteri

2.3 Identifikasi dan Klasifikasi Bakteri patogen *Ralstonia Solanacearum*

Ralstonia solanacearum merupakan bakteri patogen tular tanah yang menjadi faktor pembatas utama dalam produksi berbagai jenis tanaman di dunia. Bakteri *Ralstonia solanacearum* ini sebelumnya dikenal sebagai *Pseudomonas solanacearum*, pertama kali digambarkan oleh seorang ilmuwan bernama Smith pada tahun 1896 sebagai agen penyebab layu bakteri tanaman solanaceous. Hal ini diakui secara internasional sebagai salah satu model terkemuka dalam analisis patogenisitas tanaman. Bakteri tanah ini adalah agen penyebab penyakit parah dan menghancurkan kepentingan ekonomi utama pada tanaman solanaceous. 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 yang mempunyai arti penting ekonomi, sehingga patogen ini diklasifikasikan dalam tiga ras berbeda berdasarkan tanaman inangnya. Ras I memiliki sebaran inang luas yang termasuk dalam tanaman Solanaceae, tanaman pangan, dan leguminase. Ras II pada pisang dan Heliconia. Ras III khusus menyerang kentang dan tomat (Sastrahidayat, 2011).

Menurut Agrios (2000) bakteri *Ralstonia solanacearum* diklasifikasikan sebagai kingdom Prokaryotae, divisi Gracilicutes, subdivisi Proteobacteria, dan famili Pseudomonadaceae. 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. Koloni bakteri *Ralstonia solanacearum* akan berwarna merah muda jika dibiakkan di media selektif TZC (*Triphenyl Tetrazolium Chloride*) seperti pada Gambar 2. Bila dilihat dibawah mikroskop dengan pembesaran tinggi akan terlihat sel bakteri berbentuk batang berbulu getar. Bakteri ini menginfeksi akar tanaman melalui luka yang terjadi secara tidak langsung pada waktu proses pemindahan tanaman maupun luka akibat tusukan nematoda akar, dan secara langsung masuk ke dalam bulu akar/akar yang sangat muda dengan melarut dinding sel. Infeksi secara langsung lebih banyak terjadi jika populasi bakteri di tanah terdapat dalam jumlah yang tinggi. *R. solanacearum* merupakan patogen tular tanah dan dapat menyebar dengan mudah melalui bahan tanaman, alat pertanian, dan tanaman inang. Kemampuan bakteri ini bertahan hidup diduga sangat bergantung pada keberadaan tanaman inang (Kim *et al.*, 2003).



Gambar 2. Kenampakan koloni virulen *Ralstonia Solanacearum* pada media TZC, (Champoiseau, 2009)

2.4 Salinitas dan Dampaknya bagi Lahan Pertanian

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas juga dapat mengacu pada kandungan garam yang berlebih dalam tanah. (Yuniati, 2004). Kondisi salin merupakan keadaan di mana terjadi akumulasi garam terlarut dalam tanah, dan merupakan salah satu masalah yang sering dihadapi dalam pembangunan pertanian di dataran rendah. Satuan pengukuran salinitas adalah konduktivitas elektrik yang dilambangkan dengan decisiemens/m (dS/m) pada suhu 25°C. Sedangkan garam terlarut umumnya tersusun oleh sodium (Na^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), klor (Cl^-) dan sulfat (SO_4^{2-}). Magnesium sulfat (MgSO_4) dan sodium kloride (NaCl) merupakan garam terlarut yang sering dijumpai (Thohiron dan Heru, 2012).

Lahan pertanian yang dapat dikategorikan salin apabila memiliki nilai daya hantar listrik (EC) lebih dari 4 dS/m (Decisiemens per meter) (Agus *et al.*, 2007). Permasalahan salinitas telah meluas akhir-akhir ini. Data FAO memperlihatkan bahwa hampir 50% lahan irigasi mengalami masalah salinitas. Setiap tahun beberapa ratus ribu hektar lahan irigasi ditinggalkan karena mengalami salinisasi (Abrol, 1986). Fenomena ini juga terjadi secara luas di Indonesia akhir-akhir ini, namun perkiraan luas tidak dapat dikemukakan karena kurangnya survei yang bersifat ilmiah dan data yang valid. Garam yang terlarut dalam tanah merupakan unsur yang esensial bagi pertumbuhan tanaman, tapi kehadiran larutan garam yang berlebih di dalam tanah akan meracuni tanaman (Yuniati, 2004).

Problem salinitas pada pertanian beririgasi sering terkait dengan muka air tanah. Peningkatan kapilaritas dari muka air tanah yang dangkal akan membawa kembali garam-garam masuk ke daerah perakaran dan menjadi sumber garam yang kontinyu. Tanah bertekstur liat, daya kapilaritasnya dapat mencapai 50 cm (Franzen *et al.*, 1994). Tanah yang ditanami salinitasnya berpotensi akan menurun lebih cepat bila dibandingkan dengan yang tidak ditanami (Wienhold dan Trooien, 1995).

Banyak proses biokimia dan fisiologi tanaman yang terganggu akibat cekaman salinitas. Tumbuhan akan menghasilkan etilen sebagai respon adanya cekaman salah satunya salinitas. Adanya hormon etilen dapat menghambat elongasi akar dan tunas, menekan perluasan daun, dan memicu epinasti. Salinitas juga dapat menyebabkan gangguan pada proses metabolisme tanaman seperti penurunan laju fotosintesis. Penurunan laju fotosintesis juga dapat

dikaitkan dengan perilaku stomata. Pada tanaman yang mengalami stres garam, juga mengalami defisiensi air, serta konsentrasi CO_2 pada kloroplas menurun karena berkurangnya konduktansi stomata (Gama *et al.*, 2007).

Salinitas/cekaman garam dapat menimbulkan keracunan. Beberapa anion seperti Cl^- dapat menyebabkan kerusakan membran sel yang cukup parah dalam jumlah berlebih dan menyebabkan kebocoran pada membran sel. NaCl juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen fotosintesis. Perusakan membran oleh NaCl merupakan dasar dari asumsi keracunan tanaman oleh garam. Ion Na pada garam dapat mempengaruhi dan melemahkan ion Ca pada membran yang berperan penting dalam penguat struktur membran sel tanaman (Staples dan Toennissen, 1984).

Salinitas menyebabkan perubahan pada parameter morfologi seperti tinggi tanaman, panjang akar tanaman, jumlah daun dan juga rasio tajuk/akar, salinitas juga mampu menurunkan berat tajuk dan akar tanaman (Neto *et al.*, 2004). Penurunan aktivitas fotosintesis tanaman akan mempengaruhi pembentukan berat kering sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman. Kebanyakan tanaman yang menderita stress garam menunjukkan penurunan pertumbuhan dan juga hasil tanaman. Pertumbuhan dan hasil tanaman budidaya umumnya mengalami penurunan pada EC tanah 4 dS/m atau lebih, bahkan tanaman yang sensitif dapat terpengaruh pada EC 3 dS/m. Tanda-tanda tanaman yang terkena stress garam antara lain menjadi kerdil, kesehatan tanaman terganggu, warna tanaman berubah dan hasil tanaman menurun (McWilliams, 2003).

Salinitas dan pada lahan pertanian semakin meningkat karena penggunaan pupuk kimia secara terus menerus, pertanian monokultur, dan praktek irigasi yang salah (Singh dan Prabhat, 2015). Salinitas juga dapat terjadi secara alami seperti akibat bencana alam (tsunami) serta efek pemanasan global dan perubahan iklim.

Terdapat dua pendekatan yang dapat dilakukan terhadap budidaya tanaman di lahan salin yaitu manajemen lahan salin (pencucian dengan air tawar, pemberian mulsa, penggunaan bahan organik serta pemupukan) dan seleksi kultivar yang tahan terhadap salinitas (Munns dan Tester, 2008). Berdasarkan hasil penelitian Siregar *et al.* (2010), tomat varietas Permata, Monica dan Jelita yang diberi 450 ppm garam NaCl di pembibitan memiliki kemampuan adaptasi

yang lebih baik terhadap cekaman salinitas dibandingkan dengan konsentrasi garam 0, 150, 300, 600 dan 700 ppm.

Pemanfaatan *Plant Growth Promotion Rhizobacteria* (PGPR) juga dilakukan pada budidaya tanaman pada lahan salin (Dimpka *et al.*, 2009). PGPR pertama kali diperkenalkan pada tahun 1978 oleh Kloepper dan rekannya ke sekelompok bakteri menguntungkan yang mempromosikan tanaman tersebut dengan meningkatkan Perolehan nutrisi, produksi fitohormon, pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, dan secara tidak langsung memproduksi antibiotik dan melalui sekresi dari enzim litik.

2.5 Bakteri Toleran Salin

Bakteri toleran salin banyak ditemukan di lahan-lahan yang memiliki cekaman salinitas tinggi. Bakteri yang mampu bertahan hidup dalam kondisi hipersalin adalah mikroorganisme halofilik, dan habitat alami mereka biasanya adalah daerah pesisir, lahan salin, dan danau hipersalin (Singh dan Prabhat, 2015).

Pemanfaatan bakteri-bakteri toleran salin akhir-akhir ini mulai dipertimbangkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dibawah cekaman salin, alternatif pengganti pupuk kimia. Bakteri halotolerant yang hidup di lingkungan salin tersebut dapat dimanfaatkan untuk menanggulangi cekaman salin karena memiliki kemampuan untuk menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman, berperan dalam pelarutan fosfat dan fiksasi nitrogen, memiliki ACCD (*1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase*) yang mampu memecah etilen sehingga membantu pertumbuhan tanaman dan aktivitas peningkatan pertumbuhan lainnya dapat menjadi pilihan untuk memperbaiki stres garam. Penggunaan mikroorganisme dengan sifat menguntungkan untuk meningkatkan produktivitas tanaman pertanian yang tumbuh dalam kondisi stres menjadi alternatif bioteknologi yang kuat daripada menggunakan pupuk kimia dan pestisida yang memiliki efek negatif terhadap lingkungan (Saharan dan Nehra, 2011).

Menurut Chookietwattana *et al.* (2012) bakteri toleran salin yang mengandung enzim ACC Deaminase mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat pada kondisi cekaman salin karena secara signifikan dapat meningkatkan presentase perkecambahan, panjang akar, dan berat kering. Cekaman garam merupakan faktor yang menghambat pertumbuhan tanaman dengan mekanisme tersendiri, tergantung jenis tanaman. Beberapa tanaman

akan memproduksi *salt stress-induced ethylene* apabila berada pada kondisi cekaman garam sehingga akan berdampak pada penghambatan terhadap pertumbuhan. Hal tersebut sesuai dengan Smalle dan Van der Straeten (1997) bahwa terdapat korelasi antara produksi etilen dengan pertumbuhan/perkecambahan benih. Bakteri *Bacillus licheniformis* strain B2r diketahui mampu memanfaatkan enzim ACCD sebagai sumber nitrogen tunggal dibawah cekaman salin yang sangat bermanfaat bagi peningkatan pertumbuhan tanaman. Inokulasi bakteri yang mengandung enzim ACC Deaminase, *Bacillus licheniformis* strain B2r, mampu menurunkan biosintesis *salt stress-induced ethylene* didalam tanaman yang nantinya mampu menghilangkan efek penghambatan etilen tersebut sehingga kemudian mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Singh dan Prabhat (2015) mengungkapkan bakteri toleran salin yang diisolasi dari rizosfer *Aerva javanica* menunjukkan bahwa bakteri *Enterobacter cloaceae* yang berhasil diidentifikasi mampu menghasilkan aktivitas untuk peningkatan pertumbuhan tanaman seperti memiliki ACCD (*1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase*), berperan dalam fiksasi nitrogen dan agen biokontrol. Bakteri menunjukkan toleransi terhadap konsentrasi NaCl sampai 6%. Selain aktivitas ACC deaminase, isolat bakteri *Enterobacter cloaceae* juga mampu menghasilkan IAA (asam indolasetat/auksin) dan melarutkan fosfat anorganik yang merupakan kontributor penting untuk pertumbuhan tanaman. PGPR yang mampu menghasilkan IAA memiliki keuntungan yang signifikan untuk meningkatkan pertumbuhan, perkembangan akar, dan penyerapan hara (Yang *et al.*, 2009). Hormon IAA dan ACCD dapat bekerja secara sinergis dan mendorong pertumbuhan tanaman, terutama pemanjangan akar (Glick, 2014).

Bakteri *Enterobacter cloaceae* juga memiliki sifat antagonis terhadap patogen tanaman, seperti menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Erwinia carotovora*, jamur patogen *Fusarium graminearum* dan *Fusarium oxysporum*. Mikroba yang memiliki kemampuan biokontrol mampu menimbulkan induksi resistensi sistemik (IRS) pada beberapa spesies tanaman sehingga melindungi tanaman dari berbagai penyakit (Meziane *et al.*, 2005).

Bakteri yang diisolasi dari lingkungan ekstrem seperti tanah salin memiliki sifat unik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dan berperan sebagai agen biokontrol. Agen biokontrol terhadap patogen memiliki aplikasi yang menjanjikan

untuk digunakan sebagai alternatif bahan kimia, yang pada akhirnya dapat memberi manfaat bagi sektor pertanian sampai tingkat yang lebih tinggi. Isolasi strain bakteri dari lingkungan garam yang memiliki aneka ragam manfaat dapat digunakan sebagai bioteknologi berbasis biaya rendah untuk mengatasi cekaman garam bagi tanaman di sektor pertanian (Singh dan Prabhat, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa bakteri toleran salin yang hidup di daerah jenuh garam dapat dimanfaatkan sebagai PGPR dan agen biokontrol untuk mengendalikan penyakit tanaman. Kumar *et al.* (2014) menyatakan bahwa beberapa strain bakteri PGPR *Pseudomonas sp.* dan *Bacillus sp.* memiliki toleransi terhadap stres abiotik dan memiliki aktivitas antagonis pada patogen tertentu. Stres abiotik yang mampu ditoleransi bakteri tersebut adalah salinitas tinggi, pH tinggi, dan suhu tinggi. Bahkan kadar salinitas yang mampu ditoleransi beberapa strain dari 2 bakteri tersebut mencapai 7%. Strain bakteri toleran stres ini dapat digunakan secara efisien di lingkungan yang ekstrim sehingga bakteri tersebut dapat menunjukkan kemampuan rhizosfer dan endofit yang lebih baik. Beberapa strain dari 2 bakteri tersebut juga mampu melindungi tanaman dari tekanan abiotik seperti kekeringan, suhu tinggi, dan salinitas.

Pseudomonas sp. dan *Bacillus sp.* merupakan agen biokontrol yang terkenal yang digunakan untuk mengendalikan jamur fitopatogenik tular tanah. Berbagai mekanisme dikaitkan dengan aktivitas antagonisnya, yaitu enzim hidrolitik, chitinase, HCN, produksi siderophore dan produksi antibiotik seperti phenazines, pyrrolnitrin, pyoluteorin, dan sebagainya. Beberapa mekanisme tersebut membuat kedua bakteri tersebut menjadi agen biokontrol yang ideal (Kumar *et al.*, 2014).

Terjadinya perubahan iklim secara global, pertanian merupakan salah satu daerah penting yang paling terkena dampak, sehingga pada akhirnya menunjukkan dampak pada produktivitas pangan. Seleksi dan penerapan PGPR toleran stres untuk pertanian yang lebih baik akan secara signifikan membantu masyarakat pertanian untuk mengatasi perubahan iklim yang drastis. Selanjutnya, aplikasi PGPR semacam itu juga diketahui bisa mengatasi efek buruk dari pupuk kimia dan pestisida. Strain isolat bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas spp* yang memiliki toleransi stres abiotik dan aktivitas antagonis terhadap beberapa patogen untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman yang lebih baik merupakan langkah awal yang baik untuk memajukan industri pertanian yang lebih sehat dan aman (Kumar *et al.*, 2014).