

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanaman Tomat Ceri (*Solanum lycopersicum* var. red cherry)

Tanaman tomat merupakan komoditas hortikultura penting di Indonesia. Tanaman tomat memerlukan kondisi lingkungan dengan suhu 18 – 26 °C dan rata-rata curah hujan 400 – 700 mm selama masa pertumbuhan (Djaenudin *et al.*, 2011). Suhu tinggi menyebabkan bunga tanaman tomat yang telah terbentuk menjadi gugur (Alam *et al.*, 2010). Kebutuhan air tanaman tomat budidaya dapat dipenuhi melalui penyiraman. Penyiraman yang optimal akan memacu fotosintesis dan metabolisme sel tanaman tomat kemudian menghasilkan akumulasi fotosintat yang digunakan untuk pertumbuhan dan penambahan bobot kering (Kuswandi dan Sugiyarto, 2015). Tanaman tomat yang dibudidayakan dapat dipanen buahnya beberapa kali. Tanaman tomat ceri akan berbunga pertama kali pada umur 49 hari setelah tanam (HST). Kecepatan berbunga buah tomat dipengaruhi oleh kecukupan hara tanaman (Chandel *et al.*, 2017). Buah tomat dapat dipanen saat telah berwarna merah muda. Panen tomat ceri dapat dilakukan hingga 35 kali dengan interval pemanenan dua hari sekali, sedangkan panen puncak terjadi pada panen ke-17 (Fakhrunnisa *et al.*, 2018).

Tanaman tomat ceri dapat dibudidayakan di lahan maupun secara hidroponik. Unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman tomat ceri supaya tumbuh optimal adalah unsur nitrogen (N), fosfat (P) dan Kalium (K). Tanaman tomat ceri memerlukan unsur hara selama masa pertumbuhan sebesar 135 kg

N/ha, 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha dan 110 kg K<sub>2</sub>O/ha (Pangaribuan *et al.*, 2011). Peningkatan unsur P pada jaringan tanaman tomat akan meningkatkan pembentukan asam nukleat dan pembelahan sel kemudian meningkatkan jumlah buah tomat (Chandel *et al.*, 2017). Unsur N yang mencukupi akan mempengaruhi jumlah daun, sedangkan umur berbunga lebih dipengaruhi oleh faktor genetis (Meylia dan Koesriharti, 2018). Budidaya tomat ceri seringkali memanfaatkan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) sebagai pupuk hayati. Hal ini dikarenakan simbiosis CMA pada tomat diperlukan dalam pertumbuhan tanaman (Nzanza *et al.*, 2011).

## **2.2. Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA)**

Cendawan mikoriza arbuskular merupakan pupuk hayati yang digunakan di sektor pertanian untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produk pertanian. Beberapa peran CMA yaitu menyediakan hara dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik (Sreevani dan Reddy, 2004). Inokulasi CMA meningkatkan kapasitas sistem perakaran dalam menyerap air dan hara karena terdapat hifa eksternal, sedangkan fotosintesis dapat menurun pada tanaman non inokulan karena terjadi penutupan stomata yang berakibat pada berkurangnya penyerapan karbon dioksida (Volpe *et al.*, 2018). Cendawan MA dapat meningkatkan ATP kemudian meningkatkan fotosintesis (Rokhminarsi *et al.*, 2007). Cendawan mikoriza juga berperan meningkatkan penyerapan unsur hara N, P, K, kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan unsur hara mikro lain (Budi *et al.*, 2015). Peningkatan serapan P dikarenakan CMA memiliki hifa dan enzim fosfatase yang mengkatalis hidrolisis ikatan fosfat dari semula tidak tersedia

menjadi tersedia untuk tanaman (Permatasari dan Nurhidayati, 2014; Rengganis *et al.*, 2014; Hadianur *et al.*, 2016; Jamilah *et al.*, 2016).

Beberapa spesies CMA lebih efektif mengkoloni sistem perakaran tanaman. Efektivitas inokulasi dipengaruhi oleh jumlah spora yang diinokulasi, kualitas inokulum, waktu inokulasi, kondisi media tanam dan spesies tanaman (Ortas *et al.*, 2013). Spesies *G. etunicatum* lebih efektif mengkoloni perakaran tanaman tomat. *Glomus etunicatum* merupakan CMA yang kompatibel dengan tanaman tomat, hal ini membuat serapan P tanaman lebih tinggi sehingga tomat mampu berbunga 6 hari lebih cepat dibanding spesies lain (Ortas *et al.*, 2013). Inokulasi *G. etunicatum* nyata meningkatkan tinggi tanaman karena menyediakan hara dan air serta meningkatkan kandungan giberelin untuk memacu pembelahan sel sehingga pertumbuhan batang lebih cepat (Hamida dan Dewi, 2015). Selain itu *G. etunicatum* menghasilkan jumlah buah dan bobot kering buah tomat lebih tinggi dibanding *Gigaspora* (Cofcewicz *et al.*, 2001), serta meningkatkan produktivitas tanaman dibanding *G. mosseae* (Ortas, 2010). *Glomus etunicatum* yang bersimbiosis dengan perakaran mampu meningkatkan produksi dan serapan P (Pereira *et al.*, 2015).

Hubungan CMA dengan tanaman merupakan simbiosis mutualisme. Inokulasi CMA saat awal tanam dan fase inisial pertumbuhan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada fase bibit (*seedling*) (Basak *et al.*, 2011). Cendawan MA memperoleh karbohidrat dan *growth factor* dari tumbuhan kemudian CMA membantu penyerapan hara terutama P dari tanah dengan miseliumnya (Javot, 2007). Unsur hara P larutan tanah diserap oleh hifa eksternal CMA, diubah

menjadi polifosfat, menuju hifa internal, selanjutnya P organik diubah menjadi unsur anorganik di dalam arbuskel, kemudian ditransfer ke tanaman inang (Kartika *et al.*, 2013). Tanaman akan menghasilkan eksudat akar dan membuat CMA mengkoloni perakarannya (Wahyuni *et al.*, 2013), namun peningkatan P pada tanaman dapat menurunkan permeabilitas membran sel yang akan menurunkan produksi senyawa eksudat akar (Rizvi *et al.*, 2015). Senyawa eksudat akar yang menurun akan menurunkan derajat kolonisasi CMA di sistem perakaran tanaman. Respon yang dihasilkan tanaman terhadap kolonisasi CMA beragam, hal ini dikarenakan interaksi fisiologis CMA berbeda terhadap tanaman inangnya.

Respon fisiologis tanaman terhadap CMA akan berpengaruh pada parameter pertumbuhan dan produksi tanaman. Cendawan MA meningkatkan tinggi tanaman tomat 20 – 60 hari setelah inokulasi karena translokasi aktif mineral akibat adanya hifa eksternal dan peningkatan kadar hara tanaman berupa P, N, K, Zn, Mn, Fe, Ca dan sulfur (S) (Rizvi *et al.*, 2015). Selain itu peningkatan tinggi tanaman tomat terjadi karena CMA membantu menyediakan hara yang semula tidak tersedia (Chandel *et al.*, 2017). Tinggi tanaman tomat dengan inokulasi CMA lebih tinggi dibanding tanpa inokulasi, tetapi tidak berlangsung sampai akhir masa hidupnya (Gunadi dan Subhan, 2007). Cendawan MA akan meningkatkan jumlah daun saat tanaman mulai tumbuh, tetapi pengaruhnya akan menurun saat memasuki masa panen (Afrinda dan Islami, 2018). Jumlah daun yang bertambah dikarenakan tersedianya unsur P untuk menaikkan laju fotosintesis (Wahyuni *et al.*, 2013).

Cendawan MA juga berpengaruh pada pembentukan bunga, buah dan bobot kering tanaman. Inokulasi CMA mempercepat umur berbunga tomat 4 hari lebih awal dibanding tanaman tanpa inokulasi, hal ini karena peningkatan unsur hara tanaman memaksa meristem vegetatif berkembang ke arah pembungaan (Salvioli *et al.*, 2012). Mikoriza lebih aktif menyerap P pada fase generatif, sehingga memperbesar kemungkinan terbentuknya bunga, sedangkan akhir fase generatif tanaman lebih mengalokasikan fotosintatnya ke pembentukan dan pemasakan buah. Hal ini berakibat CMA tidak memperoleh karbohidrat dari tanaman, kemudian menurunkan aktivitas CMA dan berdampak pada penurunan serapan P tanaman pada akhir fase generatif (Yudha *et al.*, 2014). Jumlah buah tomat ceri inokulasi CMA dengan pemupukan N dan P 70% dosis rekomendasi setara pemupukan N dan P 100% rekomendasi, tetapi bobot buah lebih tinggi pada tanaman dengan inokulasi CMA (Rokhminarsi *et al.*, 2007). Inokulasi CMA meningkatkan bobot kering tajuk fase vegetatif, tetapi tidak meningkatkan bobot kering dan serapan P tanaman tomat fase generatif (Hadianur *et al.*, 2016).

Kolonisasi CMA pada perakaran tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya jenis spora, kemampuan infeksi, efektivitas, kompatibilitas dengan tanaman inang, faktor lingkungan dan kompetisi dengan CMA lain (Hadianur *et al.*, 2016). Penyiraman 7 – 14 hari sekali dapat meningkatkan kolonisasi CMA dibanding penyiraman setiap hari karena mikoriza akan lebih aktif membentuk spora (Kuswandi dan Sugiyarto, 2015). Pembentukan spora mikoriza optimal pada media dengan kelembaban 30% dan rendah unsur Zn, Cu, Mn, N, P, K tetapi

tinggi Fe, serta media tanah lempung berpasir dengan pH 7 – 8 (Sreevani dan Reddy, 2004).

Kemampuan CMA mengkoloni perakaran tanaman berbeda. Persentase kolonisasi termasuk rendah jika kurang dari 10%, sedang jika kurang dari 30% dan tinggi jika lebih dari 30% (O'connor *et al.*, 2001). *Glomus* mampu mengkoloni perakaran tanaman hingga 80% (Boonlue *et al.*, 2011). Persentase kolonisasi yang rendah dapat terjadi akibat kompatibilitas CMA rendah, akibatnya efisiensi simbiosis berkurang (Gunadi dan Subhan, 2007). Kolonisasi CMA dapat ditingkatkan melalui inokulasi untuk meningkatkan populasi spora (Rokhminarsi *et al.*, 2007). Inokulasi ganda juga dapat meningkatkan kolonisasi dibanding inokulasi tunggal (Yelianti *et al.*, 2009). Selain itu pengurangan pupuk P tersedia akan meningkatkan kemungkinan tanaman tomat bersimbiosis dengan CMA (Dennett *et al.*, 2011). Hal ini karena peningkatan hara P dapat menurunkan kolonisasi CMA dan menyebabkan CMA menjadi inaktif sehingga serapan P menurun (Rokhminarsi *et al.*, 2007).

Struktur CMA terdiri dari hifa internal, arbuskel, vesikel dan hifa eksternal. Arbuskel merupakan pemanjangan hifa internal, sedangkan vesikel adalah pembengkakan hifa internal secara terminal, berisi senyawa lemak yang berfungsi sebagai organ penyimpanan cadangan makanan (Wirawan *et al.*, 2015). Hifa eksternal bekerja secara intensif untuk meningkatkan kapasitas penyerapan air dan unsur hara (Wahyuni *et al.*, 2013).

Struktur CMA akan terbentuk jika terjadi simbiosis dengan tanaman inang yang sesuai. Simbiosis dimulai dengan perkecambahan spora CMA pada kadar air

dan suhu yang sesuai, setelah 2 – 3 minggu hifa akan tumbuh. Pada masa ini CMA akan tumbuh beberapa sentimeter, tetapi jika tidak terdapat tanaman inang CMA akan berhenti tumbuh setelah 2 – 4 minggu. Kondisi tersebut menyebabkan CMA dorman dan hidup dengan memanfaatkan cadangan makanan berupa lemak. Tahapan ini disebut fase asimbiotik pada CMA, yaitu spora CMA berkecambah tetapi pertumbuhannya terbatas. Cendawan MA mengkoloni perakaran tanaman karena adanya eksudat akar yang dikeluarkan oleh tanaman inang. Adanya eksudat akan menyebabkan hifa melekat pada permukaan akar melalui apresorium, setelah itu menembus korteks akar kemudian membentuk struktur khusus diantaranya hifa internal, hifa eksternal, arbuskel dan vesikel (Garg dan Chandel, 2010).

Arbuskel akan terbentuk 2 – 5 hari setelah penetrasi hifa ke jaringan korteks akar tanaman dan mengalami degenerasi 1 – 3 minggu kemudian. Degenerasi arbuskel dapat disebabkan oleh sifatnya yang labil. Vesikel pada akar tanaman akan terus bertambah jumlahnya seiring pertumbuhan tanaman inang. Vesikel berfungsi sebagai cadangan makanan berupa lemak dapat mengalami degenerasi jika suplai karbohidrat dari tanaman inang berkurang. Degenerasi terjadi karena cadangan makanan pada vesikel digunakan CMA untuk pembentukan spora (Kandowanko, 2019).

### **2.3. Pupuk Fosfat**

Pupuk P merupakan bahan yang ditambahkan untuk menambahkan unsur hara P pada tanah. Unsur hara P digunakan tanaman dalam proses fotosintesis dan

metabolisme energi dalam sel, terutama sebagai penyimpan dan transfer energi di dalam proses biokimia (Hadianur *et al.*, 2016), pembentukan jaringan tanaman dan berperan dalam pembentukan bunga serta pemasakan buah (Sari *et al.*, 2017). Sumber fosfat yang sering digunakan adalah pupuk anorganik SP-36. Alternatif penggunaan SP-36 adalah BP sebagai sumber P alam.

SP-36 merupakan pupuk buatan pabrik dengan kadar  $P_2O_5$  pasti, yaitu sebesar 36%. Pupuk SP-36 merupakan sumber P larut air, dibuat dengan pengasaman menggunakan asam sulfat dan asam fosfat untuk memecah ikatan trikalsium fosfat dalam batuan fosfat, selanjutnya terbentuk monokalsium fosfat. Batuan fosfat merupakan pupuk organik yang berasal dari tambang, karena itu kadar  $P_2O_5$  BP tidak pasti. Kadar  $P_2O_5$  batuan fosfat adalah 26% (Utama dan Yahya, 2003). Salah satu keunggulan batuan fosfat adalah kandungan Ca yang digunakan untuk pembentukan buah (Ridwan, 2011). Kelemahan batuan fosfat adalah *slow release* dan tidak larut air. (Kuswandi dan Sugiyarto, 2015).

Pupuk P yang diaplikasikan ke tanaman dapat membantu pertambahan tinggi, bobot kering tajuk dan pertumbuhan daun. Pemupukan 250 kg/ha SP-36 dapat meningkatkan tinggi tanaman tomat dan menghasilkan rata-rata bobot kering tajuk tertinggi dibanding dosis yang lebih rendah atau tanpa pemupukan P (Wahyuni *et al.*, 2013). Ketersediaan unsur P menaikkan laju fotosintesis untuk pembentukan daun baru (Wahyuni *et al.*, 2013) dan membantu penyerapan hara K yang dapat membantu pembentukan buah (Meylia dan Koesriharti, 2018). Unsur K membantu fotosintat dari daun menuju akar, kemudian digunakan sebagai energi untuk pertumbuhan akar dan pertambahan bobot buah (Neliyati, 2012).