

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Tomat merupakan salah satu jenis sayuran yang banyak dibudidayakan. Sifat antioksidan dan anti kanker dari kandungan likopenya menjadikan sayuran ini banyak dikonsumsi sehingga produksinya masih harus terus ditingkatkan (Gerszberg dan Hnatuszko-Konka, 2017). Buah tomat di Indonesia merupakan salah satu komoditas hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi dan masih memerlukan penanganan dalam peningkatan produksinya (Lestari *et al.*, 2018).

Selama tahun 2018-2022 produksi tomat di Indonesia berfluktuasi dan di tahun 2022 produksinya mengalami penurunan sebesar 28,84% dengan tingkat ketersediaan per kapita juga menurun sebesar 29,29% (Kementerian Pertanian, 2022). Penurunan produksi tomat tersebut antara lain dikarenakan adanya penyusutan lahan-lahan pertanian yang subur akibat konversi lahan pertanian menjadi non pertanian terutama di Pulau Jawa (Saleh *et al.*, 2014). Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan ekstensifikasi (perluasan areal pertanaman) yang umumnya dilakukan di luar pulau Jawa, seperti Kalimantan dan Sumatera.

Ekstensifikasi pertanaman tomat saat ini mulai diarahkan pada lahan kering dan masam (lahan sub optimal) yang tersebar di beberapa pulau besar di Indonesia. Menurut Mulyani (2006), lahan kering masam dengan jenis tanah Ultisol tersebar luas hampir 25% dari total daratan Indonesia dengan luas 16,8

juta ha berupa lahan kering masam di Sumatera dan Kalimantan yang memiliki peranan penting dalam pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia.

Pemanfaatan tanah masam untuk peningkatan produksi tomat menghadapi kendala kesuburan tanah diantaranya sering terjadinya pencucian tanah yang sangat intensif, kemasaman tanah yang tinggi, deplesi kation-kation basa, toksisitas Al, Fe dan Mn (Hartemink dan Bourke, 2000). Toksisitas mangan (Mn) pada tanah masam merupakan salah satu faktor pembatas penting bagi pertumbuhan tanaman (Li *et al.*, 2021). Toksisitas Mn di tanah dengan drainase yang baik umumnya terjadi pada pH 5,5 atau di bawahnya, tetapi di tanah yang tergenang (*an aerob*) atau padat, Mn dapat meracuni pada pH 6,0 atau lebih (Foy, 1973).

Tanaman tomat memiliki daerah sebaran yang sangat luas, mulai dari daerah tropis hingga subtropis. Varietas atau jenis tanaman tomat juga cukup banyak (Lestari *et al.*, 2018). Beberapa varietas tomat unggul yang mampu beradaptasi di dataran rendah sudah dikembangkan oleh Balai Penelitian Tanaman Sayur (Balitsa) antara lain Opal, Mirah, Ratna dan Mutiara (Balitsa, 2018), namun kemasaman tanah dengan toksisitas logam berat seperti Mn tetap menjadi kendala dalam pengembangannya. Hal ini dikarenakan dari sekian banyak varietas tomat unggul di pasaran belum ada yang khusus dirakit untuk toleran terhadap toksisitas Mn di tanah masam sehingga informasi mengenai toleransinya terhadap toksisitas Mn masih sangat terbatas.

Mangan merupakan salah satu nutrisi mikro esensial bagi pertumbuhan tanaman (Millaleo *et al.*, 2010). Berperan dalam sintesis klorofil dan

keberadaannya sangat penting dalam Fotosistem II (PSII) serta bertindak sebagai kofaktor yang mengaktifkan lebih dari 35 enzim yang berbeda (Alejandro *et al.*, 2020). Jika berada dalam jumlah yang berlebih maka Mn yang merupakan salah satu logam berat akan menyebabkan toksisitas bagi tanaman (Li *et al.*, 2019).

Mekanisme toksisitas Mn pada tanaman belum banyak diketahui. Hal ini dikarenakan toksisitasnya bersifat kompleks yang melibatkan banyak mekanisme fisiologis dan biokimia serta beragam gen (González-Villagra *et al.*, 2021). Gejala khas akan terlihat pada tanaman yang keracunan Mn. Bercak coklat pada daun yang lebih tua dengan dikelilingi zona klorotik akan muncul pada sebagian besar tanaman yang keracunan Mn (El-Jaoual dan Cox., 1998). Menurut Sainju *et al.* (2010), toksisitas Mn pada tomat ditunjukkan dengan adanya bercak coklat nekrotik antar urat-urat daun (*vena*) bagian tengah yang meluas ke pelepah daun dan urat-urat daun lateral utama, luka berwarna coklat pada batang dan tangkai, klorosis antar tulang daun dan tidak berkembangnya daun yang muda.

Mangan mempengaruhi penyerapan dan translokasi nutrisi atau unsur hara lain. Tingkat mangan yang lebih tinggi dalam larutan nutrisi mengurangi penyerapan kalium, kalsium, magnesium, seng, tembaga dan silikon, serta menyebabkan peningkatan fosfor secara simultan (Clark, 1982; Galvez *et al.*, 1989). Mn berlebih dapat mengurangi serapan magnesium sebanyak 50% (Kazda dan Zvacek, 1989). Mn berpengaruh nyata terhadap kandungan nutrisi makro dan mikro di dalam daun pada tanaman tomat (Kleiber, 2014).

Konsentrasi Mn yang tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan akar. Menurut Wong dan Bradshaw (1982), pertumbuhan akar secara langsung dipengaruhi

ketika konsentrasi Mn di akar sangat tinggi dan perubahan metabolisme pada tajuk diduga merupakan pengaruh sekunder. Zhao *et al.* (2017) melaporkan bahwa toksisitas Mn pada *Arabidopsis* menghambat perpanjangan akar primer melalui penurunan kemampuan pembelahan sel meristematik.

Beberapa studi menunjukkan bahwa Mn menyebabkan toksisitas terutama di daun yaitu menghambat fotosintesis dan aktivitas kloroplas (Rayen *et al.*, 2010; Fühns, *et al.*, 2010; Nable *et al.*, 1988; González dan Lynch, 1999) karena menurunnya kadar klorofil daun (Lee *et al.*, 2011; Millaleo *et al.*, 2010) serta rusaknya PSII (Liang *et al.*, 2019). Hal ini mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman (Sainju *et al.*, 2010) sehingga produksi biomassa berkurang serta menurunnya kuantitas dan kualitas hasil tanaman (Kleiber dan Grajek, 2015).

Spesies tanaman memiliki toleransi yang berbeda terhadap level Mn yang tinggi dalam tanah dan studi genetik toleransi Mn telah dilaporkan pada beberapa tanaman. Foy *et al.* (1978) melaporkan toleransi Mn pada alfalfa disebabkan oleh pengaruh aditif dari gen individu. Eninnk dan Garresten (1977) mempelajari progeni yang berasal dari genotipe selada toleran dan sensitif Mn, hasilnya menunjukkan bahwa gen yang berbeda pada tetua menentukan toleransi terhadap toksisitas Mn. Rilo dan Lightfoot (1996) menganalisis kedelai untuk toleransi toksisitas Mn menggunakan marka molekuler, dan menemukan bahwa dua puluh marka dikaitkan dengan setidaknya satu sifat toleransi Mn dan toleransi terhadap toksisitas Mn pada cv. Essex dikendalikan oleh tiga hingga empat QTL utama. Wang *et al.* (2002) mempelajari variasi genotipik populasi F₉ padi dari tetua

Azucena (*japonica rice*) dan IR 1552 (*indica rice*) terhadap toleransi toksisitas Mn, dari hasil penelitian tersebut dilaporkan bahwa enam dari delapan alel toleran yang terdeteksi berasal dari tetua toleran IR1552 dan dua alel lainnya berasal dari tetua peka Azucena.

Mekanisme toleransi tertentu juga dimiliki oleh tanaman dalam menghadapi Mn tinggi di lingkungannya. Toleransi beberapa spesies tanaman tersebut antara lain dengan membatasi serapan Mn oleh akar dan mempertahankan Mn tetap di akar (Tsunemitsu *et al.*, 2017). El-Jaoual dan Cox (1998) juga menyatakan bahwa toleransi terhadap Mn dikaitkan dengan penyerapan dan translokasi terbatas Mn ke tajuk. Beberapa kajian menunjukkan bahwa kelompok protein dengan *transporters* spesifiknya mengendalikan kedua proses tersebut (Socha dan Guerinot, 2014).

Hasil studi molekuler karakterisasi Mn transporter menunjukkan bahwa penyerapan Mn di vakuola atau apoplast dan mobilisasinya ke retikulum endoplasma (ER) dan aparatus golgi berperan penting dalam toleransi tanaman terhadap kelebihan Mn (Socha dan Guerinot, 2014; Horst dan Maier, 1999; Schaaf *et al.*, 2002). *Transporters* ini dikenal sebagai *Cation diffusion facilitator* (CDF) (Nies dan Silver, 1995) yang antara lain bertanggung jawab untuk akuisisi dan translokasi Mn pada proses menyeimbangkan (*homeostasis*) ion logam dalam jaringan tanaman (Montanini *et al.*, 2007). *CDF transporters* merupakan *metal-tolerance proteins* (MTPs) tanaman (Gustin *et al.*, 2011) dan telah teridentifikasi pada beberapa spesies tanaman seperti Arabidopsis dan padi (Tsunemitsu *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019).

Studi terkait gen yang mengkode protein transporter logam (CDF protein) juga telah dilakukan, yaitu Gen *AtMTP11* (*Arabidopsis thaliana*), *ShMTP8* (*Stylomanthis hamate*) dan *CsMTP8* (mentimun) yang berperan dalam homeostasis Mn di dalam sel dan toleransi tanaman terhadap Mn (Delhaize *et al.*, 2007; Migocka *et al.*, 2014). Adapun pada tanaman padi, *OsMTP11* berperan penting dalam transportasi Mn dan logam berat lainnya (Zhang dan Liu, 2017). Gen *S/MTP10* (MTP11) dari Mn-CDF memiliki efektifitas yang tinggi dalam mengakumulasi Mn^{2+} dan gen *S/MTP8* (MTP4) dari Mn-CDF berperan dalam transportasi Mn dalam jaringan tanaman tomat (El-Sappah *et al.* 2021). Namun, peran dan ekspresi gen *S/MTP8* dan *S/MTP10* untuk toleransi terhadap toksisitas Mn antar genotip tomat perlu dikaji lebih lanjut.

Teknik atau metode skrining yang tepat diperlukan untuk mengidentifikasi genotip tanaman toleran Mn. Kultur hidroponik disarankan sebagai sarana untuk menguji toleransi tanaman terhadap unsur-unsur beracun atau efisiensinya dalam penggunaan mineral (Figdore *et al.*, 1989; Foy *et al.*, 1978; Wissemeier dan Horst, 1991). Carver *et al.* (1988) juga menambahkan bahwa kultur hidroponik memudahkan pengamatan serta mempercepat skrining berdasarkan tingkat toksisitas dan pertumbuhan relatif. Horiguchi (1987) menggunakan kultur hidroponik untuk mempelajari mekanisme toksisitas dan toleransi Mn pada tanaman padi (*Oryza saliva* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.), alfalfa (*Medicago saliva* L.), mentimun (*Cucumis sativus* L.), labu (*Cucurbita moschata* Duch), dan tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Selain itu, kultur hidroponik merupakan

metode yang efisien untuk skrining pada program pemuliaan tanaman kacang hijau dan padi yang toleran terhadap logam (Rout *et al.*, 2001).

Program pemuliaan yang cepat, tidak merusak, murah dan *bioassay* pada bibit diperlukan untuk seleksi genotip toleran dari generasi segregasi awal (Devine, 1982). Metode seleksi yang tepat dan efektif membutuhkan informasi mengenai pola segregasi dan pola pewarisan karakter-karakter yang akan dijadikan target dalam seleksi (Pinaria *et al.*, 1995).

Berdasarkan hasil penelitian Horiguchi (1987) dapat diketahui bahwa studi mekanisme toksisitas Mn dan toleransinya pada tanaman tomat sudah pernah dilakukan. Sementara itu, skrining genotip-genotip tomat untuk mengetahui perbedaan toleransinya terhadap Mn, analisis genetik dan penggunaan marka molekuler untuk mengidentifikasi keberadaan gen atau sekuens DNA *S/MTP8* dan *S/MTP10* yang berperan dalam toleransi Mn dan studi ekspresi kedua gen tersebut masih sangat terbatas. Oleh karena itu, studi genetik, pertumbuhan, dan respons fisiologis serta ekspresi gen *S/MTP8* dan *S/MTP10* pada genotip tomat yang tercekam Mn penting untuk dilakukan. Informasi yang diperoleh akan berkontribusi terhadap pengembangan genotip tomat yang telah ada khususnya untuk perbaikan sifat genetik dan perakitan genotip tomat toleran Mn guna mendukung usaha ekstensifikasi tomat di tanah masam dengan toksisitas Mn khususnya di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat di dalam latar belakang maka dapat diidentifikasi permasalahan-permasalahan yang perlu dikaji pada penelitian ini, yaitu:

1. Informasi perbedaan toleransi antar genotip tomat terhadap toksisitas Mn sebagai dasar untuk perakitan varietas atau genotip tomat yang toleran cekaman Mn masih sangat terbatas.
2. Respons fisiologis, pertumbuhan dan daya hasil dari varietas-varietas tomat yang ditanam pada tanah masam dengan toksisitas Mn belum banyak diketahui.
3. Informasi mengenai pola pewarisan dan pola segregasi karakter-karakter fisiologis, pertumbuhan, hasil dan komponen hasil genotip tomat pada kondisi cekaman Mn masih sangat terbatas.
4. Fungsi dan ekspresi gen *S/MTP8* dan *S/MTP10* untuk toleransi Mn pada genotip tomat belum banyak diketahui.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh informasi perbedaan toleransi empat genotip tomat pada kondisi cekaman Mn dengan metode kultur hidroponik.
2. Memperoleh informasi respons fisiologis, pertumbuhan, dan daya hasil genotip-genotip tomat pada kondisi cekaman Mn.

3. Memperoleh informasi pola segregasi dan pola pewarisan karakter-karakter fisiologis, pertumbuhan, hasil dan komponen hasil genotip tomat pada kondisi cekaman Mn sehingga dapat diketahui sifat karakter-karakter tersebut kualitatif atau kuantitatif.
4. Memperoleh informasi tentang fungsi dan ekspresi gen *S/MTP8* dan *S/MTP10* untuk toleransi Mn pada genotip tomat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dari aspek teoritis adalah mengetahui respons fisiologis, pertumbuhan, daya hasil, variasi genetik dan kendali genetik genotip tomat yang tercekam Mn sebagai dasar pengembangan genotip yang telah ada untuk pemuliaan tanaman tomat toleran terhadap cekaman Mn di tanah masam. Sedangkan dari aspek praktisnya, penelitian ini bermanfaat untuk mendukung ekstensifikasi tomat di tanah masam dengan kondisi tercekam Mn sehingga produksi tomat dapat ditingkatkan.