

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* atas berkah, rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Disertasi yang berjudul “Studi Genetik, Respons Fisiologis dan Ekspresi Gen *S/MTP8* dan *S/MTP10* pada Tanaman Tomat yang Tercekam Mangan (Mn)”. Disertasi ini merupakan hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis selama menjalankan studi di Program Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran.

Ucapan terimakasih, rasa hormat dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan atas bantuannya selama penyelesaian Disertasi ini, kepada:

1. Ketua Tim Promotor, Nono Carsono, S.P., M.Sc., Ph.D., yang selalu memberikan bimbingan, dan dukungannya baik moril maupun material selama pelaksanaan penelitian dan penulisan Disertasi.
2. Anggota Tim Promotor 1, Dr.Agr. Mochamad Arief Soleh, S.P., M.Agr.Sc. yang telah menyediakan waktu, memberikan motivasi serta bimbingan selama pelaksanaan penelitian dan penulisan Disertasi.
3. Anggota Tim Promotor 2, Dr. Rija Sudirja, S.P., M.T., yang telah menyediakan waktu, memberikan bantuan, bimbingan serta motivasi selama pelaksanaan penelitian dan penulisan Disertasi.
4. Anggota Tim Oponen Ahli, Prof. Dr. Ir. Benny Joy, M.S., yang telah memberikan arahan dan saran untuk penyelesaian dan perbaikan Disertasi.
5. Anggota Tim Oponen Ahli, Ir. Anas, M.Sc., Ph.D., yang telah memberikan arahan dan saran untuk penyelesaian dan perbaikan Disertasi.

6. Anggota Tim Oponen Ahli, Farida Damayanti, S.P., M.Sc., Ph.D., yang telah memberikan bimbingan, saran dan bantuannya dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan Disertasi.
7. Representasi Guru Besar, Prof. Dr. Ir. Jajang Sauman Hamdani, M.S., yang telah berkenan memberikan saran-sarannya untuk perbaikan Disertasi
8. Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian, Yusup Hidayat, S.P., M.Phil., Ph.D., yang telah memberikan arahan dan saran kepada penulis dalam penyusunan Disertasi dan penyelesaian studi.
9. Dekan Fakultas Pertanian, Dr. Ir. Meddy Rachmadi, M.S., beserta Para Wakil Dekan atas segala bimbingan dan motivasinya bagi penulis untuk penyelesaian studi.
10. Seluruh Dosen Pascasarjana yang selalu memberikan semangat dan motivasi serta ilmu yang sangat bermanfaat.
11. Staf Administrasi Program Doktor Ilmu Pertanian yang selalu membantu dalam proses administrasi.

Secara kelembagaan penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Rektor Universitas Padjadjaran, Prof. Dr. Rina Indrastuti, S.E., M.SIE., yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh dan menyelesaikan Program Doktor di Universitas Padjadjaran.
2. Rektor Universitas Borneo Tarakan, Prof. Dr. Adri Patton, M.Si., yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan studi serta dukungan moril dalam penyelesaian studi.

3. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan, Abdul Rahim, S.P., M.Si., Ph.D., beserta rekan-rekan Dosen dan seluruh staf di Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan untuk dukungannya selama penulis melaksanakan tugas belajar.

Terima kasih dan doa yang tiada hentinya juga disampaikan kepada kedua orang tua penulis, Bapak Achmad Syarei dan Almarhumah Ibu Hj. Onah untuk semua cinta dan kasih sayangnya, pengorbanan, bimbingan dan doanya. Kepada kakak-kakak tercinta drg. Sukandar, M.Kes., Yuliana, Seriyani, S.H., Riana Dewi, S.H., Zulkifli, S.T., beserta keluarga, terima kasih untuk semua doa dan dukungannya.

Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan bantuan dan motivasinya. Semoga doa, dukungan, bantuan dan saran dari Bapak/Ibu, serta rekan-rekan semuanya menjadi amal saleh dan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan disertasi ini dan berharap karya ini dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi terhadap pengembangan dan peningkatan produktivitas tomat di Indonesia.

Jatinangor, Agustus 2023

Siti Zahara

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Identifikasi Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	9
BAB II KERANGKA PEMIKIRAN, HIPOTESIS DAN METODE PENELITIAN	10
2.1 Kerangka Pemikiran	10
2.2 Hipotesis	17
2.3 Metode Penelitian	17

2.3.1 Skrining Genotip-genotip Tomat pada Kondisi Tercekam Mn dengan Metode <i>Culture Solution</i> dalam <i>Green House</i>	20
2.3.2 Analisis Pola Pewarisan atau Pola Segregasi Karakter Toleransi terhadap Mn serta Identifikasi Gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i>	26
2.3.3 Pertumbuhan, Daya Hasil, Respons Fisiologis serta Ekspresi Gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i> pada Genotip Mirah dan Mutiara	36
BAB III DESKRIPSI OBJEK/LOKASI PENELITIAN	43
3.1 Deskripsi Objek Penelitian	43
3.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	46
BAB IV SKRINING GENOTIP-GENOTIP TOMAT PADA KONDISI TERCEKAM Mn DENGAN METODE <i>CULTURE SOLUTION</i> DALAM <i>GREEN HOUSE</i>	48
4.1 Hasil	48
4.1.1 Interaksi yang signifikan antara genotip dan konsentrasi Mn pada pemanjangan pucuk (cm)	48
4.1.2 Pemanjangan akar dipengaruhi oleh genotip dan konsentrasi Mn secara mandiri	50
4.1.3 Floresensi klorofil (F_v/F_m) dipengaruhi oleh genotip dan konsentrasi Mn secara mandiri	51
4.1.4 Konduktansi stomata ($\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) dipengaruhi oleh genotip dan konsentrasi Mn secara mandiri	52
4.1.5 Interaksi yang signifikan antara genotip dan konsentrasi Mn pada berat kering pucuk dan akar (g)	53
4.1.6 Interaksi yang signifikan antara genotip dan konsentrasi Mn pada indeks toleransi akar dan pucuk (%)	55
4.1.7 Perbedaan kandungan Mn dalam pucuk dan akar empat genotip tomat pada empat konsentrasi Mn (ppm)	56
4.2 Pembahasan	57

BAB V ANALISIS POLA PEWARISAN ATAU POLA SEGREGASI KARAKTER TOLERANSI TERHADAP Mn SERTA IDENTIFIKASI GEN <i>S/MTP8</i> DAN <i>S/MTP10</i>	67
5.1 Hasil	67
5.1.1 Nilai duga heritabilitas populasi F ₂ hasil persilangan Mirah dan Mutiara	67
5.1.2 Pola pewarisan atau pola segregasi populasi F ₂ hasil persilangan Mirah dan Mutiara	68
5.1.3 Identifikais gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i> pada tanaman populasi F ₂ hasil persilangan Mirah dan Mutiara	73
5.2 Pembahasan	74
BAB VI PERTUMBUHAN, DAYA HASIL, RESPONS FISILOGIS SERTA EKSPRESI GEN <i>S/MTP8</i> DAN <i>S/MTP10</i> PADA GENOTIP MIRAH DAN MUTIARA	80
6. 1 Hasil	80
6.1.1 Perbedaan floresensi klorofil (fv/fm) genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm ...	80
6.1.2 Perbedaan kandungan klorofil daun (mg.g ⁻²) genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm	82
6.1.3 Perbedaan berat kering tajuk dan akar (g) genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm	85
6.1.4 Perbedaan kandungan Mn tajuk dan akar (ppm) genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm	87
6.1.5 Perbedaan umur berbunga (hari) genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm	89
6.1.6 Perbedaan umur panen (hari) genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm	90
6.1.7 Perbedaan hasil dan komponen hasil genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm	90

6.1.8 Perbedaan ekspresi gen <i>SIMTP8</i> dan <i>SIMTP10</i> (qPCR) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm	94
6.1.9 Korelasi antara kandungan Mn dalam tajuk (ppm) dan floresensi klorofil (F_v/F_m)	96
6.1.10 Korelasi antara kandungan Mn dalam tajuk (ppm) dan kandungan klorofil daun (mg.g^{-1}).....	97
6.1.11 Korelasi antara kandungan Mn dalam tajuk (ppm) dan berat kering tajuk (g)	97
6.1.12 Korelasi antara kandungan Mn dalam akar (ppm) dan berat kering akar (g)	98
6.2 Pembahasan	99
BAB VII SIMPULAN DAN SARAN	109
7.1 Simpulan	109
7.2 Saran	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	128

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1	Genotip tomat yang diuji	21
2	Dosis pupuk yang digunakan	30
3	Primer PCR gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i>	33
4	Primer qPCR gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i>	39
5	Rekomendasi takaran nutrisi untuk tanaman tomat	44
6	Rata-rata suhu (°C) dan kelembaban udara (%) selama penelitian	47
7	Analisis Varians (ANOVA) Pemanjangan Pucuk (PP), Pemanjangan Akar (PA), Floresensi klorofil (FK) hari ke 4, 8, 12, 16, Konduktansi Stomata (KS), Berat Kering Pucuk (BKP), Berat Kering Akar (BAK), Indeks Toleransi Pucuk (ITP), dan Indeks Toleransi Akar (ITA)..	49
8	Perbedaan floresensi klorofil (F_v/F_m) pada beragam genotip tomat dan konsentrasi Mn (ppm)	52
9	Heritabilitas karakter floresensi klorofil, kadar klorofil, umur berbunga, umur panen, total berat buah per tanaman, jumlah buah per tanaman, berat per buah dan persentase bunga menjadi buah (<i>fruit set</i>)	67
10	Hasil uji normalitas karakter floresensi klorofil, kadar klorofil, umur berbunga, umur panen, total berat buah per tanaman, jumlah buah per tanaman, berat per buah, dan <i>fruit set</i>	68
11	Pendugaan pola segregasi karakter floresensi klorofil, umur berbunga dan umur panen populasi F_2 hasil persilangan Mirah dan Mutiara dengan uji Chi-Kuadrat...	71
12	Hasil Chi-Kuadrat total berat buah per tanaman, jumlah buah per tanaman, dan berat per buah populasi F_2 hasil persilangan Mirah dan Mutiara	72

13	Konsentrasi dan kemurnian DNA sampel Mrah dan Mutiara serta populasi F ₂ Mirah x Mutiara	133
14	Hasil analisis tanah Ultisol	136
15	Metode optimasi qPCR	137
16	Hasil qPCR genotip Mirah dan Mutiara dengan primer mRNA gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i>	139

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1	Kerangka Pemikiran “Studi Genetik, Respons Fisiologis, dan Ekspresi Gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i> pada Tanaman Tomat yang Tercekam Mangan (Mn)”	16
2	Skema tahap pelaksanaan penelitian “Studi Genetik, Respons Fisiologis, dan Ekspresi Gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i> untuk Toleransi Mangan (Mn) pada Tanaman Tomat”	19
3	Semai benih empat genotip tomat dengan <i>rockwool</i> . (A) saat semai; (B) bibit berumur 16 hari setelah semai ...	22
4	Pertumbuhan bibit empat genotip tomat dengan empat perlakuan kokonsentrasi Mn pada umur 9 HST (Hari setelah pindah tanam)	23
5	Bibit setelah pindah tanam	38
6	<i>Greenhouse</i> dan lahan percobaan Laboratorium Kimia Tanah dan Nutrisi Tanaman (KTNT)	46
7	<i>Greenhouse</i> Bale Tatanen	47
8	Perbedaan tingkat kerusakan empat genotip tomat pada empat konsentrasi Mn (ppm)	48
9	Pengaruh interaksi antara genotip dengan konsentrasi Mn terhadap pemanjangan pucuk.	50
10	Perbedaan pemanjangan akar pada empat genotip tomat (A) dan konsentrasi Mn (B)	51
11	Perbedaan konduktansi stomata pada empat genotip tomat (A) dan konsentrasi Mn (B)	52
12	Pengaruh interaksi antara genotip dengan konsentrasi Mn terhadap berta kering pucuk (g)	53
13	Pengaruh interaksi antara genotip dengan konsentrasi Mn terhadap berat kering akar (g)	54

14	Pengaruh interaksi antara genotip dengan konsentrasi Mn terhadap indeks toleransi pucuk (%)	55
15	Pengaruh interaksi antara genotip dengan konsentrasi Mn terhadap indeks toleransi akar (%)	56
16	Kandungan Mn dalam pucuk dan akar empat genotip tomat (Opal, Mutiara, Ratna dan Mirah) pada empat konsentrasi Mn dalam larutan nutrisi	57
17	Grafik distribusi frekuensi karakter (A) floresensi klorofil, (B) kadar klorofil, (C) umur berbunga, (D) umur panen, (E) total berat buah per tanaman, (F) jumlah buah per tanaman, (G) berat per buah, dan (H) <i>fruit set</i> pada tanaman tomat populasi F ₂ hasil persilangan Mirah dan Mutiara	70
18	Hasil PCR dengan primer gen <i>S/MTP8</i> pada genotip Mirah, Mutiara dan populasi F ₂ Mirah x Mutiara	73
19	Hasil PCR dengan primer gen <i>S/MTP10</i> pada genotip Mirah, Mutiara dan populasi F ₂ Mirah x Mutiara	74
20	Perbedaan floresensi klorofil umur 7 HST antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	80
21	Perbedaan floresensi klorofil umur 28 HST antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	81
22	Perbedaan floresensi klorofil umur 49 HST antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	82
23	Perbedaan kandungan klorofil umur 7 HST antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	83
24	Perbedaan kandungan klorofil umur 28 HST antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	83

25	Perbedaan kandungan klorofil umur 49 HST antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	84
26	Perbedaan kehijauan daun antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm umur 21 HST	85
27	Perbedaan berat kering tajuk (g) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	86
28	Perbedaan berat kering akar (g) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	86
29	Perbedaan kandungan Mn tajuk (ppm) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	87
30	Perbedaan kandungan Mn akar (ppm) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	88
31	Perbedaan umur berbunga (hari) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	89
32	Perbedaan umur panen (hari) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	90
33	Perbedaan total berat buah per tanaman (g) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	91
34	Perbedaan jumlah buah per tanaman (g) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm	

	pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	92
35	Perbedaan berat per buah (g) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	93
36	Perbedaan persentase bunga menjadi buah (<i>fruit set</i>) (%) antara genotip Mirah dan Mutiara pada konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm (A), serta antara konsentrasi Mn 0 ppm dan 50 ppm pada genotip Mirah dan Mutiara (B)	94
37	Perbedaan ekspresi gen <i>S/MTP8</i> antara konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm pada genotip Mirah [A] dan Mutiara [B]	95
38	Perbedaan ekspresi gen <i>S/MTP10</i> antara konsentrasi Mn 0 ppm dan Mn 50 ppm pada genotip Mirah [A] dan Mutiara [B]	95
39	Korelasi antara kandungan Mn dalam tajuk dan floresensi klorofil (F_v/F_m)	96
40	Korelasi antara kandungan Mn dalam tajuk (ppm) dan kandungan klorofil daun ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	97
41	Korelasi antara kandnngan Mn dalam tajuk (ppm) dan berat kering tajuk tanaman (g)	98
42	Korelasi antara kandungan Mn dalam akar (ppm) dan berat kering akar (g)	98

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1	Tata Letak Percobaan 1	128
2	Tata Letak Percobaan 2	129
3	Tata Letak Percobaan 3	130
4	Tahapan Identifikasi Gen <i>S/MTP8</i> dan <i>S/MTP10</i>	131
5	Hasil Pengukuran Kualitas DNA	133
6	Hasil Analisis Tanah	136
7	Prosedur Analisis qPCR (PT. Genetika Indonesia, Jakarta)	137
8	Data Hasil qPCR	139
9	Publikasi Jurnal Internasional	140
10	Riwayat Hidup	141