



RESPONS FISILOGI DAN PRODUKSI TOMAT “MIKROTOM” TERHADAP SUHU TINGGI DAN CAHAYA BUATAN DENGAN *LIGHT EMITTING DIODE*

WAHYU MUHAMMAD YUHA LUBIS



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Respons Fisiologi dan Produksi Tomat “Mikrotom” Terhadap Suhu Tinggi Dan Cahaya Buatan dengan *Light Emitting Diode*” adalah karya tulis ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2024

Wahyu Muhammad Yuha Lubis
A2502221010



RINGKASAN

WAHYU MUHAMMAD YUHA LUBIS. Respons Fisiologi dan Produksi Tomat “Mikrotom” Terhadap Suhu Tinggi Dan Cahaya Buatan dengan *Light Emitting Diode*. Dibimbing oleh DEDED DERAJAT MATRA, DHIKA PRITA HAPSARI dan ROEDHY POERWANTO.

Tomat adalah produk hortikultura semusim yang populer. Tomat merupakan komoditas sayuran buah dari keluarga *Solanaceae* yang banyak diproduksi dan dikonsumsi di seluruh dunia, tomat kaya akan mineral, vitamin, asam amino esensial, gula dan serat. Mikrotom (*Solanum lycopersicum* cv. Micro-Tom) adalah tanaman model berukuran kecil dengan siklus hidup yang pendek dan buah yang kecil. Perubahan iklim global mengakibatkan peningkatan suhu, sehingga diperlukan percobaan budidaya di kondisi suhu tinggi. Penggunaan cahaya buatan dalam teknik budidaya diketahui dapat memperpendek siklus tanaman dan mempercepat fase juvenil. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respons pertumbuhan, fisiologi, dan produksi tomat Mikrotom dan beberapa varietas lainnya terhadap perlakuan suhu tinggi dan pencahayaan buatan dengan LED.

Penelitian ini dilakukan di Kebun Percobaan Leuwikopo IPB Bogor, dari Maret hingga November 2023. Rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) digunakan pada percobaan suhu tinggi dan rancangan acak lengkap (RAL) pada percobaan LED. Identifikasi *full length transcript* menghasilkan data *raw reads* dan *clean reads* yang merepresentasikan kualitas dan kuantitas dari *RNA-sequencing*, selain itu diperoleh diagram venn kelompok gen hasil dari pemetaan *clean reads* terhadap referensi genom tomat dan diperoleh juga data kelimpahan gen hasil dari analisis kluster menggunakan *heatmap*.

Hasil penelitian pada percobaan suhu tinggi menunjukkan bahwa perlakuan suhu normal (NT) masih lebih unggul dibandingkan suhu tinggi (HT) dalam hal parameter pertumbuhan seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah bunga, parameter fisiologis seperti kandungan klorofil dan kandungan glukosa-fruktosa, serta komponen produksi seperti jumlah buah. Respons yang berbeda-beda dapat dilihat dari 4 varietas tomat yang digunakan yaitu Bareto F1, Gustavi F1, Tymoti F1 dan Mikrotom, varietas Bareto secara umum lebih unggul dibandingkan varietas lainnya.

Respons tomat Mikrotom terhadap cahaya buatan menggunakan LED Ungu dan LED Putih tidak menunjukkan perbedaan signifikan dalam parameter pertumbuhan dan produksi, perbedaan signifikan diamati pada genotipe tomat yang digunakan, yaitu *WildType* dan *iaa9-3*. Pada parameter fisiologi seperti klorofil dan glukosa-fruktosa, tidak ada perbedaan signifikan dalam perlakuan LED atau genotipe tomat mikrotom. Dalam hal parameter kualitas buah, nilai PTT (brix) – TAT (acidity), glukosa-fruktosa, dan asam malat juga tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Penggunaan kombinasi LED polikromatik dan monokromatik dapat memberikan respons yang beragam. Analisis LC-MS/MS pada daun LED Ungu menghasilkan profil metabolit sekunder yang didominasi dari kelompok senyawa asam lemak.

Kata kunci : cahaya, LED, metabolit sekunder, produksi, suhu tinggi

SUMMARY

WAHYU MUHAMMAD YUHA LUBIS. Physiological and Production Responses of Microtome Tomatoes to High Temperature and Artificial Light with Light Emitting Diodes. Supervised by DEDED DERAJAT MATRA of 1st SUPERVISOR, DHIKA PRITA HAPSARI of 2nd SUPERVISOR dan ROEDHY POERWANTO of 3rd SUPERVISOR.

Tomatoes are a popular seasonal horticultural product. As a fruit vegetable commodity from the Solanaceae family, tomatoes are widely produced and consumed worldwide, rich in minerals, vitamins, essential amino acids, sugars, and fiber. Micro-Tom (Solanum lycopersicum cv. Micro-Tom) is a small-sized model plant with a short life cycle and small fruits. Global climate change has resulted in increased temperatures, necessitating cultivation experiments under high-temperature conditions. The use of artificial light in cultivation techniques is known to shorten the plant cycle and accelerate the juvenile phase. This research aimed to study the growth, physiological, and production responses of Micro-Tom tomatoes and several other varieties to high-temperature treatment and artificial LED lighting.

The study was conducted at the Leuwikopo Experimental Field of IPB Bogor from March to November 2023. A complete randomized block design (CRBD) was used for the high-temperature experiment, and a completely randomized design (CRD) was used for the LED experiment. The identification of full-length transcripts yielded raw reads and clean reads data that represent the quality and quantity of RNA sequencing. Additionally, a Venn diagram of gene groups was obtained from the mapping of clean reads to the tomato genome reference. Gene abundance data from cluster analysis using heatmaps was also obtained.

The results of the high-temperature experiment showed that normal temperature (NT) treatment was still superior to high temperature (HT) in terms of growth parameters such as plant height, number of leaves, and number of flowers, physiological parameters such as chlorophyll content and glucose-fructose content, and production components such as the number of fruits. Different responses were observed among the four tomato varieties used: Bareto F1, Gustavi F1, Tymoti F1, and Micro-Tom, with the Bareto variety generally being superior to the others.

*The response of Micro-Tom tomatoes to artificial lighting using Purple and White LEDs did not show significant differences in growth and production parameters. Significant differences were observed in the type of tomato used, namely WildType and *iaa9-3*. For physiological parameters such as chlorophyll and glucose-fructose, there were no significant differences in LED treatment or Micro-Tom type. In terms of fruit quality parameters, values for TSS (brix) – TTA (acidity), glucose-fructose, and malic acid also showed no significant differences. The use of a combination of polychromatic and monochromatic LEDs can provide varied responses. LC-MS/MS analysis of Purple LED leaves resulted in a profile dominated by secondary metabolites from the fatty acids compound group.*

Keywords : *high temperatures, lights, LED, production, secondary metabolites*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



RESPONS FISILOGI DAN PRODUKSI TOMAT “MIKROTOM” TERHADAP SUHU TINGGI DAN CAHAYA BUATAN DENGAN *LIGHT EMITTING DIODE*

WAHYU MUHAMMAD YUHA LUBIS

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Magister Agronomi dan Hortikultura

PROGRAM MAGISTER STUDI AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

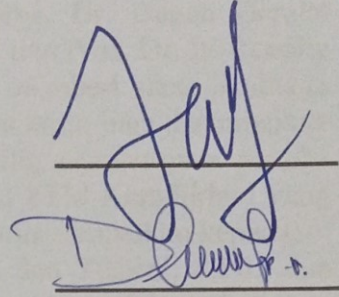
Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Krisantini, M.Sc. (Penguji Luar Komisi)

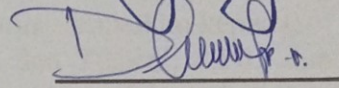
Judul Tesis : Respons Fisiologi dan Produksi Tomat “Mikrotom” terhadap Suhu Tinggi dan Cahaya Buatan dengan *Light Emitting Diode*
Nama : Wahyu Muhammad Yuha Lubis
NIM : A2502221010

Disetujui oleh

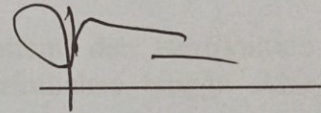
Pembimbing 1 :
Dr. Deden Derajat Matra, S.P., M.Agr.



Pembimbing 2 :
Dr. Dhika Prita Hapsari, S.P., M.Si.

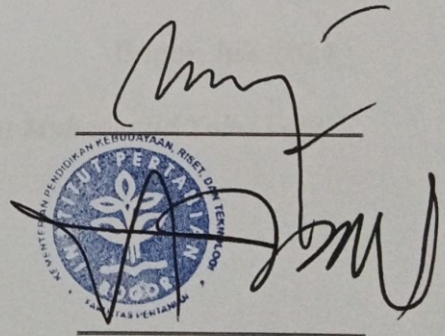


Pembimbing 3 :
Prof. Dr. Ir. Roedhy Poerwanto, M.Sc.

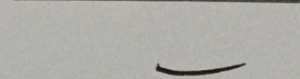


Diketahui oleh

Ketua Program Studi Agronomi dan Hortikultura :
Dr Ani Kurniawati, S.P., M.Si.
NIP 196911131994032001



Dekan Fakultas Pertanian :
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP 196902121992031003



Tanggal Ujian :
19 Juli 2024

Tanggal Lulus : 31 JUL 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2023 sampai bulan November 2023 ini ialah Fisiologi dan Produksi Tomat Mikrotom, dengan judul "Respons Fisiologi dan Hasil Tomat Mikrotom terhadap Suhu Tinggi dan Cahaya Buatan dengan *Light Emitting Diode*".

Terima kasih penulis ucapkan kepada pembimbing, Dr. Deden Derajat Matra, S.P., M.Agr., Dr. Dhika Prita Hapsari, S.P., M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Roedhy Poerwanto, M.Sc. yang telah membimbing dan banyak memberi saran sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Riset Kolaborasi Indonesia (RKI) dan PTM Kemdikbud yang telah mendanai penelitian ini, ungkapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua (Sabilal Lubis, S.Pd., M.Pd. dan Yusrini, S.Pd.) dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa sejak perkuliahan hingga penyusunan tesis.
2. Keluarga besar Program Studi Magister Agronomi dan Hortikultura 2022 yang telah kebersamai sejak awal perkuliahan hingga akhir masa studi.
3. Keluarga besar *Fruitomics* yang telah membantu kegiatan penelitian, memberikan dukungan moril dan semangat serta membantu penulis dalam menyelesaikan tesis.
4. Teman-teman lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan sains dan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Wahyu Muhammad Yuha Lubis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ii
DAFTAR GAMBAR	ii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Morfologi dan Syarat Tumbuh Tanaman Tomat	4
2.2 Karakteristik Tomat Mikrotom	4
2.3 Tomat Mutan <i>iaa9-3</i> dan <i>iaa9-5</i>	4
2.4 Cekaman Suhu Tinggi	5
2.5 Peran Cahaya Buatan <i>Light Emitting Diode (LED)</i>	5
2.6 Produksi Tomat Partenokarpi	6
2.7 Teknologi <i>Omics</i> dalam Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman	6
III METODE	7
3.1 Percobaan 1 Identifikasi <i>Full Length Transcript</i> Tomat Mikrotom	7
3.2 Percobaan 2 Respons Pertumbuhan, Fisiologi dan Produksi Tomat Mikrotom terhadap Suhu Tinggi	8
3.3 Percobaan 3 Respons Pertumbuhan, Fisiologi dan Produksi Tomat Mikrotom terhadap Cahaya Buatan LED	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Identifikasi <i>Full Length Transcript</i> Tomat Mikrotom	13
4.2 Respons Pertumbuhan, Fisiologi dan Produksi Tomat Mikrotom terhadap Suhu Tinggi	15
4.2.1 Kondisi Umum Lingkungan (Suhu dan Kelembapan Relatif)	15
4.2.2 Pengamatan Pertumbuhan dan Produksi	16
4.2.3 Analisis Kandungan Klorofil a dan b pada Daun	18
4.2.4 Analisis Kandungan Glukosa-Fruktosa pada Daun	20
4.2.5 Pengamatan Aspek Fotosintesis pada Daun	21
4.2.6 Analisis Glukosa-Fruktosa, PTT-TAT, Asam Malat pada Buah	21
4.3 Respons Pertumbuhan, Fisiologi dan Produksi Tomat Mikrotom terhadap Cahaya Buatan LED	22
4.3.1 Kondisi Umum Lingkungan (Suhu dan Kelembapan Relatif)	22
4.3.2 Pengamatan Pertumbuhan dan Produksi	23
4.3.3 Analisis Kandungan Klorofil a dan b pada Daun	25
4.3.4 Analisis Kandungan Glukosa-Fruktosa pada Daun	26
4.3.5 Pengamatan Aspek Fotosintesis pada Daun	27
4.3.6 Analisis Glukosa-Fruktosa, PTT-TAT, Asam Malat pada Buah	28
4.3.7 <i>Profiling</i> Metabolit Sekunder pada Daun	29
4.4 Pembahasan Umum	31
V SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	34
5.2 Saran	34



DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
RIWAYAT HIDUP

35
45
52

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Ringkasan raw reads dan clean reads serta perakitan transkriptom	13
2	Pertumbuhan generatif dan produksi tomat terhadap suhu tinggi	18
3	Pengamatan aspek fotosintesis pada daun rentang waktu 2, 6 dan 10 MSA	21
4	Kandungan glukosa-fruktosa, PTT-TAT dan Asam Malat pada buah	22
5	Pertumbuhan generatif dan produksi tomat mikrotom terhadap cahaya buatan LED	25
6	Pengamatan aspek fotosintesis pada daun rentang waktu 6, 10 dan 14 MSA	28
7	Kandungan glukosa-fruktosa, PTT-TAT dan Asam Malat pada buah	28
8	Kelompok senyawa metabolit sekunder pada daun tomat mikrotom perlakuan LED Ungu	29
9	<i>Profiling</i> senyawa metabolit sekunder dengan LC-MS/MS pada daun tomat mikrotom dengan perlakuan LED Ungu	30

DAFTAR GAMBAR

1	Denah percobaan suhu tinggi (a), kondisi di lingkungan <i>Normal Temperature</i> (b), kondisi di lingkungan <i>High Temperature</i> (c)	8
2	Linimasa proses pemasakan buah tomat mikrotom (Li <i>et al.</i> 2020)	9
3	Kondisi penempatan tanaman pada chamber LED Ungu dan Putih	11
4	Venn diagram perbandingan jumlah gen terekspresi pada <i>WildType</i> , <i>iaa9-3</i> dan <i>iaa9-5</i>	14
5	Analisis <i>cluster</i> menggunakan heatmap menggambarkan kelimpahan gen pada <i>WildType</i> , <i>iaa9-3</i> dan <i>iaa9-5</i>	14
6	Grafik suhu periode Maret-November 2023 (a), Grafik kelembaban relatif periode Maret-November 2023 (b)	15
7	Grafik tinggi tanaman (a), diameter batang (b), jumlah daun (c), jumlah cabang (d) dan diameter kanopi tanaman (e) pada 0-5 MSA	16
8	Grafik kadar klorofil a (a) dan grafik kadar klorofil b (b)	19
9	Grafik kadar glukosa (a) dan grafik kadar fruktosa (b)	20
10	Grafik suhu lingkungan chamber LED periode Maret hingga November 2023 (a), Grafik PPF/Quantum (b), Grafik pyranometer/radiasi (c), Grafik photometric/kecerahan (d)	22
11	Grafik tinggi tanaman (a), diameter batang (b), jumlah daun (c), jumlah cabang (d) dan diameter kanopi tanaman (e) pada 0-4 MSA	23
12	Grafik kadar klorofil a (a) dan grafik kadar klorofil b (b)	26
13	Grafik kadar glukosa (a) dan grafik kadar fruktosa (b)	27



DAFTAR LAMPIRAN

1	Rekapitulasi sidik ragam percobaan 2 respons 4 varietas tanaman tomat terhadap suhu tinggi: parameter pertumbuhan dan produksi	45
2	Rekapitulasi sidik ragam percobaan 2 respons 4 varietas tomat terhadap suhu tinggi: parameter fisiologi dan kualitas buah	46
3	Rekapitulasi sidik ragam percobaan 3 respons tomat mikrotom terhadap cahaya buatan LED: parameter pertumbuhan dan produksi	47
4	Rekapitulasi sidik ragam percobaan 3 respons tomat mikrotom terhadap cahaya buatan LED: parameter fisiologi dan kualitas buah	48
5	Pengukuran panjang gelombang, PPF, PFD dan spektrum LED ungu (a) dan putih (b)	49
6	Penampakan tanaman tomat mikrotom WildType (a) dan iaa9-3 (b) fase generatif pada perlakuan LED ungu dan putih	50
7	Penampakan buah tomat dari varietas Bareto F1, Gustavi F1 dan Tymoti F1 pada percobaan suhu tinggi	51

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.