

RESPON MORFO-FISIOLOGI, METABOLIT DAN MOLEKULER TIGA GENOTIPE MELON (*Cucumis melo* L.) PADA KONDISI CEKAMAN SALINITAS

GIRI NUGROHO



PROGRAM STUDI BIOLOGI TUMBUHAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@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 “Respon Morfo-Fisiologi, Metabolit dan Molekuler Tiga Genotipe Melon (*Cucumis melo* L.) pada Kondisi Cekaman Salinitas” adalah karya 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

Giri Nugroho
G3503222018

- 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

GIRI NUGROHO. Respon Morfo-Fisiologi, Metabolit dan Molekuler Tiga Genotipe Melon (*Cucumis melo* L.) pada Kondisi Cekaman Salinitas. Dibimbing oleh TATIK CHIKMAWATI dan MIFTAHUDIN.

Melon merupakan tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Buah dari spesies ini memiliki ukuran yang besar dan terasa manis, sehingga banyak diminati oleh masyarakat. Pemuliaan tanaman melon masih dilakukan hingga saat ini. Hal ini bertujuan untuk memperoleh genotipe dengan sifat unggul, sehingga mampu memenuhi kebutuhan pasar. Genotipe Melona, Tacapa Gold dan Gama Melon Parfum merupakan genotipe hasil pemuliaan oleh Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada. Genotipe ini memiliki karakteristik morfologi dan agronomi yang unggul, sehingga bermanfaat bagi masyarakat.

Pesisir Pantai Bocor, Kebumen, Jawa Tengah merupakan salah satu sentra budidaya melon yang sedang dikembangkan. Kawasan ini telah digunakan untuk menanam melon varietas unggul namun mengalami hambatan berupa hasil budidaya yang rendah. Salah satu penyebabnya adalah adanya kadar garam yang tinggi, sehingga berpengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Pemanfaatan tiga genotipe tersebut pada lahan salin belum pernah dilakukan. Hal ini menyebabkan perlu adanya penelitian ketiga genotipe melon tersebut, sehingga mampu mengetahui kondisi morfologi dan fisiologi tanaman pasca penanaman, mekanisme toleransi terhadap kondisi salinitas serta kemampuan adaptasi genotipe pada lahan salinitas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis respon morfo-fisiologi, metabolit dan molekuler dari tiga genotipe Melon pada kondisi cekaman salinitas.

Penelitian menggunakan rancangan *split-plot* dengan petak utama berupa salinitas (0 mM NaCl dan 220 mM NaCl) dan petak anakan berupa genotipe (Melona, Tacapa Gold dan Gama Melon Parfum). Penelitian dimulai dengan menanam biji dari tiga genotipe melon pada media kokopit yang ditetesi dengan larutan ABmix 3000 selama 3 minggu. Setelah itu, tanaman diberi penambahan 220Mm NaCl hingga masa panen budidaya. Tanaman melon yang telah berumur 28 hari setelah tanam (HST) diamati aspek morfologi, fisiologi, metabolomik dan molekuler.

Pengambilan sampel daun dilakukan dengan memotong daun ke-2 hingga ke-5 dan disimpan pada aluminium foil. Selanjutnya, sampel daun disimpan dalam nitrogen cair dan dibawa menuju laboratorium untuk disimpan pada *freezer* dengan suhu -20 °C. Daun tersebut digunakan untuk menganalisis kandungan klorofil dan karotenoid, kandungan malondialdehid dan kandungan prolin. Selain analisis tersebut, tanaman melon juga dianalisis terhadap kerapatan dan persentase stomata terbuka, kandungan natrium dan kalium, pengamatan morfologi, bobot kering akar-tajuk, analisis metabolomik serta ekspresi gen berkaitan dengan cekaman salinitas. Data respon morfologi, anatomi, fisiologi dan molekuler dianalisis dengan uji DMRT 5% pada R Studio. Data respon metabolit dianalisis menggunakan perangkat lunak MzMine 3.9.0 dan Metaboanalyst.

Hasil analisis karakter morfologi, fisiologi, metabolit dan molekuler dari tiga genotipe melon menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara salinitas 0 mM NaCl dengan 220 mM NaCl. Kandungan air relatif (KAR) pada daun dari tiga

genotipe melon menunjukkan penurunan signifikan akibat cekaman salinitas. Penurunan paling tinggi terjadi pada Melona, sedangkan Gama Melon Parfum menunjukkan penurunan kadar air relatif paling rendah di antara genotipe melon yang diuji. Nilai KAR pada daun berhubungan erat dengan akumulasi senyawa *osmotic adjustment*, salah satunya adalah prolin. Hasil analisis kandungan prolin menunjukkan adanya peningkatan signifikan akibat penambahan 220 mM NaCl pada medium penanaman. Selain itu, akumulasi senyawa ini sangat dipengaruhi oleh aktivitas enzim *pyrroline-5-carboxylate reductase* yang dikendalikan oleh gen *P5CR*. Pada tiga genotipe melon, ekspresi gen tersebut mengalami peningkatan signifikan akibat cekaman salinitas. Gama Melon Parfum dan Tacapa Gold memiliki peningkatan ekspresi yang sama, sehingga terindikasi bahwa kedua genotipe ini memiliki respon perubahan ekspresi gen *P5CR* yang sama saat terjadi cekaman salinitas.

Malondialdehid (MDA) merupakan senyawa akhir dari proses peroksidasi lipid akibat adanya senyawa radikal bebas atau *reactive oxygene species* (ROS). Hasil analisis kandungan MDA menunjukkan adanya peningkatan kandungan MDA pada tiga genotipe melon akibat pemberian 220 mM NaCl. Selain itu, peningkatan MDA sejalan dengan peningkatan ekspresi gen *CSD1-1* pada tiga genotipe melon dibawah perlakuan yang sama. Gen *CSD1-1* berfungsi meregulasi aktivitas enzim antioksidan berupa *superoxide dismutase* (SOD). Hal ini mengindikasikan bahwa tiga genotipe melon mengalami peningkatan kandungan ROS akibat adanya pemberian 220 mM NaCl, namun hal tersebut diatasi dengan adanya peningkatan ekspresi gen *CSD1-1*.

Klorofil merupakan pigmen yang berperan penting dalam proses fotosintesis pada tanaman. Kadar klorofil pada tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan, salah satunya cekaman salinitas. Hasil penelitian pada tiga genotipe melon menunjukkan adanya penurunan kandungan klorofil pada Tacapa Gold dan Gama Melon Parfum akibat cekaman salinitas. Hal ini mengindikasikan cekaman salinitas mempengaruhi aktivitas biosintesis dan degradasi klorofil, sehingga berpengaruh terhadap proses fotosintesis pada tanaman.

Karotenoid merupakan pigmen dan prekursor yang terlibat dalam biosintesis fitohormon asam absisat. Kandungan karotenoid pada tiga genotipe melon menunjukkan penurunan akibat penambahan 220 mM NaCl pada media penanaman. Hal ini berhubungan dengan adanya peningkatan aktivitas degradasi karotenoid oleh enzim *9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase* yang dikendalikan oleh gen *NCED*. Hasil analisis ekspresi gen tersebut menunjukkan peningkatan pada seluruh genotipe melon saat kondisi cekaman salinitas. Selain itu, konsentrasi relatif ABA juga mengalami peningkatan pada kondisi penambahan 220 mM NaCl. Hal ini mengindikasikan bahwa karotenoid yang menurun pada kondisi salinitas disebabkan adanya peningkatan proses biosintesis hormon asam absisat.

Hormon ABA yang meningkat menyebabkan adanya perubahan regulasi pembukaan stomata pada tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan persentase stomata terbuka pada tiga genotipe melon ketika terjadi cekaman salinitas. Selain itu, proses pembentukan stomata juga terhambat akibat adanya cekaman salinitas. Hal ini teramati adanya penurunan signifikan kerapatan stomata pada sisi adaksial akibat 220mM NaCl.

Akumulasi natrium dan kalium juga terpengaruh akibat adanya penambahan 220mM NaCl pada media penanaman. Hal ini diamati pada nilai rasio Na/K yang

mengalami peningkatan pada tanaman dengan kondisi salinitas. Peningkatan nilai rasio menunjukkan adanya peningkatan akumulasi natrium pada tanaman melon. Oleh karena itu, protein-transport (HKT dan NHX) yang ada pada sel bertanggung jawab terhadap perpindahan ion natrium dari luar menuju dalam sel tanaman. Pada penelitian ini, gen *HKT1* dan *NHX1* bertanggung jawab terhadap regulasi aktivitas protein transport natrium dan kalium pada tanaman melon. Hasil analisis ekspresi gen menunjukkan adanya peningkatan ekspresi gen *HKT1* serta tidak adanya perubahan signifikan pada ekspresi gen *NHX1* saat terjadi cekaman salinitas.

Genotipe Gama Melon Parfum menunjukkan pola ekspresi yang berbeda dengan dua genotipe lainnya. Genotipe ini tidak memiliki perubahan signifikan pada ekspresi gen *HKT1*, namun terjadi peningkatan ekspresi gen *NHX1* secara signifikan pada perlakuan salinitas. Hal ini mengindikasikan bahwa Gama Melon Parfum memiliki cara yang berbeda dalam menanggulangi natrium dari lingkungan maupun dalam sitoplasma.

Aktivitas gen *LEA* (*Late Embryogenesis Abundant*) berkaitan dengan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan, salah satunya salinitas. Ekspresi gen ini pada tiga genotipe melon menunjukkan peningkatan akibat cekaman salinitas. Selain itu, Gama Melon Parfum memiliki peningkatan paling tinggi dibanding dua genotipe lainnya pada kondisi perlakuan 220 mM NaCl. Hal ini mengindikasikan bahwa genotipe Gama Melon Parfum memiliki ketahanan terhadap cekaman salinitas lebih baik dibanding dua genotipe lainnya.

Cekaman salinitas pada tiga genotipe melon menunjukkan penurunan signifikan pada tinggi tanaman, rata-rata jumlah daun, panjang dan lebar permukaan daun. Penurunan pada karakter morfologi menunjukkan adanya hambatan dalam proses perkembangan dan pertumbuhan tanaman melon. Selain itu, bobot kering akar dan tajuk mengalami perubahan signifikan akibat cekaman salinitas. Bobot kering tajuk mengalami penurunan akibat penambahan 220 mM NaCl pada media penanaman. Selain itu, bobot kering akar tidak menunjukkan perubahan signifikan akibat salinitas. Hal ini mengindikasikan bahwa cekaman salinitas menyebabkan perubahan alokasi fotosintat pada tanaman menuju akar.

Hasil analisis metabolomik menunjukkan adanya berbagai senyawa metabolit primer dan sekunder yang berhasil teridentifikasi. Senyawa-senyawa tersebut dikelompokkan menjadi 9 kelompok, yaitu asam amino, karbohidrat, kumarin, asam lemak dan lipid, flavonoid, asam organik, lain-lain, fenolik dan terpenoid. Senyawa metabolit primer yang berhasil teridentifikasi berupa asam sitrat, asam askorbat, ADP-glukosa, sorbitol, L-1-pirolin-3-hidroksi-5-karboksilat dan fosfoenolpiruvat, sedangkan senyawa metabolit sekunder yang berhasil teridentifikasi berupa kaempferol-3-glukuronida, naringenin-7-O-glukosida, quercetin-3-O-glukuronida, curcumenol, 4-metilumbeliferon, anetol dan eskuletin.

Hasil analisis komponen utama (PCA) menunjukkan adanya pemisahan antara perlakuan 0 mM NaCl dan 220 mM NaCl. Pemisahan kelompok tersebut disebabkan adanya beberapa senyawa metabolit yang meningkat seperti asam askorbat, adenosin, *curcumenol*, asam kapératik dan cnicin. Selain itu, ditemukan juga beberapa senyawa metabolit unik yang hanya ditemukan pada setiap genotipe melon, seperti sinefrin, 4-hidroksi-5-[2-[(E)-3-hidroksi-prop-1-enil]-4-metilfenil]-3-metilheksan-2-on, eskuletin, afzelin, apikatekin galat dan ornitin yang hanya ditemukan pada genotipe Melona.



Hasil analisis metabolomik pada tiga genotipe melon menunjukkan beberapa senyawa metabolit yang dapat digunakan sebagai penanda cekaman salinitas. Senyawa tersebut berupa *Mangostin Trimethyl ether*, *Mitomycin C*, *Adenosine* dan *Gitoxigenin Diacetate*. Selain itu, cekaman salinitas juga memengaruhi aktivitas metabolisme pada empat lintasan berupa siklus asam trikarboksilat, metabolisme glikolat dan dikarboksilat, metabolisme arginin dan prolin dan metabolisme tirosin. Genotipe Tacapa Gold dan Gama Melon Parfum memiliki kesamaan aktivitas metabolisme yang dipengaruhi oleh cekaman salinitas. Namun, genotipe Tacapa Gold tidak menunjukkan peningkatan konsentrasi relatif pada senyawa *L-Dopa*. Hal ini mengindikasikan adanya peningkatan senyawa *L-Dopa* menyebabkan genotipe Gama Melon Parfum lebih tahan terhadap cekaman salinitas karena mampu meregulasi natrium dalam sel melalui aktivitas gen *HKT* dan *NHX*.

Kata kunci: asam absisat, *HKT1*, karotenoid, L-Dopa, *NHX1*

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





SUMMARY

GIRI NUGROHO. Morpho-Physiology, Metabolite and Molecular Responses of Three Genotypes Melon (*Cucumis melo* L.) Under Salinity Stress. Supervised by TATIK CHIKMAWATI and MIFTAHUDIN

Melon is a horticultural plant with high economic value. The fruit of this plant is large and sweet, making it appealing to people. Ongoing efforts are being made to improve melon varieties, to obtain superior genotypes that meet market demands. Notably, the Melona, Tacapa Gold, and Gama Melon Parfum genotypes are new breeding results by the Faculty of Biology at Gadjah Mada University. These genotypes exhibit superior morphological and agronomic characteristics, offering benefits to consumers.

The coastal area of Bocor Beach in Kebumen, Central Java, is a development location for cultivating melon. Despite being utilized for superior melon cultivation, the region faces challenges to lower yields due to higher concentrations of salt significantly affecting the growth and development of the plants. The utilization of Melona, Tacapa Gold, and Gama Melon Parfum has yet to be explored in saline lands. It necessitates research to understand melon's tolerance mechanisms and adaptation abilities under salinity stress. The study aimed to analyze the morpho-physiology, metabolites and molecular responses of three melon genotypes under salinity stress.

The research used a split-plot design with the main plot being salinity levels (0 mM NaCl and 220 mM NaCl) and the sub-plot being genotypes of melon (Melona, Tacapa Gold, and Gama Melon Parfum). The research commenced with the germination of Melon seeds in cocopeat, with ABmix 3000 solution used as the nutrient solution. After three weeks, the plants were subjected to salinity stress by adding 220mM NaCl to the nutrient solution. This condition was maintained until harvest. The plants aged 28 DAP (day after planting), were observed for morphological, physiological, metabolomic, and molecular responses.

Leaf sampling was done by cutting each plant's the second to fifth leaves. The leaves were stored in aluminum foil and liquid nitrogen, transported to the laboratory and stored in a freezer at -20 °C. The leaves were used to analyze chlorophyll, carotenoid, malondialdehyde, and proline content. Additionally, the melon plants were analyzed for morphology, stomatal density and percentage of opened stomata, sodium-potassium content, root-shoot dry mass, metabolomic analysis, and gene expression related to salinity stress. Data related to morphology physiology, and molecular responses were subjected to analysis using the DMRT 5% in R Studio. Metabolite data were analyzed using MzMine 3.9.0 and MetaboAnalyst.

The analysis of the three genotypes' morphology, physiology, metabolites and molecular responses revealed significant changes between 0 mM NaCl and 220 mM NaCl. Relative water content in the leaves of all three melon genotypes significantly decreased due to salinity stress. Melona showed the highest decrease in relative water content, while Gama Melon Parfum showed the least. Relative water content in the leaf correlates with osmotic adjustment, one aspect of which is proline. The proline content significantly increased due to the addition of 220 mM NaCl in the planting medium. Proline accumulation can be influenced by the

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

activity of pyrroline-5-carboxylate reductase, regulated by the *P5CR* gene. In the three melon genotypes, expression of this gene showed significant decreases under saline treatment. Gama Melon Parfum and Tacapa Gold responded similarly to *P5CR* gene expression under salinity stress.

Malondialdehyde (MDA) is a final compound from lipid peroxidation caused by free radicals or reactive oxygen species (ROS). The MDA content increased due to the addition of 220 mM NaCl in the planting medium of the three melon genotypes. This increase was parallel to the rise in *CSD1-1* gene expression, which regulates the activity of the superoxide dismutase (SOD) enzyme. It indicates that the three melon genotypes experienced an increase in ROS content due to the addition of 220 mM NaCl, but an increase in *CSD1-1* gene expression countered this condition.

Chlorophyll is a pigment crucial for photosynthesis activity. Environmental condition, such as salinity stress, can influence chlorophyll content in the plant. The research showed a decrease in chlorophyll content in Tacapa Gold and Gama Melon Parfum due to salinity, indicating that salinity stress affects chlorophyll biosynthesis and degradation, thereby influencing photosynthesis activity in the plant.

Carotenoid is a pigment and precursor in abscisic acid (ABA) biosynthesis. The carotenoid content in the three melon genotypes decreased due to the addition of 220 mM NaCl in the planting medium. It is related to increased degradation activity by the 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase enzyme, regulated by the *NCED* gene. The expression of the *NCED* gene increased in all melon genotypes under salinity stress. Additionally, the relative concentration of ABA also increased with the addition of 220 mM NaCl in the planting medium. It indicates that the decrease in carotenoids under saline conditions is caused by increased ABA biosynthesis.

The increase in abscisic acid affected the regulation of opened stomata regulation in the plant, resulting in a decreased percentage of opened stomata in the three melon genotypes under salinity stress. Additionally, salinity stress inhibited the stomata formation process, as shown by decreased stomatal density on adaxial surfaces.

The addition of 220 mM NaCl in the planting medium also influenced the accumulation of sodium and potassium, as observed in the increased Na/K ratio in plants under salinity stress. The increased Na/K ratio indicates increase in sodium content in the melon plants. Therefore, transport proteins (HKT and NHX) in the cell regulate sodium and potassium transport in melon plants. The expression of the *HKT1* gene increased, but there were no significant changes in *NHX1* gene expression under salinity.

Gama Melon Parfum exhibited a different expression pattern than Melona and Tacapa Gold, showing no significant difference in *HKT1* gene expression between 0 mM NaCl and 220 mM NaCl. It indicates that Gama Melon Parfum has a different process for coping with sodium ions from the environment or cytosol.

The *LEA* gene's activity is related to plants' tolerance under environmental stress, including salinity. The expression of this gene in the three melon genotypes increased due to salinity stress, with Gama Melon Parfum showing a higher increase than the other genotypes, indicating higher resilience to salinity stress.

Salinity stress in the three melon genotypes significant decrease in plant height, number of leaves, and leaf length and width, inhibition of growth and





Keywords: abscisic acid, carotenoid, HKT1, L-Dopa, NHX1

development. Additionally, shoot and root dry mass decreases due to salinity stress. Shoot dry mass decreased by adding 220 mM NaCl in the planting medium. In comparison, root dry mass exhibited no significant difference between 0 mM NaCl and 220 mM NaCl, indicating that salinity stress affected the allocation of photosynthates to the roots in melon plants.

Metabolomic analysis showed variation in primary and secondary metabolites, grouped into nine categories: amino acids, carbohydrates, coumarins, fatty acids and lipids, flavonoids, organic acids, others, phenolics, and terpenoids. Identified primary metabolites included citric acid, ascorbic acid, ADP-glucose, sorbitol, L-1-pyrrolin-3-hydroxy-5-carboxylate, and phosphoenolpyruvate. Identified secondary metabolites included kaempferol-3-glucuronide, naringenin-7-O-glucoside, quercetin-3-O-glucuronide, curcumenol, 4-methyl-umbelliferone, anethole, and esculetin.

Principal component analysis (PCA) exhibited separation between 0 mM NaCl and 220 mM NaCl, caused by changes in the concentration of several metabolites such as ascorbic acid, adenosine, curcumenol, caperatic acid, and cnicin. Additionally, several unique metabolites, such as synephrine, 4-hydroxy-5-[2-[(E)-3-hydroxyprop-1-enyl]-4-methylphenyl]-3-methylhexan-3-on, esculetine, afzelin, apicathecin gallate, and ornithin, were only found in Melona.

The metabolomic analysis of the three melon genotypes also identified several metabolites that can be used as markers for salinity stress, including sedoheptulose 1,7-bisphosphate, L-Dopa, curcumenol, citrulline, ascorbic acid, and ADP-glucose. Salinity stress also influences metabolic activity in four pathways: the tricarboxylic acid cycle, glycolate and dicarboxylates metabolism, arginine and proline metabolism, and tyrosine metabolism. Tacapa Gold and Gama Melon Parfum exhibited similar metabolic activity influenced by salinity stress. Still Tacapa Gold showed a decrease in L-Dopa concentration under salinity stress, indicating that the increase in L-Dopa enhances Gama Melon Parfum's tolerance under salinity stress by regulating the activity of HKT and NHX genes.

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@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.

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 apapun tanpa izin IPB.

RESPON MORFO-FISIOLOGI, METABOLIT DAN MOLEKULER TIGA GENOTIPE MELON (*Cucumis melo* L.) PADA KONDISI CEKAMAN SALINITAS

GIRI NUGROHO

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Biologi Tumbuhan

**PROGRAM STUDI BIOLOGI TUMBUHAN
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@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.



Judul Tesis : Respon Morfo-Fisiologi, Metabolit dan Molekuler Tiga Genotipe Melon (*Cucumis melo* L.) Pada Kondisi Cekaman Salinitas
Nama : Giri Nugroho
NIM : G3503222018

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Tatik Chikmawati, M.Si.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A.
NIP. 19611120 198703 2 001

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Dr. Berry Juliandi, S.Si., M.Si.
NIP 197807232007011001

Tanggal Ujian: 12 Juli 2024

Tanggal Lulus:

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 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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya, sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Agustus 2023 sampai Desember 2023 ini ialah Morfologi, Fisiologi, Metabolomik dan Ekspresi Gen dengan judul “Respon Morfo-Fisiologi, Metabolit dan Molekuler Tiga Genotipe Melon (*Cucumis melo* L.) pada Kondisi Cekaman Salinitas”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, saran, do’a, dukungan, motivasi dan bantuan kepada penulis dalam penyelesaian karya ilmiah ini.

1. Bapak (Triyono), Mamak (Sulasmi) dan Grido, yang selalu memberikan do’a, limpahan kasih sayang, nasihat, dan motivasi serta *support* moral dan materiil kepada penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini.
2. Prof. Dr. Ir. Tatik Chikmawati, M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si. selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing, memberikan saran dan masukan serta memotivasi penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini.
3. Prof. Dr. Ir. Ulfah Juniarti, M.Agr. selaku dosen moderator pada seminar hasil yang telah memberikan saran dalam perbaikan hasil penelitian.
4. Dr. Ir. Aris Tjahjoleksono, D.E.A. sebagai dosen penguji luar pada sidang tesis yang senantiasa memberikan saran dan masukkan dalam penyusunan tesis.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Program Studi Biologi Tumbuhan, IPB yang telah memberikan banyak ilmu dan pembelajaran yang bermanfaat selama perkuliahan serta menunjang kebutuhan administrasi dan pelaksanaan penelitian sehingga mampu menyelesaikan karya ilmiah.
6. Mas Adib, Mas Karso, Mba Vida dan Mba Dian sebagai rekan penelitian di Laboratorium Genetika dan Pemuliaan Tanaman, Biologi, UGM, yang mana senantiasa membantu pelaksanaan penelitian.
7. Pak Asep, Teh Neng dan Teh Wiwi, selaku staff laboratorium di Program Studi Biologi Tumbuhan, IPB yang senantiasa membantu pelaksanaan penelitian dan memfasilitasi peminjaman maupun penggunaan alat-alat laboratorium.
8. Rekan-rekan mahasiswa magister Biologi Tumbuhan, IPB tahun 2021 dan 2022 yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan memberikan dukungan motivasi, emosional dan hiburan sehingga penulis mampu menyelesaikan karya ilmiah.
9. Anggun, Dian, Tifani, Deby dan Sheila selaku teman yang telah memberikan dukungan emosional, menghibur dan memotivasi penulis dalam penyelesaian karya ilmiah.

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

Bogor, Juli 2024

Giri Nugroho

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Hipotesis	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Melon	3
2.1.1 Melona	3
2.1.2 Gama melon parfum	4
2.1.3 Tacapa Gold	4
2.2 Cekaman Salinitas	4
2.3 Respon Fisiologi Tanaman terhadap Cekaman Salinitas	5
2.4 Gen <i>9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase</i> (NCED)	6
2.5 Gen <i>Late Embryogenesis Abundant</i> (LEA)	7
2.6 Gen <i>Sodium/Hydrogen Antiporter</i> (NHX)	7
2.7 Gen <i>High-Affinity Potassium 1</i> (HKT1)	8
2.8 Gen <i>Pyrroline-5-carboxylate Reductase</i> (P5CR)	8
2.9 Gen <i>Superoxide Dismutase</i> (SOD)	8
2.10 Metabolomik	9
III BAHAN DAN METODE	
3.1 Waktu dan Tempat	10
3.2 Bahan dan Alat	10
3.3 Prosedur Penelitian	10
3.3.1 Rancangan Penelitian	10
3.3.2 Koleksi Daun	10
3.3.3 Kadar Air Relatif	11
3.3.4 Kandungan Prolin	11
3.3.5 Kandungan Malondialdehid (MDA)	11
3.3.6 Kandungan Klorofil dan Karotenoid	12
3.3.7 Kerapatan dan Persentase Stomata Terbuka	12
3.3.8 Kandungan Natrium dan Kalium	12
3.3.9 Pengamatan Morfologi	12
3.3.10 Analisis Rasio Akar dan Tajuk	12
3.3.11 Isolasi RNA Total	13
3.3.12 Sintesis cDNA	13
3.3.13 Ekspresi Gen	13
3.3.14 Ekstraksi dan Analisis Metabolit	14

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

3.3.15 Analisis Data	14
3.3.16 Kandungan Fitohormon ABA	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kadar Air Relatif	15
4.2 Biosintesis Senyawa Prolin	16
4.3 Akumulasi Radikal Bebas dan Ekspresi Gen <i>SOD</i>	17
4.4 Kandungan Klorofil Total	19
4.5 Degradasi Senyawa Karotenoid, Konsentrasi Relatif Asam Absisat dan Pembukaan Stomata	20
4.6 Akumulasi Natrium dan Kalium	23
4.7 Ekspresi Gen <i>LEA</i> terhadap ketahanan tanaman pada Cekaman Salinitas	26
4.8 Morfologi Tanaman Melon	26
4.9 Rasio Bobot Kering Akar-Tajuk	28
4.10 Senyawa Metabolit Melon	28
4.11 Biomarker Metabolit Melon terhadap Cekaman Salinitas	32
4.12 Respon Lintasan Metabolit pada Melon akibat Cekaman Salinitas	34
V SIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	52
RIWAYAT HIDUP	55

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



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

3.1	Urutan basa nitrogen dari primer ekspresi gen	13
4.1	Kandungan prolin tiga genotipe melon pada umur 28 HST	16
4.2	Kandungan malondialdehid tiga genotipe melon pada umur 28 HST	17
4.3	Kandungan karotenoid dari tiga genotipe melon pada umur 28 HST	20
4.4	Kerapatan stomata dan persentase stomata terbuka dari tiga genotipe melon pada umur 28 HST	22
4.5	Rata-rata jumlah daun, panjang dan lebar daun dari tiga genotipe melon umur 28 HST	27
4.6	Bobot kering akar dan tajuk pada tiga genotipe melon umur 28 HST	28
4.7	Nilai tingkat perubahan (FC) dan <i>variable in projection</i> (VIP) melon	32

DAFTAR GAMBAR

4.1	Kadar air relatif daun dari tiga genotipe Melon	15
4.2	Ekspresi relatif gen <i>P5CR</i> pada tiga genotipe melon	17
4.3	Ekspresi relatif gen <i>CSD1-1</i> pada tiga genotipe melon	18
4.4	Kandungan klorofil total pada tiga genotipe melon	19
4.5	Nilai ekspresi relatif gen <i>NCED</i> pada tiga genotipe melon	21
4.6	Konsentrasi relatif hormon asam absisat pada tiga genotipe melon	21
4.7	Rasio natrium-kalium (Na/K) pada tiga genotipe melon	23
4.8	Nilai ekspresi relatif dari gen akumulasi natrium dan kalium pada tiga genotipe melon	25
4.9	Nilai ekspresi relatif gen <i>LEA</i> pada tiga genotipe melon	27
4.10	Tinggi tanaman dari tiga genotipe melon	27
4.11	Proporsi kelompok senyawa metabolit pada tiga genotipe Melon	29
4.12	Analisis komponen utama (A) dan dendrogram (B) tiga genotipe melon	30
4.13	Peta panas (<i>heatmap</i>) tiga genotipe Melon	31
4.14	Model lintasan metabolit siklus asam trikarboksilat (■), metabolisme glikolat dan dikarboksilat (■), metabolisme arginin dan prolin (■) dan metabolisme tirosin (■) yang mengalami perubahan akibat cekaman salinitas pada melon	36

DAFTAR LAMPIRAN

1	Deret larutan standar prolin	51
2	Kurva deret standar logam natrium dan kalium	51
3	Metode identifikasi senyawa metabolit dengan MzMine	52
4	Nilai <i>p-value</i> hasil uji ANOVA <i>two-way</i>	52