

**PENGEMBANGAN METODE PENAPISAN HIDROPONIK
DEEP FLOW TECHNIQUE (DFT) PADI (*Oryza sativa* L.)
TOLERAN CEKAMAN SALINITAS BERDASARKAN
KARAKTER MORFOFISIOLOGI**

MUH. ARIFUDDIN

G012192005



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

TESIS

PENGEMBANGAN METODE PENAPISAN HIDROPONIK *DEEP FLOW TECHNIQUE* (DFT) PADI (*Oryza sativa* L.) TOLERAN CEKAMAN SALINITAS BERDASARKAN KARAKTER MORFOFISIOLOGI

The Development of Hydroponic Deep Flow Technique (DFT) Method on Screening Rice (*Oryza sativa* L.) Under Salinity Stress Based on Morphophysiological Characteristics

sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar magister
disusun dan diajukan oleh

MUH. ARIFUDDIN

G012192005



**PROGRAM STUDI MAGISTER AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

TESIS

PENGEMBANGAN METODE PENAPISAN HIDROPONIK *DEEP FLOW TECHNIQUE* (DFT) PADI (*Oryza sativa* L.) TOLERAN CEKAMAN SALINITAS BERDASARKAN KARAKTER MORFOFISIOLOGI

Disusun dan Diajukan Oleh :

MUH. ARIFUDDIN

Nomor Pokok : G012192005

Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 1 September 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Pembimbing Utama,

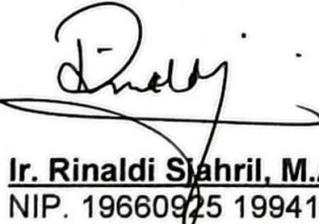
Pembimbing Pendamping

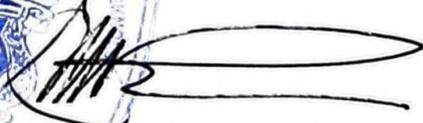

Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc
NIP. 19541220 198303 1 001


Dr. Ir. Muh. Farid BDR., MP
NIP. 1967020 199202 1 001

Ketua Program Studi
Magister Agroteknologi

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin


Ir. Rinaldi Sahril, M.Agr., Ph.D
NIP. 19660925 199412 1 001



Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin
NIP. 19601224 198601 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muh. Arifuddin
Nim : G012192005
Program Studi : Agroteknologi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 27 Juli 2021

Yang menyatakan


Muh. Arifuddin

PRAKATA

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala limpahan rahmat, berkah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis yang berjudul Pengembangan Metode Penapisan Hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) Padi (*Oryza sativa* L.) Toleran Cekaman Salinitas Berdasarkan Karakter Morfofisiologi.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menghaturkan ucapan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ayahanda Drs. H. Abunawas, Ibunda Hj. St. Rasidah dan saudara-saudara saya Afdhal Abunawas, S.Hum., M.Pd.I, Nurfadhiilah, S.Pd.I., M.Pd.I, dan Ummul Khair atas kesabaran, nasehat serta doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
2. Prof. Dr. Ir. Yunus Musa, M.Sc dan Dr. Ir. Muh. Farid Bdr., MP. sebagai pembimbing serta Dr. Muh. Fuad Anshori, S.P., M.Si., yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya sejak awal penyusunan rencana penelitian hingga selesainya tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Nasaruddin, MS., Dr. Ir. Amir Yassi, M.Si., dan Dr. Aris Hairmansis, S.P., M.Si. sebagai tim penguji yang telah memberikan banyak masukan dan perbaikan dalam penyusunan rencana penelitian hingga selesainya tesis ini.

4. Bapak dan ibu dosen program studi Agroteknologi Unhas yang telah mengajarkan berbagai ilmu serta pegawai dan staf lingkup fakultas dan universitas yang turut membantu dalam pengurusan berkas administrasi maupun teknis.
5. Rekan-rekan mahasiswa program Sarjana dan Magister Agroteknologi serta seluruh kakak senior dan adik-adik komunitas *plant breeding* atas dukungan dan kebersamaannya selama menempuh pendidikan di Fakultas Pertanian Unhas.

Penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya. Dengan segala kerendahan hati, penulis senantiasa mengharapkan saran-saran demi kesempurnaan tulisan ini. Bagi semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini semoga mendapat balasan dan pahala yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiinn...

Makassar, 27 Juli 2021

Muh. Arifuddin

ABSTRAK

Muh. Arifuddin, Pengembangan Metode Penapisan Hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) Padi (*Oryza sativa* L.) Toleran Cekaman Salinitas Berdasarkan Karakter Morfofisiologi (dibimbing oleh Yunus Musa dan Muh. Farid BDR.)

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari metode penapisan hidroponik DFT padi toleran cekaman salinitas berdasarkan karakter morfofisiologi. Penelitian ini dilaksanakan di *Greenhouse* Perumahan Dosen Unhas BG 91 dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin yang berlangsung pada Agustus hingga November 2020. Penelitian terdiri dari empat percobaan. Tiga percobaan pada sistem hidroponik DFT yaitu cekaman fase vegetatif, generatif dan seluruh fase tumbuh. Satu percobaan pot dengan media tanah sebagai validasi. Ketiga percobaan hidroponik disusun dengan rancangan tersarang sedangkan percobaan pot disusun dengan rancangan petak terpisah. Faktor pertama pada rancangan tersarang sekaligus sebagai petak utama pada rancangan petak terpisah ialah konsentrasi NaCl dengan tiga taraf yaitu 0 mM, 60 mM dan 120 mM. Sedangkan faktor kedua sekaligus sebagai anak petak pada rancangan petak terpisah ialah varietas yang terdiri dari lima varietas yaitu Inpari 34 Salin Agritan, Ciherang, IR 29, Inpari 29 dan Jeliteng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter seleksi pada cekaman fase vegetatif ialah produksi per rumpun, chlorofil A, jumlah anakan produktif, bobot basah akar dan jumlah anakan. Parameter seleksi pada fase generatif ialah produksi per rumpun, persentase gabah berisi, jumlah anakan produktif, bobot basah tajuk dan bobot basah akar. Parameter seleksi pada cekaman seluruh fase tumbuh ialah produksi per rumpun, jumlah anakan produktif dan chlorofil total. Fase cekaman yang dapat dijadikan sebagai fase seleksi pada sistem hidroponik DFT ialah cekaman fase vegetatif, cekaman fase generatif dan cekaman seluruh fase tumbuh. Koefisien korelasi parameter produksi antar percobaan hidroponik DFT yaitu fase vegetatif dengan fase generatif (0,86), fase vegetatif dengan seluruh fase tumbuh (0,81) dan fase generatif dengan seluruh fase tumbuh (0,83). Parameter seleksi percobaan hidroponik DFT yang berkorelasi signifikan dengan produksi percobaan pot yaitu chlorofil A percobaan fase vegetatif (0,41), bobot basah tajuk (0,52) dan produksi per rumpun pada fase generatif (0,41), sedangkan pada seluruh fase tumbuh yaitu chlorofil total (0,63), anakan produktif (0,49) dan produksi per rumpun (0,54).

Kata kunci: Hidroponik DFT, karakter seleksi, salinitas

ABSTRACT

Muh. Arifuddin, The Development of Hydroponic *Deep Flow Technique* (DFT) Method on Screening Rice (*Oryza sativa* L.) under Salinity Stress Based on Morphophysiological Characteristics. (Supervised by Yunus Musa and Muh. Farid BDR.)

The aim of this research is to study the DFT hydroponic method on the screening of salinity stress tolerance of rice based on morphophysiological characteristics. The research took place at *Greenhouse* of Unhas Lecturer Housing, and Experimental Farm, Faculty of Agriculture, Hasanuddin University and was conducted from August to November 2020. There are four experiments of hydroponic DFT system in which three of them are the stress during vegetative, generative, and the whole growing phases. Meanwhile, one experiment refers to pot with soil media as the validation. The three hydroponic experiments were arranged in a nested design, while the pot experiment was arranged in a split plot design. The first factor in the nested design which is also the main plot in the split plot design was the concentration of NaCl with three levels, namely 0 mM, 60 mM, and 120 mM. The second factor which was a subplot in a split plot design was a variety, that consist of five cultivars, i.e., Inpari-34 Salin Agritan, Ciherang, IR-29, and Jeliteng. The results showed that the selection parameters under the stress of vegetative phase were production per clump, chlorophyll A, number of productive tillers, fresh root weight, and total tiller number. Selection parameters in the generative phase were production per clump, percentage number of filled grains, number of productive tillers, fresh shoot weight and fresh root weight. Selection parameters under the stress of all growing phases were production per clump, number of productive tillers and total chlorophyll. Therefore, the stress phase that can be used as the selection phase in the DFT hydroponic system are the stress of the vegetative phase, generative phase and the stress during whole growing phases. The correlation coefficient of production parameters among DFT hydroponic experiments were 0.86 between vegetative and generative phase, 0.81 between vegetative and whole growing phases, and 0.88 between generative and whole growing phases. The selection parameters of the DFT hydroponic experiment that were significantly correlated with the production of the pot experiment were chlorophyll A in the vegetative phase (0.41), canopy wet weight (0.52) and production per clump in the generative phase (0.41), while in whole phases were the total chlorophyll (0.63), productive tillers (0.49) and production per clump (0.54).

Keywords: Character selection, DFT hydroponic, salinity

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
E. Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Botani dan Morfologi Padi	7
B. Cekaman Salinitas	9
C. Mekanisme Toleransi Tanaman terhadap Salinitas.....	12
D. Penapisan Padi pada Cekaman Salinitas	14
E. Hidroponik.....	16
F. Kerangka Konseptual	18
G. Hipotesis Penelitian.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
A. Tempat dan Waktu	20
B. Alat dan Bahan.....	20
C. Rancangan Penelitian	20
D. Pelaksanaan Penelitian.....	22
E. Parameter Pengamatan	29
F. Analisis Data	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Percobaan 1. Cekaman Salinitas Fase Vegetatif	33
B. Percobaan 2. Cekaman Salinitas Fase Generatif.....	43
C. Percobaan 3. Cekaman Salinitas Seluruh Fase Tumbuh.....	53
D. Validasi Percobaan Hidroponik DFT dengan POT	64
E. Pembahasan Umum.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
A. Kesimpulan.....	75
B. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	86

DAFTAR TABEL

No.		Halaman
1.	Estimasi nilai ripitabilitas rancangan tersarang	32
2.	Kuadrat tengah analisis ragam karakter pengamatan pada percobaan cekaman fase vegetatif.....	33
3.	Rata-rata indeks toleransi cekaman pada interaksi varietas dengan konsentrasi NaCl pada cekaman fase vegetatif.....	36
4.	Koefisien korelasi pearson indeks toleransi salinitas pada percobaan cekaman fase vegetatif	36
5.	Sidik lintas indeks toleransi padi terhadap produksi per rumpun pada cekaman fase vegetatif	37
6.	Hasil analisis komponen utama pada percobaan cekaman fase vegetatif	39
7.	Uji BNT rata-rata produksi per rumpun pada percobaan cekaman fase vegetatif	41
8.	Kuadrat tengah analisis ragam karakter pengamatan pada percobaan cekaman fase generatif	43
9.	Rata-rata indeks toleransi cekaman pada interaksi varietas dengan konsenstrasi NaCl pada cekaman fase generatif	44
10.	Koefisien korelasi pearson indeks toleransi salinitas pada percobaan cekaman fase generatif	47
11.	Sidik lintas indeks toleransi padi terhadap produksi per rumpun pada cekaman fase generatif	48
12.	Hasil analisis faktor pada cekaman fase generatif	49
13.	Uji BNT rata-rata produksi per rumpun pada percobaan cekaman fase generatif	51
14.	Kuadrat tengah analisis ragam karakter pengamatan pada percobaan cekaman seluruh fase.....	53
15.	Rata-rata indeks toleransi cekaman pada interaksi varietas dengan konsenstrasi NaCl pada cekaman seluruh fase.....	55
16.	Koefisien korelasi pearson indeks toleransi salinitas pada percobaan cekaman seluruh fase.....	56
17.	Sidik lintas indeks toleransi padi terhadap produksi per rumpun pada cekaman seluruh fase.....	59

18.	Hasil analisis komponen utama pada cekaman seluruh fase	60
19.	Uji BNT rata-rata produksi per rumpun pada percobaan cekaman seluruh fase	62
20.	Koefisien korelasi pearson karakter terpilih pada percobaan hidroponik DFT dengan hasil percobaan pot	65

DAFTAR GAMBAR

No.		Halaman
1.	Kerangka pikir penelitian	18
2.	Analisis <i>cluster heatmap</i> percobaan fase vegetatif	40
3.	Diagram penurunan relatif produksi per rumpun pada cekaman fase vegetatif	42
4.	Analisis <i>cluster heatmap</i> percobaan fase generatif	50
5.	Diagram penurunan relatif produksi per rumpun pada cekaman fase generatif	52
6.	Analisis <i>cluster heatmap</i> percobaan seluruh fase	61
7.	Diagram penurunan relatif produksi per rumpun pada cekaman seluruh fase	63

DAFTAR LAMPIRAN

No.		Halaman
1.	Denah percobaan pot	86
2.	Denah percobaan hidroponik DFT	87
3.	Deskripsi padi varietas Inpari 34 Salin Agritan	88
4.	Deskripsi padi varietas Ciherang	89
5.	Deskripsi padi varietas Inpari 29	90
6.	Deskripsi padi varietas Jeliteng	91
7.	Fenotipe tanaman 65 HST pada cekaman fase vegetatif	92
8.	Fenotipe tanaman pada cekaman fase generatif	93
9.	Fenotipe tanaman 65 HST pada cekaman seluruh fase	94
10.	Fenotipe tanaman 90 HST pada percobaan pot	95

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa*) merupakan salah satu makanan pokok yang dikonsumsi hampir 3 milyar penduduk dunia dengan konsumsi terbesar mayoritas berada di Asia. Diperkirakan pada tahun 2025-2030 laju pertumbuhan penduduk mencapai 1,49% atau 286,02 juta jiwa dan konsumsi beras mencapai 139,5 kg per kapita sehingga kebutuhan beras menjadi 39,8 juta ton (Direktorat Jendral Prasarana dan Sarana Pertanian, 2013). Upaya peningkatan produksi dapat ditempuh melalui pemanfaatan lahan-lahan sub optimal seperti lahan didaerah pesisir pantai. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan jumlah pulau sekitar 17.000 pulau dengan luas garis pantai skitar 81.000 km² (Suroso *et al.*, 2010; Anshori, 2019). Kenaikan muka air laut di Indonesia sudah mencapai 1-8 mm per tahun (ADB, 2009). Keseimbangan air tanah dipengaruhi oleh curah hujan, presipitasi dan evapotranspirasi sehingga salah satu dampak di wilayah pesisir yaitu berkurangnya air tanah disertai kenaikan muka air laut yang memicu intrusi air laut ke daratan sehingga mencemari sumber-sumber air untuk keperluan irigasi sehingga tanaman mengalami stress salinitas (Amalia dan Sugiri, 2014). Hal tersebut merupakan suatu tanda bahwa lahan pertanian disekitar pantai akan mengalami cekaman salinitas dari kenaikan air laut. Safitri (2016) juga menyatakan bahwa dampak dari kenaikan muka air laut adalah berkurangnya lahan pertanian yang dapat

ditanami karena adanya genangan dan tingginya salinitas tanah yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman.

Salinitas merupakan salah satu stress abiotik utama bagi tanaman pada lahan pesisir dan rawa pasang surut. Sebagai negara kepulauan Indonesia dihadapkan dengan intrusi air laut ke daratan. Intrusi tersebut dapat menyebabkan cekaman salinitas yang dapat menurunkan produksi padi. Rad *et al.*, (2012) melaporkan bahwa peningkatan salinitas hingga 6 dS/m mampu menurunkan 50% produktivitas padi. Permasalahan salinitas memiliki dampak yang besar terhadap produktivitas padi, sehingga diperlukan solusi yang efektif dalam pengembangan dan peningkatan produksi padi di Indonesia. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah perakitan varietas yang toleran dan adaptif terhadap cekaman salinitas.

Penggunaan varietas toleran salinitas merupakan salah satu teknologi yang mampu meningkatkan produksi padi pada daerah salin. Menurut De Leon *et al.*, (2015) menyatakan bahwa varietas toleran salinitas merupakan varietas yang mampu meminimalkan kerusakan yang dialami pada saat terjadinya cekaman salinitas. Kerusakan yang dialami oleh tanaman berkorelasi dengan sifat toleransi, semakin rendah kerusakan maka tanaman semakin toleran (Anshori *et al.*, 2018). Perakitan varietas dalam pemuliaan tanaman melalui proses pengujian dan seleksi terhadap cekaman salinitas secara langsung di lapangan. Keberhasilan perakitan varietas toleran bergantung pada penentuan metode seleksi, lingkungan seleksi, dan kriteria seleksi yang digunakan. Berbagai metode penapisan

telah dilakukan untuk mengukur tingkat toleransi tanaman terhadap cemakan salinitas, diantaranya metode seleksi hidroponik (Ali *et al.*, 2004; Titov *et al.*, 2009; Ali *et al.*, 2014, Mondal dan Borromeo 2016) dan metode seleksi pada tanah salin (Egdane *et al.*, 2003; Hariadi *et al.*, 2014; Safitri *et al.*, 2016). Pengujian langsung di lapangan memiliki tingkat heterogenitas yang tinggi sehingga evaluasi penapisan toleransi menjadi sulit karena interaksi dengan lingkungan lebih kompleks (Pradheeban *et al.*, 2014; Kranto *et al.*, 2016). Pengujian metode hidroponik statis pada fase vegetatif paling banyak digunakan untuk seleksi dalam jumlah besar karena merupakan metode penapisan yang cepat dan efektif (Titov *et al.*, 2009; Safitri, 2016; Anshori, 2019). Menurut Ismail *et al.*, (2013) kelemahan uji cepat fase vegetatif ialah memiliki nilai korelasi yang rendah dengan fase generatif, sehingga sulit untuk memprediksi sifat toleransinya pada fase generatif. Selain itu penggunaan hidroponik statis terbatas hanya pengujian fase generatif. Kelemahan system hidroponik statis ialah kondisi larutan nutrisi yang tidak bersirkulasi menyebabkan kurangnya oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) sehingga akan mengganggu pertumbuhan tanaman (Ginting, 2008; Pudjiwati, 2019).

Deep Flow Technique merupakan suatu system hidroponik dinamis dengan sirkulasi larutan nutrisi serta penggenangan pada bagian akar tanaman. Sirkulasi nutrisi memungkinkan adanya peningkatan oksigen dalam larutan nutrisi dibandingkan dengan system statis selain itu adanya penggenangan pada daerah perakaran akan mengoptimalkan efektifitas

seleksi tanaman toleran. Oleh sebab itu pengembangan metode penapisan cekaman salinitas pada system hidroponik DFT perlu dilakukan untuk mempelajari metode penapisan hidroponik DFT padi toleran cekaman salinitas berdasarkan karakter morfofisiologi

B. Rumusan Masalah

Kebutuhan beras akan diprediksi akan semakin meningkat dengan adanya pertambahan jumlah penduduk. Kondisi ini menuntut upaya pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia. Kenaikan muka air laut akibat pemanasan global dan perubahan iklim menyebabkan intrusi air laut ke daratan dapat menyebabkan kenaikan kadar salinitas tanah sehingga berdampak pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi. Hal tersebut dapat mengancam ketahanan pangan Indonesia. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah penggunaan varietas toleran salinitas.

Perakitan varietas toleran harus didukung dengan metode seleksi yang efisien dan efektif. Penapisan salinitas dapat dilakukan dapat dilakukan melalui pendekatan morfologi dan fisiologi tanaman untuk mengetahui karakter-karakter yang dapat menjelaskan tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman salinitas.

Berdasarkan hal tersebut diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat parameter yang dapat dijadikan sebagai indikator seleksi terhadap cekaman salinitas?

2. Apakah terdapat fase yang dapat dijadikan sebagai indikator seleksi pada cekaman salinitas?
3. Apakah terdapat terdapat korelasi antar fase pada percobaan hidroponik DFT?
4. Apakah terdapat korelasi antara percobaan hidroponik DFT dengan percobaan pot?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakter yang dapat dijadikan sebagai indikator seleksi terhadap cekaman salinitas.
2. Untuk mengetahui fase yang dapat dijadikan sebagai indikator seleksi pada cekaman salinitas.
3. Untuk mengetahui korelasi antar fase pada percobaan hidroponik DFT.
4. Untuk mengetahui korelasi antara percobaan hidroponik DFT dengan percobaan pot.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian diharapkan akan memberikan informasi dan kontribusi sebagai bahan kajian lebih lanjut terkait metode seleksi dan pengembangan varietas padi toleran cekaman salinitas.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Cekaman salinitas merupakan faktor penghambat utama dalam pengembangan padi di daerah pesisir. Perakitan padi toleran cekaman salinitas sangat berkaitan dengan metode seleksi yang digunakan. Penelitian “Pengembangan Metode Penapisan Hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) Padi (*Oryza sativa* L.) Toleran Cekaman Salinitas berdasarkan Karakter Morfologi” merupakan rangkaian penelitian yang terdiri atas empat percobaan yang dilakukan secara berseri di dalam *greenhouse*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Botani dan Morfologi Padi

Tanaman padi termasuk ke dalam genus *Oryza* dan famili *Gramineae*. Genus *Oryza* memiliki 20 spesies yang tersebar di lembah tropis Afrika, Asia Selatan dan Tenggara, Amerika Selatan dan Tengah, Australia, dan Cina Selatan. Namun hanya terdapat dua spesies yang dibudidayakan, yaitu *Oryza sativa* dan *Oryza glaberrima*. *Oryza sativa* merupakan jenis *Oryza* yang paling banyak dan utama untuk dibudidayakan, sedangkan *Oryza glaberrima* merupakan pengganti *Oryza sativa* yang ditumbuhkan bergantian pada sebagian kecil daerah di negara Afrika Barat. *Oryza sativa* memiliki tiga subspecies yang didasarkan atas ekogeografik yaitu *indica*, *japonica*, dan *javanica*. Subspecies yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia ialah *indica* (De Datta 1981; Anshori *et al.*, 2018).

Tanaman padi terdiri atas akar, batang, daun, bunga dan biji. Akar tanaman padi tergolong akar serabut. Perakaran padi mengalami perubahan dari akar seminal, akar yang tumbuh pertama kali, menjadi akar-akar sekunder yang tumbuh dari buku terbawah batang yang dikenal sebagai akar adventif. Batang padi terdiri atas beberapa ruas yang dibatasi oleh buku. Batang terdiri atas pelepah daun dan ruas-ruas yang tertumpuk padat. Daun tanaman padi tumbuh pada batang dalam susunan yang berselang seling. Tiap daun terdiri atas helai daun, pelepah daun yang

membungkus ruas, telinga daun, dan lidah daun. Bunga tanaman padi secara keseluruhan disebut dengan malai yang tiap unit bunganya dinamakan *spikelet*. Perbedaan spikelet dengan bunga lainnya terletak dari modifikasi mahkota bunga yang menjadi *lemma* dan *palea*. Biji padi yang terbungkus oleh *lemma* dan *palea* dikenal dengan nama gabah. Biji padi merupakan karyopsis yang terdiri atas embrio dan endosperma yang diselimuti lapisan aleuron, tegmen dan lapisan terluar yang disebut pericarp (Makarim dan Suhartatik 2009).

Makarim dan Suhartatik (2009) dan Yoshida (1981) menjelaskan tahapan pertumbuhan tanaman terbagi menjadi 9 tahapan, yaitu tahap pertama ialah pertunasan atau bibit, yaitu sejak benih berkecambah, tumbuh menjadi tanaman muda hingga hampir keluar anakan pertama. Akar seminal dan lima daun terbentuk. Daun terus berkembang pada kecepatan 1 daun setiap 3-4 hari selama awal pertumbuhan. Tahap ke dua ialah pembentukan anakan; berlangsung sejak munculnya anakan pertama hingga anakan maksimum. Tahap ke tiga ialah pemanjangan batang; terjadi sebelum pembentukan malai atau pada akhir pembentukan anakan. Tahap ke empat ialah pembentukan malai sampai bunting. Tahap ke lima ialah *heading* atau keluarnya bunga atau malai. Tahap ke enam ialah *anthesis* atau pembungaan; dimulai ketika benang sari bunga yang paling ujung pada setiap cabang malai telah keluar dari butir dan terjadi pembuahan. Tahap ke tujuh ialah gabah matang susu; gabah mulai terisi dengan cairan kental berwarna putih susu. Tahap ke delapan ialah gabah setengah

matang; isi gabah berbentuk gumpalan yang kemudian mengeras. Tahap ke sembilan ialah gabah matang penuh. Setiap gabah matang, berkembang penuh, keras, dan berwarna kuning.

B. Cekaman Salinitas

Tanah salin adalah tanah yang memiliki konsentrasi garam terlarut yang tinggi dengan nilai *electrical conductivity* (EC) 4 dS m^{-1} atau lebih (USDA-ARS, 2008) yang sebanding dengan 40 mM NaCl dan menghasilkan tekanan osmotik sebesar 0.2 MPa (Situmorang *et al.*, 2010). Salinitas akan mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, yaitu 1) meningkatkan tekanan osmotik, 2) peningkatan potensi ionisasi, 3) infiltrasi tanah menjadi buruk, 4) kerusakan dan terganggunya struktur tanah, 5) permeabilitas tanah buruk, 6) penurunan produktivitas karena reaksi-reaksi proses fisiologi, anatomi, morfologi dan biokimia fotosintesis sehingga laju fotosintesis menurun hingga kematian tanaman (Nasaruddin 2015).

Cekaman salinitas mempengaruhi pertumbuhan tanaman dalam dua cara yaitu melalui peningkatan konsentrasi ion di sekitar akar dan akumulasi Na^+ dalam sel dan jaringan. Peningkatan konsentrasi ion di sekitar akar akan meningkatkan tekanan osmotik sehingga menghambat penyerapan air oleh akar, sedangkan akumulasi Na^+ dalam sel mengakibatkan kematian sel dan jaringan. Pengaruh peningkatan tekanan osmotik akan terlihat pada pertumbuhan dan perkembangan daun karena terganggunya pemanjangan dan pembelahan sel, sedangkan pengaruh toksisitas Na^+ terlihat jelas pada peningkatan jumlah daun yang layu (Munns dan Tester, 2008).

Cekaman salinitas berkaitan dengan ion sodium (Na^+) yang dapat dipertukarkan. Kandungan ion Na^+ menyebabkan gangguan toksisitas ion, stres osmotik dan stress sekunder (Zhu, 2002). Menurut Ghosh *et al.*, (2016) menyatakan bahwa efek salinitas menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi yang berdampak pada penurunan efisiensi fotosintesis dan kekacauan proses fisiologi lainnya. Konsentrasi ion Na^+ yang tinggi akan mempengaruhi keseimbangan potensial air lingkungan dengan tanaman. Potensial air lingkungan akan lebih rendah dibandingkan potensial air tanaman, sehingga tanaman akan mengalami stress kekeringan fisiologi. Perbedaan potensial tersebut yang menjadi penyebab tanaman sulit menyerap air dari tanah (Turkan dan Demiral, 2009). Dampak utama dari cekaman salinitas terjadi apabila Na^+ telah terabsorpsi oleh tanaman sehingga tanaman mengalami cekaman toksisitas (Ismail *et al.*, 2013).

Efek sekunder dari cekaman salinitas adalah terjadinya kerusakan oksidatif (Turkan dan Demiral, 2009). *Reactive oxygen species* (ROS) meningkat ketika cekaman tanaman mengalami cekaman salinitas. ROS berperan sebagai signal transduksi terhadap beberapa mekanisme fisiologi. Namun dalam keadaan stress, produksi ROS sangat tinggi sehingga dapat menyebabkan tanaman mengarah kepada program kematian sel. Hal tersebut dapat menyebabkan tanaman mengalami kematian karena induksi ROS terjadi pada seluruh jaringan tanaman (Kibria *et al.*, 2017).

Tanaman padi memiliki beberapa respon terhadap cekaman salinitas diantaranya respon morfologi, anatomi dan fisiologi. Perubahan

morfologi yang terjadi pada tanaman padi ketika mengalami cekaman salinitas ialah penurunan ukuran dan jumlah organ. Situmorang *et al.*, (2010) menyatakan bahwa varietas Pokkali sebagai kontrol varietas tahan memperlihatkan persentase reduksi luas daun hingga 6,4%, sedangkan pada varietas IR 29 sebagai kontrol rentan mengalami reduksi luas daun hingga 62,2%. Safitri *et al.*, (2016) juga menyatakan bahwa padi yang mengalami cekaman salinitas mengalami penurunan nilai pada karakter vegetatif (tinggi tanaman, jumlah anakan total dan luas daun) dan karakter reproduktif (panjang dan jumlah malai, jumlah gabah total, jumlah gabah berisi serta bobot bulir). Menurut Anshori *et al.*, (2018) penurunan karakter vegetatif dan reproduktif akan mengalami penurunan linier hingga mencapai titik kritisnya dan jika telah melewati titik kritis tersebut maka penurunan nilai karakter mengikuti pola kuadrat hingga kubik.

Identifikasi dan pengukuran tingkat kesalinan suatu tanah dapat dilakukan melalui pengukuran daya hantar listrik (DHL), *exchangeable sodium percentage* (ESP), *sodium absorption* (SAR), dan pH tanah. DHL merupakan ekspresi tidak langsung total konsentrasi garam didalam tanah, tanpa mengacu pada sifat dan komposisi garam, DHL diukur dalam satuan dS m^{-1} (Corwin, 2003). ESP merupakan ekspresi sodisitas yang merupakan perbandingan antara sodium yang dapat ditukar dengan kapasitas total pertukaran kation yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Sodisitas tanah juga dapat diukur melalui sodium absorption ratio (SAR) yang menunjukkan konsentrasi sodium, kalsium, magnesium dan keseimbangan

antara kation terabsorpsi dan terlarut dalam larutan tanah (Seilsepour, 2009). Hardie dan Doyle (2012) menyatakan klasifikasi tingkat kesalinan berdasarkan DHL. DHL 0-2 dS m⁻¹ dinyatakan non salin, 2-4 dS m⁻¹ dinyatakan rendah, 4-8 dS m⁻¹ dinyatakan moderat, 8-16 dS m⁻¹ dinyatakan tinggi, 16-32 dS m⁻¹ dinyatakan berat, dan > 32 dS m⁻¹ dinyatakan ekstrim.

C. Mekanisme Toleransi Tanaman terhadap Salinitas

Mekanisme yang berperan dalam toleransi tanaman terhadap cekaman salinitas selama pertumbuhan tanaman ditentukan oleh pengaruh osmotik garam yang terkandung dalam tanah atau pengaruh keracunan garam didalam jaringan tanaman. Respon tanaman terhadap cekaman salinitas ditunjukkan dengan terjadinya penurunan pertumbuhan tajuk yang terjadi dalam dua fase, yaitu respon cepat terhadap peningkatan tekanan osmotik eksternal dan respon yang lebih lambat karena akumulasi Na⁺ pada daun (Munns dan Tester 2008). Tanaman dalam kondisi cekaman salinitas memiliki beberapa mekanisme adaptasi. Tingkat toleransi tanaman berbeda pada setiap fase pertumbuhannya sehingga tanaman yang toleran pada fase vegetatif belum tentu toleran pada fase generatif (Ismail *et al.*, 2013).

Menunurt Levit (1980) menyatakan bahwa tanaman beradaptasi dalam kondisi cekaman salinitas melalui dua acara yaitu penghindaran (*avoidance*) dan toleransi terhadap cekaman. Pada mekanisme penghindaran, tanaman akan berusaha mencegah atau mengurangi penetrasi cekaman masuk kedalam jaringan, misalnya melalui penebalan kutikula dan penutupan stomata. Mekanisme toleransi tanaman dilakukan

dengan cara bertahan terhadap cekaman internal. Tanaman akan membiarkan tanaman masuk kedalam jaringan, tetapi tanaman berusaha mengurangi atau menghilangkan pengaruh cekaman tersebut dengan cara menjaga keseimbangan osmotik dalam jaringan sehingga mencegah terjadinya kerusakan akibat keracunan garam.

Menurut Parida dan Das (2005) ada beberapa strategi ketahanan tanaman terhadap salinitas, yaitu: (1) pengeluaran ion-ion garam dari sitoplasma ke luar (tanaman halofit), (2) pengaturan pengambilan ion dari akar dan transport ke daun, (3) penyimpanan ion-ion garam ke vakuola sel, (4) perubahan struktur membrane dan aktivitas enzim oksidatif, (5) sintesis osmolit kompatibel, (6) perubahan jalur fotosintesis, (7) induksi enzim antioksidan dan (8) menstimulasi fitohormon.

Ismail *et al.*, (2013) mengemukakan bahwa mekanisme toleransi tanaman terhadap salinitas terbagi dalam empat kategori yaitu eksklusi Na^+ , toleransi jaringan, adaptasi osmotik dan adaptasi pertumbuhan dan perkembangan. Mekanisme eksklusi Na^+ terdiri atas penghalangan penyerapan Na^+ , eksklusi Na^+ dari akar, eksklusi Na^+ dari daun dan kompartementasi daun tua. Mekanisme toleransi jaringan terfokus pada kompartementasi Na^+ ke vakuola. Mekanisme adaptasi pertumbuhan dan perkembangan terdiri atas pertumbuhan vigor, respon hormonal, toleransi cekaman oksidatif. Mekanisme adaptasi osmotik terpusat pada pembentukan regulan osmotik. Berdasarkan mekanisme adaptasi yang

ada, mekanisme tersebut dapat dikategorikan menjadi mekanisme inklusi dan eksklusi.

D. Penapisan Padi pada Cekaman Salinitas

Perakitan varietas yang toleran dan adaptif terhadap cekaman salinitas sangat terkait dengan perkembangan metode seleksi padi pada cekaman salinitas. Perkembangan metode tersebut bertujuan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi, kemudahan dan akurasi seleksi (Mahmood, 2009; Singh dan Flowers, 2011; Ahmadizadeh *et al.*, 2016 dan Anshori, 2019). Menurut Anshori *et al.*, (2018) penapisan salinitas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu fase seleksi, lingkungan seleksi dan karakter seleksi.

Respon tanaman padi bervariasi menurut stadia pertumbuhan. Menurut Sankar *et al.*, (2011) tanaman padi pada fase perkecambahan relatif toleran terhadap cekaman salinitas. Namun beberapa peneliti juga melaporkan bahwa fase kritis penapisan salinitas terbagi menjadi beberapa fase yaitu fase perkecambahan (Diaguna *et al.*, 2017), fase bibit dan generatif (Safitri, 2016). Haq *et al.*, (2009) melaporkan bahwa fase bibit merupakan fase yang paling peka terhadap cekaman salinitas. Cekaman salinitas pada fase bibit dapat menurunkan bobot kering tanaman hingga 50% jika dibandingkan dengan cekaman pada fase pemasakan (Zeng *et al.*, 2001). Kranto *et al.*, (2016) melaporkan bahwa fase kritis padi ketika terpapar salinitas yaitu fase awal bibit dan fase reproduktif. Reddy *et al.*, (2017) juga mengemukakan bahwa fase reproduktif menjadi fase yang

paling utama karena tanaman tidak dapat *escape* terhadap cekaman salinitas. Namun menurut Mahmood (2009) fase reproduktif membutuhkan waktu yang lama dan ruang yang besar dalam melakukan seleksi, sehingga pengembangan metode seleksi cepat pada fase vegetatif masih terus dikembangkan.

Faktor seleksi yang selanjutnya ialah lingkungan seleksi. Menurut Anshori *et al.*, (2018) lingkungan seleksi yang baik adalah lingkungan yang dapat menimbulkan keragaman yang tinggi. Setiap penapisan salinitas memiliki lingkungan seleksi atau nilai daya hantar listrik (DHL) kritis tertentu dalam menyeleksi galur toleran. DHL dipengaruhi oleh komposisi dan konsentrasi garam-garam terlarut, sehingga DHL dapat mencerminkan tingkat (Munns dan Tester, 2008; Anshori, 2019).

Faktor seleksi yang terakhir ialah karakter seleksi. Menurut Mohamadi *et al.*, (2017) karakter seleksi yang baik adalah karakter yang memiliki interaksi nyata sehingga karakter tersebut dapat membedakan antara respon genotipe yang toleran dengan respon genotipe yang peka. Berbagai pendekatan telah dilakukan dalam menentukan karakter seleksi yang baik diantaranya pendekatan morfologi (Ali *et al.*, 2014; Krishnamurty *et al.*, 2016), pendekatan fisiologi (Ma *et al.*, 2018) dan pendekatan molekuler (Reddy *et al.*, 2017).

E. Hidroponik

Hidroponik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang artinya daya. Hidroponik dikenal sebagai *soiless culture* atau budidaya tanaman tanpa tanah. Istilah hidroponik digunakan untuk menjelaskan tentang cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Hidroponik merupakan cara penanaman yang menggunakan media tanam selain tanah. Media yang dimaksud bisa berupa air saja, bisa juga dengan menggunakan media-media seperti kerikil, serbuk gergaji, rockwool dan sebagainya yang disebut sebagai media *inert* (Herwibowo dan Budiana, 2014). Hidroponik memiliki berbagai macam sistem, yaitu sistem tetes (*drip system*), pasang surut (*ebb and flow system*), sumbu (*wick system*), *nutrient film technique* (NFT), dan *deep flow technique* (DFT) (Ningrum, Triyono dan Tusi, 2014). Budidaya secara hidroponik dapat berhasil apabila kebutuhan air, sirkulasi udara dan hara tanaman tercukupi. Apabila kekurangan unsur tersebut maka akan ada kemungkinan tanaman tersebut akan mati ataupun layu. Perlu adanya perawatan yang intensif agar tidak terjadi hal-hal tersebut (Karsono *et al.*, 2008).

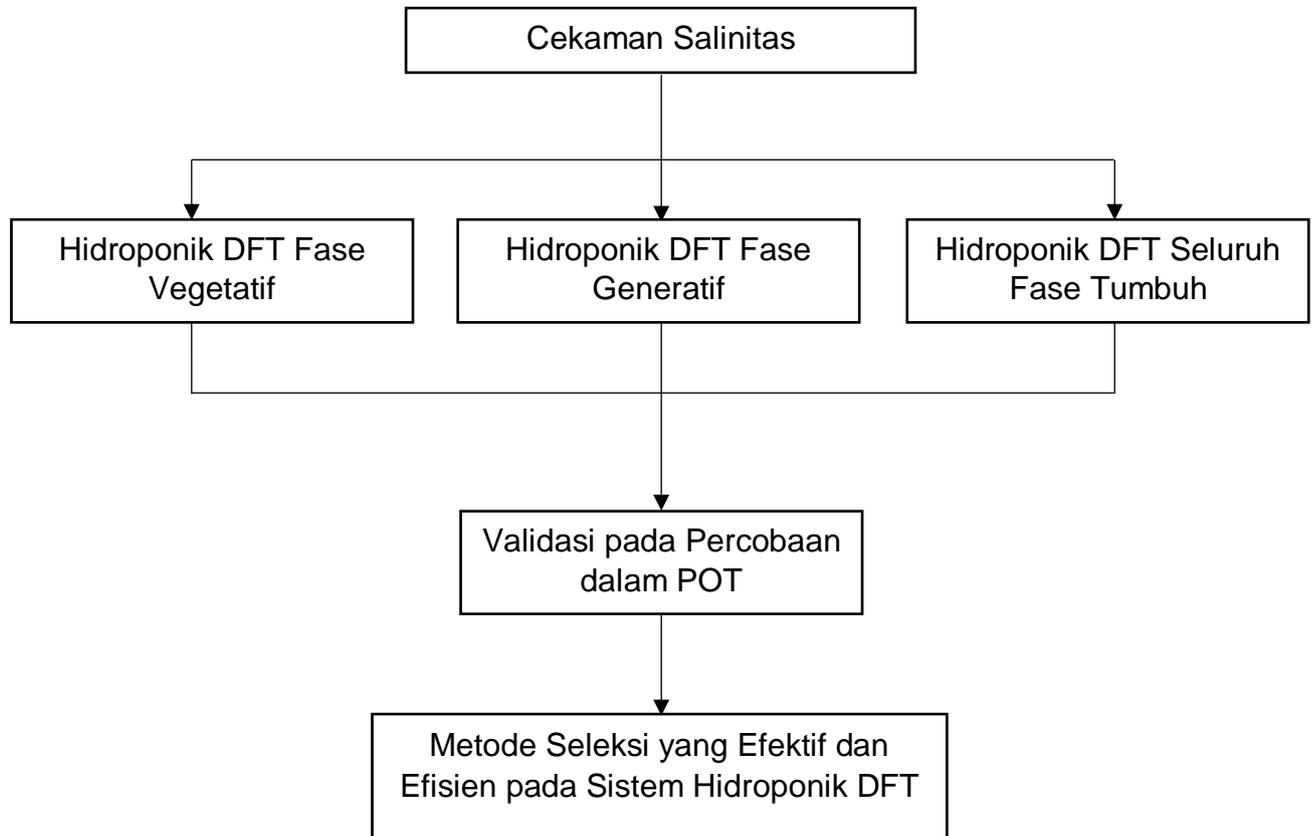
Hidroponik *deep flow technique* (DFT) merupakan modifikasi teknik hidroponik yang dikembangkan di Jepang sejak tahun 1973. Hidroponik DFT ini sangat ideal untuk sayuran daun karena mengacu pada sistem yang tertutup dimana larutan nutrisi dengan kedalaman beberapa inchi

yang terus mengalir disekitar perakaran dengan bantuan pompa (Both *et al.*, 1999; Assimakopoulou, Kotsiras dan Nifakos, 2013).

Menurut Setiawan (2017) sistem hidroponik DFT merupakan metode budidaya tanaman hidroponik dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan air dengan kedalaman lapisan berkisar antara 4 sampai 6 cm, system ini juga membutuhkan listrik untuk mensirkulasi air dengan pompa.

Penggunaan system ini dapat mengurangi emisi nitrogen (N) dan fosfor (P) ke lingkungan karena air yang digunakan dapat digunakan kembali. Hidoponik DFT memiliki beberapa keunggulan yaitu air lebih banyak tersedia untuk akar sehingga kegagalan pada masalah resirkulasi air, selain itu volume larutan nutrisi dapat bertindak sebagai penyangga unsur hara, pH dan suhu sehingga akar tanaman lebih mudah menyerap nutrisi (Both *et al.*, 1999; Assimakopoulou, Kosiras dan Nifakos, 2013).

F. Kerangka Konseptual



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

G. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat satu atau lebih karakter yang dapat dijadikan sebagai indikator seleksi terhadap cekaman salinitas.
2. Terdapat terdapat satu atau lebih fase yang dapat dijadikan sebagai indikator seleksi pada cekaman salinitas.
3. Terdapat korelasi antar fase pada percobaan hidroponik DFT.
4. Terdapat korelasi antara percobaan hidroponik DFT dengan pot.