

**PENGEMBANGAN RAPID ARTIFICIAL SCREENING PADI  
TOLERAN KEKERINGAN BERBASIS IMAGE-BASED  
PROCESSING**

*DEVELOPMENT OF RAPID ARTIFICIAL SCREENING OF  
PADDY DROUGHT TOLERANCE WITH IMAGE-BASED  
PROCESSING*

**ADINDA ASRI LARASWATI  
P012192002**



**PROGRAM MAGISTER SISTEM SISTEM PERTANIAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**PENGEMBANGAN RAPID ARTIFICIAL SCREENING PADI  
TOLERAN KEKERINGAN BERBASIS IMAGE-BASED  
PROCESSING**

**Tesis**

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Sistem-Sistem Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

**ADINDA ASRI LARASWATI  
P012192002**

kepada

**PROGRAM MAGISTER SISTEM-SISTEM PERTANIAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**TESIS**

**PENGEMBANGAN RAPID ARTIFICIAL SCREENING PADI  
TOLERAN KEKERINGAN BERBASIS  
IMAGE-BASED PROCESSING**

Disusun dan diajukan oleh

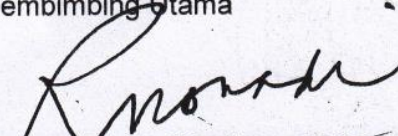
**ADINDA ASRI LARASWATI  
P012192002**

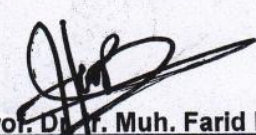
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Magister Sistem-Sistem Pertanian  
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin  
pada Tanggal 22 Januari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**Menyetujui,**

Pembimbing Utama

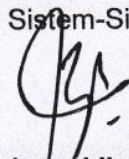
Pembimbing Pendamping

  
**Prof. Ir. Rusnadi Padjung, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19600222 198503 1 002

  
**Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, M.P**  
NIP. 19610520 199202 1 001

Ketua Program Studi  
Magister Sistem-Sistem Pertanian

Dekan Sekolah Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin

  
**Dr. Ir. Burhanuddin Rasyid, M.Sc**  
NIP. 19620324 198702 2 001

  
**Prof. dr. Budu, Ph.D., Sp.M(K).M.Med.Ed**  
NIP. 19661231 199503 1 009





**PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN  
PELIMPAHAN HAK CIPTA**

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Pengembangan Rapid Artificial Screening Padi Toleran Kekeringan Berbasis Image-Based Processing" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Prof. Ir. Rusnadi Padjung, M.Sc., Ph.D. dan Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, M.P). karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. 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 tesis ini. Sebagian dari tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal *Plant Breeding and Biotechnology*. 2021 9(4): 272-286 (Laraswati, *et al.*) sebagai artikel dengan judul "*Image Based-Phenotyping and Selection Index Based on Multivariate Analysis for Rice Hydroponic Screening under Drought Stress*".

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 22 Januari 2024



Adinda Asri Laraswati  
NIM. P012192002

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis yang berjudul “Pengembangan *Rapid Artificial Screening* Padi Toleran Kekeringan Berbasis *Image-Based Processing*”. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penulisan tesis ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Keluarga besar penulis terkhusus kepada kedua orang tua, ayahanda Tauhid dan Ibunda Lila Nasikhah, yang telah membesarkan serta mendidik penulis dengan penuh kasih sayang, memberikan doa dan dukungan, serta nasehat selama proses penyelesaian tesis.
2. Prof. Ir. Rusnadi Padjung, M.Sc., Ph.D. dan Prof. Dr. Ir. Muh. Farid BDR, M.P., selaku komisi penasehat yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan banyak ilmu, nasehat dan bimbingan dengan sabar sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
3. Prof. Dr. Ir. Kaimuddin., M.Si, Prof. Dr. Ir. Amir Yassi., .Si, dan Dr. Ir. Burhanuddin Rasyid., M.Sc, selaku tim penguji yang telah memberikan banyak ilmu, saran, dan masukan kepada penulis sejak awal penelitian hingga penyelesaian tesis ini.
4. Dr. Muhammad Fuad Anshori, S.P., M.Si yang telah membantu penulis dan memberikan banyak ilmu terutama dalam hal pengolahan data dan publikasi jurnal dalam penyelesaian tesis ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Program Studi Magister Sistem-Sistem Pertanian Universitas Hasanuddin yang telah mengajarkan berbagai ilmu kepada penulis serta pegawai dan staf pegawai akademik serta staf kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin atas segala arahan dan bantuan teknis serta dalam pengurusan berkas administrasi.
6. Partner penelitian, Andi Isti Sakinah, S.P. dan Muhammad Arifuddin, S.P., M.Si, yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung.
7. Sahabat penulis, Kharisma Rabbi, S.P. dan Nurul Sufia Nissa, S.P., atas kebersamaan, suka duka, bantuan selama penelitian, serta diskusi bersama hingga penulisan tesis ini selesai.

8. Keluarga besar *Plant Breeding*, atas bantuan, semangat, dan kebersamaannya di Laboratorium Pemuliaan Tanaman.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar bisa lebih baik kedepannya. Penulis berharap agar tesis ini dapat berguna dan bermanfaat bagi banyak orang. Aamiin.

Makassar, 22 Januari 2024

Penulis

## ABSTRAK

ADINDA ASRI LARASWATI. **Pengembangan Rapid Artificial Screening Padi Toleran Kekeringan Berbasis Image-Based Processing** (dibimbing oleh Rusnadi Padjung dan Muh. Farid BDR).

Pengembangan varietas padi yang toleran terhadap cekaman kekeringan sebaiknya dapat dideteksi secara dini dengan tingkat akurasi yang baik. Salah satunya melalui pengembangan *Image-based processing* yang dapat memonitor karakter morfologi dalam waktu singkat dan mudah, sehingga metode ini sesuai dalam penapisan toleransi padi pada cekaman kekeringan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan dari hidroponik statis dan dinamis dan untuk menentukan karakter *image-based processing* yang dapat digunakan sebagai *rapid artificial screening* padi toleran kekeringan. Penelitian ini dilaksanakan di screen house di Perumahan Dosen Unhas Blok BG 91, Kecamatan Tamalanrea, Kota Makassar yang berlangsung dari Juli hingga Maret 2021. Penelitian ini terdiri dari dua tahap, tahap pertama dilakukan di hidroponik statis dan tahap kedua di hidroponik dinamis. Pada hidroponik statis, penelitian menggunakan rancangan petak terpisah dimana tingkat kekeringan sebagai petak utama dan varietas sebagai anak petak. Untuk hidroponik dinamis, ulangan tersarang pada perlakuan tingkat kekeringan. Faktor tingkat kekeringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PEG 0%, PEG 10% dan PEG 20%. Faktor varietas terdiri dari 5 varietas yang yaitu varietas Inpari 34, IR20, Salumpikit, Ciherang dan Jeliteng. Analisis yang digunakan adalah analisis ragam, korelasi, sidik lintas, komponen utama, indeks seleksi, dan regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter *image-based processing* yang dapat direkomendasikan sebagai karakter seleksi pada metode hidroponik statis adalah luas area tajuk, luas area tajuk hijau, dan laju pertumbuhan. Sedangkan karakter *image-based processing* yang dapat direkomendasikan sebagai karakter seleksi pada metode hidroponik dinamis adalah convex hull dari samping dan object extent Y. Hubungan pengujian hidroponik statis dan dinamis adalah linear dengan koefisien positif sangat nyata, sehingga pengujian tanaman padi pada cekaman kekeringan berbasis *image-based processing* yang dilakukan menggunakan hidroponik statis dapat direkomendasikan sebagai metode yang lebih efektif karna lebih efisien dalam penggunaan waktu dan tempat.

Kata kunci: Image-based processing, red green blue, padi, cekaman kekeringan

## ABSTRACT

ADINDA ASRI LARASWATI. **Development Of Rapid Artificial Screening Of Paddy Drought Tolerance With Image-Based Processing** (supervised by Rusnadi Padjung dan Muh. Farid BDR).

The development of rice varieties that are tolerant to drought should be detected early with good accuracy. One of the detection methods is through the development of image-based processing that can monitor the morphological response easily and in a short time, so this method is suitable for screening rice tolerance under drought stress. The aim of this research is to determine the relationship between static and dynamic hydroponics and to determine image-based processing characteristics that can be used as rapid artificial screening for drought tolerant rice. This research was carried out in a screen house at Perumahan Dosen Unhas Block BG 91, Tamalanrea, Makassar City, which took place from July to March 2021. This research consisted of two stages, the first stage was carried out in static hydroponics and the second stage was carried out in dynamic hydroponics. In static hydroponics, the research uses a split plot design where the level of drought is the main plot and the variety is the subplot. For dynamic hydroponics, the replications are nested within the drought level treatments. The drought factors used in this research were tested with PEG, namely 0%, 10% and 20% of PEG. The variety factor consists of 5 varieties namely Inpari 34, IR20, Salumpikit, Ciherang and Jeliteng. The analysis used in this research are analysis of variance, correlation, cross-tracing, principal components, selection index, and regression. The result showed that the image-based processing characters that can be recommended as selection characters for the static hydroponic method are shoot area, green shoot area, and area growth rate. And the image-based processing characters that can be recommended as selection characters for the dynamic hydroponic method are convex hull from the side and object extent Y. The relationship between static and dynamic hydroponic testing is linear with a very significant positive coefficient, so that testing of rice plants under drought stress based on image-based processing carried out using static hydroponics can be recommended as a more effective method because it is more efficient in the use of time and space.

Keywords: Image-based processing, red green blue, rice, drought stress



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Taksonomi dan Morfologi Padi .....	5
2.2 Cekaman Kekeringan .....	6
2.3 Respon Tanaman Padi Terhadap Cekaman Kekeringan .....	7
2.4 Mekanisme Ketahanan Padi Terhadap Cekaman Kekeringan.....	9
2.5 Metode Seleksi Padi Cekaman Kekeringan.....	10
2.6 Hidroponik.....	12
2.7 Varietas Tanaman Padi dalam Seleksi Kekeringan.....	13
2.8 Image-Based Processing .....	14
2.9 Kerangka Konseptual.....	16
2.10 Hipotesis Penelitian.....	17

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....	18
3.1 Tempat dan Waktu .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.3 Rancangan Penelitian .....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	19
3.5 Parameter Pengamatan .....	21
3.6 Analisis Data .....	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1 Cekaman Kekeringan pada Metode Hidroponik Statis.....	27
4.2 Cekaman Kekeringan pada Metode Hidroponik Dinamis.....	32
4.3 Indeks Seleksi.....	37
4.4 Pembahasan Umum.....	38
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	41
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN .....	48

## DAFTAR TABEL

No.	<i>Teks</i>	Hal
1.	Kuadrat tengah analisis ragam karakter pengamatan pada percobaan metode hidroponik statis.....	27
2.	Koefision korelasi pearson indeks toleransi cekaman kekeringan pada percobaan metode hidroponik statis .....	29
3.	Sidik lintas indeks toleransi cekaman padi terhadap karakter bobot basah tajuk pada percobaan metode hidroponik statis .....	29
4.	Sidik lintas indeks toleransi cekaman padi terhadap karakter bobot basah akar pada percobaan metode hidroponik statis .....	30
5.	Analisis Komponen Utama (AKU) indeks toleransi cekaman pada percobaan metode hidroponik statis .....	30
6.	Kuadrat tengah analisis ragam karakter pengamatan pada percobaan metode hidroponik dinamis.....	32
7.	Koefision korelasi pearson indeks toleransi cekaman kekeringan pada percobaan metode hidroponik dinamis .....	34
8.	Sidik lintas indeks toleransi cekaman padi terhadap karakter produksi pada percobaan metode hidroponik dinamis.....	34
9.	Analisis Komponen Utama (AKU) indeks toleransi cekaman pada percobaan metode hidroponik dinamis .....	35
10.	Indeks seleksi pada hidroponik statis dan dinamis .....	36
No.	<i>Lampiran</i>	Hal
1.	Deskripsi padi varietas Inpari 34.....	51
2.	Deskripsi padi varietas IR 20.....	52
3.	Deskripsi padi varietas Ciherang.....	53
4.	Deskripsi padi varietas Jeliteng.....	54

## DAFTAR GAMBAR

No.	<i>Teks</i>	Hal
1.	Respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan.....	8
2.	Kerangka konseptual .....	16
3.	Analisis regresi indeks seleksi hidroponik statis pada hidroponik dinamis .....	37

No.	<i>Lampiran</i>	Hal
1.	Denah penelitian hidroponik statis .....	49
2.	Denah penelitian hidroponik dinamis .....	50
3.	Image-based processing hidroponik statis pada 30 HST.....	55
4.	Image-based processing hidroponik dinamis pada 47 HST.....	56
5.	Image-based processing hidroponik dinamis pada 68 HST.....	58

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Padi merupakan komoditas tanaman pangan penghasil beras yang memegang peranan penting dalam kehidupan ekonomi Indonesia. Padi sebagai makanan pokok sangat sulit digantikan oleh bahan pokok lainnya seperti jagung, umbi-umbian, sagu dan sumber karbohidrat lainnya sehingga keberadaan beras menjadi prioritas utama masyarakat dalam memenuhi kebutuhan karbohidrat yang mudah diubah menjadi energi. Padi sebagai tanaman pangan dikonsumsi kurang lebih 90% dari keseluruhan penduduk Indonesia untuk makanan pokok sehari-hari (Donggulo et al., 2017).

Tanaman padi merupakan tanaman yang dipengaruhi oleh aspek ekologis dalam proses produksi. Aspek ekologis seperti temperatur tinggi dan kekeringan sering menjadi pembatas produksi untuk tanaman padi. Sekitar 80% areal budidaya padi dan serealia lainnya sangat dipengaruhi oleh kekeringan yang menjadi pembatas produksinya (Mawardi et al., 2016). Berdasarkan hasil penelitian Rusmawan et al. (2015), kekeringan dapat menurunkan laju pertumbuhan dan produksi padi. Lahan yang selalu digenangi sedalam 5-10 cm memiliki produksi sebesar 5,92 ton/ha sedangkan produksi pada lahan yang tidak digenangi hanya sebesar 4,80 ton/ha. Untuk meningkatkan produksi tersebut dapat dilakukan dengan berbagai langkah misalnya perakitan varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan.

Keberhasilan perakitan varietas toleran bergantung pada penentuan metode seleksi, lingkungan seleksi, dan karakter/pendekatan seleksi yang digunakan. Metode seleksi yang efektif adalah metode yang dapat diulang kembali dan mudah untuk dilakukan (Anshori, 2019). Terdapat beberapa metode seleksi yang dikembangkan untuk seleksi padi toleran cekaman kekeringan. Metode tersebut adalah metode seleksi perkecambahan (Cahyadi et al., 2013; Ai et al. 2010; Wening dan Susanto, 2017; Ilyani et al., 2017), metode seleksi hidroponik (Ardyagarini, 2018) dan dalam pot di rumah kaca (Siopongco et al.,

2006; Suralta dan Yamauchi, 2008; Kano et al., 2011; Kato et al., 2011; Nakata et al., 2011).

Lingkungan seleksi yang artifisial diusahakan mencerminkan lingkungan cekaman yang terdapat di lapangan, sehingga gen-gen terkait toleransi dapat terekspresi (Anshori, 2019). Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menguji resistensi tanaman terhadap kekeringan, diantaranya dengan menggunakan model simulasi *Polyethylene glycol* (PEG). Penggunaan PEG 6000 dengan konsentrasi tertentu dapat dijadikan sebagai alternatif untuk melakukan seleksi. Cekaman osmotik yang disebabkan oleh PEG 6000 dapat memstimulasi kondisi kekeringan yang ada di lapangan (Mirbahar et al., 2013). Pada kondisi kapasitas lapang, tanah mempunyai potensial osmotik -0.33 Bar sedangkan pada kondisi titik kelembapan kritis mencapai potensial osmotik -15 Bar. Berbagai penelitian melaporkan bahwa penggunaan PEG 6000 dengan konsentrasi 20-25% setara dengan -6.7 sampai -9.9 Bar mampu membedakan genotipe padi yang toleran maupun peka toleran cekaman kekeringan (Akbar et al., 2018).

Secara umum, beberapa karakter atau penanda yang sering digunakan untuk seleksi dalam kegiatan pemuliaan tanaman adalah penanda morfologi, fisiologi, biokimia, dan molekuler (Makhziah, 2014). Pengembangan karakter morfologi merupakan pengembangan yang paling umum dilakukan dalam menentukan genotipe toleran. Namun karakter itu sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan membutuhkan pengamatan yang detail serta pengalaman dalam menentukan genotipe toleran hal tersebut dapat meningkatkan kebiasaan dalam seleksi (Anshori, 2019). Adapun pengamatan biofisik, fisiologi dan molekuler menjadi pendekatan yang terbaik dalam menentukan genotipe toleran. Namun pendekatan ini memerlukan waktu yang lama dan memerlukan kondisi yang stabil dalam menentukan genotipe toleran sehingga menjadi kurang efisien dalam prakteknya (Ali et al., 2014). Oleh sebab itu, pengembangan karakter seleksi lain yang efisien dan efektif dalam seleksi genotipe padi toleran sangat dibutuhkan salah satunya melalui *image-based processing*.

Secara umum, image processing merupakan teknologi yang menerapkan sejumlah algoritma komputasi komputer untuk memproses citra digital (Putra et al., 2015). *Image-based processing* memudahkan penghitungan fenotipe dengan menganalisis tanaman dalam jumlah yang banyak dan dalam waktu yang singkat dengan teliti, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama



(Das Choudhury et al., 2018). Metode *image-based processing* menawarkan berbagai keuntungan. Metode ini tidak merusak, artinya data fenotipik dapat dikumpulkan dari tanaman yang telah diteliti dalam waktu yang lama. metode ini juga dapat digunakan secara otomatis, sehingga memungkinkan untuk meneliti dalam ukuran sampel yang banyak (Mutka dan Bart, 2015).

Beberapa penelitian telah menemukan bahwa penggunaan *image-based processing* pada tanaman padi (Hairmansis et al., 2014; Siddiqui et al., 2014) dan jagung (Asaari et al., 2019) mampu menjadi metode seleksi yang efektif dan efisien. Meskipun penggunaan *image-based processing* telah banyak ditemukan namun sangat sedikit penelitian yang mengkaji pengembangan *image-based* yang sederhana yang mudah digunakan di Indonesia. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian Pengembangan Rapid Artificial Screening Padi Toleran Kekeringan Berbasis *image-based processing* untuk mendapatkan metode seleksi padi tahan kekeringan yang efektif dan efisien.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perakitan varietas toleran kekeringan harus didukung dengan metode seleksi yang efisien dan efektif. Penapisan kekeringan dapat dilakukan dengan pendekatan morfologi dan *image-based processing* untuk engetahui karakter-karakter yang dapat menjelaskan tingkat toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan.

Berdasarkan hal tersebut diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terdapat satu atau lebih karakter *image-based processing* yang dapat digunakan sebagai *rapid artificial screening* padi toleran kekeringan?
2. Apakah terdapat korelasi antar parameter morfologi dan *image-based processing* pada seluruh metode seleksi cekaman kekeringan?
3. Apakah terdapat hubungan antar percobaan hidroponik statis dan dinamis?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan satu atau lebih karakter *image-based processing* yang dapat digunakan sebagai *rapid artificial screening* padi toleran kekeringan.
2. Untuk mengetahui korelasi antar parameter morfologi dan *image-based processing* pada seluruh metode seleksi cekaman kekeringan.
3. Untuk mengetahui hubungan antar percobaan hidroponik statis dan dinamis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Taksonomi dan Morfologi Padi

Berikut klasifikasi tanaman padi dalam sistematika tanaman menurut data Departemen Pertanian Amerika Serikat (2012):

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae</i>
<i>Subkingdom</i>	: <i>Tracheobionta</i>
<i>Superdivision</i>	: <i>Spermatophyta</i>
<i>Division</i>	: <i>Magnoliophyta</i>
<i>Class</i>	: <i>Liliopsida – Monocotyledons</i>
<i>Subclass</i>	: <i>Commelinidae</i>
<i>Order</i>	: <i>Cyperales</i>
<i>Family</i>	: <i>Poaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Oryza L.</i>
<i>Species</i>	: <i>Oryza sativa L.</i>

Tanaman tahunan, seperti padi, tidak bertahan lebih dari setahun sebelum mati atau dipanen. Mereka hanya memiliki satu siklus reproduksi. Berikut ini adalah daftar morfologi atau bagian-bagian tanaman padi:

Kelompok akar serabut meliputi akar tanaman padi. Begitu padi berkecambah, akar serabutnya akan muncul; Namun, kemampuan tanaman untuk berakar lebih jauh bergantung pada akar bawah tanahnya, yang berfungsi untuk menyerap nutrisi dan air. Radikel adalah tanda pertama adanya akar pada benih yang berkecambah. Menurut Sari (2018), bagian akar muda atau akar baru tampak berwarna putih.

Batang beruas-ruas yang dikelilingi buku-buku menjadi ciri khas padi. Batang bergerombol, terdiri dari satu batang utama, merupakan ciri khas tanaman padi. Ruas batang padi bagian dalam berbentuk bulat dan berlubang. Batang baru, atau anakan, berkembang dari tunas aksila di pangkal buku (Sari, 2018).

Pada setiap ruas batang, daun tanaman padi berselingan satu sama lain. Helai daun, pelepah, telinga, dan lidah merupakan bagian-bagian penyusun

daun. Selama proses perkecambahan, muncul daun-daun baru yang disebut koleoptil. Daun paling atas yang ukuran dan letaknya berbeda dengan daun lainnya disebut daun bendera. Pada awal fase pertumbuhan, diperlukan waktu empat atau lima hari agar satu daun dapat matang sepenuhnya. Varietas berbeda dalam rata-rata jumlah daun per tanaman (Sari, 2018).

Malai menggambarkan kumpulan bunga padi. Sebuah malai mempunyai delapan sampai sepuluh ruas yang selanjutnya membentuk cabang primer dan sekunder. Meskipun ada situasi di mana simpul dasar malai dapat menghasilkan dua atau bahkan tiga cabang utama, dalam banyak kasus hanya menghasilkan satu cabang utama (Mukti, 2013).

Keras dan berurat lima, lemma menutupi sebagian palea dan merupakan komponen penting dari kuntum. Lemma membuntutinya. Sangat cocok dengan lemma adalah palea floret yang keras dan berurat tiga. Ada enam benang sari dan satu putik dalam satu bunga. Mukti (2013) menyatakan bahwa enam benang sari terdiri dari dua set kepala sari yang berkembang pada tangkai benang sari.

Gabah adalah bakal buah dari buah yang matang, lengkap dengan lemma steril, palea, dan jika ada, ekor bulir yang menempel kuat. Butir beras tersebut dikenal dengan sebutan beras tanpa sekam (kariopsis). Karyopsis adalah struktur buah padi yang terdiri dari satu biji yang menyatu dengan epidermis (lapisan luar buah yang matang) sehingga menghasilkan bulir yang menyerupai biji. Empat bagian utama benih adalah embrio, endosperma, sekam, dan sekam padi (2013, Mukti).

## **2.2 Cekaman Kekeringan**

Kekurangan air, yang dikenal sebagai kekeringan, dapat menghambat perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Berkurangnya hasil panen padi hingga tingkat puso dapat disebabkan oleh kekeringan (Ardyagarini, 2018).

Kekeringan di bidang pertanian terjadi ketika tingkat kelembaban tanah turun di bawah ambang batas tertentu, sehingga tidak mampu menyediakan air yang dibutuhkan tanaman untuk jangka waktu tertentu. Indikasi kekeringan meteorologis mendahului terjadinya kekeringan ini (Adiningsih, 2014).

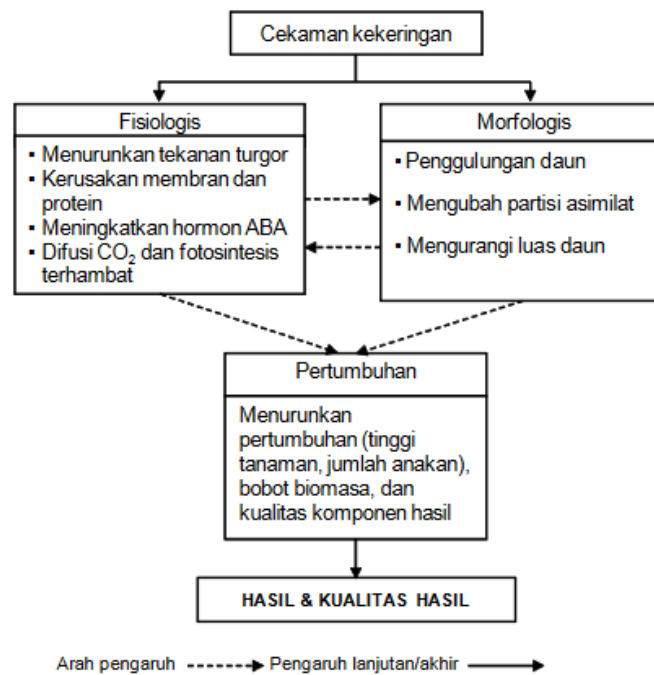
Menurut Widiyatmoko dkk. (2017), terdapat tiga jenis kekeringan yang dapat mempengaruhi tanaman pada berbagai tahap siklus hidupnya: (1) kekeringan awal tanam, yang mempengaruhi pergantian tanaman, (2) kekeringan

periodik, yang terjadi selama pertumbuhan tanaman, dan (3 ) kekeringan pertumbuhan yang terlambat.

Air merupakan komponen penting dalam siklus hidup setiap tanaman, dimulai dari perkecambahan hingga panen. Air sangat penting untuk semua aktivitas metabolisme tanaman. Kebutuhan airnya bervariasi sepanjang siklus hidupnya, bergantung pada tahap pertumbuhannya. Faktor lingkungan, selain proses fisiologis dan morfologi yang disebutkan di atas, berperan langsung dalam hal ini. Akar tumbuhan mampu menyerap air yang penting untuk kelangsungan hidupnya. Jumlah air yang dapat diserap oleh akar tanaman berhubungan langsung dengan kandungan air tanah, yang selanjutnya ditentukan oleh sistem akar dan kapasitas partikel tanah dalam menahan air (Ai et al., 2010).

### **2.3 Respon Tanaman Padi Terhadap Cekaman Kekeringan**

Sujinah dan Jamil (2016) menyatakan bahwa ketika tanaman padi terkena kekeringan maka akan terjadi respon fisiologis yaitu reaksi berantai di dalam tanaman. Kemudian, sebagai mekanisme pertahanan dan mitigasi dampak cekaman kekeringan, tanaman mengalami perubahan morfologi. Perubahan morfologi seseorang dapat berdampak pada fungsi fisiologis lainnya, begitu pula sebaliknya. Tumbuhan menampilkan perubahan tersebut melalui pola pertumbuhannya, yang berdampak pada bobot biomassa, hasil, dan komponen hasil tanaman, seperti terlihat pada gambar berikut



Gambar 1. Respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan (Suwarno, 2016)

Sebagai garis pertahanan pertama terhadap cekaman kekeringan, penggulungan daun merupakan ciri respons fisiologis tanaman padi. Proses ini berkaitan dengan bagaimana tanaman mengatur laju transpirasi untuk menjaga potensi air daun tetap tinggi meskipun air langka. Penutupan stomata atau penggulungan daun merupakan dua cara tanaman menjaga potensi air tetap tinggi sehingga dapat terus tumbuh (Suwarno, 2016).

Stres kekeringan berdampak buruk pada tanaman padi. Perkembangan, pertumbuhan, dan reproduksi tanaman semuanya terkena dampak negatif dari kelangkaan air, yang mengganggu banyak proses seluler. Respons tanaman padi terhadap cekaman kekeringan bergantung pada genotipe, bergantung pada waktu, dan bergantung pada tingkat keparahan kekeringan. Ada banyak bagian yang bergerak dalam reaksi tanaman padi terhadap kekeringan, namun kita dapat mengklasifikasikannya menjadi bagian fisiologis, morfologi, atau pertumbuhan dan hasil (Sujinah dan Jamil, 2016).



## 2.4 Mekanisme Ketahanan Padi terhadap Cekaman Kekeringan

Ada tiga cara utama agar tanaman dapat bertahan dalam kondisi kekeringan; hal ini mencakup mekanisme “escape”, mekanisme “avoidance”, dan mekanisme “toleransi” (lessar, 2006; sujinah dan jamil, 2016). Tanaman yang mampu bertahan dalam kekeringan dalam jangka waktu lama akan menggunakan kombinasi mekanisme dan strategi yang disebutkan di atas.

Kemampuan tanaman untuk menyelesaikan siklus hidupnya sebelum terjadinya kekeringan parah disebut pelarian kekeringan atau melarikan diri. memilih varietas yang masa masaknya lebih awal atau menggeser jendela tanam. Beberapa mekanisme tersebut antara lain perkembangan plastisitas yang menyebabkan masa pertumbuhan bervariasi tergantung pada defisit air, perkembangan fenologi yang cepat yang menyebabkan bunga mekar dan panen lebih awal, dan remobilisasi asimilat pra-anteses pada benih (Sopandie, 2013; Nazirah, 2018 ).

Toleransi tanaman terhadap kekeringan dapat didefinisikan sebagai kapasitasnya untuk menahan kondisi potensi air rendah untuk jangka waktu yang lama. Fisiologi tanaman mengalami perubahan akibat toleransi terhadap kekeringan (Mulyaningsih, 2011). Untuk mengkompensasi penurunan turgiditas sel yang terjadi selama kekeringan, tanaman memodifikasi potensi osmotik selnya. Menjaga sel tetap turgid memerlukan peningkatan potensi osmotiknya, yang dicapai dengan memasukkan lebih banyak zat terlarut ke dalam sel. Kekeringan menyebabkan peningkatan kadar zat terlarut tertentu, termasuk asam amino prolin. Menurut Man dkk. (2011), genotipe padi toleran kekeringan menunjukkan kadar prolin yang lebih tinggi.

Kapasitas tanaman untuk mencegah dehidrasi dengan menyerap lebih banyak air atau mengurangi transpirasi, atau mentoleransi potensi air jaringan yang tinggi. Untuk menurunkan evapotranspirasi permukaan, tanaman dapat mengatur stomata, menghasilkan lapisan lilin, bulu tebal, dan mengecilkan daun serta merontokkan daun tua, yang semuanya meningkatkan sistem perakaran dan menurunkan konduksi epidermis (Sujinah dan JAMIL, 2016).

Toleransi dehidrasi mengacu pada kapasitas tanaman untuk menjaga tekanan turgor sel tetap konstan dengan menurunkan potensi air (misalnya dengan mengumpulkan larutan seperti gula dan asam amino) atau dengan membuat sel lebih lentur. (Jamil dan Sujinah, 2016). Sebagai sarana tambahan

untuk mempertahankan turgor, sistem ini menggunakan regulasi osmotik, yang juga dikenal sebagai penyesuaian osmotik, untuk menyebabkan akumulasi zat terlarut di dalam sel, mengurangi ukuran sel, serta resistensi protoplasma (Sopandie, 2013)

Tumbuhan mampu menjaga potensi air selnya tetap tinggi dan turgiditas selnya tetap tinggi dengan mengurangi kehilangan air atau meningkatkan penyerapan air; proses ini dikenal sebagai penghindaran kekeringan dan terjadi sebagai respons terhadap stres kekeringan yang semakin meningkat. Sistem akar yang lebih dalam memungkinkan tanaman menyerap lebih banyak air. Rasio tunas-akar dapat berubah pada genotipe padi tahan kekeringan. Sebagai strategi untuk menghindari kekeringan, atau menghindari kekeringan, menggulung daun membantu tanaman menjaga laju transpirasi tetap tinggi bahkan ketika air langka (Sujinah dan Jamil, 2016).

Kemampuan tanaman dalam bertahan dalam kondisi kering sangat erat kaitannya dengan akarnya. Inilah proses dimana karakteristik akar berkontribusi terhadap toleransi terhadap kekeringan: 1) Akar yang dalam dan lebat mempengaruhi jumlah air yang dapat diserap oleh tanah melalui reservoir air tanah. 2) Dalam situasi dimana reservoir air tanah dalam, kemampuan akar untuk menembus lapisan tanah yang lebih keras akan meningkatkan penyerapan air. Ketiga, peningkatan stres osmotik akar membuat lebih banyak air tersedia bagi tanaman di tanah kering (Nazirah, 2018).

## **2.5 Metode Seleksi Padi Cekaman Kekeringan**

Ketersediaan metode seleksi yang efisien dan akurat sangat penting bagi pengembangan varietas padi toleran kekeringan. Untuk mengetahui apakah bahan pembiakan mampu bertahan terhadap cekaman kekeringan, diperlukan metode penyaringan yang cepat dan tepat. Banyaknya bahan pemuliaan yang tersedia pada tahap ini menjadikannya penting (Wening dan Susanto, 2011). Untuk menemukan varietas padi yang tahan terhadap cekaman kekeringan, beberapa metode seleksi telah dikembangkan. Di antara metode-metode tersebut adalah metode yang digunakan dalam sistem hidroponik (Ardyagarini, 2018), dalam pot rumah kaca (Siopongco et al., 2006; Suralta dan Yamauchi, 2008; Kano et al., 2011; Kato et al., 2011; Nakata et al., 2011; al., 2011), dan dalam metode seleksi perkecambahan (Cahyadi et al., 2013; Ai et al., 2010).

Penggunaan wadah untuk mengkondisikan cekaman kekeringan adalah praktik umum dalam seleksi toleransi. Karena kelemahan metode ini—yakni sulitnya mengendalikan homogenitas dan mengukur tingkat stres kekeringan secara akurat—kemungkinan besar diperolehnya hasil yang tidak akurat (Nazirah, 2018). Tidak mudah untuk memperoleh lahan yang luas dengan tingkat kekeringan yang seragam, sehingga sulit untuk menentukan strain yang tahan kekeringan di lapangan. Untuk melengkapi semua ini, waktu dan uang yang dibutuhkan sangat besar (Wening dan Susanto, 2011).

Saat mensimulasikan cekaman kekeringan, larutan osmotik biasanya digunakan karena memungkinkan pengendalian potensi air dalam media tanaman. Melibiosa, manitol, dan polietilen glikol (PEG) adalah tiga jenis bahan osmotik yang paling umum. Karena tanaman tidak mampu menyerap PEG, terlihat jelas bahwa bahan osmotik ini lebih unggul dalam mengendalikan potensi air. Menurut Nazirah (2018), PEG dapat dimanfaatkan untuk meniru besarnya potensi air tanah karena menurunkan potensi air secara merata. Karena PEG memiliki berat molekul lebih dari 4000, maka PEG aman digunakan karena sel tumbuhan tidak dapat menyerapnya. Karena tidak beracun bagi tanaman, tidak larut dalam sel akar, dan menurunkan potensi osmotik larutan secara seragam, PEG 6000 mengungguli manitol, sorbitol, dan garam (Azizah, 2010).

Respon tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat disaring menggunakan teknik kultur in vitro dengan penambahan PEG 6000. Senyawa PEG diyakini dapat menginduksi kondisi cekaman dengan cara mengurangi ketersediaan air bagi tanaman dengan menurunkan potensi osmotik larutan. Hal ini dicapai melalui aktivitas matriks subunit etilen oksida, yang dapat mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen. Menurut Azizah (2010), peningkatan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dikaitkan dengan penambahan PEG 6000 pada media.

Sebagai contoh, potensi osmotik tanah adalah -0,33 Bar pada kondisi kapasitas lapangan dan -15 Bar pada kondisi kelembaban kritis. Penelitian menunjukkan bahwa berbagai penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi PEG 6000 yang berbeda, mulai dari 20-25% atau -6,7 hingga -9,9 Bar, dapat membedakan genotipe padi yang tahan atau rentan terhadap cekaman kekeringan (Akbar et al., 2018).

Senyawa polietilen glikol (PEG) dapat mereduksi potensial air secara merata karena larut dalam air. Konsentrasi dan berat molekul PEG mempunyai

pengaruh yang signifikan terhadap jumlah reduksi air. Efek stres kekeringan pada tanaman dapat ditiru dengan menciptakan lingkungan yang potensi airnya turun. Karena berat molekulnya lebih dari 4.000, PEG aman digunakan sebagai media seleksi tanaman. Karena tanaman tidak mampu menyerap senyawa PEG, diasumsikan bahwa kekeringan, dan bukan senyawa PEG itu sendiri, yang bertanggung jawab atas kerugian atau kematian yang dialami tanaman dalam simulasi ini. Sejak lama, masyarakat telah menggunakan PEG untuk membuat tanaman mengalami stres air. Sebagai filter *in vitro*, PEG dapat mengidentifikasi sel dan kapalan, memungkinkannya beregenerasi menjadi tanaman utuh dengan toleransi yang lebih baik. Seledri, kacang hijau, kentang, beras, dan sorgum merupakan beberapa tanaman yang dipilih secara *in vitro* untuk tahan terhadap cekaman kekeringan (Yunita, 2009).

## 2.6 Hidroponik

Hidroponik adalah metode menanam tanaman yang tidak menggunakan tanah. Bagi tanaman hidroponik, penggunaan media selain tanah memungkinkan penyerapan unsur hara oleh akar lebih baik dan mencegah berkurangnya kandungan oksigen air (Huda, 2020). Aeroponik, Sistem Pasang Surut (juga dikenal sebagai sistem Pasang surut), Sistem Irigasi Tetes, Teknik Lapisan Nutrisi, Sistem Sumbu, dan Sistem Kultur Air adalah metode-metode yang merupakan bagian dari sistem hidroponik.

Mayoritas sistem hidroponik menggunakan Teknik Aliran Dalam (DFT). Tanaman ditanam secara hidroponik menggunakan sistem hidroponik DFT, yaitu merendam akar pada lapisan air yang relatif dalam. Kedalaman 4 hingga 6 cm adalah tipikal. Prinsip dasar sistem hidroponik DFT adalah sirkulasi larutan nutrisi tanaman secara terus menerus selama 24 jam. Dalam hidroponik cara ini dikenal dengan sistem tertutup (Chadirin, 2007).

Ardyagarini (2018) sebelumnya melaporkan penggunaan sistem hidroponik dengan teknik DFT untuk menyaring padi pada cekaman kekeringan dengan menggunakan senyawa PEG 6000. Penggunaan teknik ini untuk penapisan padi pada cekaman salinitas juga telah dilaporkan oleh Arifuddin (2021).

Dari semua sistem hidroponik yang aktif, sistem rakit apung merupakan yang paling dasar. Menempatkan tanaman terapung di atas larutan nutrisi secara

terus-menerus adalah ide dasar di balik rakit apung. Pertama, sistem rakit apung memiliki biaya produksi yang rendah karena tidak memerlukan peralatan khusus untuk menjalankan taman hidroponik jangka panjang. 2) Tidak sulit mencari bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatannya di alam. Ketiga, menjaganya tetap dalam kondisi baik itu mudah. 4) Hemat biaya karena tidak bergantung pada cuaca terus-menerus atau pemadaman listrik. Lebih banyak air dan nutrisi yang dihemat. Salah satu kelemahan sistem rakit apung adalah sistem ini paling cocok untuk desain tanaman hidroponik dalam ruangan daripada penggunaan di luar ruangan. Akar tanaman yang terendam terus-menerus dalam larutan nutrisi air membuatnya lebih rentan membusuk. 3) Tingkat oksigen tidak mencukupi, meskipun beberapa akar tanaman berada di atas tanah sehingga dapat memperoleh manfaat oksigen selama fotosintesis (Seni, 2021). Penerapan sistem budidaya air berbasis rakit apung untuk penapisan padi toleran kekeringan menggunakan senyawa PEG sebelumnya telah dilaporkan oleh Sakinah, et al. (2021).

## **2.7 Varietas Tanaman Padi dalam Seleksi Kekeringan**

Pada tahun 1975, IR442-2-58 digunakan sebagai pemeriksaan toleransi kekeringan dan IR20 sebagai pemeriksaan kerentanan kekeringan. Mulai tahun 1977, Salumpikit digunakan sebagai pemeriksaan toleran kekeringan, IR442-2-58 sebagai pemeriksaan toleransi sedang kekeringan, IR20 sebagai pemeriksaan agak rentan kekeringan, dan IRAT 9 sebagai pemeriksaan rentan kekeringan (IRRI, 1982).

Kerentanan kekeringan padi varietas IR20 didasarkan pada toleransi panas yang rendah dan penutupan stomata yang lambat (IRRI, 1974). Varietas ini memiliki persentase penurunan tinggi tanaman tertinggi dalam uji lapangan dari 20 varietas dan galur yang ditempatkan di bawah tekanan kelembaban tanah (Yoshida et al., 1974).

Varietas cek toleran kekeringan Salumpikit merupakan varietas lahan kering tradisional dari Filipina, diidentifikasi pada tahun 1975 sebagai cek yang toleran. Varietas ini merupakan varietas seleksi alam untuk toleransi kekeringan di bawah kondisi lahan petani dan budidaya padi lahan kering. varietas ini mempertahankan reaksi yang baik secara konsisten terhadap kekeringan yang

diuji dalam 6 tahun. Varietas salumpikit secara konsisten dinilai baik untuk toleransi dan pemulihan dari kekeringan (Hairmansis et al, 2019; IRRI, 1982).

## 2.8 Image-Based Processing

Secara umum, Gambar digital dapat diolah menggunakan pemrosesan gambar, suatu teknologi yang menggunakan berbagai algoritma dalam ilmu komputer (Putra et al., 2015). Analisis banyak tanaman dapat dilakukan dengan cepat dan akurat menggunakan pemrosesan berbasis gambar, yang menyederhanakan perhitungan fenotipik (Das Choudhury et al., 2018). Ada banyak manfaat menggunakan metode pemrosesan berbasis gambar. Tanaman yang telah dipelajari sejak lama dapat dikumpulkan data fenotipiknya menggunakan metode non-destruktif ini. Penelitian dengan ukuran sampel yang besar kini dapat dilakukan berkat penerapan otomatis metode ini (Mutka dan Bart, 2015).

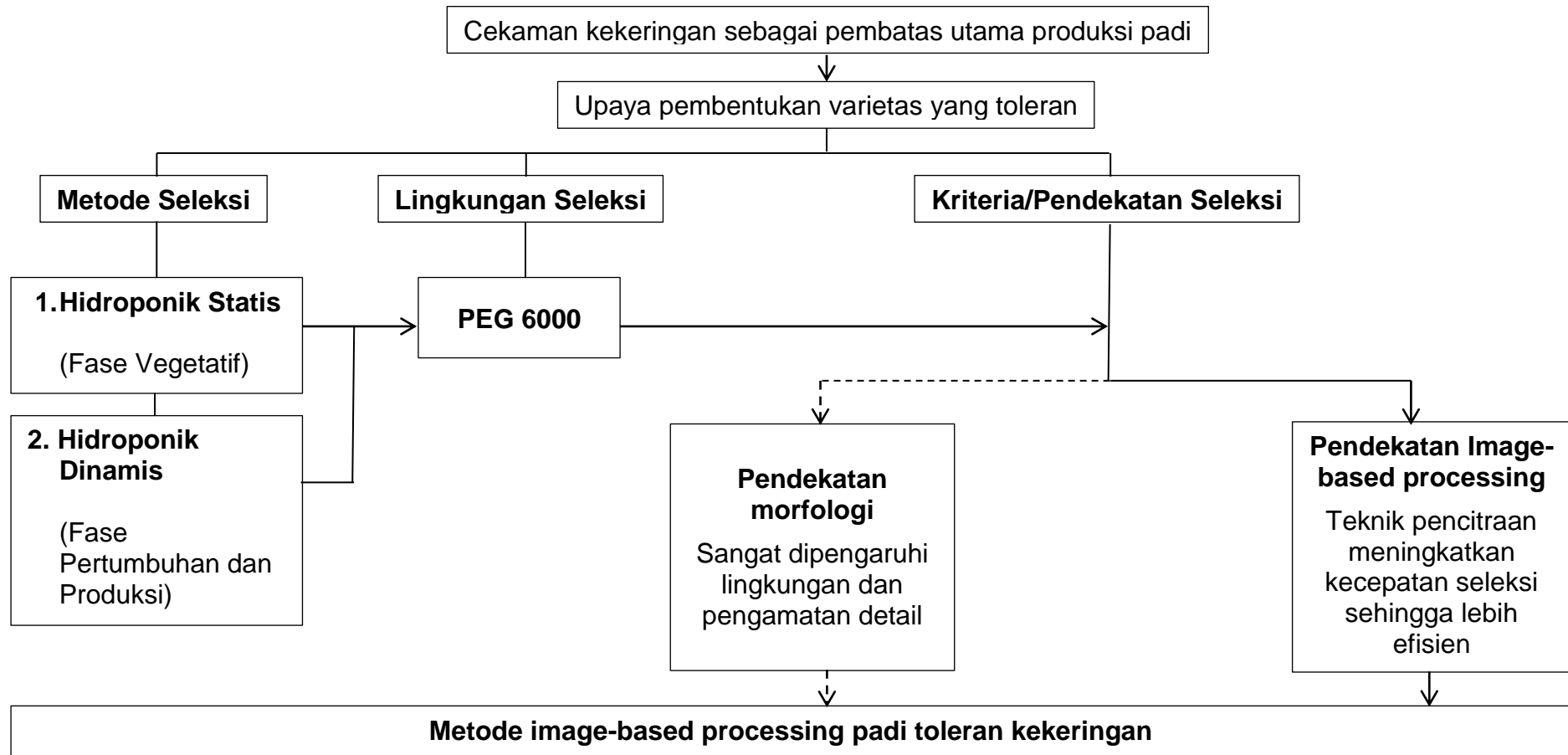
Prosedur pemilihan langkah-bijaksana untuk mengidentifikasi variabilitas genotip dan progeni berkinerja terbaik sering digunakan oleh program pemuliaan. Selama tahap pertama, sering disebut skrining, sejumlah besar progeni generasi awal dengan hanya beberapa (atau tidak) ulangan (walaupun entri cek direplikasi untuk memperkirakan pengulangan percobaan) dievaluasi di beberapa lokasi, sedangkan tahap kedua (disebut sebagai fenotipe) berurusan dengan genotipe terpilih dengan lebih banyak ulangan dan situs untuk karakterisasi terperinci. Kemajuan dalam pemuliaan konvensional atau molekuler sangat tergantung pada kualitas data fenotipik. Dalam pemuliaan konvensional, fenotipe presisi memungkinkan identifikasi dan pemilihan progeni unggul yang unggul untuk digunakan dalam pemuliaan untuk sifat-sifat yang ditargetkan; dalam pemuliaan molekuler, ini adalah dasar untuk membangun asosiasi genotype phenotype dan mengidentifikasi daerah genom potensial untuk digunakan dalam pemuliaan maju. Oleh karena itu, fenotipe presisi sangat penting untuk efisiensi dan kemajuan dalam program perbaikan tanaman yang menargetkan sifat tertentu, terutama sifat poligenik kompleks seperti stres kekeringan (Zaman-Allah et al., 2013).

Koleksi otomatis kumpulan fenotipe tanaman dalam skala besar menggunakan system pencitraan (*image-based*) tinggi berbasis data memiliki potensi untuk mengatasi masalah waktu dalam kegiatan pemuliaan tanaman dan peningkatan



tanaman. Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi pertanian modern adalah menghasilkan makanan dan energi yang cukup untuk populasi dunia mencapai 9,7 miliar pada tahun 2050. Dalam beberapa dekade terakhir, hasilnya tanaman pangan utama telah meningkat secara substansial sebagai akibat dari peningkatan penggunaan pupuk anorganik, peningkatan praktik agronomi, dan perbaikan genetik. Namun, tingkat kenaikan saat ini dalam hasil tidak akan mengimbangi peningkatan permintaan makanan ini dan bahan bakar selama 35 tahun ke depan (Grassini et al., 2013).

## 2.9 Kerangka Konseptual



Gambar 2. Kerangka konseptual

## 2.10 Hipotesis Penelitian

1. Terdapat satu atau lebih karakter *image-based processing* yang dapat digunakan sebagai *rapid artificial screening* padi toleran kekeringan.
2. Terdapat korelasi antar parameter morfologi dan *image-based processing* pada seluruh metode seleksi cekaman kekeringan.
3. Terdapat hubungan antar percobaan hidroponik statis dan dinamis.