



**SEFA BUMI PERSADA**  
Jl. Malikussaleh No. 3 Bayu - Aceh Utara  
email: sefabumipersada@gmail.com  
Telp. 085260363550



OFISILOGI



**MAISURA  
AHMAD JUNAEDI**

**PADI TOLERAN KEKERINGAN  
MELALUI PENDEKATAN KARAKTER  
MORFOFISIOLOGI**

Diterbitkan Oleh:



**CV. SEFA BUMI PERSADA - ACEH**

**2018**

# **PADI TOLERAN KEKERINGAN MELALUI PENDEKATAN KARAKTER MORFOFISIOLOGI**

**Penulis : MAISURA  
AHMAD JUNAEDI**

**Editor : Iskandar Lubis**

Hak Cipta © 2018 pada Penulis

**Layot: Mansur, S.Kom.I**

*Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis*

Penerbit:

**SEFA BUMI PERSADA**

Jl. Malikussaleh No. 3 Bayu Aceh Utara - Lhokseumawe

email: [www.sefabumipersada.com](http://www.sefabumipersada.com)

Telp. 085260363550

*Cetakan I : oktober 2018- Lhokseumawe*

ISBN: 978-602-6960-91-7

1. Hal.196 : 16,8 x 23 cm

I. Judul

## **Prakata**

Gagal panen akibat lahan sawah yang terkena puso akibat kekeringan akan menyebabkan terjadinya penurunan produksi padi sawah. Selain meningkatnya lahan yang terkena puso kendala lain yang dihadapi adalah masih kurang tersedia varietas yang toleran terhadap cekaman abiotik terutama terhadap cekaman kekeringan. Salah satu teknologi yang digunakan untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengidentifikasi karakter Morfofisiologi yang berperan dalam toleransi terhadap cekaman kekeringan. Hal ini merupakan salah satu alasan penulisan buku ini sehingga menjadi pedoman bagi mahasiswa, peneliti dan praktisi bidang pertanian khususnya agronomi.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof.Dr.Ir. Muhamad Ahmad Chozin, M.Agr, Dr.Ir. Iskandar Lubis, M.S, Dr.Ir. Ahmad Junaedi, M.Si dan Prof. Dr. Hiroshi Ehara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan buku ini. Terima Kasih juga kepada Tim Reviewer Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh yang telah memberikan arahan dan pengeditan tentang teknis penulisan, sehingga buku ini layak untuk diterbitkan.

Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada program I-MHERE B.2.C tahun 2010-2012 yang telah mendanai penelitian dan juga kepada Fakultas Pertanian yang telah memberikan dana yang berasal dari dana PNBK tahun 2018 untuk penerbitan buku ini.

Penulis mengharapkan masukan-masukan dari pembaca untuk perbaikan buku ini pada edisi yang akan datang. Akhirnya semoga pembaca buku ini dapat mengambil manfaat dan turut dalam pengembangan ilmu pengetahuan terutama ilmu pertanian.

Aceh Utara, 2018

Penulis

## Daftar Isi

**Prakata**

**Daftar Isi**

**Daftar Tabel**

**Daftar Gambar**

**BAB I. Plasma Nutfah Padi**

1.1. Pendahuluan	1
1.2. Varietas Padi Lokal	3
1.3. Potensi Fisiologi varietas padi Lokal Toleran Cekaman Abiotik	5
Kesimpulan	10
Daftar Pustaka	11

**BAB II. Deteksi Dini Potensi Toleransi terhadap  
    Kekeringan**

2.1. Pendahuluan	14
2.2. Metode Skrining Padi Toleran Kekeringan	15
2.3. Identifikasi beberapa varietas toleran	17
Kesimpulan	23
Daftar Pustaka	24

**BAB III. Karakter Morfologi Varietas Padi Toleran  
    Kekeringan**

3.1. Pendahuluan	28
3.2. Hubungan Tajuk Tanaman dengan Toleransi Terhadap Kekeringan	42
3.3. Metode pengujian Toleransi kekeringan pada beberapa varietas toleran	44
3.4. Karakter Morfologi Padi Toleran Kekeringan	45
Kesimpulan	52
Daftar Pustaka	53

## **BAB IV. Karakter Fisiologi Varietas Padi Toleran Kekeringan**

4.1. Pendahuluan	58
4.2. Hubungan antara pigmen fotosintesis, fotosintesis dan ketahanan kekeringan	59
4.3. Hubungan cekaman kekeringan dengan akumulasi prolina dan ABA	63
4.4. Metode pengujian Toleransi kekeringan pada beberapa varietas toleran	65
4.5. Karakter Fisiologi Padi Toleran Kekeringan	66
Kesimpulan	81
Daftar Pustaka	82

## **BAB V. Sistem Perakaran Padi Toleran Kekeringan**

5.1. Pendahuluan	88
5.2. Hubungan Sistem Perakaran dengan Ketahanan Kekeringan	89
5.3. Metode Pengujian varietas toleran kekeringan	91
5.4. Karakter Perakaran Padi Toleran Kekeringan	99
5.5. Analisa Korelasi	110
Kesimpulan	112
Daftar Pustaka	113
Glossarium	
Indeks	
Biografi Penulis	

## DAFTAR TABEL

1.1. Bobot gabah per rumpun pada 8 varietas padi pada beberapa perlakuan cekaman kekeringan	4
1.2. Nilai tengah skor penggulungan daun, indeks kekeringan daun, kehijauan daun, dan posisi daun bendera pada genotipe-genotipe persilangan dialel kondisi kekeringan	6
1.3. Rata-rata jumlah anakan produktif, jumlah anakan per rumpun, bobot akar dan umur berbunga pada beberapa jenis padi lokal Aceh	8
1.4. Tingkat toleransi terhadap tanah masam	9
2.1. Rata-rata rasio bobot kering plumula akar pada delapan varietas padi dengan tiga konsentrasi PEG 6000	20
2.2. Analisis Korelasi	22
3.1. Rata-rata Penurunan relatif tinggi tanaman	46
3.2. Jumlah anakan produktif per rumpun 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan	47
3.3. Bobot gabah per rumpun pada 8 varietas padi pada beberapa perlakuan cekaman kekeringan	48
3.4. Indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil 8 varietas padi pada beberapa cekaman kekeringan	50
3.5. Rata –rata jumlah anakan produktif, jumlah anakan per rumpun, bobot akar dan umur berbunga akibat perlakuan varietas	51
4.1. Kandungan klorofil a dan rasio klorofil a/b akibat perlakuan varietas dan cekaman kekeringan	62
4.2. Kandungan klorofil b akibat perlakuan varietas dan cekaman kekeringan	63
4.3. Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap kandungan prolina umur 11 dan 13 MST	67
4.4. Akumulasi gula total pada tahap antesis dan saat panen pada 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan	69
4.5. Akumulasi pati pada tahap antesis dan saat panen	

pada 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan	70
4.6. Rata-rata selisih kandungan pati pada tahap antesis dan saat panen 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan	71
4.7. Korelasi antara karakter fisiologi dan karakter Agronomi	71
5.1. Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap total bobot kering akar dan rasio tajuk akar	101
5.2. Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap kerapatan stomata dan ketebalan akar	103
5.3. Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap kedalaman capaian akar dan kadar air relatif daun	107
5.4. Analisis korelasi indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil dengan karakter perakaran	111

## DAFTAR GAMBAR

2.1. Bobot kering akar pada beberapa varietas	17
2.2. Bobot kering plumula pada berbagai konsentrasi larutan PEG 6000	19
3.1. Kondisi keseimbangan air pada sistem padi sawah	36
3.2. Model Perlakuan Cekaman Kekeringan	45
3.3. Bobot gabah per rumpun varietas Jatiluhur (toleran) dan varietas IR 64 (peka) pada beberapa cekaman kekeringan	49
3.4. Pengaruh cekaman kekeringan terhadap indeks panen	50
4.1. Fotosintesis pada kondisi cekaman kekeringan	60
4.2. Akumulasi prolina	68
5.1. Rootbox yang sudah dilengkapi dengan Gridline	93
5.2. Bobot akar varietas Jatiluhur dan Menthik Wangi pada kondisi cekaman kekeringan dan kontrol	99
5.3. Perbedaan distribusi perakaran pada varietas Jatiluhur (A) dan varietas Menthik Wangi (B) pada perlakuan kontrol (1) dan kekeringan (2)	105
5.4. Sel-sel aerenchyma pada varietas Jatiluhur (A) dan varietas IR 64 (B) pada perlakuan penggenangan (kontrol) (1) dan kekeringan (2)	109



# **BAB I. PLASMA NUTFAH PADI**

## **1.1.Pendahuluan**

Padi merupakan komoditas utama penduduk Indonesia. Kebutuhan akan beras terus bertambah setiap tahun karena terjadinya peningkatan jumlah penduduk. Permasalahan yang dihadapi saat ini adalah adanya perubahan iklim global sehingga akan mengancam stabilitas perberasan nasional. Dampak dari perubahan Iklim (*climate change*) adalah meningkatnya kejadian iklim yang ekstrim, berubahnya pola hujan, bergesernya awal musim, ancaman banjir, ancaman kekeringan, dan naiknya permukaan air laut. Akibat dampak tersebut akan berpengaruh terhadap produksi padi secara nasional.

Perubahan pola curah hujan akan merubah pola tanam padi di Indonesia dan memicu perubahan pola hidup organisme pengganggu tanaman yang dapat menyebabkan ledakan hama penyakit tanaman padi. Salah satu faktor utama yang mendukung keberhasilan usaha untuk meningkatkan produksi padi adalah melalui penggunaan varietas unggul yang berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap hama dan penyakit utama. Untuk itu mutlak diperlukan plasma nutfah padi yang menjadi sumber keragaman genetik bagi perakitan varietas unggul.

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan keanekaragaman plasma nutfah yang banyak, tetapi potensi tersebut belum dikembangkan secara optimal. Pengembangan akan potensi plasma nutfah sangat penting yang memiliki tujuan untuk mengembangkan bidang industri khususnya bidang pertanian.

Plasma nutfah perlu dikembangkan yang bertujuan untuk untuk kemaslahatan petani harus tetap terus dilakukan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan cara menekan biaya input misalnya menghasilkan benih padi lokal unggul dengan harga relatif murah, sehingga keuntungan yang diperoleh petani menjadi

lebih besar. Selain menghasilkan benih unggul lokal, pengembangan plasma nutfah juga bertujuan untuk melestarikan padi varietas lokal sebagai sumber gen bank sebagai sumber keragaman genetik untuk kepentingan pemuliaan tanaman (Sitaresmi *et al.*, 2013).

Plasma nutfah padi dalam genus *Oryza* terdiri atas (1) varietas komersial, varietas lokal, Galur murni atau galur elite, sedangkan galur restorer, maintainer untuk sumber padi hibrida, bahan-bahan hasil persilangan (*breeding materials*), mutan, polyploid, aneuploid, galur hasil intergenerik dan interspesifik, komposit, sitoplasmik dari bahan persilangan, galur hasil persilangan antara kultivar dan padi liar, spesies padi liar (*wild Oryza species*), dan galur-galur transgenik hasil rekayasa genetik

Perbaikan sifat-sifat tersebut dilakukan dengan menggabungkan sifat-sifat unggul dari beragam plasma nutfah dan menyeleksi turunannya. Plasma nutfah yang digunakan dapat berasal dari dalam *gene pool* padi seperti varietas unggul yang sudah ada, varietas lokal, dan padi liar (Silitonga 2004; Suhartini 2010) atau dapat juga berasal dari luar *gene pool* padi melalui teknologi rekayasa genetika (Amirhusin, 2004; Mulyaningsih *et al.* 2010). Sejumlah varietas unggul padi diantaranya padi gogo telah dilepas di Indonesia dengan berbagai keunggulan (Suprihatno *et al.* 2010). Namun demikian dinamika perubahan lingkungan baik biotik maupun abiotik menuntut adanya perbaikan varietas yang berkelanjutan untuk mempertahankan stabilitas produksi padi gogo di masa mendatang.

Sebelum tahun 1970, sebagian besar petani padi di Indonesia menggunakan varietas lokal yang jumlahnya ribuan dan penyebarannya meliputi areal yang sempit sesuai dengan keadaan lingkungan yang berbeda. Varietas-varietas lokal ini telah ditanam oleh petani dan dibiarkan tumbuh atau ditanam pada keadaan lingkungan aslinya secara turun-temurun sejak berabad-abad yang lampau dan telah beradaptasi pada berbagai lahan dan iklim. Selain

itu, varietas lokal secara alami telah teruji ketahanannya terhadap berbagai tekanan lingkungan serta hama dan penyakit sehingga merupakan kumpulan sumber daya genetik yang tak ternilai harganya.

Selama dua dasawarsa terakhir varietas-varietas padi unggul seperti IR 64, PB 5, Pelita, Ciherang, varietas hibrida (Rokan), Varietas padi IPB 3S, Varietas Inpari, Varietas Mentik Wangi, Varietas unggul tahan Wereng (VUTW) lainnya berkembang dengan pesat sehingga areal penyebaran varietas-varietas padi lokal makin terdesak. Hal ini mengakibatkan terjadinya erosi genetik yang tidak terpulihkan, apabila tidak diambil langkah-langkah untuk melestarikan varietas padi lokal.

## **1.2. Varietas Padi Lokal**

Varietas-varietas padi sawah dan padi gogo merupakan sumber bahan genetik yang dapat digunakan untuk mempelajari varietas yang memiliki karakter-karakter yang berperan dalam toleransi terhadap cekaman kekeringan. Beberapa varietas yang memiliki tingkat toleransi terhadap penghentian pemberian air baik padi sawah maupun padi gogo terdapat tiga kelompok yaitu varietas yang termasuk relatif toleran berdasarkan karakter morfologi yaitu Ciherang, Jatiluhur dan Way Apo Buru, selanjutnya yang termasuk moderat adalah IPB 3S dan Silugonggo dan yang termasuk kelompok yang peka adalah IR 64, Mentik Wangi dan Rokan. Varietas Jatiluhur merupakan varietas yang paling efisien dalam konsumsi air jika dibandingkan dengan varietas IR 64 (Tubur *et al* (2012); Supijatno, *et al* (2012); Maisura *et al* (2014). Berikut pada Tabel 1 dapat dilihat potensi dari setiap varietas lokal yang memiliki tingkat toleransi terhadap kekeringan pada berbagai fase kekeringan yang dilakukan yaitu pada awal fase vegetatif, fase awal pembungaan dan pada fase pengisian biji. Dari delapan varietas yang dicobakan menunjukkan Varietas Jatiluhur yang merupakan padi gogo memiliki produksi bobot gabah tertinggi.

Tabel 1.1 Bobot gabah per rumpun pada 8 varietas padi pada beberapa perlakuan cekaman kekeringan

Varietas	Cekaman kekeringan			
	3 MST	6 MST	9 MST	
		-----g-----		
IR 64	4.63 l-n	7.01 i-m	12.61 efg	15.23 de
Ciherang	6.35 k-n	8.65 hij	12.63 efg	15.50 d
IPB 3S	3.19 no	11.92 fg	19.11 bc	23.55 a
Way Apo Buru	5.06 l-n	8.18 h-k	11.50 fg	13.95 def
Jatiluhur	13.48 ef	15.58 cd	18.09 bc	22.74 a
Menthik Wangi	6.51 j-n	6.80 j-m	12.26 efg	16.47 cd
Silugonggo	3.32 no	5.22 k-n	9.87 ghi	12.74 efg
Rokan	1.01 o	5.99 k-n	9.59 g-j	21.11 ab

Sumber : Maisura *et al* .,(2014)

Ada dua cara yang dilakukan untuk melestarikan plasma nutfah yaitu dengan cara *ex Situ* dan *in situ*. Pelestarian melalui *in situ* dilakukan dengan cara varietas padi lokal dibiarkan tumbuh atau ditanam pada keadaan lingkungan aslinya, namun cara ini tampaknya tidak dapat dipertahankan karena terjadinya desakan oleh varietas-varietas unggul. Pelestarian melalui *ex situ* merupakan penanaman varietas lokal diluar lingkungan aslinya secara terus-menerus misalnya dikebun koleksi atau melestarikannya diruang dingin. Dengan demikian sumberdaya genetik tidak lenyap dan sewaktu-waktu dapat dimanfaatkan untuk menciptakan varietas-varietas unggul yang lebih mutakhir.

### **1.3. Potensi fisiologi varietas padi lokal toleran Cekaman Abiotik**

Tanaman memiliki serangkaian mekanisme untuk mengatasi kekeringan baik dari segi morfologis, fisiologis, biokimia, seluler dan molekuler. Mekanisme tersebut tampak pada karakter akar dan daun, kemampuan penyesuaian tekanan osmotik, potensial air, kandungan ABA, dan stabilitas membran sel.

Indikator yang digunakan untuk menilai ketahanan terhadap kekeringan pada tanaman adalah dengan cara menilai karakter atau sifat tanaman diantaranya karakter morfofisiologi yang digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi ketahanan kekeringan pada tanaman (Fang dan Xiong 2015).

penggulungan daun merupakan respon awal tanaman padi terhadap cekaman kekeringan ditandai dengan yang merupakan bentuk mekanisme tanaman dalam menghindari cekaman kekeringan. Mekanisme ini berkaitan dengan kemampuan tanaman menyesuaikan laju transpirasi sehingga potensial air didalam daun tetap tinggi pada kondisi kekeringan (Tubur *et al.*, 2012). Tanaman harus mempertahankan potensial air dengan mekanisme penutupan stomata atau daun menggulung untuk melangsungkan pertumbuhannya (Hirayama *et al.*, 2006).

Salah satu upaya untuk mempertahankan produktivitas pada kondisi cekaman kekeringan adalah menggunakan varietas toleran. Perakitan varietas padi toleran kekeringan akan menjadi lebih efisien apabila tersedia informasi tentang keragaman genetik yaitu salah satunya yang bersumber dari plasma nutfah.

Tabel 1.2. Nilai tengah skor penggulungan daun, indeks kekeringan daun, kehijauan daun, dan posisi daun bendera pada genotipe-genotipe persilangan dialel kondisi kekeringan

Genotipe	Panjang daun bendera (cm)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan	Panjang malai (cm)
Jatiluhur X Mentik Wangi	28.1bcde	91.3ab	7.6abc	24.4ab
Jatiluhur X IR64	28.1bcde	91.7ab	7.1abc	23.8abc
Jatiluhur X Way Apoburu	24.8de	83.4bcde	7.1abc	23.4abc
Jatiluhur	29.5abc	99.8a	7.4abc	23.7abc
Mentik Wangi X IR64	30.1abc	84.3bcde	7.4abc	24.5ab
Mentik Wangi X Jatiluhur	27.8bcde	78.0cdef	5.8c	24.6ab
Mentik Wangi X Way Apoburu	29.2abcd	89.4abc	7.6abc	24.6ab
Mentik Wangi	31.3ab	81.2bcde	9.4a	25.0a
IR64 X Way Apoburu	24.2e	74.8ef	9.4a	21.0c
IR64 X Jatiluhur	25.8cde	84.8bcde	6.9abc	22.0bc
IR64 X Mentik Wangi	33.0a	88.0abcd	5.5c	23.0abc
IR64	24.6de	75.3def	7.6abc	21.1c
Way Apoburu X Jatiluhur	25.5cde	75.8def	6.6bc	22.1bc
Way Apoburu X Mentik Wangi	29.0bcde	78.7cdef	7.4abc	25.0a
Way Apoburu X IR64	27.7bcde	71.5f	5.9c	23.5abc
Way Apoburu	25.6cde	92.3ab	8.7ab	22.6bc

Sumber : Suwarno *et al.*, (2016)

Genotipe berpengaruh terhadap karakter panjang daun bendera, tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang malai, jumlah gabah isi, jumlah gabah hampa, jumlah gabah total dan bobot biji per tanaman. Panjang malai dapat dijadikan sebagai karakter seleksi untuk mengidentifikasi genotipe-genotipe toleran kekeringan.

Nilai kemajuan genetik tertinggi terdapat pada karakter jumlah gabah total per malai sedangkan nilai dugaan heritabilitas dalam arti sempit tertinggi terdapat pada karakter panjang malai. Berdasarkan nilai kemajuan genetik dan nilai heritabilitas maka program pemuliaan untuk mendapatkan varietas padi toleran kekeringan dinilai lebih tepat diarahkan untuk menghasilkan varietas galur murni, bukan varietas hibrida.

Tanaman toleran mampu mengakumulasi senyawa terlarut dalam jumlah banyak, sedangkan tanaman peka kurang atau tidak

mampu mengakumulasi senyawa terlarut tersebut (Bohnet dan Jensen, 1996). Pengetahuan tentang saat fase kritis tanaman sangat penting bagi pemuliaan tanaman dalam kaitannya dengan penentuan saat yang tepat untuk memberikan cekaman kekeringan dalam program seleksi untuk menentukan genotipe-genotipe yang tahan terhadap kekeringan. Pada beberapa varietas padi, kriteria ketahanan tanaman terhadap kekeringan juga dapat dilihat dari sifat perakaran yang dimiliki (Sudarmawan, 2010; Nio *et al.*, 2010; Kadir, 2011; Maisura *et al* (2015) dan melalui pengujian menggunakan *Rootbox* (Junaedi *et al.*, 2014).

Kendala yang dihadapi oleh petani hingga saat ini adalah masih kurang tersedia varietas yang toleran terhadap cekaman abiotik terutama terhadap cekaman kekeringan. Aceh memiliki kekayaan plasma nutfah padi lokal yang sangat banyak. Sumber daya genetik tersebut sangat penting untuk mendukung ketahanan pangan dan pertanian berkelanjutan. Keberadaan varietas lokal padi Aceh sekarang dalam keadaan kritis, dan semakin sulit dijumpai di Aceh bahkan sebagian diantaranya sudah tidak ditemukan lagi di Aceh, oleh karena itu perlu diselamatkan dan dilestarikan serta dikarakterisasi dan diidentifikasi sifat-sifat unggul yang berkaitan dengan ketahanan terhadap kekeringan dan hama penyakit.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan pada beberapa padi lokal Aceh yaitu karakterisasi plasma nutfah padi lokal Aceh melalui sistem SRI (Maisura, *et al* 2017) dan karakterisasi plasma nutfah padi lokal Aceh untuk perakitan varietas adaptif pada tanah masam (Bakhtiar *et al.*,2011).

Tabel 1.3. Rata –rata jumlah anakan produktif, jumlah anakan per rumpun, bobot akar dan umur berbunga pada beberapa jenis padi lokal Aceh

Padi lokal Aceh	Jumlah anakan produktif per rumpun	Jumlah anakan per rumpun	Bobot akar (g)	Umur berbunga (hari)
Sigudang	78,33 b	86,66 b	89,98 b	179,00 b
Sirias	37,66 f	43,66 f	89,98 b	170,00 b
Boh Santeut	62,33 d	68,33 d	80,87 d	126,00 d
Kapai Tamping	55,00 e	57,00 e	89,94 b	187,67 a
Sipirok	65,00 c	70,00 c	82,91 c	71,33 c
Towuti	103,33 a	109,33 a	110,79 a	72,33 c

Sumber : Maisura *et al.*, (2017)

Terjadinya perbedaan karakter agronomi pada tanaman padi lokal Aceh yaitu tinggi tanaman, panjang daun, umur berbunga jumlah anakan produktif, jumlah anakan perumpun, rata-rata berat gabah per rumpun, berat 1000 butir gabah dan bobot akar. Varietas Towuti (30,22 g) memiliki bobot gabah per rumpun tertinggi yang di ikuti oleh padi lokal Boh Santeut yaitu mencapai (27,38 g) dan varietas Sigudang memiliki bobot gabah (26,26 g).

Hasil eksplorasi diperoleh 33 aksesori padi yang tinggi bibit berkisar 20-40 cm, dengan jumlah anakan 1-6 anakan, Tanaman yang berbatang pendek adalah kuku balam 1 dan Tuwoti, sedangkan tanaman berbatang tinggi adalah rangah dan Dupa. Warna pangkal batang berwarna hijau dan berwarna ungu serta ungu bergaris. Varietas yang memiliki warna pangkal batang ungu adalah Cirata, Sirias, Ramos , Titon, sedangkan ungu bergaris adalah cantek putih.

Tabel 1.4. Tingkat toleransi terhadap tanah masam

Nama Varietas	Tingkat Toleransi	Nama Varietas	Tingkat Toleransi	Nama Varietas	Tingkat Toleransi
Dupa	T	Rasi Singke	AT	Sirendeh	AT
Sigupai Wangi	AT	Kuku Balam 2	AR	Towuti	T
Cantek Puteh	AT	Situ Bagendit	R	Cirata	R
Rangan	AT	Situ Patenggang	T	Itam Tangke	T
Sikuneng	T	Cut Kresek	AT	Rasi Putih	R
Kuku Balam I	R	Mangat Bu	AT	Rasi Kuneng	AT
Lekat Jeureujak	T	Boh Santeut	T	Boh Padang	R
Sigudang	R	Leukat Adang	T	Danau Gaung	R
Kepala Gajah Kinco	R	Peneung	R	Limboti	R
Sambei	T	Boh Rayek	R	Pade Kapai	T
Sirias	R	Ramos Tihion	R	Leukat Panah	T

Sumber : Bakhtiar *et al.*, (2011)

Berdasarkan hasil eksplorasi diperoleh 9 aksesori varietas lokal Aceh toleran terhadap tanah masam yaitu varietas Sikuneng, Leukat, Jeurejak, Sambei, Boh Santeut, Leukat Adang, Itam Tangke, Pade Kapai dan Leukat Panah. Sedangkan varietas peka adalah Kuku Balam 1 dan Kuku Balam 2, Sigudang, Situbagendit, Cirata, Rasi Putih, Bo Padang, Danau Gaung, Limboti, Kepala Gajah, Kinco, Pineung, Bo Rayek, Sirias dan Ramos Tition (Bakhtiar *et al.*, 2011).

## KESIMPULAN

1. Plasma nutfah merupakan sumber keragaman genetik untuk pengembangan varietas-varietas yang toleran terhadap cekaman abotik terutama cekaman kekeringan
2. Hasil eksplorasi diperoleh 33 aksesori padi yang tinggi bibit berkisar 20-40 cm, dengan jumlah anakan 1-6 anakan, Tanaman yang berbatang pendek adalah kuku balam 1 dan Tuwoti, sedangkan tanaman berbatang tinggi adalah rangah dan Dupa. Warna pangkal batang berwarna hijau dan berwarna ungu serta ungu bergaris. Varietas yang memiliki warna pangkal batang ungu adalah Cirata, Sirias, Ramos , Tition, sedangkan ungu bergaris adalah cantek puteh.
3. Terjadinya perbedaan karakter agronomi pada tanaman padi lokal Aceh yaitu tinggi tanaman, panjang daun, umur berbunga jumlah anakan produktif, jumlah anakan perumpun, rata-rata berat gabah per rumpun, berat 1000 butir gabah dan bobot akar. Varietas Towuti (30,22 g) memiliki bobot gabah per rumpun tertinggi yang di ikuti oleh padi lokal Boh Santeut yaitu mencapai (27,38 g) dan varietas Sigudang memiliki bobot gabah (26,26 g).

## DAFTAR PUSTAKA

- Amirhusin B. 2004. Perakitan tanaman transgenic tahan hama. *Jurnal Litbang Pertanian* 23(1): 1-7
- Bakhtiar, E. Kusumawati, T. Hidayat, M. Rahmawati. 2011. Karakterisasi plasma nutfah padi lokal aceh untuk perakitan varietas adaptif pada lahan masam. *J. Agrista* 15 (3): 79-86.
- Bohnert, H.J. and R.G. Jensen. 1996. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. *TIBTECH*. 14:89-97.
- Fang, Y., L. Xiong. 2015. General mechanism of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cell. Mol. Life Sci.* 72:673689.
- Hirayama, M., Y. Wada, H. Nemoto. 2006. Estimation of drought tolerance based on leaf temperature in upland rice breeding. *Breeding Sci.* 56:47-54.
- Kadir, A. 2011. Respons Genotipe Padi Mutan Hasil Iradiasi Sinar Gamma Terhadap Cekaman Kekeringan *J. Agrivigor.* 10(3):235-246
- Maisura, Chozin M.A, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2014. Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. *J. ISSAAS.*20 (1):104-114.
- Maisura, Chozin M.A, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2015. Root character of drought tolerant rice in a paddy system. The 1<sup>st</sup> Almuslim International Conference on Science, Technology and Society. Bireuen 7-8 November 2015. Proceeding (pp 164-171). Coordination of Private higher education Regional XIII. Aceh

- Mulyaningsih ES, Aswidinnoor H, Sopandie D, Ouwerkerk PBF, Loedin IHS. 2010. Transformasi padi indica kultivar Batutegi dan Kasalath dengan gen regulator HD-Zip untuk perakitan varietas toleran kekeringan. *J Agron Indonesia* 38 (1): 1-7
- Nio, S.A., S.M. Tondais dan R. Butarbutar. 2010. Evaluasi Indikator Toleransi Cekaman Kekeringan Pada Fase Perkecambahan Padi. *Jurnal Biologi*. (1) 50-54.
- Silitonga TS. 2004. Pengelolaan dan pemanfaatan plasma nutfah padi di Indonesia. *Buletin Plasma Nutfah* 10 (2): 56-71.
- Sitairesmi, T,R.H. Wening, A.T. Rahmi, N.Yunani dan U. Susanto. 2013. Pemanfaatan Plasma Nutfah padi varietas Lokal dalam perakitan varietas unggul. *J. Iptek Tanaman Pangan* 8 (1): 22-30
- Sudharmawan, A. 2010. Analisis Rerata Generasi Hasil Persilangan Dua Varietas Padi Tahan Terhadap Cekaman Kekeringan. *Journal Crop Agro*. 3(1).
- Suhartini T. 2010. Keragaman karakter morfologis plasma nutfah spesies padi liar (*Oryza spp*). *Buletin Plasma Nutfah* 16 (1): 17-28
- Suprihanto, Setyono A, Indrasari SD, Wardana IP, Sembiring H. 2010. Deskripsi Varietas Padi. Balai Besat Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Supijatno, Sopandie D, Chozin MA, Trikoesoemaningtyas, Junaedi A, Lubis I. 2012. Water consumption, evaluation among rice genotypes showing possibility to explore benefit of water use efficiency. *J Agron Indonesia* 40:15-20.

- Suwarno, Lubis E, Hairmansis A, Santoso. 2009. Development of a package of 20 varieties for blast management on upland rice. In. Wang GL, Valent B (eds). *Advances in Genetics, Genomics and Control of Rice Blast Disease*. Springer Netherlands.
- Tubur, H.W., M.A. Chozin, E. Santosa, A. Junaedi. 2012. Respon agronomi varietas padi terhadap periode kekeringan pada sistem sawah. *J. Agron. Indonesia* 40:167-173
- Junaedi, A, Maisura, I. Lubis , M.A Chozin, Jun-Ichi Sakagami, H. Ehara. 2014. Root Performance of drought Tolerant Rice Evaluated Using Rootbox Under Submerge and Drought Condition. *J stage*. 226-237. Japan

## **BAB II. DETEKSI DINI POTENSI TOLERANSI TERHADAP KEKERINGAN**

### **2.1. Pendahuluan**

Padi merupakan tanaman yang sangat peka terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh kekurangan air. Ketersediaan air merupakan faktor pembatas utama dalam budidaya tanaman. Pada varietas tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan, penurunan daya hasil akibat cekaman tidak sebesar yang terjadi pada varietas peka sehingga penggunaan varietas yang toleran mempunyai arti penting dalam budidaya tanaman untuk mengantisipasi kondisi cekaman kekeringan (Lafitte dan Curtois, 2003).

Pengembangan varietas padi toleran kekeringan memerlukan ketersediaan metode seleksi yang akurat dan efisien. Umumnya metode seleksi untuk toleransi ini dilakukan menggunakan pot untuk mengkondisi cekaman kekeringan (Yamada *et al.*, 2005). Metode tersebut mempunyai kelemahan yaitu homogenitas yang tidak dapat dikontrol dan pengukuran tingkat cekaman kekeringan yang sukar dilakukan, sehingga kemungkinan untuk mendapatkan hasil yang salah sangat besar.

Teknik bioassay yang efektif untuk mengevaluasi cekaman kekeringan pada kondisi laboratorium sangat berguna untuk penapisan material genetik padi. Salah satu metode seleksi dengan tingkat homogenitas yang lebih baik adalah dengan menggunakan larutan Polietilena glikol (*Polyethylene Glycol*, PEG). Hal ini didasarkan kepada kemampuan PEG untuk mengontrol penurunan potensial air secara homogen, sehingga dapat meniru potensial air tanah. Karakter toleransi terhadap cekaman kekeringan pada prinsipnya berkaitan dengan upaya tanaman untuk menjaga keseimbangan osmotik dengan cara meningkatkan penyerapan air dan menurunkan kehilangan air. Untuk memperbesar peluang

mendapatkan karakter varietas yang diinginkan dapat dilakukan seleksi dengan menggunakan bahan penyeleksi yang sesuai.

## **2.2. Metode Skrining Padi Toleran Kekeringan**

Penggunaan PEG untuk mengatur potensial osmotik membutuhkan pengetahuan yang tepat. Senyawa PEG dengan berat molekul 6000 mampu bekerja lebih baik pada tanaman daripada PEG dengan berat molekul yang lebih rendah (Mitchel dan Kaufmann 1973). Pada dasarnya penggunaan PEG 6000 telah digunakan sebagai bahan penyeleksi terhadap tanaman yang toleran kekeringan pada kondisi laboratorium (Singh dan Kakralya, 2001). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya telah diketahui PEG 6000 merupakan bahan penyeleksi yang tepat untuk mendapatkan varietas yang toleran kekeringan. yaitu pada sorgum (Pawar, 2007). gandum (Bouiamrine dan Diouri, 2012) dan kedelai (Widoretno *et al.*, 2002).

Penggunaan PEG untuk percobaan potensial air terkontrol telah terbukti menjadi metode yang sangat efektif untuk mempelajari dampak kekurangan air pada fase vegetatif awal (Kim dan Janick, 1991; Van den Berg dan Zeng, 2006; Radhouane, 2009). PEG dengan bobot molekul  $\geq 6000$  telah banyak digunakan dalam melakukan penelitian pengaruh cekaman air terhadap pertumbuhan tanaman termasuk padi (Balch *et al.*, 1996; Verslues *et al.*, 2006). tetapi masih menunjukkan hasil yang belum konsisten dengan hasil pengujian di lapangan.

Identifikasi terhadap ketahanan kekeringan pada tingkat somaklon yang dihasilkan perlu dilakukan karena tidak semua somaklon yang dihasilkan toleran terhadap kekeringan. Salah satu teknik seleksi untuk mendapatkan tingkat toleransi terhadap kekeringan adalah penapisan awal terhadap gabah/benih secara dini dengan menggunakan larutan PEG (Suardi & Silitonga, 1988 ; Bouslama & Scapaugh, 1984).

Penentuan galur yang toleran kekeringan akan mengalami kesulitan apabila dilakukan langsung di tingkat lapangan, karena tidak mudah untuk mendapatkan lahan yang luas dengan tingkat kekeringan yang homogen. Selain itu diperlukan waktu yang lama dan biaya lebih mahal (Bousslama dan Schapaugh 1984). Penapisan benih pada fase awal pertumbuhan untuk mendapatkan materi genetik yang toleran terhadap kekeringan dapat dilakukan ditingkat laboratorium atau di rumah kaca (Bousslama dan Scapaugh, 1984; Balch *et al.*, 1996; Mackill *et al.*, 1996).

Karakter fisiologi yang dapat digunakan sebagai penanda bahwa benih tersebut mempunyai sifat toleran terhadap kekeringan antara lain kemampuan benih untuk berkecambah dan pertumbuhan bibit fase vegetatif pada larutan yang mempunyai potensial osmotik rendah (Richard *et al.*, 2002). Bibit atau benih yang terseleksi dengan penggunaan teknik tersebut dapat tumbuh lebih baik pada cekaman kekeringan di lapangan, seperti pada tanaman jagung dan padi berdasarkan penelitian yang dilakukan Cabuslay *et al.*, Tahun 2002.

*Polyethylene glycol* (PEG) adalah salah satu senyawa yang digunakan dalam *priming*. PEG merupakan senyawa dengan rantai polimer panjang telah digunakan secara meluas untuk penelitian (Steuter, 1981). PEG memiliki kemampuan dalam mengontrol imbibisi dan hidrasi benih. PEG juga digunakan dalam pengujian toleransi benih terhadap kekeringan dengan memperhitungkan indek kekeringan (Nemoto *et al.*, 1995; Bousslama dan Schapaugh, 1984).

Hasil penelitian Lestari dan Mariska (2006) terhadap tiga varietas padi yaitu Gajah mungkur, Towuti dan IR-64 menunjukkan penggunaan PEG 20% dapat digunakan untuk penapisan dini pada somaklon asal Gajahmungkur, IR 64 dan Towuti hasil keragaman somaklonal dan seleksi secara *in vitro*.

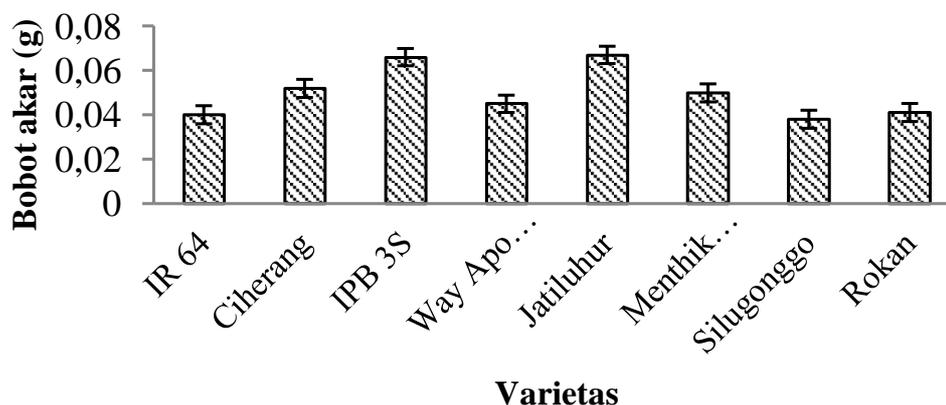
Penggunaan PEG bertujuan untuk mengevaluasi toleransi varietas padi terhadap cekaman kekeringan yang dikondisikan dengan perlakuan polietilena glikol (PEG 6000) pada awal fase

vegetatif. Berdasarkan data hasil penelitian pada tingkat laboratorium, selanjutnya dapat dibandingkan dengan hasil pengujian cekaman kekeringan di tingkat lapangan.

Karakter fisiologi yang dapat digunakan sebagai penanda bahwa benih tersebut mempunyai sifat tahan terhadap kekeringan antara lain kemampuan benih berkecambah dan pertumbuhan bibit pada larutan yang mempunyai potensial osmotik rendah (Richard *et al.*, 2002). Bibit atau benih yang terseleksi dengan teknik tersebut di atas dapat tumbuh lebih baik pada cekaman kekeringan di lapangan, seperti pada tanaman jagung dan padi (Cabuslay *et al.*, 1999).

### 2.3. Identifikasi Beberapa Varietas Padi Toleran

Beberapa varietas padi yang telah diuji menunjukkan Varietas IPB 3S dan Jatiluhur memiliki bobot akar lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya (Gambar 2.1). Pemberian larutan PEG 6000 pada konsentrasi 20% menyebabkan terjadinya peningkatan bobot akar. sedangkan pada konsentrasi 25% tidak berbeda nyata dengan kontrol. Penurunan bobot akar dan bobot plumula akan mempengaruhi keseimbangan pertumbuhan dan akan berpengaruh terhadap rasio bobot kering plumula akar.

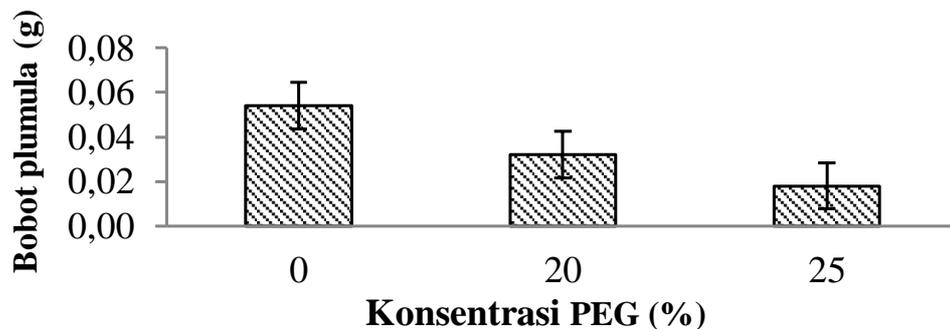


Gambar 2.1. Bobot kering akar pada beberapa varietas

Persentase penurunan panjang plumula yang paling kecil akibat pemberian konsentrasi PEG 20% terdapat pada varietas Jatiluhur, demikian juga terhadap panjang akar terjadi peningkatan panjang akar yang paling besar. Secara umum persentase penurunan panjang plumula akibat pemberian konsentrasi PEG lebih besar dibandingkan dengan penurunan pertumbuhan panjang akar atau dengan kata lain pertumbuhan plumula lebih tertekan atau terhambat jika terjadi cekaman kekeringan dibandingkan dengan pertumbuhan akar. Gambar 2.2 memperlihatkan semakin tinggi konsentrasi PEG yang diberikan menyebabkan semakin rendah bobot plumula.

Induksi PEG secara umum menyebabkan terjadinya cekaman kekeringan sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan panjang plumula, panjang akar, menurunnya bobot plumula, bobot akar dan rasio bobot kering plumula akar. Rata-rata panjang plumula dan panjang akar dapat mengindikasikan bahwa pertumbuhan plumula lebih sensitif dibandingkan dengan pertumbuhan akar pada kondisi cekaman kekeringan. Hal ini diduga disebabkan terjadinya penurunan gradien potensial air baik dibagian lingkungan luar kecambah maupun dari dalam kecambah tersebut (Amador *et al.*, 2002).

Aplikasi PEG pada konsentrasi 20% dan 25% menyebabkan terjadinya penurunan rasio bobot kering plumula akar pada semua varietas, namun rasio bobot kering plumula akar pada konsentrasi PEG 20% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi PEG 25% (Tabel 2.1.). Hal ini menunjukkan pada konsentrasi PEG 20% dan 25% tidak dapat membedakan respon dari tiap varietas. Rasio bobot kering plumula akar berperan penting dalam hal toleransi terhadap kekeringan serta keseimbangan pertumbuhan antara tajuk dan akar.



Gambar 2.2. Bobot kering plumula pada berbagai konsentrasi larutan PEG 6000

Tanaman ketika menghadapi cekaman kekeringan, pada umumnya tanaman mengembangkan mekanisme *avoidance* dengan cara meningkatkan pertumbuhan akar (Monneaux dan Belhassen, 1996).

Pemberian PEG dapat mengkarakterisasi respon terhadap cekaman kekeringan, yaitu dengan memperlihatkan perbedaan respon varietas toleran dan peka. Secara umum varietas yang toleran memperlihatkan persentase penurunan panjang plumula dan panjang akar yang relatif kecil. sebaliknya varietas yang peka memperlihatkan penurunan pertumbuhan panjang plumula yang lebih besar yang diperlihatkan oleh varietas IR 64, sedangkan penghambatan perpanjangan akar terdapat pada varietas Menthik Wangi pada pemberian konsentrasi 20% PEG 6000. Michel dan Kaufman (1973) dan Verslues *et al.*, (2006) menyatakan bahwa penurunan pertumbuhan akar dan tunas karena PEG mengikat air sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Hal ini berimplikasi pada semakin rendahnya bobot kering kecambah varietas IR 64.

Tabel 2.1. Rata-rata rasio bobot kering plumula akar pada delapan varietas padi dengan tiga konsentrasi PEG 6000

Varietas	(kontrol)	20	25
IR 64	1.58 ±0.27a	0.64± 0.10cd	0.69± 0.04cd
Ciherang	1.17 ±0.27ab	0.58±0.08cd	0.49±0.13 d
IPB 3S	1.08 ±0.23bc	0.35±0.05 d	0.23±0.07 d
Way Apo Buru	1.60 ±0.14a	0.51± 0.06d	0.41±0.13 d
Jatiluhur	1.08 ±0.23bc	0.35±0.05 d	0.23±0.07 d
Menthik Wangi	1.33 ±0.10ab	0.64 ±0.25cd	0.37 ±0.10d
Silugonggo	1.37± 0.19ab	0.51± 0.042d	0.68± 0.03cd
Rokan	1.63± 0.86a	0.53± 0.07d	0.61±0.21 cd

Sumber : Maisura *et al.*,(2017)

Meningkatnya penggunaan konsentrasi PEG maka semakin banyak sub unit etilena yang mengikat air, sehingga kecambah semakin sulit untuk menyerap air sehingga mengakibatkan tanaman mengalami cekaman kekeringan (Verslues *et al.* 2006). PEG menginduksi penghambatan perkecambahan karena berhubungan dengan cekaman osmotik (Sidari *et al.*, 2008). Laju perkecambahan benih dan persentase perkecambahan serta jumlah air yang diabsorpsi benih sangat rendah sehingga akan menyebabkan naiknya tingkat cekaman osmotik (Jajarmi, 2009).

Penggunaan PEG konsentrasi 20% cukup efektif karena dapat mengkarakterisasi toleransi terhadap cekaman kekeringan pada fase perkecambahan dan dapat menggambarkan keadaan di lapangan. terutama pada peubah panjang plumula. panjang akar, rasio bobot kering plumula akar dan indek toleransi terhadap kekeringan berdasarkan panjang plumula dan panjang akar. Hasil penelitian yang sama yang dilakukan Lestari dan Mariska (2006) terhadap tiga varietas padi yaitu Gajah mungkur, Towuti dan IR64 menunjukkan penggunaan PEG 20% dapat digunakan untuk penapisan dini pada somaklon asal Gajahmungkur, IR 64 dan Towuti hasil keragaman somaklonal dan seleksi secara *in vitro*.

Hasil percobaan menunjukkan Varietas Jatiluhur memiliki panjang plumula dan panjang akar yang lebih tinggi dibandingkan varietas lain pada kondisi cekaman kekeringan melalui pemberian PEG. Berdasarkan hasil pengujian dilapangan varietas Jatiluhur juga memiliki nilai indeks toleransi terhadap kekeringan yang lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya. Sebaliknya varietas Rokan yang memiliki nilai indeks toleransi kekeringan berdasarkan panjang plumula dan panjang akar yang tinggi pada fase vegetatif awal, namun hasil pengujian dilapangan menunjukkan nilai indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil yang paling rendah. Hal ini diduga benih varietas hibrida memiliki vigor yang tinggi saat fase perkecambahan sehingga pemberian PEG tidak menyebabkan terjadinya penurunan panjang plumula dan panjang akar yang nyata, dengan demikian penggunaan PEG 6000 pada konsentrasi 20% tidak efektif digunakan untuk mengkarakterisasi varietas hibrida (Rokan) terhadap cekaman kekeringan pada fase perkecambahan.

Berdasarkan hasil penelitian Afa *et al.*, (2012) melaporkan bahwa larutan PEG 6000 konsentrasi 25% merupakan konsentrasi yang cukup efektif memberikan cekaman kekeringan pada genotipe padi hibrida. Penggunaan PEG 6000 konsentrasi 25% pada fase bibit dapat mendeteksi genotipe padi hibrida toleran kekeringan. Hal ini menunjukkan varietas hibrida lebih respon terhadap cekaman kekeringan pada fase bibit dan dapat menggambarkan di tingkat lapangan.

Hasil analisis korelasi (Tabel 2.2) menunjukkan bahwa Indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil di lapangan berkorelasi dengan panjang plumula, rasio bobot kering plumula akar dan indeks toleransi kekeringan berdasarkan panjang akar dan plumula. Hal ini menunjukkan peubah-peubah tersebut berkontribusi dalam penentuan toleransi varietas terhadap cekaman kekeringan. Dengan demikian metode pengujian yang dilakukan pada tingkat laboratorium pada fase vegetatif awal pada penelitian ini berkorelasi positif dengan metode pengujian dilapangan.

Tabel 2.2. Analisis Korelasi

Karakter	ITK	PP	PA	RBKPA	IT (PP)
PP	0.83**				
PA	0.28	0.42*			
RBKPA	0.78**	0.77**	0.04		
IT (PP)	0.83**	0.98**	0.44*	0.79**	
IT (PA)	0.45*	0.59*	0.38	0.44*	0.63**

Keterangan : \*\* Nyata pada taraf 0.01. \*nyata pada taraf 0.05: ITK (Indeks Toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil di lapangan). PP (Panjang Plumula). PA(Panjang Akar). RBKPA(Rasio Bobot Kering Plumula Akar). IT(PP)(Indeks Toleransi Kekeringan berdasarkan Panjang Plumula). IT(PA) (Indeks toleransi berdasarkan panjang akar).

PEG 6000 pada konsentrasi 20% secara umum dapat digunakan untuk mengidentifikasi varietas-varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan terutama terhadap peubah panjang plumula. panjang akar dan rasio bobot kering plumula akar. Peubah panjang plumula. panjang akar. indek toleransi kekeringan berdasarkan panjang plumula dan panjang akar. rasio bobot kering plumula akar merupakan karakter untuk pendugaan varietas padi toleran kekeringan pada fase awal vegetatif. Varietas toleran berdasarkan panjang plumula dan panjang akar terdapat pada varietas Ciherang dan Jatiluhur.

## **KESIMPULAN**

1. PEG 6000 pada konsentrasi 20% secara umum dapat digunakan untuk mengidentifikasi varietas-varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan terutama terhadap peubah panjang plumula, panjang akar dan rasio bobot kering plumula akar.
2. Peubah panjang plumula, panjang akar, indeks toleransi kekeringan berdasarkan panjang plumula dan panjang akar, rasio bobot kering plumula akar merupakan karakter untuk pendugaan varietas padi toleran kekeringan pada fase awal vegetatif.
3. Varietas toleran berdasarkan panjang plumula dan panjang akar terdapat pada varietas Ciherang dan Jatiluhur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afa LO, Purwoko BS, Junaedi A, Haridjaja O, Dewi IS. 2012. Pendugaan toleransi padi hibrida terhadap kekeringan dengan polyetilen glikol (peg) 6000. *Agrivigor*. 11: 292-299.
- Amador MB, Aguilar LC, Kaya C, Larrinaga MJ, Hernandez FA. 2002. Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea. *Agric and Crop Sci*. 188: 235247.
- Balch EPM, Gidekel M, Nieto MS, Estrella LH, Alejo NO. 1996. Effect of water stress and plant growth and root protein in three cultivar of rice (*Oryza sativa* L) with different level of drought tolerance. *Physiol Plant*. 96 :284290.
- Bouislama M, Schapaugh WT. 1984. Stress tolerance in soybean. I. Evaluation on three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci*. 24: 993-937.
- Bouiamrine EH, Diouri M. 2012. Response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) callus culture to osmosis induced drought stress caused by polyethylene glycol (PEG). *Ann of Biol Res*. 3:4555-4563.
- Cabuslay,GS, Ito,O.and Alejar,A.A. 2002. Physiological evaluationof responses of rice(*Oryza sativa*) to water deficit. *Plant Science* . 163:815-827.
- Jajarmi V. 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. *World Academy of Science. Engineer and Tech*. 25:105-106.
- Kim YH, Janick J. 1991. Absisic acid and prolin improve desiccation tolerance and increase fatty acid content of celery

- somatic embryonic. *Plant Cell Tissue and Organ culture*. 24:83-89.
- Lafitte R, Curtois B. 2002. Interpreting cultivar environment interactions for yield in upland rice: assigning value to drought-adaptive traits. *Crop Sci*. 42: 1409–1420.
- Lestari EG dan Mariska I. 2006. Identifikasi Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti dan IR 64 Tahan Kekeringan Menggunakan Polyethylene Glycol. *Bull Agron*. 34:71-78.
- Mackill DJ, Coffman WR, Garrity DP. 1996. Rainfed Lowland Rice improvement. IRRI.
- Maisura, Chozin M.A, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2017. Penggunaan Polyethylene Glycol untuk Mengevaluasi tanaman padi pada fase vegetatif terhadap Cekaman Kekeringan. Prosiding Semirata BKS-PTN Wilayah Barat, Lhokseumawe (pp. 1-8). Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh. Aceh.
- Michel BE, Kaufmann MR. 1973. The Osmotic Potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol*. 51: 914-916.
- Nemoto K, Morita S, Bada T. 1995. Shoot dan root development in rice related to the phylocron. *Crop Sci*. 35: 24-29.
- Pawar KN. 2007. Physiological indices for drought tolerance in rabi sorghum (Disertation). Dharwad. Department of crop physiology college of agriculture, University of agricultural sciences.
- Radhouane L. 2007. Response of tunisian autochthonous pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) to drought stresss induced by polyethylene glycol (PEG 6000). *Biotech*. 9:1102-1105.

- Richard RA, Rebetzke GJ, Condon Van Herwarden AF. 2002. Crop physiology and metabolism. Breeding in temperate cereal. *Crop Sci.* 42:111-121.
- Sidari M, Mallamaci C, Muscolo A. 2008. Drought, salinity and heat differently affect seed germination of *Pinus pinea*. *Field Crops Res.* 13:326-330.
- Singh K, Kakralya BL. 2001. Seed physiological approach for evaluation of drought tolerance in groundnut stresss and environmental plant physiol. In : Bora KK, Singh K, Kumar A, ( Editors). *Stress and environmental plant physiology*. Pointer Publishers. Rajasthan
- Steuter, A.A. 1981. Water potential of aqueous polyethylene glycol. *Plant Physiol.* 67:64-67.
- Suardi D, Silitonga TS. 1998. Uji toleransi kekeringan plasma nutfah padi dengan menggunakan larutan Polyethylene Glycol (PEG) 8000. Dalam S. Moeljopawiro, M. Machmud, L. Gunarto, I. Mariska dan H. Kasim (Eds). *Prosiding*
- Van den Berg L, Zeng YJ. 2006. Response of South African indigenous grass species to drought stresss induced by polyethylene glycol (PEG 6000). *J Bot.* 72 : 284-286.
- Verslues PE, Agarwal M, Agarwal KS, Zhu J. 2006. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. *The plant.* 46:523-539.
- Widoretno W, Guhardja E , Ilyas S, Sudarsono. 2005. Efektivitas polietilena glikol untuk mengevaluasi tanggapan genotipe

kedelai terhadap cekaman kekeringan pada fase perkecambahan. *Hayati*. 9:33-36.

Yamada M, Morishita H, Urano K, Shiozaki N, Shinozaki YK, Shinozaki K, Yoshida Y. 2005. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. *Exp Bot*. 56: 1975-198.

## **BAB III. KARAKTER MORFOLOGI VARIETAS PADI TOLERAN KEKERINGAN**

### **3.1. Pendahuluan**

Indonesia pada saat ini sedang menghadapi beberapa masalah dalam menjaga ketahanan pangan untuk masa yang akan datang. Seperti negara-negara lain di dunia, Indonesia sedang menghadapi perubahan iklim (*climate change*) akibat pemanasan global (*global warming*) yang tidak dapat dihindari dan akan berdampak luas terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pertanian. Perubahan iklim (*Climate Change*) menyebabkan kenaikan frekuensi maupun intensitas kejadian cuaca ekstrim, perubahan pola hujan, terjadi peningkatan suhu udara dan meningkatnya permukaan air laut. Perubahan pola curah hujan dan kenaikan suhu udara, banjir dan kekeringan menyebabkan produksi pertanian menurun, luas areal tanaman yang mengalami puso semakin luas. Peningkatan permukaan air laut menyebabkan penurunan luas lahan sawah di daerah pesisir dan kerusakan tanaman akibat salinitas (Surmaini *et al.*, 2011)

Sensitivitas padi terhadap cekaman kekeringan meningkat apabila terjadi pada saat pembungaan yang akan menyebabkan terjadinya penurunan yang tajam terhadap hasil biji (O'Toole, 1982). Respon tanaman terhadap cekaman kekeringan dapat dianalisis melalui identifikasi karakter-karakter yang berperan penting dalam toleransi kekeringan. Analisis yang terkait antara lain analisis morfologi, fisiologi, seluler, biokimia dan molekuler. Respon pada tingkat seluler terhadap kekeringan bervariasi tergantung pada tingkat kekeringan, lamanya kekeringan dan spesies tanaman (Prasad *et al.*, 2012).

Produksi padi sawah memiliki kontribusi yang paling besar yaitu 95 % dari total produksi padi nasional (BPS, 2011), sehingga peningkatan produksi tetap menjadi perhatian utama. Peningkatan produksi padi sawah akan terus mendapat tantangan berat,

diantaranya disebabkan oleh terjadinya alih fungsi lahan menjadi lahan non pertanian sehingga akan terjadi penyusutan lahan sawah subur. Upaya pencetakan sawah baru menghadapi kendala tidak mampu mengimbangi penyusutan lahan sawah subur, yang selanjutnya akan dihadapi tingkat kesuburan tanah yang rendah sehingga akan berdampak pada produksi padi.

Tantangan selanjutnya adalah dampak perubahan iklim yang sangat mempengaruhi produksi padi terutama pada sistem padi sawah. Varietas-varietas padi sawah dan padi gogo merupakan sumber bahan genetik yang dapat digunakan untuk mempelajari varietas yang memiliki karakter-karakter yang berperan dalam toleransi terhadap cekaman kekeringan. Tubur *et al.*, (2012) melaporkan beberapa varietas yang memiliki tingkat toleransi terhadap penghentian pemberian air baik padi sawah maupun padi gogo terdapat tiga kelompok yaitu varietas yang termasuk relatif toleran berdasarkan karakter morfologi yaitu Ciherang, Jatiluhur dan Way Apo Buru, selanjutnya yang termasuk moderat adalah IPB 3S dan Silugonggo dan yang termasuk kelompok yang peka adalah IR 64, Mentik Wangi dan Rokan. Varietas yang sama juga digunakan pada penelitian Supijatno *et al.* (2012) yang melaporkan varietas Jatiluhur merupakan varietas yang paling efisien dalam konsumsi air jika dibandingkan dengan varietas IR 64. Penelitian lanjutan yang diperlukan adalah mengkaji karakter fisiologis yang penting yang berhubungan dengan tingkat toleransi terhadap cekaman kekeringan.

Berdasarkan hasil penelitian Maisura *et al* (2014) terdapat perbedaan karakter morfologi dan fisiologis antara varietas padi sawah dan padi gogo. Varietas terbaik dalam adaptasi terhadap cekaman kekeringan yang memiliki hasil gabah yang tinggi adalah varietas Jatiluhur yang merupakan padi gogo.

Morfologi suatu tanaman sangat berpengaruh terhadap produktivitasnya. Seperti efektivitas menangkap radiasi surya, ketersediaan air bagi tanaman akibat sistem perakaran yang berbeda dalam penyebarannya. Pemahaman tentang bentuk dan

fungsi dari organ-organ tanaman padi diperlukan antara lain untuk merancang tipe tanaman padi ideal. Karakter morfologi meliputi, akar, daun, tajuk, batang, bunga, gabah dan malai.

Akar tanaman padi termasuk kedalam akar serabut. Akar primer (radikula) akar yang tumbuh sewaktu berkecambah bersama akar-akar lain yang muncul dari embrio dekat dengan skutellum yang disebut dengan akar seminal yang jumlahnya sekitar 1-7. Apabila terjadi kerusakan secara fisik terhadap akar primer, maka pertumbuhan akar-akar seminal lainnya akan dipercepat. Akar berfungsi sebagai penguat atau penunjang tanaman untuk dapat tumbuh tegak, menyerap hara dan air dari dalam tanah untuk selanjutnya diteruskan ke organ lain diatas tanah yang memerlukan. (Chang dan Vergara 1975).

Pertumbuhan akar padi meliputi bagian total bahan kering, panjang akar maximum, kepadatan akar, meningkat sampai pada fase pembungaan dan kemudian menurun hingga fase pemasakan (*maturity*) (Yoshida dan Hasegawa 1982). Batang tanaman padi terdiri-dari beberapa ruas yang dibatasi oleh buku. Daun dan tunas (anakan) tumbuh pada tiap buku. Pada permulaan stadia tumbuh tanaman padi yang terdiri dari pelepah-pelepah daun dan ruas-ruas yang tertumpuk padat. Ruas-ruas tersebut kemudian akan memanjang dan berongga terjadi apabila tanaman memasuki stadia generatif oleh karena itu fase generatif disebut juga fase pemanjangan ruas (De Datta, 1981; Yoshida, 1981). Daun tanaman padi tumbuh pada batang dalam susunan yang berselang seling, satu daun pada setiap buku.

Tiap daun terdiri atas (i) helai daun, (ii) pelepah daun, yang membungkus ruas, (iii) telinga daun (*auricle*) dan lidah daun (*ligula*). Daun teratas disebut dengan daun bendera yang posisi dan ukurannya tampak berbeda dari daun yang lain. Jumlah daun pada tiap tanaman tergantung pada varietas. Varietas-varietas padi didaerah tropis memiliki 14-18 helai daun pada batang utama. pada varietas yang memiliki 14 daun, daun keempat adalah daun terpanjang yang dihitung dari daun bendera yang terbentuk

sebelum inisiasi malai. Daun-daun selanjutnya berangsur menjadi kecil yang diduga sebagai akibat kompetisi dengan malai yang sedang tumbuh untuk memperoleh substrat (Vergara, 1980).

Bunga padi secara keseluruhan disebut dengan malai. Tiap unit bunga pada malai dinamakan spikelet yang pada hakikatnya adalah bunga yang terdiri atas tangkai, bakal buah, lemma, palea, putik dan benang sari serta beberapa organ lain yang bersifat inferior. Tiap unit bunga pada malai terletak pada cabang-cabang bulir yang terdiri atas cabang primer dan sekunder. Tiap unit bunga padi pada hakikatnya adalah *floret* yang hanya terdiri atas satu bunga.

Gabah terdiri atas biji yang terbungkus oleh sekam. Biji yang dikenal dengan nama beras pecah kulit atau karyopsis yang terdiri dari embrio dan endosperm yang diselimuti dengan lapisan aleuron, kemudian tegmen dan lapisan terluar disebut dengan perikarp. Sekam Jenis japonika terdiri atas gluma rudimenter dan sebagian tangkai gabah (*pedicel*), sedangkan sekam jenis indika, dibentuk oleh palea, lemma mandul, dan rachilla (Yoshida, 1981). Perbedaan tersebut dibedakan oleh bagian tanaman, dimana gabah itu lepas atau rontok (*disarticulation*). Pada jenis japonika, gabah lepas dari malai pada bagian bawah gluma, sedangkan pada jenis indika *disarticulation* letaknya diatas gluma. Ada tiga fase umum proses pertumbuhan tanaman padi dari awal penyemaian hingga pemanenan.

### **Fase Pertumbuhan vegetatif**

Fase pertumbuhan vegetatif merupakan fase yang menyebabkan terjadinya perbedaan umur panen, sebab lama fase-fase fase reproduktif dan pemasakan tidak dipengaruhi oleh varietas atau lingkungan (De Datta, 1981 ; Yoshida, 1981). Selama fase pertumbuhan vegetatif, anakan bertambah cepat, tanaman bertambah tinggi dan daun tumbuh secara regular. Anakan aktif ditandai dengan penambahan anakan yang cepat sampai tercapai

anakan maximum. Stadia anakan maksimum dapat bersamaan, sebelum atau sesudah inisiasi primordia malai. Fase tumbuh dari anakan maximum sampai inisiasi malai disebut vegetatif-lag phase yang merupakan sasaran pemuliaan untuk memperpendek umur tanaman. Setelah anakan maximal tercapai, sebagian anakan akan mati dan tidak menghasilkan malai. Anakan tersebut dinamakan anakan yang tidak efektif. Berdasarkan hal tersebut Yoshida (1981), mengidentifikasi adanya suatu stadia tumbuh yang merupakan akhir dari anakan efektif, yakni stadia dimana jumlah anakan sama dengan jumlah malai pada stadia masak, mungkin keadaan ini dapat dipakai sebagai salah satu pendekatan peningkatan produktifitas tanaman padi.

### **Fase Reproduksi**

Fase reproduktif ditandai dengan memanjangnya beberapa ruas teratas pada batang, yang sebelumnya tertumpuk rapat dekat permukaan tanah. Fase reproduktif juga ditandai berkurangnya jumlah anakan, munculnya daun bendera bunting dan pembungaan (*Heading*). Inisiasi primordia malai biasanya dimulai 30 hari sebelum *heading*. Fase ini hampir bersamaan dengan memanjangnya ruas-ruas yang terus berlanjut sampai berbunga. Oleh sebab itu fase reproduktif disebut juga stadia pemanjangan ruas-ruas. Inisiasi primordia malai hanya dapat dilihat secara mikroskopik. Pada hakekatnya bukan lagi inisiasi primordia malai, sebab sudah mencapai 1 mm (De Datta, 1981 ; Yoshida, 1981).

Pembungaan (*heading*) adalah stadia keluarnya malai, sedangkan anthesis segera setelah *heading*, oleh sebab itu *heading* diartikan sama dengan *anthesis* ditinjau dari hari kalender. Dalam suatu rumpun atau suatu komunitas tanaman, fase pembungaan memerlukan waktu selama 10-14 hari, karena terdapat perbedaan laju perkembangan antar tanaman ataupun antar anakan. Apabila 50% bunga telah keluar, maka pertanaman tersebut dianggap dalam fase pembungaan (Yoshida, 1981).

Anthesis dimulai bila benang sari bunga yang paling ujung pada tiap cabang malai telah tampak keluar. Pada umumnya anthesis berlangsung antara jam 8.00-13.00 dan persarian (pembuahan) akan selesai dalam 5-6 jam setelah *anthesis*. Dalam suatu malai, semua bunga memerlukan 7-10 hari untuk *anthesis*, tetapi pada umumnya hanya 5 hari. Anthesis terjadi 25 hari setelah bunting (Vergara, 1980; Yoshida, 1981).

Berdasarkan hal-hal tersebut maka dapat diperkirakan bahwa berbagai komponen pertumbuhan dan hasil telah mencapai maksimal sebelum bunganya sendiri keluar dari pelepah daun bendera. Jumlah malai pada setiap satuan luas setelah tidak bertambah lagi 10 hari setelah anakan maksimum. Jumlah gabah pada tiap malai telah ditentukan selama periode 32 sampai 5 hari sebelum *heading*. Sementara itu ukuran sekam hanya dapat dipengaruhi oleh radiasi selama 2 minggu sebelum antesis (Matsushima, 1970).

## **Fase Pemasakan**

Setelah antesis, pertumbuhan memasuki stadia pemasakan yang terdiri dari masak susu (*dough*) (Masak bertepung), menguning dan masak panen. Periode pemasakan ini memerlukan waktu kira-kira 30 hari dan ditandai dengan penuaan daun. Suhu sangat mempengaruhi periode pemasakan (Vergara, 1980)

## **Peranan Air Bagi Tanaman**

Air adalah salah satu komponen fisik yang sangat vital dan dibutuhkan dalam jumlah besar untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sebanyak 85-90 % dari bobot segar sel-sel dan jaringan tanaman tinggi adalah air (Noggle dan Fritzt, 1983; Maynard dan Orcott, 1987), menjelaskan fungsi air bagi tanaman yaitu : sebagai senyawa pelarut bagi masuknya mineral-

mineral dari larutan tanah ke tanaman dan sebagai pelarut mineral nutrisi yang akan diangkut dari satu bagian sel ke bagian sel lain, senyawa utama pembentuk protoplasma, sebagai media terjadinya reaksi-reaksi metabolik, sebagai penghasil hidrogen pada proses fotosintesis, menjaga turgiditas sel dan berperan sebagai tenaga mekanik dalam pembesaran sel, sebagai reaktan pada sejumlah reaksi metabolisme seperti siklus asam trikarboksilat, sebagai bahan metabolisme dan produk akhir respirasi, serta digunakan dalam proses respirasi, mengatur mekanisme gerakan tanaman seperti membuka dan menutupnya stomata, membuka dan menutupnya bunga serta melipatnya daun-daun tanaman tertentu, dan berperan dalam perpanjangan sel,

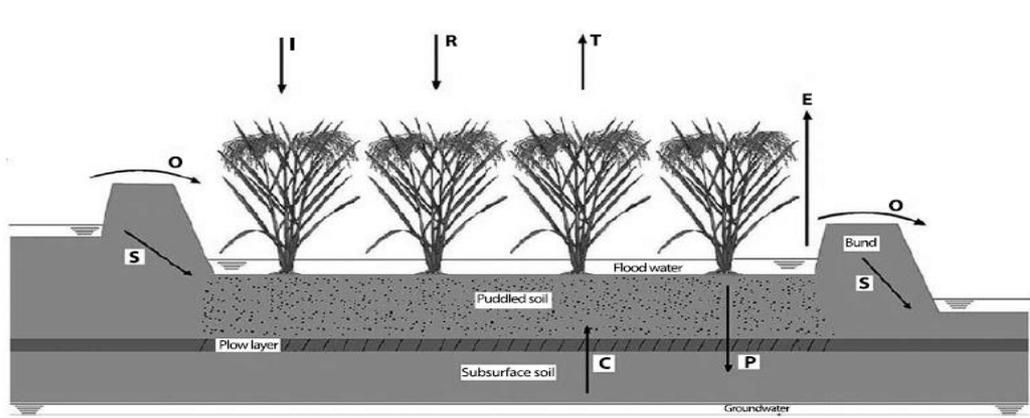
Air di dalam jaringan tanaman selain berfungsi sebagai penyusun utama jaringan yang aktif mengadakan kegiatan fisiologis, juga berperan penting dalam memelihara turgiditas yang diperlukan untuk pembesaran dan pertumbuhan sel (Kramer, 1980). Peranan yang penting ini menimbulkan konsekuensi bahwa secara langsung atau tidak langsung defisit air tanaman akan mempengaruhi semua proses metabolisme dalam tanaman yang mengakibatkan terganggunya proses pertumbuhan (Pugnaire dan Pardo, 1999).

Menurut Kramer (1980) kekurangan air di dalam jaringan tanaman dapat disebabkan oleh kehilangan air yang berlebihan pada saat transpirasi melalui stomata dan sel lain seperti kutikula atau disebabkan oleh keduanya. Namun lebih dari 90% transpirasi terjadi melalui stomata di daun. Selain berperan sebagai alat untuk penguapan, stomata juga berperan sebagai alat untuk pertukaran CO<sub>2</sub> dalam proses fisiologi yang berhubungan dengan produksi. Stomata terdiri atas sel penjaga dan sel penutup yang dikelilingi oleh beberapa sel tetangga (Fahn, 1982). Mekanisme menutup dan membuka-nya stomata tergantung dari tekanan turgor sel tanaman, atau karena perubahan konsentrasi karbondioksida, berkurangnya cahaya dan hormon asam absisat (Lakitan, 1996).

## **Karakteristik Tanah Sawah**

Tanah sawah dapat berasal dari tanah kering yang diairi kemudian disawahkan, atau dari tanah rawa yang dikeringkan dengan membuat saluran-saluran drainase. Sawah yang airnya berasal dari air irigasi disebut sawah irigasi, sedangkan sawah yang airnya berasal dari air hujan disebut dengan sawah tadah hujan. Penggenangan selama pertumbuhan padi dan pengolahan tanah pada tanah kering yang disawahkan dapat menyebabkan berbagai perubahan sifat tanah, baik sifat morfologi, fisika, kimia, mikrobiologi maupun sifat-sifat lainnya. Sifat-sifat tanah dapat sangat berbeda dengan sifat-sifat tanah asalnya. (Koenigs, 1950). orang pertama yang meneliti sifat morfologi tanah sawah di bogor, mengemukakan adanya profil tanah sawah yang khas, pada tanah kering yang disawahkan tersebut.

Perubahan permanen terjadi akibat efek kumulatif perubahan sementara karena penggenangan tanah musiman, atau praktek pengelolaan tanah sawah. Perubahan permanen pada tanah yang disawahkan dapat dilihat pada sifat morfologi profil tanahnya. Praktek pengolahan tanah sawah dalam keadaan tergenang, dapat menghasilkan terbentuknya lapisan tapak bajak dibawah lapisan olah. Sedangkan penggenangan selama pertumbuhan tanaman padi dapat mereduksi Fe dan Mn sehingga menjadi larut dan meresap bersama air perkolasi ke lapisan-lapisan bawah, sehingga terbentuk lapisan iluviasi Fe diatas horizon iluviasi Mn (Hardjowigeno *et al.*, 2008), Kondisi keseimbangan air pada sistem sawah dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kondisi keseimbangan air pada sistem padi sawah. C = capillary rise, E = evaporation, I = irrigation, O = overbund flow, P = percolation, R = rainfall, S = seepage, T = transpiration

Perubahan sifat-sifat fisik dan kimia yang terus berlangsung tersebut dicerminkan juga oleh perubahan sifat morfologi tanah, terutama dilapisan permukaan. Dalam keadaan tergenang tanah berubah menjadi berwarna abu-abu akibat reduksi besi-feri (Fe-III) menjadi besi-fero (Fe-II). Dilapisan permukaan horizon tereduksi tersebut, dalam keadaan tergenang, ditemukan lapisan tipis yang tetap teroksidasi berwarna kecoklatan, karena difusi  $O_2$  dari udara atau dari fotosintesis alga. Bila tanah dikeringkan maka akan terjadi oksidasi kembali besi-fero (Fe -II) akan menjadi besi-feri (Fe-III), sehingga terbentuklah karatan coklat pada rekahan-rekahan, bekas-bekas saluran akar atau tempat-tempat lain dimana udara dapat masuk.

### **Cekaman kekeringan pada lingkungan tumbuh padi**

Karakteristik lingkungan tumbuh tanaman padi dapat dikelompokkan menjadi 3 tipe yaitu padi dataran rendah dengan sistem irigasi (*irrigated lowland rice*), padi tadah hujan (*rainfed lowland rice*) dan padi gogo (*upland rice*) (Bouman *et al.*, 2007). Luas lahan padi dataran rendah beririgasi di dunia diperkirakan

mencapai 79 juta ha, sementara padi tadah hujan mencapai 54 juta ha dan padi gogo mencapai 14 juta ha (Macleane *et al.*, 2002).

Resiko cekaman kekeringan pada tipe lingkungan tumbuh padi tadah hujan lebih tinggi dibandingkan padi yang tumbuh pada sistem irigasi. Salah satu faktor penyebab rendahnya produktivitas padi tadah hujan adalah rentang waktu periode hujan yang pendek yang berasosiasi dengan cekaman kekeringan Rata-rata produktivitas padi tadah hujan dataran rendah diketahui mencapai 2.3 ton per ha sementara padi dataran tinggi mencapai 1 ton per ha (Macleane *et al.*, 2002).

Serraj *et al.*, (2009) menjelaskan India merupakan daerah terparah akibat kekeringan yaitu mencapai 20 juta ha, kemudian disusul Thailand 7 juta ha. Rata-rata kehilangan hasil padi akibat kekeringan tahunan selama periode waktu 1970-2002 mencapai 5.4 juta ton di India, 1.2 juta ton di China, dan 0.7 juta ton di Thailand (Serraj *et al.*, 2009). Di Indonesia dampak kekeringan terhadap luasan lahan padi pada periode tahun 2001-2006 rata-rata mencapai 29.222 ha dan mengalami puso akibat kekeringan mencapai 3.872 ha (Purwani, 2006).

Penanaman padi di wilayah Asia umumnya mengikuti pola hujan bimodal. Oleh karenanya stres kekeringan selama musim tanam dapat dikelompokkan menjadi 3 tipe yaitu : stres kekeringan di awal musim tanam (*early stress*), stres kekeringan tengah musim tanam (*mild- Intermitten stress*) dan stres kekeringan akhir musim tanam (*late stres*) (Chang *et al.*, 1986).

### **Cekaman kekeringan pada awal musim tanam (*early season drought*)**

Awal pertumbuhan tanaman padi dikenal dengan fase vegetatif. Pada fase ini penggunaan air dalam proses metabolisme lebih cenderung digunakan untuk proses transpirasi dan untuk memproduksi bahan kering. Selanjutnya untuk perkembangan daun dan perluasan daun serta pembentukan anakan. Pada fase ini

tanaman padi sangat sensitif terhadap kekurangan air, dan ini merupakan proses utama yang akan dihambat apabila terjadi kekurangan air (Fiscer dan Fukai, 2003).

Gejala yang ditunjukkan oleh tanaman padi apabila terjadi stress kekeringan terjadi penggulungan daun (*leaf rolling*). Hal ini merupakan suatu mekanisme tanaman dalam menghindari stress kekeringan yang lebih parah yaitu dengan mengurangi penyerapan radiasi dan transpirasi pada daun, serta menutup stomata. Tanaman padi memiliki resisten hidraulik kutikular yang rendah karena terbatasnya kandungan lapisan lilin pada epikutikular ( O'Toole dan Cruz, 1980). Genotipe yang memiliki lapisan lilin yang rendah pada lapisan epicuticular akan lebih cepat memperlihatkan gejala layu dibandingkan dengan yang normal pada kondisi stress kekeringan.

Padi diketahui memiliki sedikit lapisan lilin pada epicuticular dan memiliki konduktansi kutikula yang tinggi dibandingkan jenis serealia lainnya. Hal ini mengindikasikan padi akan mengalami kehilangan air walaupun stomata menutup dan mengakibatkan kematian daun yang lebih cepat. O'Toole (1982) menjelaskan terdapat variasi genotipe yang luas dalam hal kuantitas epicuticular lilin. Walaupun demikian peran epicuticular lilin selama pertumbuhan pada kondisi stres air dan hubungannya dengan proses pemulihan tanaman belum banyak diketahui. Pada penelitian terkini, ditemukan bahwa terdapat variasi konduktansi epidermal pada beberapa galur tapi tidak ada indikasi yang menunjukkan bahwa konduktansi epidermal dapat mempertahankan daun tetap hijau pada periode waktu yang lama (Cattivelli *et al.*, 2008).

Stres kekeringan pada awal musim tanam (*early stress*) umumnya terjadi pada masa semai atau pembenihan (Chang *et al.*, 1979). Periode kekeringan terjadi bersamaan dengan waktu transplanting maka resiko kekeringan dapat terjadi pada bibit muda yang rentan terhadap stres kekeringan. Stress kekeringan di periode awal musim hujan juga dapat memperlambat proses transplanting

sehingga benih yang digunakan telah berumur tua yang berpengaruh pada penurunan hasil (Maurya dan O'Toole, 1986).

Apabila stress kekeringan terjadi setelah transplanting, kapasitas dari daun tanaman muda terhadap pemulihan stress (recovery) sangat berhubungan dengan luas dan kapasitasnya untuk pembentukan anakan setelah terjadi stress kekeringan. Selanjutnya dalam proses recovery (pemulihan) dari stress kekeringan sangat tergantung dari kemampuan setiap genotipe tanaman pada fase awal pertumbuhan (Liley dan Fukai, 1994).

### **Cekaman kekeringan pada pertengahan musim tanam (*Intermittent midseason drought*)**

Cekaman kekeringan yang terjadi pada pertengahan musim tanaman akan berpengaruh terhadap fase pembungaan yang berakibat terhadap jumlah biji dan hasil gabah. Banyak studi yang memperlihatkan spikelet fertil sangat sensitif terhadap ketersediaan air (*water stress*). Lamanya stress kekeringan bersifat relatif dan sangat tergantung pada perkembangan fase tumbuh suatu tanaman yang berpengaruh terhadap spikelet fertil.

Perbedaan varietas menyebabkan perbedaan lamanya pembungaan yang akan menyebabkan terjadinya perbedaan respon terhadap stress kekeringan. Perbandingan perbedaan genotipe terhadap fase pemasakan (*maturity*) sangat sulit. Stress kekeringan pada pertengahan musim tanam yang terjadi pada beberapa fase tumbuh dan tidak mungkin menghindari fase kritis pada varietas yang cepat matang (umur genjah). Target yang ingin dicapai menyeleksi varietas yang dapat menghindari kehilangan air yang parah atau yang toleran terhadap stress dengan sedikit kehilangan spikelet.

Tipe stress pada tengah musim (*mild-stress intermiten*) terjadi pada saat periode pertumbuhan anakan sampai pembungaan yang berdampak pada kehilangan hasil yang tinggi. Suplai air yang terbatas selama periode tumbuh ini menyebabkan tanaman layu,

menurunkan indeks luas daun, terjadi penutupan stomata dan berdampak pada penurunan berat kering dan hasil padi (Boonjung, 1993). Stress kekeringan yang terjadi pada pertengahan musim tanam menyebabkan keterlambatan pada fase pembungaan yang mencapai 2 sampai 3 minggu (Fischer *et al.*, 2003).

### **Cekaman kekeringan pada akhir musim tanam (*terminal drought*)**

Stress kekeringan yang terjadi pada akhir musim tanam, semua air yang tersedia atau yang dapat digunakan pada zone perakaran akan digunakan untuk proses transpirasi. Tanaman akan menjadi layu permanen dan mati apabila terjadi terus-menerus. Hasil tanaman padi akan sangat tergantung pada pengaruh penghindaran terhadap stress kekeringan pada fase pembungaan yang sangat sensitif terhadap dan berapa banyak air yang diekstrak dari profil tanah (Fischer *et al.*, 2003).

Pola kekeringan apabila dapat diprediksi, maka mekanisme tanaman untuk menghindari stress kekeringan dan untuk meningkatkan hasil adalah melalui mekanisme escape (*drought escape*) yaitu melalui penggunaan varietas yang berumur genjah atau merubah tanggal atau waktu penanaman. Stress kekeringan yang terjadi pada fase pembungaan maka akan terjadi keterlambatan pembungaan, sehingga perlu dilakukan identifikasi genotipe yang lebih awal mengalami pemasakan pada kondisi air normal (*non stress*) dan meminimalkan keterlambatan pembungaan pada kondisi stress kekeringan. Stress kekeringan pada akhir musim tanam (*Terminal drought*) yang terjadi bersamaan dengan periode pembungaan dan pengisian gabah di awal musim kering, sedangkan varietas berumur pendek mungkin dapat terhindar dari kondisi stress (Chang *et al.*, 1986).

## **Toleransi tanaman Padi Toleran Terhadap Cekaman Kekeringan**

Istilah kekeringan didefinisikan sebagai suatu kondisi air tanah yang dapat dimanfaatkan tidak cukup untuk menjamin pertumbuhan tanaman yang maksimum (Ghildyal dan Tomar, 1982). Kondisi kekurangan air (defisit) dapat terjadi karena terbatasnya periode curah hujan pada suatu wilayah. Kekeringan merupakan faktor pembatas hasil yang umum terjadi pada semua tipe lahan kering dan padi sawah (Chang *et al.*, 1986).

Pengertian tahan kekeringan (*drought Resistent*) mengacu kepada kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi optimum dengan persediaan air yang terbatas (Gupta dan O'Toole, 1986). Dalam sifat ketahanan ini, terdapat 4 (empat) mekanisme yang terjadi pada tanaman, meliputi *drought tolerance*, *drought escape*, *drought avoidance* dan *drought recovery*. *Drought tolerance* (toleran kekeringan) adalah kemampuan tanaman untuk mempertahankan diri dari defisit air yang diukur dengan derajat dan rentang waktu terjadinya periode kekeringan. *Drought escape* adalah kemampuan tanaman untuk masak lebih dini (*early mature*) sebelum cekaman air menjadi faktor pembatas yang serius bagi tanaman. Penghindaran dari kekeringan (*drought avoidance*) adalah kemampuan tanaman untuk menjaga status air dalam jaringan tanaman selama terjadi kekeringan. Karakteristik akar dan tajuk berkaitan erat dengan mekanisme *drought avoidance*. Daya pulih dari kekeringan (*drought recovery*) adalah kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi setelah masa cekaman kekeringan.

Tanggap tanaman terhadap cekaman kekeringan tergantung pada mekanisme fisiologi dan morfologi yang terjadi pada masing-masing varietas pada saat tanaman mengalami cekaman kekeringan. Pada umumnya ketahanan suatu tanaman terhadap kekeringan dikendalikan oleh beberapa mekanisme fisiologi dan morfologi, atau terjadi interaksi beberapa gen. Dengan demikian

pengetahuan mengenai mekanisme toleransi pada masing-masing varietas harus diketahui oleh pemulia sebelum melakukan seleksi.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan untuk menguji ketahanan dari suatu tanaman terhadap kekeringan diantaranya mengetahui mekanisme fisiologi dengan peningkatan kandungan prolina pada somaklon turunan Gajahmungkur, Towuti dan IR 64 hasil seleksi *in vitro* maka dilakukan analisis kandungan prolina pada somaklon yang telah diseleksi menggunakan PEG dan uji daya tembus akar. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kandungan prolina pada tanaman induk dari ketiga varietas yang telah diberi perlakuan cekaman kekeringan, peningkatan kandungan prolina tertinggi pada varietas IR 64 dan Towuti dan paling rendah pada varietas Gajahmungkur (Lestari dan Mariska, 2006)

Pada tanaman hasil seleksi *in vitro* yang telah diseleksi menggunakan PEG dan uji daya tembus akar dan diduga tahan terhadap kekeringan ternyata menghasilkan prolina lebih tinggi dibandingkan tanaman kontrol walaupun tidak diberi cekaman. Dengan demikian perlakuan radiasi dan seleksi *in vitro* yang telah dilakukan dapat menimbulkan perubahan pada gen tertentu sehingga menghasilkan tanaman yang tahan kekeringan dan berproduksi tinggi. Selain itu kandungan prolina dapat digunakan sebagai penanda fisiologi pada tanaman padi untuk ketahanan terhadap kekeringan.

### **3.2. Hubungan Tajuk Tanaman dengan Toleransi Terhadap Kekeringan**

Sifat ketahanan kekeringan yang lain dapat dilihat melalui morfologi tajuk tanaman. Menurut Murthy dan Ramakhrisnaya, (1982) karakter tajuk tanaman berhubungan dengan ketahanan terhadap stres lingkungan dan daya pulih kemampuan berproduksi di bawah kondisi yang optimum. Varietas-varietas yang tahan kekeringan dicirikan dengan kelambatan dalam penggulungan daun

dan daya pulih yang lebih dini, produksi anakan yang terus berlanjut selama kekeringan, produksi bobot kering yang tinggi saat pembungaan dan kontribusi yang lebih besar dari karbohidrat batang pada saat pengisian bulir

Menurut O'Toole & De Datta (1986) mekanisme *drought avoidance* oleh tajuk tanaman dilakukan melalui aktivitas penutupan stomata dan penggulungan daun. Selain itu, ciri lain berupa peningkatan lapisan epikutikula, ketebalan daun dan penyesuaian luas daun. Adaptasi tajuk padi dengan mekanisme tersebut ditujukan untuk mengurangi kehilangan air dari tajuk. Penutupan dan pembukaan stomata dipengaruhi oleh potensial air daun. Pada saat potensial air tanah menurun saat terjadi cekaman kekeringan, aliran air ke jaringan tanaman juga akan menurun, yang berlanjut kepada penurunan potensial air daun. Ketika potensial air daun mencapai tingkat tertentu, stomata menutup sehingga pertukaran gas dan air akan berkurang. Respon ini dapat menolong tanaman dalam menjaga kandungan air tanaman, tetapi dapat juga mengurangi fotosintesis. Lebih jauh lagi, ketika potensial air daun rendah, tekanan potensial dari sel juga berkurang sehingga membatasi perbesaran sel dan menghambat pertumbuhan tanaman (Mackill *et al.*, 1996). Menurut Mackill *et al.*, (1996) penggulungan daun merupakan cara untuk mengurangi luas daun yang berhubungan langsung dengan atmosfer. Semakin kecil permukaan daun yang berhubungan langsung dengan atmosfer, maka transpirasi daun juga semakin berkurang, sehingga tanaman mampu bertahan pada kondisi air yang terbatas.

Suhu daun dapat digunakan sebagai indikator berlangsungnya transpirasi yang berhubungan erat dengan tingkat ketahanan kekeringan. Suhu daun yang rendah saat terjadi cekaman kekeringan, menunjukkan proses transpirasi pada tanaman masih berlangsung. Keadaan ini menunjukkan tanaman tidak dapat menjaga status air tanaman meski dalam kondisi cekaman kekeringan. Suhu daun yang tinggi menunjukkan proses transpirasi telah berkurang, sehingga tanaman dapat menjaga status air dalam

jaringannya. Varietas-varietas yang tahan kekeringan menunjukkan suhu daun yang tinggi saat dilakukan pengukuran pada kondisi kekeringan berat. Ciri umum yang dapat ditemukan pada varietas padi lahan kering yang relatif tahan terhadap kekeringan adalah jumlah anakan yang sedikit dan tajuk yang lebih tinggi (Yoshida dan Hasegawa, 1982). Rasio akar-tajuk pada tanaman dapat juga dijadikan salah satu komponen dalam evaluasi galur-galur yang tahan terhadap kekeringan (Gupta dan O'Toole 1986).

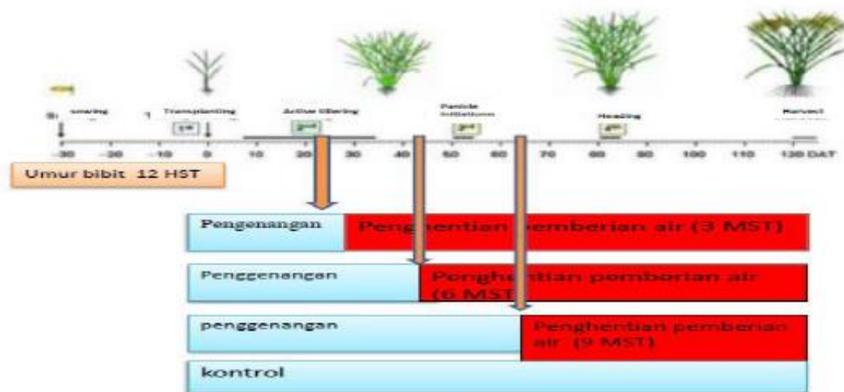
Rata-rata tinggi tanaman, luas daun dan indeks luas daun mengalami penurunan akibat perlakuan cekaman kekeringan terutama pada perlakuan cekaman kekeringan yang dilakukan pada fase vegetatif dan fase pra antesis sampai panen (Tabel 3.1 dan 3.3). Penurunan tinggi tanaman, luas daun dan indeks luas daun mungkin disebabkan oleh terjadinya penghambatan perpanjangan sel dan pembelahan sel. Penurunan tinggi tanaman, luas daun dan indeks luas daun yang lebih besar akibat cekaman kekeringan terdapat pada varietas IR 64 (Tabel 3.1).

### **3.3. Metode Pengujian varietas toleran kekeringan**

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan split plot 3 ulangan, dengan dua faktor perlakuan yaitu faktor utama (Cekaman kekeringan) yang terdiri dari penghentian pemberian air saat 3 Minggu Setelah Transplanting (3 MST) sampai panen; Penghentian pemberian air pada saat 6 MST sampai panen; penghentian pemberian air saat 9 MST sampai panen dan kontrol. Sedangkan sebagai anak petak adalah varietas yaitu : Ciherang, IPB 3S, IR 64, Way Apo Buru, Jatiluhur, Menthik Wangi, Silugonggo dan Rokan.

Pengaturan perlakuan penghentian pemberian air, pemberian air pada tiap petak tanam disesuaikan dengan perlakuan. Untuk perlakuan penghentian pemberian air saat umur 3 MST sampai panen (Cekaman kekeringan hampir selama musim tanam) yaitu pemberian air dihentikan saat tanaman berumur 3 MST

sampai panen; perlakuan 6 MST sampai panen (cekaman kekeringan pra antesis) yaitu pemberian air dihentikan ketika tanaman berumur 6 MST sampai panen dan perlakuan 9 MST sampai panen (Cekaman kekeringan pasca antesis) yaitu pemberian air dihentikan ketika tanaman berumur 9 MST sampai panen; perlakuan kontrol ( tanpa cekaman kekeringan ) pemberian air terus dilakukan, dan saat 2 minggu sebelum panen dilakukan penghentian pemberian air. Pada penggenangan awal pada semua perlakuan tinggi muka air dipertahankan 2,5 cm dari permukaan tanah.



Gambar 3.2. Model Perlakuan Cekaman Kekeringan saat 3 MST( Minggu Setelah Tanam),6 MST, 9 MST dan perlakuan kontrol (warna merah menunjukkan pemberian air dihentikan) (Maisura (2013))

### 3.4. Karakter Morfologi Padi Toleran Kekeringan

Cekaman kekeringan yang terjadi selama fase vegetatif berpengaruh negatif terhadap beberapa karakter morfologi diantaranya yaitu tinggi tanaman, luas daun, indeks luas daun juga berpengaruh terhadap umur berbunga, bobot gabah per rumpun dan penyebaran gabah hampa pada berbagai posisi malai.

Cekaman kekeringan yang terjadi selama fase vegetatif berpengaruh negatif terhadap fase reproduktif yaitu terlambatnya pembungaan pada varietas IPB 3S, Jatiluhur, Menthik Wangi dan Rokan. Namun penundaan pembungaan yang paling lama terjadi pada varietas Menthik Wangi yang mencapai 10 hari (Tabel 3.1).

Penundaan pembungaan diduga karena terhambatnya perkembangan *pollen* yang disebabkan oleh kekurangan air. Varietas yang tumbuh pada kondisi cekaman kekeringan akan memperpendek fase pengisian biji dan berpengaruh terhadap hasil.

Tabel 3.1 Rata-rata Penurunan relatif tinggi tanaman

Varietas	Penurunan		penurunan	
	3 MST	relatif (%)	6 MST	relatif (%)
IR 64	92.00	22.80	103.60	13.00
Ciherang	92.80	9.80	102.70	0.10
IPB 3S	119.70	11.40	126.10	6.70
Way Apo Buru	89.40	15.70	100.80	5.00
Jatiluhur	124.10	14.40	135.10	6.80
Menthik Wangi	103.40	17.50	110.50	11.80
Silugonggo	95.50	19.20	108.80	8.00
Rokan	110.90	11.10	117.80	5.50

Sumber : Maisura (2013)

Cekaman kekeringan akibat penghentian pemberian air juga menyebabkan menurunnya persentase anakan produktif. Cekaman kekeringan yang diberikan hampir sepanjang musim dan cekaman yang diberikan pada fase pra antesis menyebabkan terjadinya penurunan jumlah anakan produktif. Sedangkan cekaman kekeringan yang diberikan setelah pasca antesis sampai panen tidak menyebabkan terjadinya penurunan jumlah anakan produktif. Varietas Rokan yang diikuti varietas IR 64 memiliki jumlah anakan produktif yang lebih tinggi (Tabel 3.2). Varietas padi sawah menunjukkan jumlah anakan produktif yang lebih banyak dibandingkan varietas padi gogo (Jatiluhur), namun tidak demikian dengan Silugonggo meskipun termasuk padi gogo tapi memiliki jumlah anakan produktif yang tidak berbeda nyata dengan varietas padi sawah (Tabel 3.2)

Tabel 3.2. Jumlah anakan produktif per rumpun 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan

Perlakuan	Jumlah anakan produktif			
Cekaman kekeringan				
Kontrol	6.51	±	1.47	a
9 MST	6.40	±	1.53	a
6 MST	5.66	±	1.58	b
3MST	5.65	±	1.58	b
Varietas				
IR 64	7.25	±	1.45	ab
Ciherang	6.04	±	0.85	cd
IPB 3S	4.02	±	0.59	f
Way Apo Buru	6.25	±	1.02	cd
Jatiluhur	4.94	±	1.21	e
Menthik Wangi	5.71	±	1.05	d
Silugonggo	6.58	±	1.83	bc
Rokan	7.60	±	0.83	a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada faktor perlakuan yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

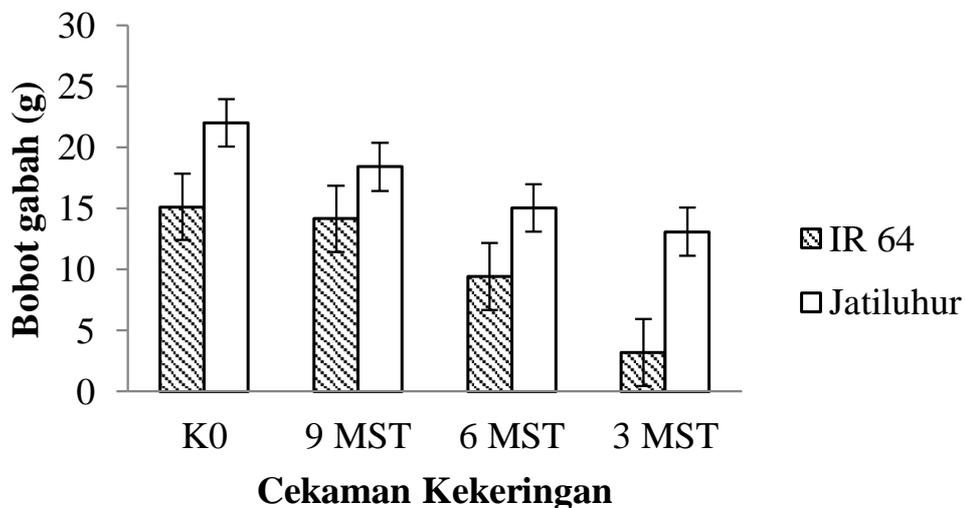
Cekaman kekeringan yang dimulai pada fase vegetatif sampai panen dan cekaman kekeringan yang dimulai dari pra antesis sampai panen menyebabkan penurunan bobot gabah per rumpun pada berbagai posisi gabah yang mencapai 60%-66% yang lebih besar dibandingkan dengan cekaman yang terjadi setelah pasca antesis sampai panen penurunan bobot gabah hanya 23.16% (Gambar 3.2).

Tabel 3.3. Bobot gabah per rumpun pada 8 varietas padi pada beberapa perlakuan cekaman kekeringan

Varietas	Cekaman kekeringan			
	3 MST	6 MST	9 MST	Kontrol
	-----g-----			
IR 64	4.63 l-n	7.01 i-m	12.61 efg	15.23 de
Ciherang	6.35 k-n	8.65 hij	12.63 efg	15.50 d
IPB 3S	3.19 no	11.92 fg	19.11 bc	23.55 a
Way Apo Buru	5.06 l-n	8.18 h-k	11.50 fg	13.95 def
Jatiluhur	13.48 ef	15.58 cd	18.09 bc	22.74 a
Menthik Wangi	6.51 j-n	6.80 j-m	12.26 efg	16.47 cd
Silugonggo	3.32 no	5.22 k-n	9.87 ghi	12.74 efg
Rokan	1.01 o	5.99 k-n	9.59 g-j	21.11 ab

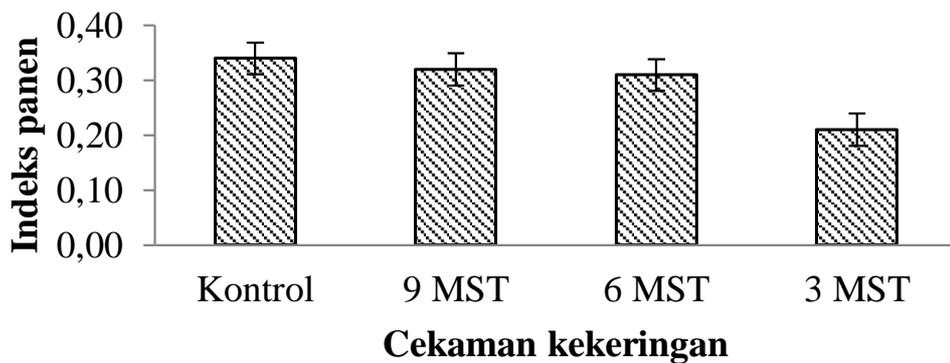
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Varietas Jatiluhur memperlihatkan bobot gabah per rumpun yang mengalami cekaman kekeringan pasca antesis tidak berbeda nyata dengan perlakuan pra antesis. Hal ini menunjukkan apabila terjadi cekaman kekeringan pada varietas yang toleran, maka penurunan hasilnya yang lebih kecil dan stabil. Gambar 3.2 memperlihatkan perbedaan penurunan bobot gabah per rumpun pada varietas Jatiluhur (Toleran) dan IR 64 (peka). Cekaman kekeringan selain menurunkan bobot gabah per rumpun juga menyebabkan meningkatnya bobot gabah hampa pada berbagai posisi malai.



Gambar 3.3. Bobot gabah per rumpun varietas Jatiluhur (toleran) dan varietas IR 64 (peka) pada beberapa cekaman kekeringan

Menurunnya bobot gabah per rumpun dan meningkatnya gabah hampa berpengaruh terhadap indeks panen. semakin lama cekaman kekeringan yang diberikan maka semakin rendah indeks panen (Gambar 3.3). varietas Jatiluhur memiliki indeks panen yang paling tinggi. Varietas yang memiliki indeks panen dan bobot gabah yang tinggi berimplikasi terhadap indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil (Tabel 3.4).



Gambar 3.4 Pengaruh cekaman kekeringan terhadap indeks panen

Varietas Jatiluhur, Ciherang dan Way Apo Buru memiliki nilai indeks toleransi terhadap kekeringan berdasarkan daya hasil yang lebih tinggi pada perlakuan cekaman kekeringan yang diberikan hampir sepanjang musim (3 MST sampai panen) dibanding varietas lain. hal ini menunjukkan ketiga varietas tersebut berpotensi toleran terhadap cekaman kekeringan.

Tabel 3.4. Indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil 8 varietas padi pada beberapa cekaman kekeringan

Varietas	Cekaman kekeringan		
	3 MST	6 MST	9 MST
IR 64	0.30	0.46	0.83
Ciherang	0.41	0.56	0.81
IPB 3S	0.14	0.50	0.81
Way Apo Buru	0.36	0.59	0.82
Jatiluhur	0.59	0.69	0.80
Menthik Wangi	0.29	0.41	0.74
Silugonggo	0.26	0.41	0.77
Rokan	0.05	0.28	0.45

Sumber : Maisura *et al.*, 2015

Tabel 3.5. Rata –rata jumlah anakan produktif, jumlah anakan per rumpun, bobot akar dan umur berbunga akibat perlakuan varietas

Padi Lokal	Jumlah anakan produktif	Jumlah anakan per rumpun	Bobot akar (g)	Umur Berbunga
Sigudang	78,33 b	86,66 b	89,98 b	179,00 b
Sirias	37,66 f	43,66 f	89,98 b	170,00 b
Boh Santeut	62,33 d	68,33 d	80,87 d	126,00 d
Kapai Tamping	55,00 e	57,00 e	89,94 b	187,67 a
Sipirok	65,00 c	70,00 c	82,91 c	71,33 c
Towuti	103,33 a	109,33 a	110,79 a	72,33 c

Ket : Angka- angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji duncan pada taraf 5 %.

Sumber : Maisura *et al.*, (2017)

## **KESIMPULAN**

1. Cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya perubahan pada karakter agronomi dan fisiologi yaitu terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman, menurunnya luas daun dan indeks luas daun, tertundanya pembungaan, menurunnya persentase anakan produktif per rumpun, menurunnya bobot gabah per rumpun dan meningkatnya sebaran gabah hampa.
2. Penurunan bobot gabah per rumpun yang relatif kecil, memiliki indeks toleransi kekeringan yang tinggi, pada fase pembungaan, selama cekaman kekeringan merupakan karakter agronomi yang berperan penting dalam toleransi terhadap cekaman kekeringan pada sistem sawah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bouman BAM, Humphreys E, Tuong TP, Barker R. 2007. Rice and Water. *Adv in Agron.* 92:187-237.
- Boonjung and S. Fukai. 1993. Effect of soil water deficit at different growth stage on rice growth and yield under upland condition. 2 phenology, biomass production and yield. *Field Crop Research.* Vol 48: 47-55.
- Chang TT, Vergara BS. 1975. Varietal diversity and morpho-agronomic characteristic of upland rice In *IRRI upland rice.* IRRI, Los Banos. p. 72-90.
- De Datta SK. 1981. Principles and practices of rice production. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & sons, New York. 618p.
- Fahn, 1982. *Plant Anatomy* (3rd ed). ISBN 0-08-0280293. Pergamon. Oxford.
- Fischer KS, Lafitte R, Fukai S, Atlin G, Hardy B. 2003. *Breeding Rice for Drought Prone Environment.* International Rice Research Institute. Los Banos. 98p.
- Chang TT, Soto AJL, Mao CX, Peiris R, Loresto GC. 1986. Genetics on the components of drought resistance in rice (*Oryza sativa* L.), p. 389-398. *IRRI. Rice Genetics.* IRRI. Los Banos, Philippines
- Cattivelli L et al. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Res.* 105:1-14
- Chang TT, Soto AJL, Mao CX, Peiris R, Loresto GC. 1986. Genetics on the components of drought resistance in rice

- (*Oryza sativa* L.), p. 389-398. IRRl. Rice Genetics. IRRl. Los Banos, Philippines.
- Ghildyal BP, VS Tomar. 1982. Physical properties that affect rice root systems under drought, p. 83-114. IRRl. Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice. IRRl. Los Banos, Philippines.
- Gupta PC, O'Toole JC. 1986. Upland Rice Global Perspective. IRRl. Philippines. 200p.
- Koenigs, F.F.F.R. 1950. A Sawah Profile near Bogor (Java). Contr. General Agric. Research Station . Bogor. No. 15
- Lakitan B. 1996. Fisiologi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Rajawali Pers. Jakarta. 203 hal.
- Kramer PJ. 1980. Plant and soil water relationship. A Modern synthesis. Tata Mc Graw-Hill Publ. Co. Ltd, New York. 449 p.
- Hardjowigeno, 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta. 288 hlm.
- Lilley JM, Fukai S. 1994. Effect of timing and severity of water deficit on four diverse rice Kultivars. I. Rooting patterns and soil water extraction. Field Crops Res. 37:205-214.
- Macleane JL, Dawe D, Hardy B, Hettel GP. 2002. Rice Almanac. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. p.253.
- Maisura, Chozin M.A, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2014. Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. J. ISSAAS.20 (1):104-114.

- Maisura, Chozin M.A, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2015. Root character of drought tolerant rice in a paddy system. The 1<sup>st</sup> Almuslim International Conference on Science, Technology and Society. Bireuen 7-8 November 2015. Proceeding (pp 164-171). Coordination of Private higher education Regional XIII. Aceh.
- Maisura, Chozin M.A, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2014. Karaktr agronomi Padi Toleran terhadap Cekaman Kekeringan Pada sistem Sawah. Prosiding Seminar Regional Agroinovasi Sumber Daya Lokal Ramah Lingkungan untuk Wilayah Sumatera, Banda Aceh 2-3 September 2014. (pp. 63-71). Badan Litbang Pertanian, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh.
- Maisura, Safrizal and Fitriani. 2017. Characterization of Several Local paddy of Aceh with SRI (System of Rice intensification) Method. Multydisiplinery Conferences. Proosiding.
- Maynard GH, Orcott DM. 1987. The physiology of plants under stress. John Wiley & Sons, Inc. New York. 206 p.
- Matsushima S. 1970. Crop science in rice: Theory of yield determination an its application. Fuji Publishing
- Maurya DM, O'Toole JC. 1986. Screening upland rice for drought tolerance. In: Progress in Upland Rice Research. Proceedings of the Conference. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines
- Murthy KS, Ramakrishnaya G. 1982. Shoot characteristics of rice for drought resistance, p. 145-151. In IRRI. Drought Resistance. in Crops with Emphasis on Rice. Los Banos, Philippines

- Mackill DJ, Coffman WR, Garrity DP. 1996. Rainfed Lowland Rice improvement. IRRI.
- Noggle GR, Fritz GJ. 1983. Introductory plant physiology. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey. 627p.
- Lestari EG dan Mariska I. 2006. Identifikasi Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti dan IR 64 Tahan Kekeringan Menggunakan Polyethylene Glycol. Bull Agron. 34:71-78.
- O' Toole JC. 1982. Adaptation of rice to drought environment. In : Drought resistant in crops with emphasis in rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 195-213.
- O'Toole JC, Cruz RT. 1980. Response of leaf water potential, stomatal resistance, and leaf rolling to water stress. Plant Physiol. 65: 428p
- Purwani ET. 2006. Pemanfaatan informasi prakiraan musim BMG dalam pengamanan produksi di sektor pertanian. Direktorat Perlindungan Tanaman, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Departemen Pertanian. Disampaikan pada pelatihan Capable Juli 2006. BIOTROP. Bogor
- Pugnaire FI, Pardos J. 1999. Constrains by water stress on plant growth. In Passarakli, M. (ed.) Hand Book of Plant and Crop Stress. New York, John Wiley & Sons.
- Prasad PS, Singh PM, Yadav RK. 2012. Chemical changes in rice varieties under drought stress condition. Plant archive. 12 : 63-66.
- Serraj R, Krishnamurthy L, Kashiwagi JW, Kumar J, Chandra S, Crouch JH. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. Field Crops Res. 88:115–127.

- Surmaini E, Runtunuwu E, Las I. 2011. Upaya sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. *J. Litbang Pertanian* 30 : 1-7
- Supijatno, Sopandie D, Chozin MA, Trikoesoemaningtyas, Junaedi A, Lubis I. 2012. Water consumption, evaluation among rice genotypes showing possibility to explore benefit of water use efficiency. *J Agron Indonesia* 40:15-20.
- Tubur HW, Chozin MA, Santosa E, Junaedi A. 2012. Rice genotypes responses to drought periods in lowland rice system. *J Agron Indonesia*. 40:169-175
- Yoshida S, Hasegawa S. 1982. The rice root system : its development and function, p. 97-114. In IRRl. *Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice*. IRRl. Los banos, Philippines.
- Yoshida S. 1981. *Fundamental of rice crop science*. International Rice Research Institute.
- Yoshida S, Hasegawa S. 1982. The rice root system : its development and function, p. 97-114. In IRRl. *Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice*. IRRl. Los banos, Philippines

## **BAB IV. KARAKTER FISILOGI VARIETAS PADI TOLERAN KEKERINGAN**

### **4.1. Pendahuluan**

Respons fisiologi tanaman terhadap cekaman kekeringan yang cukup penting ialah kemampuan tanaman mempertahankan tekanan turgor dengan menurunkan potensial osmotik sebagai mekanisme toleransi terhadap cekaman kekeringan. Faktor yang dapat membantu mempertahankan turgor ialah penurunan potensial osmotik dan kemampuan mengakumulasi senyawa-senyawa terlarut. Dalam proses penyesuaian osmotik, senyawa-senyawa terlarut yang biasa diakumulasi ialah gula dan asam amino terutama prolina (Girousse *et al.*, 1996; Szabadoz dan Savoure, 2009). Selanjutnya beberapa studi menjelaskan bahwa penghentian pemberian air akan mempercepat terjadinya senesen dan aktif terjadinya remobilisasi hasil asimilasi yang disimpan pada bagian batang tanaman ke bagian biji pada tanaman sereal (Yang *et al.*, 2001; Yang *et al.*, 2003).

Tanaman beradaptasi terhadap cekaman lingkungan dengan menghasilkan senyawa-senyawa osmoregulasi yang dapat menurunkan potensial osmotik sehingga menurunkan potensial air dalam sel tanpa membatasi fungsi enzim serta menjaga turgor sel. Beberapa senyawa yang berperan dalam penyesuaian tekanan osmotik sel yang juga termasuk dalam kelompok molekul organik antara lain peningkatan akumulasi prolina dalam daun (Hamim *et al.* 1996), asparagin dan betain (Munns *et al.*, 1979; Maestri *et al.*, 1995), protein dehidrin, gula osmotik (Wang *et al.*, 1995), dan asam absisik (ABA) (Dingkuhn *et al.*, 1991).

Dasar genetik yang berkaitan dengan toleran kekeringan termasuk *Osmotic Adjustment*, stabilitas membran sel, kandungan ABA, regulasi stomata, kandungan air daun relatif dan morfologi akar (Yu *et al.*, 2006). Namun sejauh ini belum jelas bagaimana

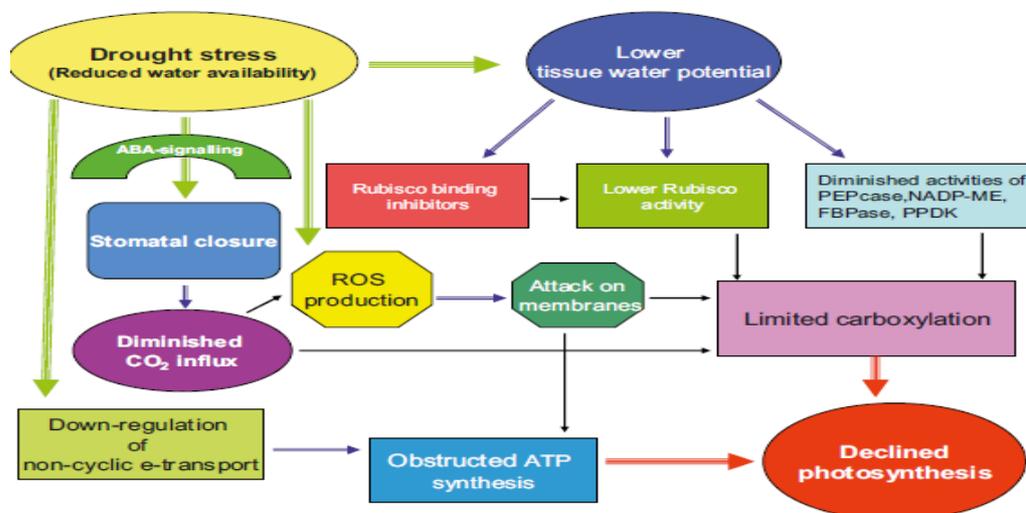
karakter-karakter tersebut terkait dengan penampilan (*performance*) dari varietas pada keseluruhan tanaman dan bagaimana fungsinya untuk mengurangi kerusakan akibat dari kekeringan dan hubungannya dengan produktivitas.

Varietas-varietas padi sawah dan padi gogo merupakan sumber bahan genetik yang dapat digunakan untuk mempelajari varietas yang memiliki karakter-karakter yang berperan dalam toleransi terhadap cekaman kekeringan. Tubur *et al.*, (2012) melaporkan beberapa varietas yang memiliki tingkat toleransi terhadap penghentian pemberian air baik padi sawah maupun padi gogo terdapat tiga kelompok yaitu varietas yang termasuk relatif toleran berdasarkan karakter morfologi yaitu Ciherang, Jatiluhur dan Way Apo Buru, selanjutnya yang termasuk moderat adalah IPB 3S dan Silugonggo dan yang termasuk kelompok yang peka adalah IR 64, Mentik Wangi dan Rokan. Varietas yang sama juga digunakan pada penelitian Supijatno *et al.*, (2012) yang melaporkan varietas Jatiluhur merupakan varietas yang paling efisien dalam konsumsi air jika dibandingkan dengan varietas IR 64. Penelitian lanjutan yang diperlukan adalah mengkaji karakter fisiologis yang penting yang berhubungan dengan tingkat toleransi terhadap cekaman kekeringan.

#### **4.2. Hubungan antara pigmen fotosintesis, fotosintesis dan ketahanan kekeringan**

Air merupakan faktor pembatas utama untuk produksi tanaman di lahan sawah tadah hujan dan lahan sawah irigasi. Cekaman kekeringan sangat tidak diinginkan dalam budidaya tanaman karena dapat menghambat pertumbuhan dan produksi tanaman. Cekaman kekeringan berpengaruh terhadap aspek pertumbuhan tanaman meliputi anatomis, morfologis, fisiologis dan biokimia tanaman (Jaleel *et al.*, 2009). Pada fase pertumbuhan vegetatif, ketersediaan air berpengaruh terhadap menurunnya kecepatan fotosintesis dan luas daun.

Tanaman yang terkena cekaman kekeringan menyebabkan potensial air daun menurun, pembentukan klorofil terganggu dan struktur kloroplas mengalami disintegrasi (Alberte *et al.* 1977). Stres kekeringan akan berdampak langsung terhadap aparatus fotosintesis, pada dasarnya mengganggu semua komponen utama fotosintesis termasuk thylakoid elektron transpor, siklus pengurangan carbon, kontrol stomata untuk mensuplay CO<sub>2</sub> yang dapat dilihat pada Gambar 3 bersamaan dengan akumulasi karbohidrat, peroxidatif penghancuran lipid dan adanya gangguan keseimbangan air.



Gambar 4.1 Fotosintesis pada kondisi cekaman kekeringan (*drought stress*), mekanisme yang mungkin terjadi yang dapat mengurangi fotosintesis pada kondisi stress kekeringan (Anjum *et al.*, 2006).

Kemampuan tanaman untuk menyesuaikan diri ke berbagai lingkungan secara langsung atau tidak langsung terkait dengan kemampuan tanaman untuk menyesuaikan diri pada level fotosintesis yang pada akhirnya mempengaruhi proses biokimia dan fisiologi dan berakibat terhadap pertumbuhan dan hasil

tanaman. Cekaman kekeringan sangat menghambat pertukaran gas pada daun tanaman, dan hal ini dapat disebabkan oleh penurunan perluasan daun dan gangguan fotosintesis, penuaan dini pada daun, oksidasi lipid kloroplas, dan perubahan struktur pigmen dan protein (Anjum *et al.* 2006)).

Klorofil adalah komponen utama kloroplas untuk fotosintesis dan kandungan klorofil relatif memiliki hubungan positif dengan laju fotosintesis. Penurunan kandungan klorofil pada kondisi stres kekeringan telah dianggap merupakan gejala khas dari stres oksidatif yang merupakan hasil pigmen foto-oksidasi dan degradasi klorofil. Pigmen fotosintesis berperan untuk memanen cahaya dan mereduksi kekuatan cahaya. Klorofil a dan b adalah pigmen yang rentan terhadap kehilangan air tanah (Farooq *et al.* 2009). Tingkat penurunan atau tidak berubahnya tingkat klorofil selama stres kekeringan sangat tergantung pada durasi dan tingkat keparahan dari kekeringan

Defisit air menginduksi pengurangan kandungan klorofil yang menyebabkan kehilangan membran kloroplas, pembengkakan yang berlebihan, distorsi dari vasiculasi lamela dan munculnya lipid (Kaiser *et al.* 1987). Kehilangan klorofil merupakan respon tanaman terhadap defisit air yang terjadi didalam sel-sel mesofil dengan sedikit kehilangan dari *bundle sheath cells*.

Tabel 4.1. Kandungan klorofil a dan rasio klorofil a/b akibat perlakuan varietas dan cekaman kekeringan

Treatment	Chlorophyll-a	Chlorophyll-a/b
<i>Drought stress</i>	----- mg.g <sup>-1</sup> FW -----	
Control	3.41 a	3.29 a
Drought stress	2.75 b	2.16 b
<i>Varieties</i>		
IR 64	3.21 a	2.56 b
Ciherang	2.78 a	2.49 b
IPB 3S	2.96 a	2.91 ab
Way Apo Buru	2.93 a	2.62 b
Jatiluhur	2.90 a	2.55 b
Menthik Wangi	2.81 a	2.50 b
Silugonggo	3.83 a	3.44 a
Rokan	3.28 a	2.74 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada faktor perlakuan yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Sumber : Maisura, *et al* (2014)

Cekaman kekeringan juga menyebabkan terjadinya penurunan kandungan klorofil a dan rasio klorofil a/b pada semua varietas. penurunan rasio klorofil a/b karena meningkatnya klorofil b. Pada kondisi cekaman yang lebih parah yaitu pada perlakuan cekaman kekeringan pada saat 3 MST sampai panen menyebabkan penurunan klorofil a yang lebih besar. Hal ini mengindikasikan cekaman kekeringan menyebabkan kehilangan yang kuat dari pusat reaksi fotosintesis. Cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya peningkatan klorofil b. varietas IR 64 dan Silugonggo memiliki kandungan klorofil b yang lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya. (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Kandungan klorofil b akibat perlakuan varietas dan cekaman kekeringan

Varietas	Cekaman kekeringan	
	kontrol	
	----- mg/g -----	
IR 64	1.14 <sup>bc</sup>	1.47 <sup>a</sup>
Ciherang	1.12 <sup>bc</sup>	1.16 <sup>bc</sup>
IPB 3S	1.06 <sup>bc</sup>	0.99 <sup>c</sup>
Way Apo Buru	1.14 <sup>bc</sup>	1.10 <sup>bc</sup>
Jatiluhur	0.97 <sup>c</sup>	1.43 <sup>a</sup>
Menthik Wangi	1.00 <sup>c</sup>	1.30 <sup>ab</sup>
Silugonggo	1.00 <sup>c</sup>	1.33 <sup>ab</sup>
Rokan	0.97 <sup>c</sup>	1.51 <sup>a</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada faktor perlakuan yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Sumber : Maisura, *et al* (2014)

### 4.3. Hubungan cekaman kekeringan dengan akumulasi prolina dan ABA

Toleransi cekaman kekeringan pada tanaman hampir selalu melibatkan akumulasi senyawa yang dapat melindungi sel dari kerusakan yang terjadi pada saat potensial air rendah. Sejalan dengan itu hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa mekanisme adaptasi tanaman untuk mengatasi cekaman kekeringan adalah dengan pengaturan potensial osmotik sel. Pada mekanisme ini terjadi sintesis dan akumulasi senyawa organik yang dapat menurunkan potensial air dalam sel tanpa membatasi fungsi enzim serta menjaga turgor sel. Beberapa senyawa yang berperan dalam penyesuaian osmotikal sel diantaranya senyawa prolina dan gula total. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ketahanan terhadap cekaman kekeringan berhubungan dengan peningkatan kandungan prolina yang berperan penting dalam menjaga pertumbuhan akar

pada potensial osmotik air yang rendah (Szabados & savoure 2009 ).

Akumulasi prolina dalam respon terhadap cekaman kekeringan telah dilaporkan pada beberapa tanaman secara *in vitro* dan secara *ex vivo* (Hanson *et al.*1979; Handa *et al.* 1986; Madan *et al.*1995; Girousse *et al.* 1996; Sopandie *et al.* 1996). Jumlah prolina yang meningkat dianggap merupakan indikasi toleransi terhadap cekaman kekeringan karena prolina berperan sebagai senyawa penyimpan N dan osmoregulator dan sebagai protektor enzim tertentu (Kim & Janick 1991;Madan *et al.*1995; Prasad & potluri 1996; Yoshida *et al.*1997). sebagai akibatnya sel, jaringan atau tanaman yang over produksi prolina dianggap mempunyai sifat toleransi terhadap cekaman kekeringan yang lebih baik.

Akumulasi prolina meningkat pada jaringan tanaman yang mengalami cekaman kekeringan disebabkan oleh : (1) aktivasi biosintesis prolina, (2) inaktivasi degradasi prolina, (3) Meningkatnya protein hidrolisis ( Yoshida *et al.* 1997). Menurunnya penggunaan prolina pada tanaman yaitu prolina disintesis melalui lintasan asam glutamin dan ornitin. Lintasan dari glutamin merupakan lintasan primer untuk biosintesis prolina dalam kondisi cekaman kekeringan (Madan *et al.*,1995;Yoshida *et al.*, 1997). Prolina disintesis dari glutamin melalui dua senyawa antara yaitu glutamin semialdehyde (GSA) dan Pyrroline-5-carboxylate (P5C). Ada dua enzim yang berperan dalam biosintesis prolina yaitu P5C synthetase pada tahap awal dan P5C reduktase (P5CR) pada step kedua. Gen yang menyandi P5CS dan P5CR telah diisolasi dari berbagai tanaman dan ekspresi dan fungsinya telah diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gen penyandi P5CS merupakan penyandi enzim yang menjadi faktor pembatas dalam biosintesis prolina pada tanaman tingkat tinggi (Hu *et al.*, 1992).

#### 4.4. Metode pengujian Toleransi kekeringan pada beberapa varietas toleran

Kadar prolina daun dianalisis setelah tanaman mengalami perlakuan penghentian pemberian air pada umur 11 MST dan 13 MST. Analisis prolina berdasarkan metode Bates *et al.* (1973). Selanjutnya analisa klorofil daun dilakukan setelah tanaman mengalami perlakuan penghentian pemberian air, analisa klorofil dilakukan pada umur 11 MST.

Kandungan karbohidrat yang dianalisa meliputi kandungan pati dan kandungan gula total. Analisis karbohidrat non struktural (pati dan gula total), dilakukan berdasarkan metode yang dimodifikasi dari Yoshida *et al.* (1976). Analisis pati dan gula dilakukan pada kedelapan varietas, pengukuran kandungan pati dan gula dilakukan pada komposit batang, pengamatan dilakukan pada saat tanaman berbunga seratus persen dan pada saat tanaman dipanen. Laju asimilasi bersih (Net Assimilation Rate) atau laju asimilasi netto adalah laju peningkatan bobot kering tanaman pada saat tertentu (t) tiap satuan luas (L), yang dinyatakan secara matematik :  $LAB = 1/L \cdot dw/dt$  atau  $LAB = (\ln L_2 - \ln L_1) / (L_2 - L_1) \times (w_2 - w_1) / (t_2 - t_1)$ . Pengamatan terhadap Laju asimilasi bersih dilakukan pada periode umur 9-12 MST pada semua perlakuan penghentian pemberian air.

Laju tumbuh relatif (Relative growth rate) menunjukkan peningkatan berat kering dalam suatu interval waktu dalam hubungannya dengan berat asal. Pengamatan terhadap laju tumbuh relatif pada umur (9-12 MST). Laju tumbuh relatif pada saat tertentu (t) adalah laju peningkatan bobot kering tanaman (W) tiap satuan bobot kering, yang dinyatakan secara matematik :

$$LTR = 1/bk \cdot bk/dt \text{ atau } LTR = LAB \times NLD$$

Ket : LTR = Laju Tumbuh Relatif    bk = berat kering berangkas  
t = waktu    LAB = Laju Asimilasi Bersih    NLD = Nisbah Luas Daun

Untuk mengetahui tingkat toleransi dari tiap varietas terhadap cekaman kekeringan maka diukur dengan nilai indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil. Pengamatan terhadap indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil diamati ketika sudah panen. Penentuan indeks toleransi kekeringan dilakukan berdasarkan perhitungan Fernandes (1992) yaitu dengan membandingkan daya hasil tiap varietas pada perlakuan kontrol dengan daya hasil tiap varietas pada tiap perlakuan cekaman kekeringan.

Persamaan Indeks toleransi kekeringan untuk daya hasil :  $\frac{(Y_s)}{(Y_n)}$

Keterangan:  $Y_s$  = Hasil gabah varietas padi yang tumbuh pada perlakuan cekaman kekeringan,  $Y_n$  = Hasil gabah varietas padi yang tumbuh pada perlakuan kontrol (tanpa cekaman kekeringan)

#### **4.5. Karakter Fisiologi Padi Toleran Kekeringan**

Pengujian terhadap karakter fisiologi pada delapan varietas terhadap cekaman kekeringan menunjukkan respon varietas yang berbeda. Perlakuan cekaman kekeringan saat 3 MST (hampir selama musim tanam) dan 6 MST sampai panen (fase pra antesis) menyebabkan terjadinya penurunan laju asimilasi bersih berkisar 42.96%-78.95%, dan laju tumbuh relatif berkisar 22.95%-69.62%. Varietas Jatiluhur dan Ciherang memperlihatkan laju asimilasi bersih yang lebih tinggi pada perlakuan cekaman kekeringan hampir selama musim tanam dibandingkan varietas lainnya.

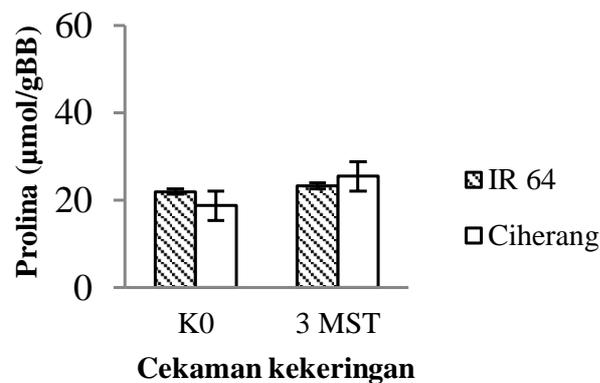
Tabel 4.3. Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap kandungan prolina umur 11 dan 13 MST

Varietas	Cekaman kekeringan saat 3 MST sampai panen		
	Akumulasi Prolina 11 MST	Akumulasi Prolina 13 MST	Penurunan relatif (%)
IR 64	41.90	23.20	44.63
Ciherang	39.80	25.38	36.23
IPB 3S	23.63	22.08	6.55
Way Apo Buru	24.50	17.35	29.18
Jatiluhur	24.07	15.11	37.22
Menthik Wangi	24.33	12.34	49.28
Silugonggo	35.63	14.24	60.03
Rokan	33.96	14.24	52.41

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada faktor perlakuan yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Sumber : Maisura, *et al* (2014)

Tabel 4.3 memperlihatkan persentase penurunan akumulasi prolina pada varietas yang peka lebih besar dibandingkan dengan varietas toleran. Hal ini mengindikasikan bahwa varietas-varietas yang toleran lebih lama mengakumulasi prolina dibandingkan dengan varietas yang peka ketika terjadi cekaman kekeringan. Gambar 4.5 memperlihatkan perbedaan mekanisme dari varietas Ciherang (toleran) dan IR 64 (peka) dalam mengakumulasikan prolina.



Gambar 4.2 Akumulasi prolina pada varietas Ciherang dan IR 64 pada umur 11 MST dan 13 MST pada dua perlakuan cekaman kekeringan

Varietas-varietas yang relatif toleran juga akan mengakumulasi gula dan pati pada bagian batang tanaman dalam konsentrasi yang tinggi pada tahap antesis. sehingga mempunyai peluang mentranslokasikan ke bagian organ lain apabila terjadi cekaman kekeringan terutama ke bagian biji serta digunakan untuk metabolisme dan pertumbuhan. Sedangkan varietas yang peka seperti pada varietas Rokan juga mengakumulasi gula yang tinggi pada bagian batang tanaman pada tahap antesis. namun cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya hambatan yang lebih besar ketika terjadi remobilisasi gula ke bagian lain tanaman terutama ke bagian biji, seperti yang dapat kita lihat pada tabel berikut:

Tabel 4.4. Akumulasi gula total pada tahap antesis dan saat panen pada 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan

Varietas	Cekaman kekeringan							
	3 MST		6 MST		9 MST		Kontrol	
<b><u>Tahap antesis</u></b>	--mg/gBK--							
IR 64	42.83	j-m	121.74	f	27.45	lm	34.54	k-m
Ciherang	183.48	c	222.52	b	121.77	f	59.66	i-k
IPB 3S	139.90	ef	117.11	fg	113.16	fg	43.75	i-k
Way Apo Buru	131.59	ef	142.27	ef	153.04	de	50.48	j-m
Jatiluhur	138.11	ef	128.52	ef	83.80	hi	54.28	j-l
Menthik Wangi	230.53	b	177.64	c	135.83	ef	71.96	h-j
Silugonggo	90.18	gh	35.75	k-m	22.92	m	26.07	lm
Rokan	289.38	a	132.34	ef	154.85	de	58.23	i-k
<b><u>Panen</u></b>	--mg/gBK--							
IR 64	54.23	cd	19.99	f	8.05	gh	9.76	f-h
Ciherang	57.84	c	15.43	f-h	9.10	f-h	11.30	f-h
IPB 3S	85.14	a	14.66	f-h	10.19	f-h	14.79	f-h
Way Apo Buru	46.99	d	12.53	f-h	8.21	gh	12.70	f-h
Jatiluhur	17.13	fg	4.74	h	7.71	gh	17.86	fg
Menthik Wangi	73.75	b	13.17	f-h	10.04	f-h	8.71	f-h
Silugonggo	54.25	cd	12.89	f-h	16.92	fg	9.64	f-h
Rokan	34.20	c	14.10	f-h	7.90	gh	7.58	g

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada faktor perlakuan yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Akumulasi pati dan selisih negatif antara kandungan pati pada saat panen dengan kandungan pati pada tahap pembungaan pada semua varietas pada perlakuan cekaman kekeringan (Tabel 4.4 dan 4.5). Hal ini diduga adanya penurunan *sink demand* pada fase akhir pengisian biji. Namun pada varietas Jatiluhur yang

diberikan cekaman pada fase vegetatif sampai panen (hampir sepanjang musim) terdapat selisih positif antara kandungan pati pada tahap pembungaan dan saat panen. Hal ini menunjukkan *sink demand* yang tinggi pada varietas Jatiluhur sampai pada akhir pengisian biji.

Tabel 4.5. Akumulasi pati pada tahap antesis dan saat panen pada 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan

Varietas	Cekaman kekeringan							
	3 MST		6 MST		9 MST		Kontrol	
<b><u>Tahap Antesis</u></b>	mg/g							
IR 64	444.82	a-f	449.39	a-e	437.94	a-g	372.77	h-k
Ciherang	403.95	d-l	405.15	e-i	408.60	d-e	387.35	e-j
IPB 3S	357.67	i-k	433.61	b-h	437.76	a-g	411.23	b-h
Way Apo Buru	472.00	ab	408.59	c-i	386.69	e-g	450.49	a-d
Jatiluhur	326.81	j-l	341.02	j-l	383.89	g-j	372.98	h-k
Menthik Wangi	496.78	a	450.75	a-d	442.88	a-f	470.37	a-d
Silugonggo	353.58	i-k	453.50	a-d	424.36	b-h	456.21	a-d
Rokan	354.05	i-k	319.56	Kl	292.65	l	448.39	a-e
<b><u>Panen</u></b>	mg/g							
IR 64	337.33	d-j	287.27	h-l	373.24	c-e	426.80	abc
Ciherang	274.65	j-l	285.27	i-l	356.63	d-h	303.21	f-k
IPB 3S	349.80	de	336.10	d-j	345.85	d-i	336.04	d-j
Way ApoBuru	450.39	ab	393.55	b-e	365.25	c-g	344.97	d-e
Jatiluhur	340.44	d-j	261.59	k-l	249.77	l	324.48	g-k
Menthik Wangi	397.70	a-d	363.25	c-g	266.24	kl	315.75	f-k
Silugonggo	296.89	g-k	347.00	d-i	347.10	d-i	445.60	ab
Rokan	328.31	d-k	320.46	f-k	354.43	d-i	459.81	a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada waktu pengamatan yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Sumber : Maisura *et al.*, (2013)

Tabel 4.6. Rata-rata selisih kandungan pati pada tahap antesis dan saat panen 8 varietas pada beberapa cekaman kekeringan

Varietas	Cekaman kekeringan			
	3 MST	6 MST	9 MST	Kontrol
IR 64	-107.49	-162.12	-64.70	54.03*
Ciherang	-129.30	-119.88	-51.97	-84.14
IPB 3S	-7.87	-97.51	-91.91	-75.19
Way Apo Buru	-21.61	-15.04	-21.44	-105.52
Jatiluhur	13.63*	-79.43	-134.12	-48.50
Menthik Wangi	-99.08	-87.50	-176.64	-154.62
Silugonggo	-56.69	-106.50	-77.26	-10.61
Rokan	-25.69	0.90*	61.78*	11.42*

\*selisih positif

Sumber : Maisura *et al.*, (2013)

Tabel 4.7. Korelasi antara karakter fisiologi dan karakter agronomi

Karakter fisiologi	Tinggi Tanaman	Indeks luas daun	Umur berbunga	Jumlah gabah hampa	Bobot gabah per rumpun	Indeks toleransi kekeringan
Akumulasi prolina 11 MST	-0.45*	-0.49*	-0.42*	-0.21	-0.18	-0.11
Akumulasi prolina 13 MST	-0.46*	-0.51*	-0.23	-0.35	-0.46*	-0.26
Kandungan gula tahap pembungaan	-0.15	-0.02	0.66**	0.12	-0.42*	-0.35*
Kandungan gula saat panen	-0.42*	-0.48*	0.16	-0.28	-0.76**	-0.79**
Penurunan kandungan gula	-0.02	-0.18	0.65**	0.21	-0.19	-0.10
Kandungan pati tahap pembungaan	-0.30	-0.26	-0.33*	-0.43*	0.17	0.13
Kandungan pati saat panen	-0.15	0.13	-0.03	-0.17	0.10	0.12
Laju asimilasi bersih	0.45*	0.46*	-0.24	0.26	0.64**	0.80**
Laju tumbuh relatif	0.42*	0.43*	-0.16	0.21	0.50*	0.67**
Indeks toleransi Kekeringan	0.44*	0.54*	-0.15	0.15	0.88**	

Keterangan : \*= nyata. \*\*= sangat nyata

Cekaman kekeringan secara umum berdampak negatif terhadap pertumbuhan padi. Akibat dari cekaman kekeringan menyebabkan komponen pertumbuhan vegetatif seperti tinggi tanaman, luas daun dan pertumbuhan reproduktif seperti umur berbunga, jumlah anakan produktif dan bobot gabah menurun dibandingkan dengan pertumbuhan pada kondisi optimum. Cekaman kekeringan sejak awal fase vegetatif sangat menghambat pertumbuhan tinggi tanaman, hal ini disebabkan karena pembelahan sel meristematik yang terhambat (Hossain 2001). Samaullah dan Darajat (2001) menyatakan bahwa terbatasnya suplai air dapat menekan pertumbuhan tinggi tanaman antara 10-25 cm pada lingkungan tumbuh tercekam kekeringan. Kumar *et al.* (2009) melaporkan bahwa pada kondisi kekeringan parah penurunan tinggi tanaman pada galur-galur toleran 6-12 cm sedangkan galur-galur peka berkisar 16-27cm. Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan tinggi tanaman pada varietas IR 64 (peka) mencapai 27.1 cm akibat cekaman kekeringan.

Cekaman kekeringan yang diberikan sejak fase vegetatif sampai panen juga menyebabkan terjadinya penundaan pembungaan pada beberapa varietas yaitu IPB 3S, Jatiluhur, Mentik Wangi dan Rokan. Umur berbunga juga sangat berhubungan dengan efisiensi terhadap pemanfaatan sumber daya air dan hara, karena fase pertumbuhan vegetatif menjadi lebih lama. Umur berbunga yang lebih singkat umumnya memiliki daya adaptasi yang baik terhadap kekeringan dengan lebih mempercepat waktu pematangan gabah. Kumar *et al.*, (2009) menyatakan bahwa pada kondisi kekeringan parah galur toleran menunda pembungaan hanya 2 hari dibanding galur peka yang dapat menunda pembungaan  $\geq 10$  hari. Varietas Mentik Wangi (peka) terjadi penundaan pembungaan mencapai 10 hari lebih lama. Penundaan pembungaan disebabkan oleh terlambatnya inisiasi malai yang disebabkan oleh tidak tersedia air yang cukup selama fase vegetatif.

Penundaan pembungaan juga berimplikasi terhadap jumlah anakan produktif. Penghentian pemberian air pada awal vegetatif

sampai panen dan pada fase pra anthesis sampai panen menyebabkan terjadinya penurunan jumlah anakan produktif. Penurunan jumlah anakan produktif berimplikasi terhadap penurunan bobot gabah per rumpun. Penurunan bobot gabah yang sangat drastis dengan rata-rata penurunan relatif mencapai 79.70% terjadi pada varietas Menthik Wangi (peka), akibat cekaman kekeringan yang diberikan sejak awal fase vegetatif (3 MST) sampai panen atau pada perlakuan cekaman hampir sepanjang musim.

Padi merupakan tanaman yang sangat peka terhadap kekurangan air pada fase reproduktif, kekurangan air akan menyebabkan penurunan yang tinggi pada hasil gabah. Penurunan hasil gabah disebabkan karena berkurangnya malai yang terbentuk dan tingginya sterilitas (Pirdashti *et al.*, 2004; Fukai dan Lilley, 1994). Liu *et al.*, (2006) melaporkan cekaman air dapat menggagalkan polen untuk menyerbuk sampai 67 persen dari total gabah per malai. Saat terjadi penyerbukan, polen mencapai mikروفil pada ovul lebih lama 1 – 8 hari. Polen tidak dapat keluar pada permukaan bunga karena bunga gagal membuka akibat cekaman kekeringan.

Praba *et al.*, (2009) menyatakan bahwa padi sangat peka terhadap cekaman kekeringan yang terjadi tak lama setelah *heading*. Kekeringan dalam waktu singkat yang bertepatan dengan fase pembungaan menyebabkan penurunan produksi gabah dan indeks panen secara drastis dibanding kontrol (Hijmans dan Serraj 2008). Cekaman kekeringan pada fase reproduktif menghambat eksersi malai dan pecahnya anter (Praba *et al.*, 2009), karena menurunnya pemanjangan pangkal malai yang menyebabkan sterilitas gabah yang ada di dalam pelepah daun, sehingga hasil gabah menurun (Ji *et al.*, 2005). Cekaman kekeringan yang diberikan pada saat pembungaan akan menyebabkan penurunan gabah isi hingga 80 persen (Liu *et al.*, 2006). Varietas Jatiluhur memperlihatkan bobot gabah per rumpun pada perlakuan cekaman kekeringan pada fase vegetatif sampai panen tidak berbeda nyata

dengan perlakuan cekaman kekeringan yang diberikan pada fase pra antesis sampai panen. Hal ini menunjukkan varietas yang toleran, apabila terjadi cekaman kekeringan penurunan hasilnya yang lebih kecil dan stabil.

Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan bobot gabah per rumpun dan diikuti meningkatnya jumlah gabah hampa per rumpun pada semua posisi malai. Hasil penelitian menunjukkan pada perlakuan cekaman kekeringan pra antesis dan pasca antesis sampai panen menyebabkan tingginya jumlah gabah hampa. hal ini disebabkan cekaman kekeringan terjadi pada saat pengisian biji. sehingga banyaknya jumlah gabah yang telah terbentuk (*sink size*) tidak mampu diimbangi oleh sumber yang tersedia (*source size*) dan mengakibatkan meningkatnya jumlah gabah hampa. Proses pengisian biji ditentukan oleh sumber (*source*) dalam mendukung limbung (*sink*). Sumber yang terbatas dalam mendukung limbung karena akumulasi fotosintat yang rendah atau proses penuaan yang lebih cepat akan meningkatkan persentase gabah hampa. Abdullah *et al.*, (2008) melaporkan bahwa salah satu penyebab kehampaan adalah tidak seimbangnya antara limbung (*sink*) yang besar dan sumber (*source*) yang sedikit. Lebih lanjut dijelaskan suatu galur yang mempunyai jumlah gabah per malai banyak. tetapi sumber kurang mendukung. seperti daun lebar. tipis. mendatar. cepat menua dan berumur genjah. menyebabkan hasil asimilat rendah dan tidak mencukupi untuk mendukung pengisian gabah. mengakibatkan kehampaan tinggi.

Menurut hasil penelitian Lubis *et al.*, (2003) yang menguji beberapa kultivar padi terhadap kontribusi ukuran *sink* dan *source* terhadap hasil (yield). hasil antar kultivar lebih berkorelasi positif dengan ukuran *source* daripada dengan ukuran *sink*. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan varietas Rokan memiliki jumlah gabah hampa tertinggi pada berbagai posisi malai (pangkal malai. ujung malai. cabang primer dan cabang sekunder). selanjutnya varietas Rokan juga memiliki jumlah gabah total per rumpun tertinggi, namun karena adanya cekaman kekeringan dan

kondisi lingkungan yang tidak optimum jumlah gabah yang tinggi (*sink*) tersebut tidak diimbangi dengan pengisian biji yang tinggi sehingga banyak gabah yang tidak terisi pada berbagai posisi malai. hal ini menunjukkan tidak seimbangya antara *source* dan *sink*.

Jumlah gabah per malai yang tinggi pada tanaman padi juga menyebabkan tingginya kehampaan (Abdullah, 2009). Varietas Rokan yang merupakan varietas hibrida yang secara genetik memiliki jumlah gabah per rumpun yang tinggi memiliki jumlah gabah hampa yang juga tinggi. Tingginya kehampaan dikarenakan varietas hibrida memerlukan kondisi yang optimum untuk pertumbuhannya dan tidak tahan terhadap kondisi cekaman kekeringan dibandingkan varietas lainnya. Berdasarkan pola pengisian gabah varietas yang toleran kekeringan dapat dihasilkan dengan memilih varietas yang mempunyai gabah pada pangkal malai dan cabang sekunder yang banyak terisi. Varietas yang toleran juga bisa dilihat dari varietas yang memiliki jumlah gabah yang sedikit pada pangkal malai dan cabang sekunder sehingga pengisian gabah akan lebih banyak pada ujung malai dan cabang sekunder.

Menurunnya bobot gabah per rumpun dan meningkatnya gabah hampa berpengaruh terhadap indeks panen. semakin lama cekaman kekeringan yang diberikan maka semakin rendah indeks panen. varietas Jatiluhur memiliki indeks panen yang paling tinggi. Varietas yang memiliki indeks panen dan bobot gabah yang tinggi berimplikasi terhadap indeks toleransi kekeringan yang tinggi. Varietas Jatiluhur, Ciherang dan Way Apo Buru memiliki bobot gabah per rumpun yang lebih tinggi dan memiliki nilai indeks toleransi terhadap cekaman kekeringan yang lebih tinggi dibandingkan varietas lain pada perlakuan cekaman kekeringan yang dimulai pada fase vegetatif sampai panen atau mengalami cekaman kekeringan hampir sepanjang musim.

Pengujian terhadap karakter fisiologi pada delapan varietas terhadap cekaman kekeringan menunjukkan respon varietas yang berbeda. Pelakuan cekaman kekeringan saat 3 MST (hampir selama

musim tanam) dan 6 MST sampai panen (fase pra antesis) menyebabkan terjadinya penurunan laju asimilasi bersih berkisar 42.96%-78.95%. dan laju tumbuh relatif berkisar 22.95%-69.62%. Varietas Jatiluhur dan Ciherang memperlihatkan laju asimilasi bersih yang lebih tinggi pada perlakuan cekaman kekeringan hampir selama musim tanam dibandingkan varietas lainnya.

Laju asimilasi bersih berasosiasi dengan luas daun dan bahan kering yang dihasilkan dari periode tertentu. Terhambatnya perluasan daun akan berdampak pada menurunnya kapasitas dari daun untuk menyerap cahaya. Cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya penurunan kandungan klorofil a dan rasio klorofil a/b. sebaliknya terjadi peningkatan klorofil b. Hasil penelitian yang sama yang dilakukan pada 2 galur tanaman okra. cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya peningkatan kandungan klorofil b (Jaleel *et al.*, 2009). Beberapa hasil penelitian menunjukkan klorofil a dan klorofil b sangat rentan terhadap dehidrasi tanah (Farooq *et al.*, 2009). Klorofil merupakan komponen utama kloroplas untuk fotosintesis dan kandungan klorofil relatif berhubungan dengan fotosintesis. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan kandungan klorofil a pada kondisi cekaman kekeringan yang merupakan suatu gejala cekaman oksidatif yang disebabkan oleh pigmen fotooksidasi dan terjadinya degradasi klorofil (Verma *et al.*, 2004; Farooq *et al.*, 2009). Anjum *et al.* (2003) dan Farooq *et al.*, (2009) melaporkan perlakuan cekaman kekeringan pada beberapa spesies tanaman menyebabkan perubahan pada rasio klorofil a/b dan carotenoid. Rasio klorofil a/b tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol. selanjutnya besarnya rasio klorofil a/b sangat tergantung pada klorofil a dan klorofil b.

Penurunan kandungan klorofil a menyebabkan kemampuan dalam reaksi merubah energi radiasi cahaya semakin menurun sehingga fotosintesis akan terhambat. Klorofil a dan b berperan dalam proses fotosintesis tanaman. Klorofil b berfungsi sebagai antena fotosintetik yang mengumpulkan cahaya. Hasil penelitian

terhadap pengaruh naungan juga menunjukkan terjadinya peningkatan klorofil b akibat naungan dan terjadinya penurunan rasio klorofil a/b (Hidema *et al.*, 1992). hal ini berkaitan dengan peningkatan protein klorofil a/b pada LHC II (*light Harvesting Complex*). Membesarnya antenna untuk fotosistem II ini akan mempertinggi efisiensi pemanenan cahaya. Klorofil b berfungsi sebagai antenna yang mengumpulkan cahaya untuk kemudian ditransfer ke pusat reaksi. Pusat reaksi tersusun dari klorofil a. Energi cahaya akan diubah menjadi energi kimia di pusat reaksi yang kemudian dapat digunakan untuk proses reduksi dalam fotosintesis (Taiz dan Zeiger, 1991). Hasil penelitian menunjukkan varietas IR 64 dan Silugonggo memiliki kandungan klorofil b yang lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya.

Diantara karakter fisiologi yang terkait langsung dengan toleransi terhadap cekaman kekeringan yaitu terjadinya peningkatan akumulasi prolina dan meningkatnya akumulasi gula total saat terjadi cekaman kekeringan. Menurut Yue *et al.*, (2006) mekanisme toleransi melalui penyesuaian osmotik (*Osmotic Adjustment*) yaitu salah satu dengan meningkatnya akumulasi solut diantaranya adalah akumulasi prolina dan gula total. Hasil penelitian ini menunjukkan analisa prolina yang dilakukan pada umur 11 MST dan 13 MST memperlihatkan adanya varietas-varietas yang mengakumulasikan prolina dalam waktu yang lebih lama. Widyasari dan Sugiyarta (1997) menyatakan dalam keadaan normal, prolina yang dihasilkan bersifat umpan balik dan karena kehadiran air, prolina akan dioksidasi kembali menjadi asam glutamat. Oleh karena itu dalam kondisi normal konsentrasi prolina akan selalu rendah. Pada kondisi cekaman kekeringan oksidasi prolina akan dihambat sehingga produksi prolina akan bertambah. Beberapa varietas yang mengakumulasikan prolina yang lebih lama yaitu pada varietas toleran (Ciherang, Jatiluhur dan Way Apo Buru) pada perlakuan cekaman kekeringan saat fase vegetatif sampai panen. Sejalan dengan yang dilaporkan Yang *et al.*, (1995) dan Saruhan *et al.*, (2006) yang menyatakan varietas-varietas yang

toleran mengakumulasikan prolina dalam waktu yang lebih lama dibandingkan dengan varietas peka.

Selain meningkatnya akumulasi prolina sebagai mekanisme dalam menghadapi cekaman kekeringan, akumulasi gula dan pati (karbohidrat non struktural) juga berkaitan dengan mekanisme tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan. Akumulasi gula dan pati pada saat pra antesis dan remobilisasi gula setelah antesis merupakan faktor penting. Varietas toleran (Ciherang, Jatiluhur dan Way Apo Buru) mengalami peningkatan akumulasi gula total mencapai 2-4 kali lebih tinggi pada saat terjadi cekaman kekeringan dibanding kontrol. Peningkatan akumulasi gula total merupakan salah satu mekanisme tanaman yang toleran dalam menghadapi kondisi cekaman kekeringan. Pada kondisi kekurangan air, akumulasi dari gula total meningkat pada bagian-bagian tertentu terutama pada bagian batang (Hu *et al.*, 2006). Akumulasi gula total pada bagian organ varietas yang toleran lebih efektif karena stabilitas membran yang lebih tinggi dan kehilangan air yang lebih rendah dibandingkan dengan varietas yang peka (Valentovic *et al.*, 2006).

Cekaman kekeringan akan menyebabkan meningkatnya enzim  $\alpha$ -amilase sehingga menghidrolisis pati dengan cepat dan meningkatnya remobilisasi karbon didalam batang tanaman padi. Pati yang disimpan dibagian batang berperan sebagai buffer untuk menjaga laju pengisian biji. khususnya ketika fotosintesis terganggu karena kekeringan. Mc Dowell dan Sovanto (2010) melaporkan cekaman kekeringan akan menghambat transpor karbohidrat dan pemanfaatan karbohidrat serta menghambat mobilisasi. Apabila terjadi cekaman kekeringan yang lebih parah yang mencapai titik kritis maka akan terjadi kematian.

kandungan pati pada bagian batang pada tahap antesis tidak dipengaruhi oleh perlakuan cekaman kekeringan baik cekaman kekeringan yang diberikan hampir sepanjang musim tanam. cekaman kekeringan pada fase pra antesis dan cekaman kekeringan setelah antesis, namun adanya respon yang berbeda diantara

varietas. Hal ini mengindikasikan ketersediaan karbohidrat non struktural (*source*) yang cukup pada bagian batang namun tidak dapat dimanfaatkan akibat dari terhambatnya realokasi pati kebagian biji yang disebabkan oleh kekurangan air. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa apabila varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan memiliki kemampuan mensintesis dan menyimpan karbohidrat terlarut dalam batang dengan konsentrasi yang tinggi pada fase antesis maka akan cenderung dapat meningkatkan hasil biji (Gupta, 2010). Varietas toleran (Jatiluhur) pada perlakuan penghentian pemberian air saat 3 MST atau sejak awal fase vegetatif sampai panen terdapat selisih positif antara kandungan pati pada tahap antesis dan saat panen. Hal ini menunjukkan *sink demand* yang tinggi pada varietas Jatiluhur sampai pada akhir pengisian biji.

Berdasarkan analisa korelasi (Tabel 4.7) terlihat indeks toleransi kekeringan berkorelasi dengan indeks luas daun, laju asimilasi bersih, laju tumbuh relatif, bobot gabah per rumpun dan berkorelasi negatif dengan akumulasi gula baik pada tahap pembungaan maupun pada saat panen. Hal ini menunjukkan peubah indeks luas daun, laju asimilasi bersih, laju tumbuh relatif dan bobot gabah per rumpun memberikan kontribusi dalam penentuan tingkat toleransi varietas terhadap kekeringan. Bobot gabah per rumpun berkorelasi negatif nyata dengan kandungan prolina dan akumulasi gula total baik pada tahap antesis maupun saat panen. Hal ini menunjukkan meningkatnya akumulasi solut (prolin dan gula total) merupakan suatu mekanisme tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan. selanjutnya prolin dan gula total berperan dalam menjaga tekanan osmotik (*osmotic adjustment*).

*Osmotic adjustment* meningkatkan ketahanan kekeringan dengan pemeliharaan turgor tanaman, tetapi peningkatan konsentrasi solut dalam sel tanaman membutuhkan energi yang cukup banyak dikeluarkan tanaman. Menurut Fukai dan cooper (1995) dijelaskan sebagai sumber N bagi pembentukan prolina terutama dari hasil degradasi protein daun. Bohnert dan Jensen

(1996) menyatakan bahwa akumulasi prolin dapat berfungsi sebagai *osmotic adjustment* dan menyimpan karbon dan nitrogen. ketika terjadi cekaman kekeringan menyebabkan pertumbuhan menjadi lebih lambat. Pertumbuhan yang lambat berimplikasi terhadap hasil (*yield*) yang lebih rendah.

## KESIMPULAN

1. Cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya perubahan pada karakter agronomi dan fisiologi yaitu terhambatnya pertumbuhan tinggi tanaman, menurunnya luas daun dan indeks luas daun, tertundanya pembungaan, menurunnya persentase anakan produktif per rumpun, menurunnya bobot gabah per rumpun dan meningkatnya sebaran gabah hampa. Perubahan terhadap karakter fisiologi yaitu menurunnya kandungan klorofil a, rasio klorofil a/b, kandungan pati saat pembungaan dan saat panen serta terjadinya penurunan laju asimilasi bersih dan laju tumbuh relatif, sebaliknya cekaman kekeringan meningkatkan akumulasi prolina pada umur 11 MST, 13 MST, akumulasi gula total pada tahap pembungaan dan saat panen serta meningkatnya klorofil b.
2. Varietas toleran (Ciherang, Jatiluhur dan Way Apo Buru) mengakumulasikan prolina dalam waktu yang lebih lama ketika terjadi cekaman kekeringan.
3. Penurunan bobot gabah per rumpun yang relatif kecil, memiliki indeks toleransi kekeringan yang tinggi, lamanya akumulasi prolina dan meningkatnya akumulasi gula total pada fase pembungaan, selama cekaman kekeringan merupakan karakter fisiologi yang berperan penting dalam toleransi terhadap cekaman kekeringan pada sistem sawah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah B, Dewi IS, Sularjo, Safitri H, Lestari AP. 2008. Perakitan padi tipe baru melalui seleksi silang berulang dan kultur anter. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 27:1-8.
- Alberte RS, Thornber JP, Fiscus EL. 1977. Water stress effects on the content and organization of chlorophyll and bundle sheath chloroplast of maize. *Plant Physiol*. 59:351-352.
- Anjum F, Yaseen M, Rasul E, Wahid A, Anjum S. 2003. Water stress in barley (*Hordeum vulgare* L.) effect on chemical composition and chlorophyll contents. *Agric Sci*. 40: 45–49
- Dingkuhn M, Cruz RT, O'Toole JC, Turner NC, Doerffling K. 1991. Responses of seven diverse rice cultivars to water deficits : accumulation of abscisic acid.
- Farooq MA, Wahid N, Kobayashi D, Fujita, Basra MA. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron Sustain Dev*. 29: 185–212.
- Fukai S, Cooper M, 1995. Review Development of drought-resistant Kultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Res*. 40: 67-86.
- Fukai S, Lilley JM. 1994. Effects of timing and severity of water deficit on four diverse rice cultivars. *Field Crop Res*. 37: 225-234.
- Girousse CR, Bournovill, Bonemain JL. 1996. Water deficit induced changes in concentration in proline and some other amino acid in floem sap of alfalfa. *Plant Physiol*. 1: 109-113.

- Gupta PC, O'Toole JC. 1986. Upland Rice Global Perspective. IRRI. Philippines. 200p.
- Hijmans RJ, Serraj R. 2008. Modeling spatial and temporal variation of drought in rice production. In: Serraj R, Bennet J, Hardy B, editor. Drought Frontiers in Rice: Crop Improvement for Increased Rainfed Production. World Scientific. IRRI. hlm 19-31.
- Hossain MA. 2001. Growth and yield performance of some boro rice cultivars under different soil moisture regimes. (Thesis). Dep. Crop Bot. Bangladesh Agric. Univ. Mymensingh.
- Hamim, Sopandie D, Yusuf M. 1996. Beberapa karakteristik morfologi dan fisiologi kedelai toleran dan peka terhadap cekaman kekeringan. Hayati. 3: 30-34.
- Handa AK, Bressan RA, Handa S, Hasegawa PM. (1982). Characteristics of cultured tomato cells after prolonged exposure to medium containing polyethylene glycol. Plant Physiol. 69:514–521.
- Hidema J, Makino A, Kurita Y, Mae T, Ohjima K. 1992. Changes in the level of chlorophyll and light-harvesting chlorophyll a/b protein of PS II in rice leaves agent under different irradiances from full expansion through senescence. Plant Cell Physiol. 33 :1209-1214.
- Hu CA, AJ Pelauney, DP Verma. 1992. A Bifunntional Enzyme ( $\delta^1$ Pyrroline-5-carboxylate synthetase catalyzes the first two step in prolin biosynthesis in plants. Departement of molekuler genetic and Biotechnology. in-vitro selected Nacl tolerant Brassica juncea L under salt stress. Ann and Bot. 76:51-57.
- Jaleel JA, Manivannan P, Wahid A, Farooq M, Somasundaram R, Panneerselvam R. 2009. Drought stress in plants: a review on

- morphological characteristics and pigments composition. *Agric Biol.* 11: 100–105.
- Ji XM, Raveendran M, Oane R, Ismail A, Lafitte R, Bruskiwich, Cheng SH, Bennett J. 2005. Tissue-specific expression and drought responsiveness of cell wall invertase gene of rice at flowering. *Plant Mol Biol.* 59:945-964.
- Kaiser. W.M. 1987. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. *Plant. Physiol.* 7:142-149.
- Kumar A et al. 2009. Yield and yield-attributing traits of rice (*Oryza sativa* L.) under lowland drought and suitability of early vigor as a selection criterion. *Field Crops Res.* 114:99-107.
- Kim YH, Janick J. 1991. Absisic acid and prolin improve desiccation tolerance and increase fatty acid content of celery somatic embryonic. *Plant Cell Tissue and Organ culture.* 24 :83-89.
- Lubis I, Shiraiwa T, Ohnishi M, Horie T, Inoue N. 2003. Contribution of sink and source sizes to yield variation among rice cultivars. *Plant Prod Sci.* 6 :119-125.
- Liu JX et al. 2006. Genetic variation in the sensitivity of anther dehiscence to drought stress in rice. *Field Crops Res.* 97:87-100.
- Madan S, Naianwatee HS, Jaim RK, Chawdury JB. 1995. Prolin and proline metabolishing enzymes in
- Munns R, Brady J, Barlow EW. 1979. Solute accumulation in the apex and leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.) water stress. *Plant Physiol.* 3: 379-390.
- Maestri M, Da Matta FM, Regazzi AJ, Barros RS. 1995. Accumulation of proline and quaternary ammonium

- compounds in mature leaves of water stressed coffee plants (*Coffea arabica* and *C. canephora*). Hort Sci. 70:229-233.
- Maisura, Chozin M.A, Lubis I, Junaedi A, Ehara H. 2014. Some physiological character responses of rice under drought conditions in a paddy system. J. ISSAAS.20 (1):104-114.
- McDowell NG, Sevanto S. 2010. The mechanisms of carbon starvation: how, when, or does it even occur at all? New Phytol. 186: 264–266.
- Prasad PS, Singh PM, Yadav RK. 2012. Chemical changes in rice varieties under drought stress condition. Plant archive. 12 : 63-66.
- Pirdashti H, Tahmasebi SZ, Nematza DG. 2004. Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of different rice cultivars. 4 th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
- Praba ML, Cairns JE, Babu RC, Lafitte HR. 2009. Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in rice and wheat. Agron and Crop Sci. 195: 30–46.
- Samaullah MY, Darajat AA. 2001. Toleransi beberapa genotipe padi gogo terhadap cekaman kekeringan. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 20 : 17-23.
- Saruhan N, Terzi R, Kadioglu K. 2006. The effects of exogenous polyamines on some biochemical changes during drought *Ctenanthe setosa*. Acta. Biol. Hungarica. 57: 221-229.
- Sopandie D. 2006. Perspektif fisiologi dalam pengembangan tanaman pangan di lahan kering. Orasi Ilmiah Guru Besar Tetap Fisiologi Tanaman. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.

- Supijatno, Sopandie D, Chozin MA, Trikoesoemaningtyas, Junaedi A, Lubis I. 2012. Water consumption, evaluation among rice genotypes showing
- Szabados L, Savoure A. 2009. Proline: a multifunctional amino acid. *Plant Sci.* 15:89-97.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant physiology.* The Benjamin Cummings Pub.Co.Inc. California.
- Tubur HW, Chozin MA, Santosa E, Junaedi A. 2012. Rice genotypes responses to drought periods in lowland rice system. *J Agron Indonesia.* 40:169-175.
- Yu L, Ray JD, O'Toole JC , Nguyen HT. 1995. Use of wax petrolatum layers for screening rice root penetration. *Crop Sci.* 35: 684- 686.
- Yang J, Zhang J, Wang Z, Zhu Q, Wang W. 2001. Hormonal changes in the grains of rice subjected to water stress during grain filling. *Plant Physiol.* 127: 315-323.
- Yang J, Zhang J, Wang Z, Zhu Q, Liu L. 2003. Involvement of abscisic acid and cytokinins in the senescence and remobilization of carbon reserves in wheat subjected to water stress during grain filling. *Plant Cell Env.* 26:1621-1631'
- Yoshida S, Forno DA, Cock JH, Gomez KA. 1976. *Laboratory manual for physiological studies on rice.* IRR1. Los Banos, Philippines. 66 p.
- Valentovič P, Luxová M, Kolarovič L, Gašparíková O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environ.* 52: 186–191

Widyasari WB, Sugiyarta E. 1997. Akumulasi prolina dalam jaringan daun varietas tebu tahan kering. *Majalah Penelitian Gula*. 33: 1-10.

## V. KARAKTER PERAKARAN PADI TOLERAN KEKERINGAN PADA SISTEM SAWAH

### 5.1. Pendahuluan

Kekeringan merupakan stress abiotik utama yang mempengaruhi 20 persen total pertumbuhan padi di Asia (Pandey dan Bhandari, 2008). Akar merupakan organ tanaman yang berfungsi untuk menyerap hara dan air. Pengetahuan mengenai interaksi antara fungsi akar dan kekeringan sangatlah penting karena sangat berhubungan dengan produksi padi yang berdampak terhadap keamanan pangan global. Tanaman menggunakan mekanisme yang berbeda dalam melindungi dirinya dari cekaman kekeringan melalui *drought escape*, *drought avoidance*, *drought tolerance* dan *drought recovery* (O'Toole, 1982). Dari keempat mekanisme tersebut, *drought avoidance* adalah cara yang mungkin dilakukan untuk resisten terhadap kekeringan melalui peran akar.

Akar berperan penting dalam adaptasi khususnya untuk kondisi kekeringan. Salah satu bentuk adaptasi akar terhadap kekeringan adalah dengan pemanjangan dan perluasan akar (Fukai dan Cooper, 1995; Serraj *et al.*, 2004) yang meliputi ketebalan akar serta peningkatan densitas akar (Siopongco *et al.* 2005) yang merupakan hasil dari plastisitas dalam perkembangan akar lateral (Komoshita *et al.*, 2000; Sing *et al.*, 2000).

Karakter perakaran menjadi penting pada kondisi kekeringan dimana kemampuan akar untuk menembus tanah yang padat untuk meningkatkan ekstraksi air pada zona yang lebih dalam, penyesuaian osmotik (*osmotic adjustment*), dan toleransi *dehidrasi* daun tanaman. Sistem perakaran yang dalam, kasar dan memiliki kemampuan yang tinggi dalam membentuk percabangan akar dan penetrasi, tingginya rasio akar tajuk, adalah komponen dari sifat perakaran yang penting yang berhubungan dengan *drought avoidance* (Yamauchi *et al.*, 1996; Samson *et al.*, 2002).

Sebaliknya pada kondisi tergenang akar padi memiliki kemampuan untuk membentuk sel-sel aerenchym. Hal ini menjadi penting tidak hanya untuk adaptasi terhadap defisiensi oksigen tetapi juga untuk menjaga perpanjangan akar dan juga untuk menjaga kondisi kehilangan air yang sering terjadi secara progresif. Meningkatnya sel-sel aerenchym dapat memfasilitasi difusi oksigen ke akar pada saat kondisi O<sub>2</sub> rendah (Suralta dan Yamauchi, 2008).

Sistem perakaran padi sawah memiliki keunikan terhadap respon morfologi dan fisiologi terhadap kekeringan, karena biasanya beradaptasi pada kondisi tergenang. Karakter akar padi yang memfasilitasi pertumbuhan pada kondisi tergenang yang dapat mempengaruhi respon padi terhadap kekeringan, namun karakteristik akar pada kondisi cekaman kekeringan pada sistem sawah secara struktural dan fungsional pada sistem sawah belum banyak diketahui. Hal tersebut mendasari penelitian yang berkaitan dengan akar untuk memahami mekanisme tanaman terhadap cekaman kekeringan terutama berkaitan dengan sistem perakaran pada sistem sawah.

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakter perakaran padi toleran kekeringan pada sistem sawah dan mempelajari mekanisme toleransi varietas padi toleran kekeringan.

## **5.2. Hubungan Sistem Perakaran dengan Ketahanan Kekeringan**

Sistem perakaran padi terdiri dari akar seminal, akar mesokotil dan akar adventif. Akar seminal muncul dari benih yang dikecambahkan, yang diikuti oleh pertumbuhan akar adventif (Morita dan Yamazaki, 1993). Akar adventif dihasilkan secara akropetal di antara batang utama dan anakan, mengikuti pola perkembangan daun. Akar seminal dan akar adventif disebut akar primer. Berbeda dengan sistem perakaran tanaman dikotil, akar tanaman padi tidak memiliki pertumbuhan sekunder. Akar

mesokotil akan tumbuh bila benih/biji padi dikecambahkan dalam keadaan gelap. Akar mesokotil juga akan tumbuh bila benih ditanam terlalu dalam.

Perakaran padi didistribusikan lebih banyak ke arah horisontal. Hal ini menunjukkan bahwa akar padi dicirikan dengan sistem perakaran yang dangkal dan padat dibandingkan dengan tanaman sereal lainya (Morita dan Yamazaki, 1993). Pada kondisi tertentu, akar padi melakukan adaptasi untuk dapat mempertahankan keadaan tajuk agar tetap dalam keadaan normal. Sistem perakaran padi berbeda menurut jenis dan varietasnya. Padi sawah memiliki lebih banyak akar yang didistribusikan di lapisan permukaan tanah, sedangkan padi lahan kering memiliki kerapatan akar yang lebih besar pada lapisan tanah yang lebih dalam (Yoshida dan Hasegawa, 1982). Distribusi akar padi sawah 90% berada pada kedalaman 20 cm, sedangkan padi gogo pada kedalaman 40 cm. Keadaan ini berkaitan dengan ketersediaan air (kelembaban) pada areal pertanaman. Niitsuma (1993) menyatakan pertumbuhan akar padi gogo tergantung pada kelembaban tanah di sekitar perakaran.

Pada kondisi terendam air (lembab), akar padi pertama kali tumbuh secara horisontal dan diikuti oleh perpanjangan secara vertikal sedangkan pada kondisi kering akar terbentuk pertama kali secara memanjang, kemudian diikuti oleh pertumbuhan horisontal. Panjang akar efektif untuk padi gogo 60 cm, dua kali panjang akar efektif padi sawah (Yoshida & Hasegawa 1982), yang dicapai setelah tanaman padi memasuki fase pembungaan (Suardi dan Haryono, 1994). Penyebaran akar dipengaruhi oleh porositas tanah. Tingkat kemampuan pertumbuhan akar akan berkurang dari tanah liat lempung berdebu, lempung berpasir, debu, pasir, lempung, liat berlempung, liat dan liat berdebu (Ghildyal dan Tomar, 1982). Dalam pertumbuhannya, akar padi menghadapi beberapa hambatan yang membatasi penyebaran akar. Pada lahan-lahan yang sering mengalami keterbatasan curah hujan, dapat timbul lapisan tanah

yang padat yang berpengaruh pada perpanjangan dan perkembangan akar (Yu *et al.*, 1995).

Perakaran padi merupakan salah satu komponen yang penting dalam ketahanan tanaman terhadap kekeringan melalui mekanisme *drought avoidance*. Ketahanan ini disebabkan kemampuan tanaman untuk menyerap air pada lapisan tanah yang lebih dalam. Yoshida (1976) melaporkan pada beberapa varietas padi gogo memiliki akar lebih dalam dan perkembangan yang lebih baik dibandingkan dengan padi sawah bila ditanam pada kondisi kering. Yu *et al.*, (1995) menyatakan beberapa kultivar padi gogo memiliki diameter akar yang lebih besar dan berbanding lurus dengan kemampuan menembus ke lapisan tanah yang dalam. Untuk menjaga status air pada jaringan pada kondisi kering akar berkembang lebih intensif agar dapat menyerap air lebih banyak. Bila pada lapisan atas terjadi kekeringan, akar akan berkembang lebih dalam dan mampu menembus lapisan tanah yang kompak dimana air masih cukup tersedia. Dengan demikian kemampuan akar untuk bisa menembus lapisan tanah yang padat yang memiliki daya tekanan tertentu dapat dijadikan indikator kemampuan tanaman bertahan pada kondisi kekeringan.

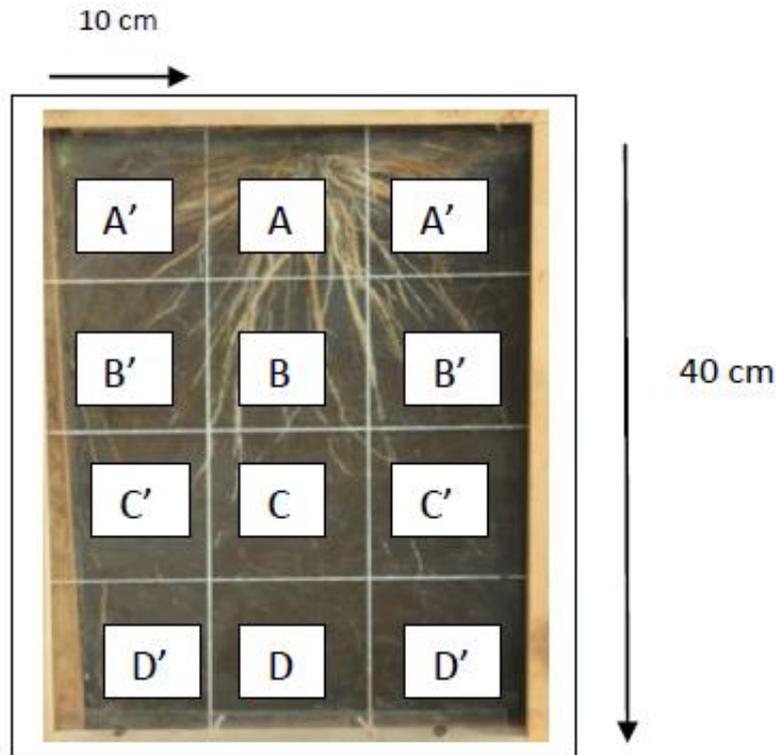
Hasil penelitian yang dilakukan Liming *et al.*, (2006) pada tanaman *Arabidopsis* yaitu menunjukkan terjadinya perubahan pada akar rambut yaitu akar rambut berbentuk bulat (*bulbous*), pendek-pendek (*shortening*), berbentuk tuber (*tuberized*) dan akar rambut sangat sedikit jumlahnya (*hairless roots*) sebagai akibat respon terhadap kekeringan (*drought stress*).

### **5.3. Metode Pengujian Sistem Perakaran**

Metode pengujian sistem perakaran terhadap varietas padi toleran dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan metode daya tembus akar yaitu dengan menggunakan metode yang digunakan oleh Yu *et al.*, (1995) yaitu metode yang ditujukan untuk merancang sistem skrining yang efisien bagi pengukuran

daya tembus akar (*root penetration*). Pada penelitian tersebut, telah dihasilkan suatu metode skrining menggunakan lapisan dari campuran parafin dan vaselin untuk dapat mengukur kemampuan akar padi menembus lapisan yang padat. Lapisan parafin dan vaselin dipilih karena memiliki tingkat ketebalan yang seragam. Selain itu, lapisan parafin dan vaselin bersifat kedap air, tidak berpori, tidak beraerasi dan tidak mengandung hara sehingga dapat menjadi penghalang yang efektif bagi pertumbuhan akar. Yu *et al.*, (1995) menyatakan bahwa daya tembus akar dapat diukur dengan membandingkan jumlah akar yang dapat menembus lapisan dengan jumlah total seluruh akar. Rasio tersebut menggambarkan kemampuan tanaman untuk dapat bertahan pada situasi kering.

Metode selanjutnya dengan menggunakan sistem Rootbox yaitu dengan cara menggunakan alat rootbox yang terbuat dari kaca di dua bidang dan kayu yang berbentuk kotak seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5.1. Rootbox yang sudah dilengkapi dengan Gridline yang digunakan untuk menentukan zona perakaran (kedalaman akar 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm dan 30-40).

Sumber : Alat diadopsi dari Kono *et al* (1987) yang dimodifikasi oleh Ahmad Junaedi 2012

Prosedur kerja untuk melakukan penelitian sistem perakaran tanaman padi dapat dilakukan sebagai berikut :

- a. Pembuatan Rootbox.  
Rootbox terbuat dari kayu berukuran panjang 36 cm, lebar 10 cm dengan kedalaman 43 cm dengan kaca bening pada kedua sisinya, dan dilapisi dengan plastik mulsa perak (Gambar 5.2).
- b. Pengisian tanah ke dalam rootbox.  
Tanah untuk media tanam yang digunakan berasal dari tanah sawah yang telah dikering anginkan dan diayak dengan ayakan

kawat yang berukuran 0,5 cm x 0,5 cm. Tanah yang sudah halus dimasukkan kedalam rootbox hingga penuh. Cara mengisi tanah kedalam rootbox yaitu tanah diisi sebanyak  $\frac{2}{3}$  dari bagian rootbox kemudian dipadatkan sampai mencapai ketinggian 10 cm kemudian diisi lagi sampai akhirnya rootbox berisi penuh. Rootbox di tempatkan kedalam kontainer plastik dengan ukuran panjang 67 cm, lebar 47 cm dan dalam 37 cm pada posisi horizontal (Rootbox yang sudah didalam kontainer dibenamkan ke dalam tanah) (Gambar 9). Pada bagian dasar kontainer telah diisi tanah. Setiap kontainer berisi 4 rootbox dengan jarak antar rootbox 10 cm yang akan menjadi jarak tanam, selanjutnya jarak antar rootbox juga diisi dengan tanah sampai ke permukaan rootbox.

c. Penggenangan

Kontainer yang telah diisi rootbox dan tanah hingga permukaan rootbox, kemudian diisi air sampai kebagian permukaan tanah, dan didiamkan selama 30 menit hingga mengeluarkan gelembung-gelembung udara. Kemudian diisi lagi air hingga tergenang dan didiamkan selama 1 minggu. Dan setiap hari disiram hingga kondisi tergenang (Gambar 10).

d. Penanaman.

Penanaman dilakukan pada saat bibit padi berumur 12 hari setelah tanam, dengan cara menanam satu bibit per rootbox dan dipelihara hingga akhir percobaan pada umur 7 MST (Gambar 11).

e. Pemupukan

Pemupukan dilakukan pada saat penanaman (N, P dan K), Pupuk yang digunakan 37,5 kg N/ha, 36 kg  $P_2O_5$ /ha, dan 60 kg  $K_2O$ /ha, yang diberikan 1 minggu setelah tanam (MST) dan untuk pemupukan kedua diberikan 37,5 kg N/ha pada 5 MST.

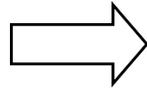
f. Perlakuan pengairan

Pengairan untuk perlakuan kontrol diberikan mulai dari hari pertama penanaman hingga akhir percobaan yaitu dengan tinggi genangan dipertahankan 2 cm. Sedangkan untuk

perlakuan K3 dilakukan penghentian pemberian air pada umur 3 MST (Minggu Setelah Tanam).



1



2



3

Ket : Model Rootbox yang digunakan untuk penelitian, Rangka rootbox (1), Rangka Rootbox yang sudah dilapisi kaca (2), Rootbox yang sudah dilapisi mulsa hitam (3) Rootbox ini diadopsi dari Kono *et al* 1987, yang dimodifikasi oleh Ahmad Junaedi 2012.

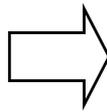


A

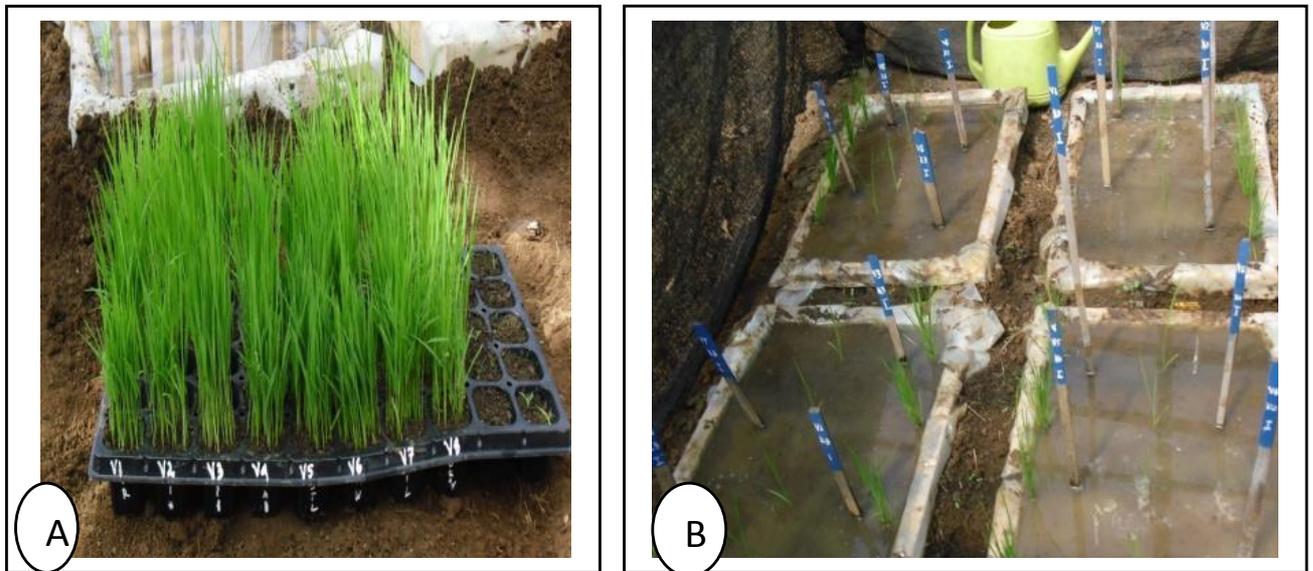


B

Ket : Tanah yang digali sesuai dengan ketinggian kontainer (A) dan penempatan kontainer dalam satu ulangan (B)



Ket : Kontainer yang telah dilapisi plastik UV diletakkan sebanyak 4 rootbox dan diisi tanah sampai penuh (A) dan



Ket : Bibit yang telah berumur 12 hari (A) dan Penanaman dilakukan pada saat bibit berumur 12 HST (B)

Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap sampel akar sesuai dengan perlakuan kekeringan

1. Pengamatan sampel akar dilakukan pada umur 7 MST dengan cara membuka bagian kaca pada salah satu sisi, kemudian mengambil gambar distribusi sistem perakarannya secara utuh dan selanjutnya juga mengambil gambar dengan menggunakan griedline (Gambar 5.1) untuk mengetahui zona akar pada kedalaman 0-10 cm, 10-20, 20-30 cm dan 30-40 cm.
2. Kedalaman capaian akar pada setiap perlakuan diukur dengan cara mengukur panjang akar dari pangkal akar sampai akar terpanjang.
3. Bobot kering akar diukur berdasarkan berdasarkan penyebaran kedalaman dan radius dari pangkal rumpun yaitu terdiri-dari:
  - A : Kedalaman 0-10 cm (vertikal), radius 0-5 cm
  - A' : Kedalaman akar 0-10 cm (horizontal), 5-15

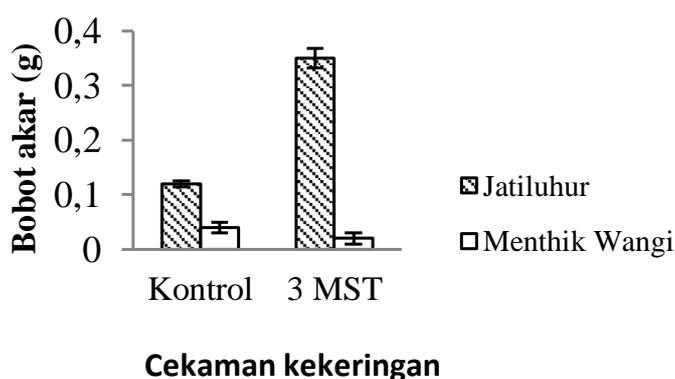
- B : Kedalaman 10-20 cm (vertikal), radius 0-5
- B' : Kedalaman akar 10-20 cm (horizontal), radius 5-15
- C : Kedalaman 20-30 cm (vertikal), radius 0-5
- C' : Kedalaman 20-30 cm (horizontal), radius 5-15
- D : Kedalaman 30-40 cm (vertikal), radius 0-5
- D' : Kedalaman 30-40 cm (horizontal), radius 5-15

4. Pengukuran bobot akar pada setiap zona akar dilakukan dengan cara memotong bagian-bagian tanah beserta akar yang menyatu dengan tanah sesuai dengan zona (kedalaman tanah) yaitu pada kedalaman 0-10, 10-20, 20-30 dan 30-40 cm (Gambar 5.1). Bagian tanah yang telah dipotong bersama akar kemudian dipisahkan akar dan tanah didalam bak-bak plastik yang telah berisi air sehingga akar dan bulu-bulu akar mudah dipisahkan dan tidak rusak. Selanjutnya akar yang telah terkumpul dicuci bersih dan dilap dengan menggunakan tissue kering dan setelah kering dimasukkan kedalam amplop dan diberi label sesuai perlakuan pada tiap zona akar (A, A', B, B', C, C', D, dan D'). Amplop yang berisi akar kemudian diovenkan selama 72 jam pada suhu 60° C, dan setelah diovenkan akar ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.
5. Bobot kering akar pada zona A' (zona akar pada posisi horizontal) dilakukan dengan cara menjumlahkan dan merata-ratakan bobot kering akar pada kedua zona A', begitu juga untuk zona B', C' dan D'
6. Ketebalan akar diamati dengan cara memotong akar 2 cm dari ujung akar dan diambil 1 cm untuk diamati di laboratorium. Untuk mencegah akar kering karena terkena udara, akar yang telah dipotong 1 cm di dilapisi dengan tissue basah dan diletakkan didalam wadah yang tertutup. Pengamatan ketebalan akar dilakukan dengan cara memotong ujung akar setipis mungkin lalu diamati menggunakan mikroskop dengan pembesaran 40 x dan dilakukan pengukuran diameter akar.

7. Pengamatan rasio tajuk akar dilakukan dengan cara memisahkan bagian tajuk dan bagian akar (total akar keseluruhan) lalu dioven selama 72 jam pada suhu 60°C. Kemudian ditimbang bagian tajuk dan bagian akar. Perhitungan rasio tajuk akar dilakukan dengan cara membandingkan bobot kering tajuk dengan bobot kering akar

#### 5.4. Karakter Perakaran Padi Toleran Kekeringan

Penggunaan rootbox dapat menggambarkan perkembangan akar baik secara vertikal maupun secara horizontal akibat dari cekaman kekeringan yang diberikan. Perbedaan respon tiap varietas terhadap cekaman kekeringan yang diberikan menggambarkan kemampuan dari tiap varietas dalam menghadapi cekaman kekeringan. Perlakuan cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya perubahan perkembangan akar padi baik secara vertikal maupun horizontal. Varietas-varietas toleran memperlihatkan penurunan bobot akar secara vertikal yang relatif kecil. Sebaliknya pada varietas yang peka memperlihatkan penurunan total bobot kering akar yang lebih besar dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.2. Bobot akar varietas Jatiluhur dan Menthik Wangi pada kondisi cekaman kekeringan dan kontrol

Berdasarkan gambar diatas menunjukkan varietas yang peka dapat tumbuh dengan baik hanya pada kondisi air yang optimal. sedangkan jika mengalami cekaman kekeringan maka akan terjadi penurunan total bobot kering akar yang nyata. Akibat cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya penurunan total bobot kering akar mencapai 12.41-81.56%. Varietas IPB 3S dan Jatiluhur memperlihatkan penurunan bobot akar yang lebih kecil (12.31% dan 36.41%). Hal ini menunjukkan varietas IPB 3S dan Jatiluhur memiliki kemampuan untuk meningkatkan bobot akar pada bagian yang lebih dalam atau perluasan akar baik secara vertikal maupun secara horizontal untuk menjangkau air pada lapisan tanah yang lebih dalam.

Salah satu bentuk adaptasi akar terhadap kekeringan adalah dengan pemanjangan dan perluasan akar. Pemanjangan dan perluasan akar berimplikasi terhadap total bobot akar yang akan mempengaruhi keseimbangan pertumbuhan tajuk dan akar. Persentase peningkatan rasio tajuk akar tertinggi terdapat pada varietas Rokan dan IR 64 akibat perlakuan cekaman kekeringan. Hal ini menunjukkan cekaman kekeringan yang terjadi pada varietas IR 64 dan Rokan menyebabkan meningkatnya pertumbuhan bagian atas tanaman (tajuk) dan sebaliknya pertumbuhan akar lebih terhambat, sehingga menyebabkan nilai rasio tajuk akar menjadi lebih tinggi.

Tabel 5.1. Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap total bobot kering akar dan rasio tajuk akar

Varietas	Total bobot kering akar (g)			Rasio tajuk akar		
	Kontrol	Cekaman	Penuruna n	Kontrol	Cekaman	Penuruna n
		kekeringan	relatif (%)		kekeringan	relatif (%)
IR 64	12.16 c	4.98 g	59.05	1.47 fg	4.12 a	[64.13]
Ciherang	12.83 c	2.63 h	79.50	1.62 efg	2.872 b	[43.28]
IPB 3S	5.32 fg	4.66 g	12.41	2.34 bcd	2.076 cde	12.72
Way Apo Buru	15.53 b	3.19 h	79.46	1.33 gh	2.818 b	[52.70]
Jatiluhur	10.19 d	6.48 f	36.41	1.87 def	2.361 bcd	[20.75]
Menthik Wangi	8.01 e	2.6 h	67.54	1.44 fg	2.403 bc	[39.70]
Silugonggo	10.64 d	3.23 h	69.64	2.59 b	1.787 efg	45.22
Rokan	27.39 a	5.05 g	81.56	0.95 h	2.67 b	[64.16]

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada masing-masing peubah tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Pada varietas Menthik Wangi dan Silugonggo perkembangan akar secara vertikal maupun horizontal pada kedalaman 20-30 cm dan 30-40 cm sangat terhambat pertumbuhannya dibandingkan varietas Jatiluhur akibat dari cekaman kekeringan, sehingga akan berpengaruh terhadap serapan air dan hara.

Sifat perakaran menjadi salah satu faktor yang menentukan ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Sistem perakaran padi sawah cenderung memiliki perkembangan akar secara horizontal dan apabila terjadi cekaman kekeringan maka perkembangan akar akan terhambat baik secara horizontal maupun vertikal dapat dilihat dengan menurun bobot kering akar pada zona A pada varietas Rokan, Mentik Wangi, Ciherang, IR 64 dan Way Apo Buru sedangkan pada zona A' perkembangan akar lebih terhambat pada varietas Silugonggo, Varietas Silugonggo meskipun termasuk kedalam tipe padi gogo namun memperlihatkan penurunan bobot akar yang relatif tinggi pada zona A'. Sedangkan varietas Jatiluhur (gogo) memperlihatkan penurunan bobot akar yang relatif kecil pada kedalaman 0-10 cm (A dan A') akibat perlakuan kekeringan. Perbedaan sistem perakaran padi gogo dan padi sawah menurut Gowda *et al.* (2011) adalah disamping terjadinya perbedaan status air pada sistem budidaya, juga terjadi perbedaan pertumbuhan akar serta adaptasi terhadap kekeringan.

Varietas padi gogo sudah beradaptasi baik pada kondisi cekaman kekeringan. Namun hasil penelitian ini memperlihatkan juga varietas padi gogo yang diberikan tingkat status air yang sama dengan padi sawah. ternyata pada kedalaman 10 cm saja sudah terjadi penurunan bobot akar yang mencapai 63.7%. meskipun pada varietas padi sawah lebih tinggi berkisar 72.1%-92.5% namun tidak pada tipe padi baru yaitu varietas IPB 3S penurunan bobot akar paling kecil yaitu 42.9%. Padi tipe baru (PTB) dengan vigor akar yang baik sebagai salah satu komponen hasil diharapkan dapat meningkatkan persentase gabah isi yang menjadi kendala tipe tanaman ini. Perakaran PTB mempunyai vigor baik pada lapisan tanah dangkal. Asch *et al.* (2005) melaporkan varietas- varietas yang relatif toleran akan meningkatkan pertumbuhan akar yang lebih besar pada kondisi cekaman kekeringan.

Tabel 5.2 Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap kedalaman capaian akar dan kadar air relatif daun.

Varietas	Kedalaman capaian akar (cm)		Kadar air relatif daun (%)	
	Kontrol	Cekaman kekeringan	Kontrol	Cekaman kekeringan
IR 64	35.40 e-g	33.53 fg	100.00 a	48.14 c
Ciherang	39.27 c-e	37.50 d-f	100.00 a	72.22 b
IPB 3S	30.53 g	37.05 d-f	86.66 ab	72.70 b
Way Apo Buru	36.93 d-f	46.05 ab	88.89 ab	83.33 ab
Jatiluhur	43.87 a-c	47.20 a	93.33 ab	88.88 ab
Menthik Wangi	40.75 b-e	42.07 a-d	86.66 ab	72.22 b
Silugonggo	35.73 ef	37.37 d-f	91.66 ab	83.33 ab
Rokan	41.10 b-e	40.20 c-e	93.33 ab	71.11 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada masing-masing peubah tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

Penelitian yang dilakukan Sharma *et al.* (1994) yang menguji resistensi penetrasi akar pada permukaan tanah pada zona 10 cm pada kondisi tergenang sebesar 0.64 Mpa dan 1.7 Mpa pada kondisi tanah macak-macak. Penetrasi akar akan menurun 50% pada kondisi kekuatan tanah yang berada pada 0.5-3 Mpa. Varietas Jatiluhur memperlihatkan kedalaman capaian akar baik pada perlakuan kontrol maupun pada perlakuan cekaman kekeringan tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan varietas Jatiluhur pada kondisi cekaman kekeringan tidak memperlihatkan terjadi penghambatan yang nyata pertumbuhan akar secara vertikal. Kedalaman capaian akar merupakan indikator yang penting

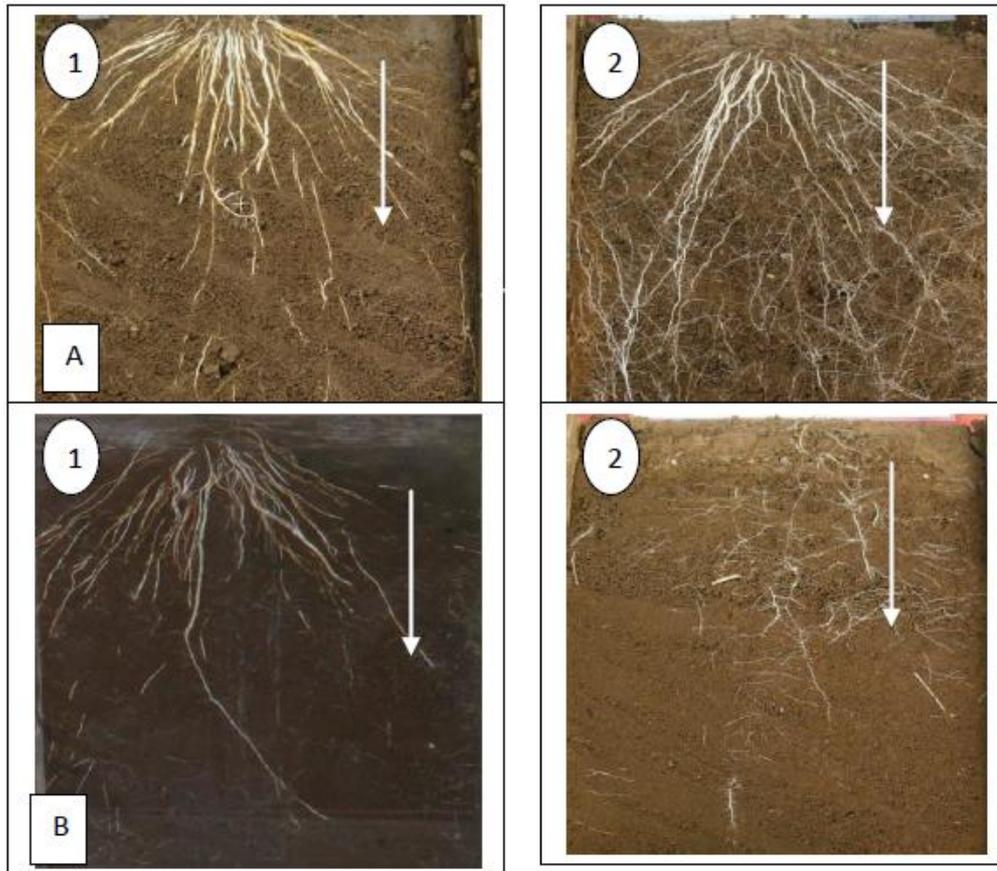
terutama terhadap kemampuan penyerapan air pada lapisan tanah yang lebih dalam (Abdallah *et al.* 2010).

Kedalaman capaian akar berhubungan dengan kemampuan untuk menyerap air pada kedalaman yang lebih dalam, sehingga berimplikasi terhadap kadar air daun ketika terjadi cekaman kekeringan. Hasil penelitian menunjukkan varietas IR 64 dan Ciherang yang memiliki kedalaman akar yang lebih dangkal, memiliki kandungan air daun relatif yang lebih rendah pada kondisi cekaman kekeringan. Blum (2009) melaporkan kadar air relatif daun merupakan indikator penting untuk mempelajari toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Hasil penelitian Ekanayake *et al.* (1985) dan Fukai dan Cooper (1995) melaporkan kedalaman capaian akar dan diameter akar merupakan indikator penting dalam menentukan tingkat toleransi terhadap cekaman kekeringan pada padi gogo (*upland rice*).

Fenomena dilapangan kedalaman capaian akar merupakan kemampuan akar untuk menembus lapisan *hardpans* dianggap sangat penting karena resistensi penetrasi yang tinggi dan tidak membatasi kedalaman capaian akar pada tanah sawah yang mengeras saat kering. Selanjutnya tingkat keparahan kekeringan dan adanya *hardpans* merupakan faktor yang dapat mengurangi sumber partisi asimilat ke akar (Gowda *et al.* 2011). Yu *et al.* (1995) melakukan penelitian terhadap beberapa galur yang memiliki variasi genetik dalam kemampuannya untuk menembus lapisan lilin yang keras, akar yang tipis akan lebih mudah menembus lapisan tanah yang keras. Menurut Ge (1992) dan Ling *et al.*, (2002) varietas Jatiluhur memiliki mekanisme menghadapi cekaman kekeringan melalui meningkatkan kedalaman capaian akar dan memiliki akar yang lebih kasar. memiliki tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan padi sawah dan memiliki sedikit jumlah anakan.

Kemampuan membentuk percabangan dan bulu-bulu akar lebih baik pada varietas yang toleran dibanding varietas peka.

Serraj *et al.*, (2004) melaporkan bahwa respon akar terhadap cekaman kekeringan akan meningkatkan kedalaman capaian akar dan perkembangan akar yang lebih luas (Gambar 5.3)



Gambar 5.3 Perbedaan distribusi perakaran pada varietas Jatiluhur (A) dan varietas Mentik Wangi (B) pada perlakuan kontrol (1) dan kekeringan (2).

Selanjutnya meningkatkan ketebalan akar (Price *et al.* 2000) dan meningkatnya kepadatan akar (Siopongco *at al.* 2005). Sehingga menghasilkan plastisitas pada perkembangan akar lateral (Banoc *et al.*, 2000; Kamoshita *et al.* 2000; Sigari *et al.* 2000). Perakaran padi yang mengalami cekaman kekeringan diketahui juga menghasilkan signal sebagai respon terhadap cekaman kekeringan yaitu dengan meregulasi konduktansi stomata, respirasi dan pertumbuhan tajuk (Richard *et al.*, 2008). Beberapa hasil

penelitian melaporkan pentingnya respon fisiologi dan perkembangan tanaman ketika pada kondisi cekaman kekeringan dan ketika terjadinya penggenangan. Mekanisme membuka dan menutup stomata pada tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan sangat efektif sehingga jaringan tanaman dapat menghindari kehilangan air melalui penguapan (Price dan Courtois, 1991; Pugnaire dan Pardos, 1999).

Penurunan kerapatan stomata dan meningkatnya ketebalan akar selama terjadi cekaman kekeringan merupakan mekanisme tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan. Varietas IPB 3S pada perlakuan cekaman kekeringan memiliki kerapatan stomata terendah dan diikuti varietas Jatiluhur dan Way Apo Buru (Tabel 5.4). Hal ini menunjukkan adanya mekanisme adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan dengan cara mengurangi jumlah stomata.

Tabel 5.3. Pengaruh cekaman kekeringan dan varietas terhadap kerapatan stomata dan ketebalan akar

Varietas	Kerapatan stomata (mm/bidang pandang)		Ketebalan akar ( $\mu\text{m}$ )	
	Kontrol	Cekaman	Kontrol	Cekaman
		kekeringan		kekeringan
IR 64	416 ab	249 ef	660.68 b	324.36 d
Ciherang	395 bcd	263 ef	515.33 c	652.76 b
IPB 3S	497 a	69 g	635.93 b	517.08 c
Way Apo Buru	397 bcd	222 ef	469.31 c	695.57 ab
Jatiluhur	390 bcd	203 f	704.38 ab	502.00 c
Menthik Wangi	445 ab	300 def	769.44 a	693.54 ab
Silugonggo	373 bcd	239 ef	686.57 ab	484.53 c
Rokan	404 abc	309 ef	645.91 b	772.28 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada masing-masing peubah tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada  $\alpha = 0.05$ .

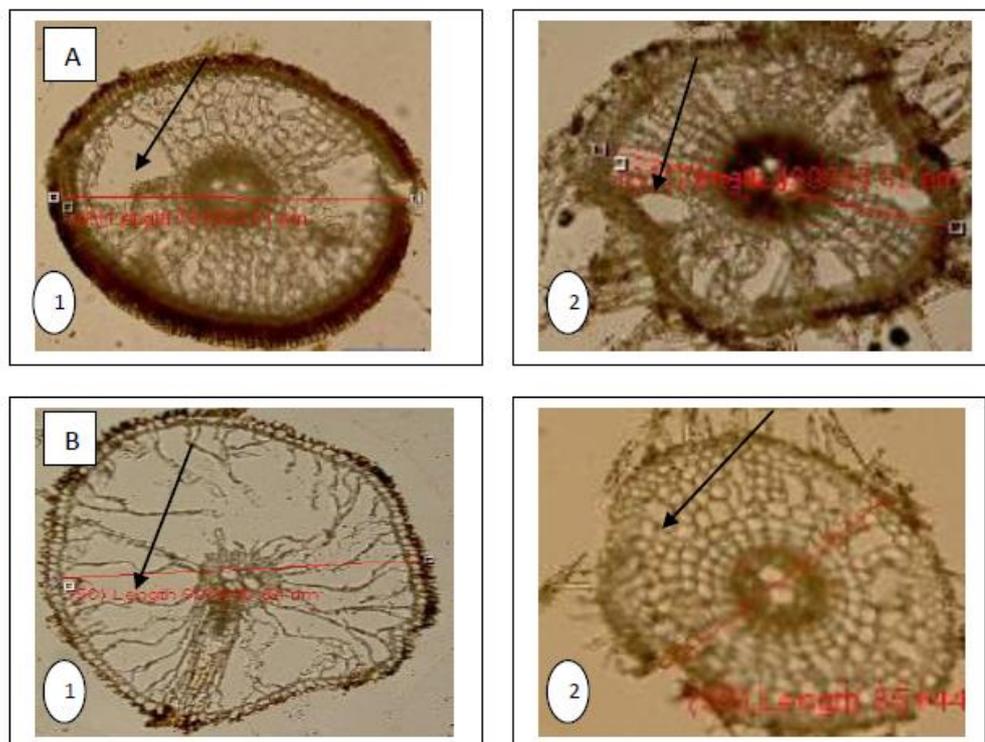
Mekanisme toleransi pada tanaman sebagai respon adanya cekaman kekeringan meliputi (i) kemampuan tanaman tetap tumbuh pada kondisi kekurangan air yaitu dengan menurunkan luas daun dan memperpendek siklus tumbuh. (ii) kemampuan akar untuk menyerap air di lapisan tanah paling dalam. (iii) kemampuan untuk melindungi meristem akar dari kekeringan dengan meningkatkan akumulasi senyawa tertentu seperti glisin, betain, gula alkohol dan prolina untuk *osmotic adjustment* dan (iv) mengoptimalkan peranan stomata untuk mencegah hilangnya air melalui daun (Nguyen *et al.* 1997). Dengan adanya *osmotic*

*adjustment* tersebut memungkinkan pertumbuhan tetap berlangsung dan stomata tetap membuka.

Karakter genetik stomata yang menentukan tingkat adaptasi tanaman terhadap lingkungan kering dan kerapatan stomata yang rendah merupakan potensi untuk meningkatkan ketenggangan terhadap defisit air. Varietas IPB 3S memiliki mekanisme penghindaran terhadap cekaman kekeringan melalui penurunan kerapatan stomata. Kerapatan stomata dapat mempengaruhi dua proses penting pada tanaman yaitu fotosintesis dan transpirasi. Menurut Tardieu *et al.* (2004) kemampuan mengatur membuka dan menutupnya stomata pada keadaan kekeringan hanya menguntungkan di lingkungan target yang sangat kering, tetapi tidak menguntungkan pada lingkungan dengan cekaman yang moderat karena akan menurunkan kemampuan fotosintesis.

Mekanisme penghindaran selanjutnya yang penting adalah melalui peningkatan ketebalan akar ketika terjadi cekaman kekeringan. Varietas Ciherang, Way Apo Buru dan Rokan pada perlakuan cekaman kekeringan terjadi peningkatan ketebalan akar (Tabel 5.4). Hal ini menunjukkan varietas Ciherang, Way Apo Buru dan Rokan memiliki mekanisme penghindaran terhadap cekaman kekeringan dengan cara meningkatnya ketebalan akar. Ketebalan akar merupakan salah satu karakter yang berkaitan dengan toleransi terhadap kekeringan. Hasil penelitian Kondo *et al.* (2000) melaporkan ketebalan akar lebih tebal pada kondisi tergenang dibandingkan pada kondisi kekeringan. Hal ini disebabkan karena kortek yang lebih besar dengan perkembangan aerenchyma tertinggi pada kondisi tergenang. Beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa akar yang tebal akan memiliki kapasitas yang lebih besar untuk penyerapan air pada lapisan yang lebih dalam (Yanbao *et al.* 1992). Selanjutnya ketebalan akar juga diduga berhubungan dengan toleransi terhadap kekeringan karena berhubungan dengan cabang-cabang akar yang

terbentuk. Ingram *et al.* (1994) melaporkan akar yang lebih tebal akan bertahan lebih lama dan menghasilkan cabang-cabang akar yang lebih banyak sehingga meningkatkan kepadatan akar dan kapasitas serapan hara.



Gambar 5.4. Sel-sel aerenchyma pada varietas Jatiluhur (A) dan varietas IR 64 (B) pada perlakuan penggenangan (kontrol) (1) dan kekeringan (2)

Hasil penelitian ini menunjukkan perbedaan respon dari tiap varietas akibat cekaman kekeringan terhadap karakter anatomi akar. Perbedaan anatomi akar pada kondisi cekaman kekeringan dan kondisi penggenangan (kontrol) pada varietas Jatiluhur dan varietas IR 64 Perakaran padi yang mengalami penggenangan selama 7 minggu memperlihatkan lebih banyak sel-sel aerenchyma dan ruang udara yang terbentuk dibandingkan dengan perlakuan kekeringan.

Daya tanggap tanaman terhadap cekaman secara umum, termasuk penggenangan dapat dicirikan dengan peningkatan kadar etilen. Hormon etilen tersebut merangsang pembentukan jaringan aerenchima dan pemunculan akar-akar dan tunas baru sebagai mekanisme adaptasi padi terhadap genangan (Sairam *et al.* 2008). Hal ini dapat dilihat pada varietas toleran dan peka keduanya memperlihatkan terbentuknya sel-sel aerenchyma pada perlakuan kontrol (penggenangan) yang lebih banyak.

## **5.5. Analisis Korelasi**

Analisa korelasi memperlihatkan adanya hubungan antara indeks toleransi terhadap kekeringan berdasarkan daya hasil dengan total bobot akar, kandungan air daun relatif. Semakin tinggi bobot akar dan kandungan air daun relatif maka indeks toleransi terhadap kekeringan juga akan meningkat. Hal ini menunjukkan adanya kemampuan tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan akar, dengan meningkatnya pertumbuhan akar maka akan memperbesar kemampuan akar untuk menyerap air dan hara. Indeks toleransi terhadap kekeringan berdasarkan daya hasil berkorelasi negatif dengan rasio tajuk akar. Hal ini menunjukkan semakin rendah rasio tajuk akar menunjukkan pertumbuhan akar lebih besar dibandingkan pertumbuhan tajuk, adanya mekanisme tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan dengan memacu pertumbuhan akar. Karakter pertumbuhan akar, panjang akar (kedalaman capaian akar), bobot kering akar merupakan karakter yang penting dalam adaptasi terhadap cekaman kekeringan (Peng dan Ismail 2004).

Berdasarkan karakter perakaran varietas yang toleran kekeringan dapat dihasilkan dengan memilih varietas yang memiliki perkembangan akar yang baik yaitu perkembangan secara vertikal maupun secara horizontal berdasarkan bobot akar, memiliki total bobot akar yang tinggi, memiliki kedalaman capaian

akar yang dalam, serta memiliki ketebalan akar. Berdasarkan karakter tersebut varietas-varietas yang memiliki mekanisme penghindaran terhadap cekaman kekeringan adalah varietas Jatiluhur, IPB 3S, Way Apo Buru dan Ciherang.

Tabel 5.4. Analisis korelasi indeks toleransi kekeringan berdasarkan daya hasil dengan karakter perakaran

Karakter perakaran	Indeks toleransi kekeringan	Total bobot kering akar	Rasio tajuk akar	Kedalaman capaian akar	Kandungan air daun relatif
Total bobot akar	0.68**				
Rasio tajuk akar	-0.58**	- 0.65**			
Kedalaman capaian akar	-0.12	0.02	-0.14		
Kandungan air daun relatif	0.74**	0.53*	-0.77**	0.219	
Ketebalan akar	0.215	0.01	-0.242	0.298	0.289

## KESIMPULAN

1. Cekaman kekeringan menyebabkan menurunnya bobot akar baik secara vertikal maupun secara horizontal, total bobot akar, kedalaman capaian akar, rasio tajuk akar, kerapatan stomata dan ketebalan akar.
2. Varietas toleran (Jatiluhur, Ciherang dan Way Apo Buru) menunjukkan mekanisme penghindaran terhadap cekaman kekeringan dengan cara yang berbeda : varietas Jatiluhur melalui peningkatan bobot akar pada zona C dan D, Varietas Ciherang melalui peningkatan ketebalan akar, sedangkan Way Apo melalui peningkatan kedalaman capaian akar dan ketebalan akar.
3. Indeks toleransi kekeringan berkorelasi positif dengan total bobot kering akar, kandungan air daun relatif, serta berkorelasi negatif dengan rasio tajuk akar. Karakter total bobot kering akar yang tinggi, kedalaman capaian akar, ketebalan akar dan kandungan air daun relatif yang tinggi selama terjadi cekaman kekeringan dapat digunakan sebagai kriteria seleksi untuk pendugaan varietas toleran kekeringan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdallah AA, Badawy SA, Zayed BA, El.Gohary AA. 2010. The role of root system traits in the drought tolerance of rice (*Oryza sativa* L.). *Agric and Biol Sci.* 1:83-87.
- Asch F, Dingkuhn M, Sowc A, Audebert A. 2005. Drought-induced changes in rooting patterns and assimilate partitioning between root and shoot in upland rice. *Field Crops Res.* 93: 223–236.
- Bañoc DM, Yamauchi A, Kamoshita A, Wade LJ, Pardales JR. 2000. Genotypic variations in response of lateral root development to fluctuating soil moisture in rice. *Plant Prod Sci.* 3: 335–343.
- Ekanayake IJ, O'Toole, JC, Garrity DP, Masajo TM. 1985. Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. *Crop Sci.* 25: 927-933
- Fukai S. Lilley JM. 1994. Effects of timing and severity of water deficit on four diverse rice cultivars. *Field Crop Res.* 37: 225-234.
- Ge SL. 1992. The comparison and classification of several morphological criteria of root of paddy rice and upland rice in divergent cultural methods. (Disertation). Beijing Agricultural University, Beijing.
- Ghildyal BP, VS Tomar. 1982. Physical properties that affect rice root systems under drought, p. 83-114. *IRRI. Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice.* IRRI. Los Banos, Philippines.

- Gowdaa VRV, Henrya BA, Yamauchic A, Shashidharb HE, Serraj RA. 2011. Root biology and genetic improvement for drought avoidance in rice. *Field Crops Res.* 122: 1–13.
- Komoshita A, Zhang, Siopongco JX, Sarkarung J, Nguyen S, Wade LJ. 2002. Effects of phenotyping environment on identification of quantitative trait loci for rice root morphology under anaerobic conditions. *Crop Sci.* 42: 255–265
- Liming X, RVI Wang, G Mao and Jm Koczan. 2006. Identification of drought tolerance determinants by genetic analysis of roots response to drought stress and abscisic acid. *Plant Physiol.* 142:1065-1074.
- Morita Y, Yamazaki H. 1993. Root system, p. 161-186. In T. Matsuo and K. Hoshikawa (ed.). *Science of Rice Plant Volume One: Morphology.* Food and Agriculture Policy Research Center. Tokyo.
- Niitsuma Y. 1993. Upland rice, p.70-76. In T. Matsuo and K. Hoshikawa (eds). *Science of Rice Plant Volume One: Morphology.* Food and Agriculture Policy Research Center. Tokyo.
- Nguyen HT, Babu RC, Blum A. 1997. Breeding for Drought Resistance in Rice Physiology and Molecular Genetic Considerative. *Crop Sci.* 37: 1426-1434.
- O' Toole JC. 1982. Adaptation of rice to drought environment. In : *Drought resistant in crops with emphasis in rice.* International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 195-213.
- Pandey S, Bhandari H. 2008. Drought: economic costs and research implications. In: Serraj R, Bennett J, Hardy B. (Eds.), *Drought Frontiers in Rice: Crop Improvement for Increased*

Rainfed Production. World Scientific Publishing and Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute.

Peng S dan Ismail AM. 2004. Physiological basis of yield and environmental adaptation in rice. In Nguyen HT and blum A (eds). Physiology and biotechnology integration for plant breeding. Marcel dekker, Inc. New York.

Price AH, Steele KA, Moore B J, Jones RGW . 2002. Upland rice grown in soilfilled chambers and exposed to contrasting water deficit regimes II. Mapping quantitative trait loci for root morphology and distribution. *Field Crops Res.* 76: 25-43.

Price A, Courtois B. 1991. Mapping QTLs Associated with Drought Resistance in Rice; Progress Problem and Prospect. International Rice Research Institute.

Pugnaire FI, Pardos J. 1999. Constrains by water stress on plant growth. In Passarakli, M. (ed.) *Hand Book of Plant and Crop Stress.* New York, John Wiley & Sons.

Richard RA, Rebetzke GJ, Condon Van Herwarden AF. 2002. Crop physiology and metabolism. Breeding in temperate cereal. *Crop Sci.* 42:111-121.

Samson BK, Hasan H, Wade LJ. 2002. Penetration of hardpans by rice lines in the rainfed lowlands. *Field Crops Res.* 76:175–188.

Serraj R, Krishnamurthy L, Kashiwagi JW, Kumar J, Chandra S, Crouch JH. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Res.* 88:115–127.

- Sharma SS, Dietz KJ. 2006. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Exp Bot.* 57: 711–526.
- Siopongco JDLC, Yamauchi A, Salekdeh H, Bennett J, Wade LJ. 2005. Root growth and water extraction response of double-haploid rice lines to drought and rewatering during the vegetative stage. *Plant Prod Sci.* 8: 497–508.
- Sigari AT, Yamauchi A, Kamoshita A, Wade LJ. 2000. Genotypic variation in response of rainfed lowland rice to drought and rewatering. II. Root growth. *Plant Prod Sci.* 3:180–188.
- Singh RK, Singh CV, Sinha PK, Singh VP, Maiti D, Prasad K. 2000. Effect of soil texture, moisture regimes and cultivars on root and shoot development in upland rice (*Oryza sativa* L.). *Agric Sci.* 70:730–735.
- Suardi D, Haryono S. 1994. Keragaan sifat toleransi galur/varietas padi terhadap cekaman kekeringan, hal. 158-159. Dalam Mahmud (ed.). *Risalah Hasil Penelitian Tanaman Pangan No.3.* Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor.
- Suralta RR, Yamauchi A. 2008. Root growth, aerenchyma development, and oxygen transport in rice genotypes subjected to drought and waterlogging *Env and Exp Bot.* 64 75–82
- Tardieu F. 1997. Drought perception by plant, do cells of droughted plant experience water stress? In Belhassen (ed). *Drought tolerance in higher plant. Genetical, physiological and molecular biology analysis.* Kluwer Academic Publisher. Dordrech. pp. 15-26.
- Yamauchi Y, Pardales JR, Kono Y. 1996. Root system structure and its relation to stress tolerance. In: Ito et al. (Eds.), *Roots*

and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-Arid Tropics. JIRCAS Publication, Tsukuba, Japan.

Yambao EB, Ingram KT, Real JG. 1992. Root xylem influence on the water relations and drought resistance of rice. *Exp Bot.* 43: 925-932.

Yoshida S, Hasegawa S. 1982. The rice root system : its development and function, p. 97-114. In IRRl. *Drought Resistance in Crops with Emphasis on Rice*. IRRl. Los banos, Philippines.

Yoshida S, Forno DA, Cock JH, Gomez KA. 1976. *Laboratory manual for physiological studies on rice*. IRRl. Los Banos, Philippines. 66 p.

Yu L, Ray JD, O'Toole JC , Nguyen HT. 1995. Use of wax petrolatum layers for screening rice root penetration. *Crop Sci.* 35: 684- 686.

## Glossarium

**Climate Change** adalah perubahan iklim terutama disebabkan oleh hasil pembakaran bahan bakar fosil (batu bara, minyak bumi, gas, dan gas alam). Bahan-bahan bakar tersebut menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), gas rumah kaca yang utama.

**Drought Resistent** adalah kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi optimum dengan persediaan air yang terbatas

**Drought Tolerance** adalah kemampuan tanaman untuk mempertahankan diri dari defisit air yang diukur dengan derajat dan rentang waktu terjadinya periode kekeringan.

**Drought Escape** adalah kemampuan tanaman untuk masak lebih dini (*early mature*) sebelum cekaman air menjadi faktor pembatas yang serius bagi tanaman. Penghindaran dari kekeringan

**Drought avoidance** adalah kemampuan tanaman untuk menjaga status air dalam jaringan tanaman selama terjadi kekeringan. Karakteristik akar dan tajuk berkaitan erat dengan mekanisme *drought avoidance*

**Drought recovery** adalah daya pulih dari kekeringan yaitu kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berproduksi setelah masa cekaman kekeringan.

**Galur Murni** adalah adalah generasi zuriat (keturunan,progeny) asal satu induk yang masing-masing individuanggotanya memiliki genotipe seragam karena homozigot untuk hampir semua lokusnya akibat penyerbukan/pembuahan sendiri yang berulang-ulang.

**Heading** merupakan fase pembungaan yaitu fase keluarnya malai sedangkan antesis segera mulai setelah heading

**Indeks toleransi kekeringan** merupakan perbandingan hasil gabah pada kondisi cekaman kekeringan dengan hasil gabah pada perlakuan tanpa cekaman kekeringan

**Karakter Morfolologi** merupakan merupakan ciri yang umum atau ciri bagian luar tanaman digunakan untuk mengklasifikasikan tumbuhan. Berdasarkan kesamaan ciri morfologi tumbuhan dapat dikelompokkan ke dalam kelompok taksa tertentu.

**Karakter Fisiologi** merupakan ciri metabolisme dalam tingkatan individu dan populasi tanaman

**Kekeringan** adalah suatu kondisi air tanah yang dapat dimanfaatkan tidak cukup untuk menjamin pertumbuhan tanaman yang maksimum

**Kultivar** adalah sebagai sekelompok tumbuhan yang telah dipilih/diseleksi untuk suatu atau beberapa ciri tertentu yang khas dan dapat dibedakan dengan jelas dari kelompok lainnya serta tetap mempertahankan ciri-ciri khas ini jika diperbanyak dengan cara tertentu , baik secara seksual atau secara aseksual

**Laju Asimilasi Bersih** laju peningkatan bobot kering tanaman pada saat tertentu (t) tiap satuan luas (L),

**Laju Tumbuh Relatif** adalah suatu peningkatan bobot kering tiap satuan luas lahan tiap satuan waktu

**Plasma nutfah** adalah substansi pembawa sifat keturunan yang dapat berupa organ utuh atau bagian dari tanaman atau hewan serta jasad renik. sumber daya genetik yang digunakan pemulia untuk mengembangkan varietas/kultivar baru.

**Priming Benih** adalah perendaman benih dalam air, K, asam askorbat,  $KNO_3$ ,  $CaCl_2$ , dan pelembapan diantara kertas selama 2 jam, perlakuan priming menyebabkan peningkatan kadar air benih.

**Prolina** adalah satu-satunya asam amino yang memiliki dua gugus samping yang terikat satu sama lain

**Skrining** adalah deteksi dini atau seleksi awal terhadap benih yang dilakukan untuk ketahanan terhadap kekeringan dengan menggunakan larutan tertentu

**Varietas** adalah suatu populasi tanaman dalam satu spesies yang menunjukkan ciri berbeda yang jelas.

## INDEKS

### A

Abiotik 2,5,7,88

Adaptif 7,11,

Anthesis 31,32,33,44,45,46,47,48,66,68,69,70,71,73,74,75,78,79

Analisis Korelasi 21,22,110,111,

Avoidance 19,41,43,88,91

### B

Bioassay 14

### C

Climate change 1,28,

### D

Drought Recovery 41,88

Disarticulation 31,

Dough 33,

Drought escape 40,41,88

### E

Endosperm 31,

Early stress 37,38

Ex situ 4

Eksplorasi 8,9

F Fisiologi 28,29,34,41,42,52,54,58,59,60,66,71,75,77,81,83,85,89,  
106

Floret 31,

### G

Galur murni 2,6,

Genotipe 7,11,21,26,38,39,40,85

Gene pool 2  
Gula Total 63,65,69,77,78,79,81  
Global warming 28

## H

Heading 32,33,73  
Homogenitas 14  
Hibrida 2,3,7,21,75

## I

Induksi 18,20,61  
Indeks toleransi 66,71,75,79,81,110,111,112  
Insitu 4,  
Indeks Panen 49,50,73,75

## K

Kutikular 38

## L

Late stres 37  
Leaf rolling 38,56  
LAB 65  
LTR 65

## M

Maintainer 2,  
Mild- Intermitten stress 37,  
Maturity 30,39,  
Moderat 3,29,59,108  
Morfologi 3,5,12,28,29,30,35,36,41,42,45,59,83,89  
Molekuler 5,28,83

## O

Osmotic Adjustment 58,77,79,88,107,108

## P

Padi gogo 2,3,29,36,37,46,59,85,91,102,104

Padi sawah 3,28,29,41,46,59,89,90,102,103

Pedicle 31,

Peka 6,9,19,49,67,68,69,72,73,86,99,100,105,110

Priming 18,

Plasma Nutfah 1,2,4,5,7,10

Primordia 31,32

PEG 14,15,16,18,19,20,21,22,23,42

Prolina 42,58,63,64,65,67,68,71,77,78,81,107

## R

Restorer 2

Rootbox 7,11,92,105

## S

Stomata 39,108,112,

spikelet fertil 39

Sitoplasmik 39

Skrining 91,92

## T

Turgiditas 34

## U

Upland 36, 104



Maisura, Lahir di Langsa tanggal 8 November 1972. Penulis memperoleh Gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh pada Tahun 1996. Tahun 2001 menyelesaikan pendidikan pada Program Magister Pertanian di Universitas Andalas Padang dengan bidang kajian Ekofisiologi. Tahun 2009 Penulis melanjutkan pendidikan pada Program Doktor di Institut Pertanian Bogor pada Program Studi Agronomi dan Hortikultura dan memperoleh Gelar Doktor dengan bidang kajian Fisiologi Cekaman pada Tahun 2013.

Penulis pada Tahun 2001 diangkat menjadi staf pengajar pada Program Studi Agronomi di Fakultas Pertanian Universitas Abulyatama, selanjutnya pada Tahun 2004 sampai sekarang penulis menjadi Dosen pada Program Studi Agroekoteknologi di Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh Lhokseumawe Aceh dengan bidang keahlian Fisiologi Tumbuhan. Mengajar Mata Kuliah Fisiologi Tumbuhan, Nutrisi Tanaman, Teknologi Budidaya Tanaman Pangan. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan fisiologi cekaman dan tanaman pangan utama. Hasil-hasil penelitian telah dipublikasikan di Jurnal Internasional Bereputasi, prosiding Internasional dan Nasional serta di Jurnal