

**RESPON ADAPTASI TIGA GALUR PADI RAWA  
TERHADAP PIRIT TINGGI DAN pH RENDAH PADA  
KONDISI TERGENANG**

SKRIPSI

Disusun untuk melengkapi syarat-syarat  
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



PRATIWI PHUSPITA NINGRUM

3425120265



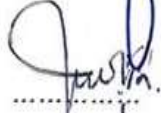




**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2017**

PERSETUJUAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

RESPON ADAPTASI TIGA GALUR PADI RAWA POTENSIAL TERHADAP  
PIRIT TINGGI DAN PH RENDAH PADA KONDISI TERGENANG

Nama : Pratiwi Phuspita Ningrum

No. Reg : 3425120265

Nama	Tanda Tangan	Tanggal
<b>Penanggung Jawab</b>		
Dekan : <u>Prof. Dr. Suyono, M.Si</u> NIP. 19671218 199303 1 005		16/2 2017
<b>Wakil Penanggung Jawab</b>		
Pembantu Dekan : <u>Dr. Muktiningsih, M.Si</u> NIP. 19640511 198903 2 001		16/2 2017
Ketua : <u>Dra. Yoswita Rustam, M.Si</u> NIP. 19530909 19800 2 002		14/2 2017
Sekretaris/Penguji I : <u>Dra. Ernawati, M.Si</u> NIP. 19560805 198403 2 003		13.2.17
<b>Anggota</b>		
Pembimbing I : <u>Dr. Adisyahputra, MS</u> NIP. 19601111 198703 1 003		13/ 17 /02
Pembimbing II : <u>Dr. Reni Indrayanti, M.Si</u> NIP. 19621023 199803 2 002		13/ 17 /02
Penguji II : <u>Eka Putri Azrai, S.Pd, M.Si</u> NIP. 19700206 199803 2 001		14/2 -2017

Dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 09 Februari 2017

## ABSTRAK

**PRATIWI PHUSPITA NINGRUM.** Respon Adaptasi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Pirit Tinggi Dan pH Rendah Pada Kondisi Tergenang. Skripsi. Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Januari 2017.

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman penghasil beras masyarakat Indonesia. Namun, produktivitas beras secara nasional menurun, sehingga perlu upaya untuk meningkatkan produktivitas padi. Upaya tersebut dilakukan dengan memanfaatkan lahan suboptimal diantaranya lahan pasang surut yang memiliki kondisi tergenang, pirit tinggi dan pH rendah. Penelitian ini bertujuan mengetahui respon padi rawa pada kondisi tergenang terhadap pirit tinggi dan pH rendah. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisiologi, rumah kaca FMIPA UNJ, dan Laboratorium anatomi LIPI pada bulan April sampai November 2016. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen dengan menggunakan desain rancangan acak lengkap pola faktorial yang terdiri dari tiga faktor. Faktor pertama adalah pH (tingkat keasamannya 4 dan 6,8). Faktor kedua adalah konsentrasi pirit (0 ppm dan 300 ppm). Faktor ketiga adalah galur padi yang terdiri dari Inpara 7, Sei Lalan, Banyuasin, dan Ciherang. Parameter yang diamati yakni parameter pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah dan panjang daun, lebar daun, jumlah dan panjang nodus, panjang akar, bobot basah dan kering akar), persentase jaringan aerenkim, diameter aerenkim dan akar serta kadar besi akar. Data dianalisis secara deskriptif dengan menghitung rata-rata dan standar error ( $\pm$  SE) serta Indeks Sensitivitas (IS). Hasil penelitian menunjukkan Galur Sei Lalan yang melakukan respon adaptasi agak toleran terhadap pH rendah (0 ppm dan pH 4). Sedangkan Galur Inpara 7 melakukan respon adaptasi agak toleran terhadap pirit tinggi (300 ppm). Respon adaptasi tiga galur padi rawa dengan pembentukan aerenkim dan kadar besi akar sangat beragam sehingga perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut.

Kata Kunci : aerenkim, padi, respon adaptasi

## ABSTRACT

**PRATIWI PHUSPITA NINGRUM.** *Adaptif Respons of Wetland Rice Constituties high Pyrite and low pH on Flood Water.* Biological Studies Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Jakarta. January 2017.

*Rice (Oryza sativa L.) is a plant producing basic food needs of the people of Indonesia. However, the national rice productivity decreases, so it need an effort to increase rice productivity. Efforts to increase rice productivity is by utilizing suboptimal land that has a pH level and pyrite. Assembly of swamp rice should to be able to adapt to conditions of high and low pH pyrite. This study aims to the response of swamp rice in waterlogged conditions of the high pyrite and low pH. This research was conducted at the Laboratory of Physiology, greenhouse, State University of Jakarta and laboratory of anatomy, LIPI from April until November 2016. Method used in this study is experiment with randomized complete design consisting of three factors. The first factor is the pH (acidity level 4 and 6.8). The second factor is the concentration of pyrites (0 ppm and 300 ppm). The third factor is the variety of rice consisting of Inpara 7, Sei Lalan, Banyuasin, and Ciherang. Parameters observed that the growth parameters (plant height, number and length of leaves, leaf width, number and length of nodes, root length, fresh weight and dry root), the percentage of aerenchyma form, aerenchyma and root diameter and root iron content. All parameters were analyzed descriptively by calculating the average and standard error ( $\pm$  SE) and Sensitivity Index (SI). The results showed Sei Lalan has adaptation response tolerant of low pH (0 ppm and pH 4). While Inpara 7 perform adaptive response rather tolerant of high pyrite (300 ppm). Adaptation response three swamp rice lines with the establishment of aerenchyma and root iron content is very diverse so we need further identification.*

*Keywords: aerenchyma, rice, adaptation of response*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Respon Adaptasi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Pirit Tinggi Dan pH Rendah Pada Kondisi Tergenang”**. Skripsi ini merupakan bagian penelitian Dr. Adisyahputra, MS yang berjudul “Perakitan Galur Padi (*Oryza sativa* L.) Rawa Pasang Surut yang Toleran Terhadap Cekaman Hipoksia, pH Rendah dan Pirit Tinggi Serta Berdaya Hasil Relatif Tinggi”. Penelitian ini dibuat sebagai syarat guna memperoleh gelar Sarjana Sains di FMIPA Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan terlibat dalam proses penyelesaian proposal ini, khususnya kepada Dr. Adisyahputra, MS dan Dr. Reni Indrayanti, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan waktunya dengan penuh kesabaran dalam menyusun skripsi ini dengan baik. Ibu Dra. Ernawati, M.Si dan ibu Eka Putri Azrai, S.Pd, M.Si selaku dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis dalam penulisan skripsi ini. Para dosen dan karyawan Jurusan Biologi FMIPA UNJ yang telah memberikan ilmu, waktu dan tenaga kepada penulis.

Mba Icha dan Pak Ijul yang telah memberikan ilmu di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Ibu Dr. Dorli, dosen Institut Pertanian Bogor yang

telah memberikan waktunya untuk berdiskusi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bapak Sukiman dan Ibu Maningsih yang memberikan dukungan material dan moril serta doa yang tiada batas sehingga penulis tetap kuat dan semangat dalam menyelesaikan studi. Adik penulis Cintia Agustina R. dan Pramudya Galih T. F. yang juga memberikan dukungan doa dan motivasi.

Teman – teman seperjuangan mahasiswa Biologi 2012 yang banyak memberikan dukungan dan doa serta berbagi ilmu, waktu, motivasi, semangat dan kerjasama yang solid dari awal hingga akhir perkuliahan. Terutama untuk teman-teman teamwork rumah kaca (Rurin dan Nela) serta seperjuangan (Rani, Amel, Riza, Stefani, Family, Andisa, Agus, Sherly, Tria dan Lita). Teman-teman Seperjuangan Kelompok Peneliti Muda terutama untuk Aldi, Via, Peni, Febri, Deni dan Amrul yang telah merasakan beragam pengalaman dan telah memberikan dukungan dan doa serta berbagi ilmu di luar waktu perkuliahan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan karya ilmiah ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca dan dapat digunakan sebaik-baiknya.

Jakarta, 28 Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Kajian Pustaka .....	6
1. Lahan Pasang Surut .....	6
2. Karakteristik Lahan Rawa Pasang Surut .....	8
3. Reaksi Sulfat Masam dan Pembentukan Pirit pada Lahan Pasang Surut .....	8
4. Kondisi Tergenang Pada Lahan Pasang Surut.....	11
6. Media Vermikulit, Galur Tiga Padi Rawa dan Ciherang..	12
7. Respon Tanaman .....	16
B. Kerangka Berfikir.....	20
C. Hipotesis Penelitian.....	21

<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	
	A. Tujuan Operasional .....	22
	B. Tempat dan Waktu .....	22
	C. Metode Penelitian.....	23
	D. Prosedur Kerja .....	24
	1. Peralatan dan Bahan Penelitian.....	24
	2. Pelaksanaan Percobaan .....	24
	E. Teknik Pengumpulan Data .....	28
	F. Teknik Analisis Data .....	31
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
<b>BAB IV</b>	<b>KESIMPULAN,SARAN DAN IMPLIKASI</b>	
	A. Kesimpulan.....	63
	B. Implikasi .....	63
	C. Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>65</b>
<b>Lampiran .....</b>		<b>72</b>
<b>Surat Pernyataan Keaslian Skripsi .....</b>		<b>79</b>
<b>Riwayat Hidup .....</b>		<b>80</b>



## DAFTAR GAMBAR

No	Halaman
1. Zona Lahan Rawa .....	7
2. Sayatan melintang akar padi umur 21 hari setelah semai .....	18
3. Cara pembibitan tanaman padi.....	25
4. Performa Tiga Galur Padi Rawa dan Ciherang .....	38
5. Penampang melintang akar padi Inpara 7 pada ± 63 HST dan ± 77 HST .....	49
6. Penampang melintang akar padi Banyuasin pada ± 63 HST dan ± 77 HST .....	49
7. Penampang melintang akar padi Sei Lalan pada ± 63 HST dan ± 77 HST .....	50
8. Penampang melintang akar padi Ciherang pada ± 63 HST dan ± 77 HST .....	50
9. Akar Padi Rawa 63 HST.....	54
10. Akar Padi Rawa 77 HST.....	55

## DAFTAR TABEL

No	Halaman
1. Galur unggul padi rawa rakitan Badan Litbang Pertanian dilepas tahun 2008 – 2012 .....	16
2. Stadia Pertumbuhan Tanaman Padi.....	17
3. Rancangan Percobaan.....	23
4. Uji Anava variable pertumbuhan pada kondisi awal sebelum diberi Pirit dan pH.....	32
5. Indeks sensitivitas parameter pertumbuhan galur padi usia 63 HST dan 77 HST dengan kondisi pirit 0 ppm dan pH 4 terhadap kondisi normal.....	36
6. Indeks sensitivitas parameter pertumbuhan galur padi umur 63 HST dan 77 HST dengan kondisi pirit 300 ppm dan pH 6,8 terhadap kondisi normal .....	36
7. Indeks sensitivitas parameter pertumbuhan galur padi usia 63 HST dan 77 HST dengan kondisi pirit 300 ppm dan pH 4 terhadap kondisi normal .....	37
8. Indeks sensitivitas respon tiga galur padi umur 63 HST dan 77 HST dengan kondisi pirit 0 ppm dan pH 4 terhadap kondisi normal.....	44
9. Indeks sensitivitas respon tiga galur padi umur 63 HST dan 77 HST dengan kondisi pirit 300 ppm dan pH 6,8 terhadap kondisi normal .....	44
10. Indeks sensitivitas respon tiga galur padi umur 63 HST dan 77 HST dengan kondisi pirit 300 ppm dan pH 4 terhadap kondisi normal .....	45
11. Persentase pembentukan aerenkim pada akar padi .....	48
12. Hasil Kadar Besi Pada Media Tanam .....	52
13. Pembentukan Jaringan Aerenkim dan Kadar Besi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Kondisi Pirit 0 ppm dan pH 4 Pada fase Vegetatif Akhir (63 HST) dan Generatif awal (77 HST).....	59

14. Pembentukan Jaringan Aerenkim dan Kadar Besi  
Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Kondisi Pirit 300 ppm  
dan pH 6,8 Pada fase Vegetatif Akhir (63 HST) dan  
Generatif awal (77 HST)..... 59
15. Pembentukan Jaringan Aerenkim dan Kadar Besi  
Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Kondisi Pirit 300 ppm  
dan pH 4 Pada fase Vegetatif Akhir (63 HST) dan  
Generatif awal (77 HST)..... 60

## DAFTAR LAMPIRAN

No	Halaman
1. Respon parameter (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang nodus) pada padi rawa umur 63 HST terhadap pemberian pirit dan pH .....	72
2. Respon parameter (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang nodus) pada padi rawa umur 77 HST terhadap pemberian pirit dan Ph.....	73
3. Respon parameter (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang nodus) pada padi rawa umur 35 HST .....	74
4. Pengaruh media pirit dan pH terhadap panjang akar empat tanaman padi 63 HST dan 77 HST .....	75
5. Respon berat basah dan kering akar padi rawa terhadap pemberian pirit dan pH .....	76
6. Pengaruh media dengan galur terhadap diameter akar dan aerenkim.....	77

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman penghasil beras masyarakat Indonesia. Tanaman padi menempati urutan pertama dari tujuh komoditas pangan utama baik dari segi produksi maupun ekonomi di Indonesia (BPS [Badan Pusat Statistik], 2009), sedangkan menurut FAO [*Food and Agriculture Organization*] (2012), tanaman padi berada pada urutan kedua dari segi jumlah produksi.

Rata-rata jumlah produksi beras pada tahun 2014 secara nasional mencapai 7,3 ton per hektar. Namun, total konsumsi beras secara nasional mencapai 27,34 juta ton atau setara dengan 113,72 kg per kapita per tahun (BPS, 2014). Guna mencapai jumlah tersebut bukanlah hal mudah. Perlu adanya upaya serius peningkatan produksi padi melalui aksi nyata dalam bentuk revitalisasi bidang pertanian, sehingga mampu mengimbangi laju permintaan beras akibat peningkatan perkembangan penduduk sebesar 2,3 % jiwa per tahun di Indonesia (KEMANTAN, 2010).

Upaya pemerintah untuk melakukan peningkatan produksi padi yakni dengan penggunaan lahan suboptimal di Indonesia sebagai lahan pertanian akibat adanya penurunan lahan optimal mencapai 25,16 ribu hektar per tahun (BPS, 2013). Menurut Haryono (2013), lahan suboptimal di Indonesia yang sesuai untuk lahan pertanian mencapai 91,9 juta hektar. Lahan tersebut didominasi lahan rawa di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi

dan Papua mencapai 33,4 juta hektar, terdiri atas 20,19 juta hektar lahan pasang surut dan 13,28 juta hektar lahan lebak. Namun, sejak tahun 1970, lahan rawa yang menjadi prioritas dalam produksi pangan adalah lahan pasang surut (Koswara dan Rumanas, 1984).

Lahan pasang surut memiliki karakteristik biofisik yakni sistem pengairan yang mengandalkan pasang dan surutnya air sungai, genangan air yang dalam, konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  yang tinggi, tingginya keasaman tanah (pH tanah rendah) berkisar antara 3-4, rendahnya kandungan bahan anorganik, kekurangan unsur hara terutama P, Ca dan Mg (Anwar, 2001; Benyamin, 2013).

Karakteristik tersebut menimbulkan kendala pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi. Kendala tersebut yakni [1] konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  yang tinggi menyebabkan adanya lapisan pirit. Lapisan pirit tersebut merupakan sumber racun bagi tanaman. Racun ini berasal dari besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) yang terjadi akibat proses reduksi  $\text{Fe}^{3+}$  dengan melibatkan mikroba pelarut ion sulfida (Audebert, 2006). [2] Genangan Air pada lahan tersebut membuat akar tanaman kekurangan oksigen dan mengakumulasi bahan-bahan ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{FeS}$ , dan asam-asam organik) yang menghambat respirasi (Mehbaran *et al.*, 2008). [3] tanah yang masam dengan pH berkisar 3-4, membuat pertumbuhan tanaman terhambat (Nazoe, 2008).

Ketahanan dan kemampuan adaptasi tanaman terhadap kondisi lahan pasang surut tersebut yang merupakan hal penting. Bentuk adaptasi

anatomi juga dapat dijadikan salah satu indikator terhadap perubahan lingkungan hidup tanaman (Haryanti *et al.*, 2011).

Perubahan lingkungan hidup berupa [1] kondisi air yang tergenang (kekurangan oksigen), akar tanaman ini akan membentuk jaringan aerenkim (Saab & Sach, 1996). [2] Kondisi dengan kadar besi yang melebihi batas kritis konsentrasi Fe dalam larutan hara menyebabkan keracunan besi. Keracunan besi dapat terjadi jika terdapat kadar pirit 100 ppm pada pH 3.7 dan kadar pirit 300 ppm pada pH 5.0. Kadar pirit yang melebihi 300 ppm dengan pH 5.0 juga akan terjadi keracunan besi (Sahrawat *et al.*, 1996). Hal ini menyebabkan keracunan besi pada tanaman terutama organ akar, sehingga menghambat proses metabolisme tanaman (Bode *et al.*, 1995).

Organ akar berfungsi sebagai organ penyangga tanaman dimana akar akan menyerap hara dari tanah, sehingga cukup sensitif jika akar mengalami keracunan logam seperti Fe dan Al (Nazoe, 2008). Kondisi tersebut merupakan tantangan dalam meningkatkan produksi padi. Perlu diupayakan langkah-langkah strategis untuk mengatasi hal tersebut.

Langkah yang dilakukan diantaranya dengan penggunaan galur yang toleran terhadap kondisi lingkungan pasang surut sehingga diharapkan mampu mempertahankan pertumbuhan melalui adaptasi lingkungan yang tercekam. Kegiatan penelitian yang dilakukan oleh *International Rice Research Institute* [IRRI] telah diperoleh padi rawa yang tahan terhadap keracunan Fe yaitu galur Inpara 7. Menurut Balai Penelitian

dan pengembangan Pertanian, (2011), padi lokal yang berasal dari Balai Pertanian yakni Sei Lalan yang tahan terhadap Fe dan pH, sedangkan Banyuasin yang tahan terhadap pH rendah. Berdasarkan hasil penelitian Wibisono (2015), dari enam galur padi rawa yang diujikan dengan pemberian pirit dan pH di media vermikulit mampu bertahan pada fase vegetatif awal yakni Seilalan, Banyuasin dan Inpara 7. Hal ini yang memperkuat alasan peneliti menggunakan galur tersebut.

Penelitian tanaman padi untuk memperoleh galur yang toleran terhadap kondisi tergenang, pH rendah dan pirit tinggi belum intensif dilakukan, maka perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh galur padi rawa memiliki sifat toleran serta karakter adaptasi yang dapat menjadi penanda toleransi tanaman.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut permasalahan yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini yakni :

1. Apakah tiga galur padi rawa yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sifat toleran terhadap pirit tinggi dan pH rendah pada kondisi tergenang?
2. Apakah tiga galur padi rawa yang memiliki sifat toleran mampu melakukan respon adaptasi terhadap pirit tinggi dan pH rendah pada kondisi tergenang ?



### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah diatas, penelitian ini bertujuan :

1. Mengetahui tiga galur padi rawa yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sifat toleran terhadap pirit tinggi dan pH rendah pada kondisi tergenang.
2. Mengetahui respon adaptasi tiga galur padi rawa yang memiliki sifat toleran terhadap pirit tinggi dan dan pH rendah pada kondisi tergenang.

### **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat dan peneliti padi mengenai bentuk adaptasi tanaman pada kondisi pirit tinggi dan pH rendah sehingga bermanfaat dalam usaha peningkatan pertumbuhan dan budidaya tanaman padi serta pengembangan plasma nutfah pada galur tanaman,

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS PENELITIAN**

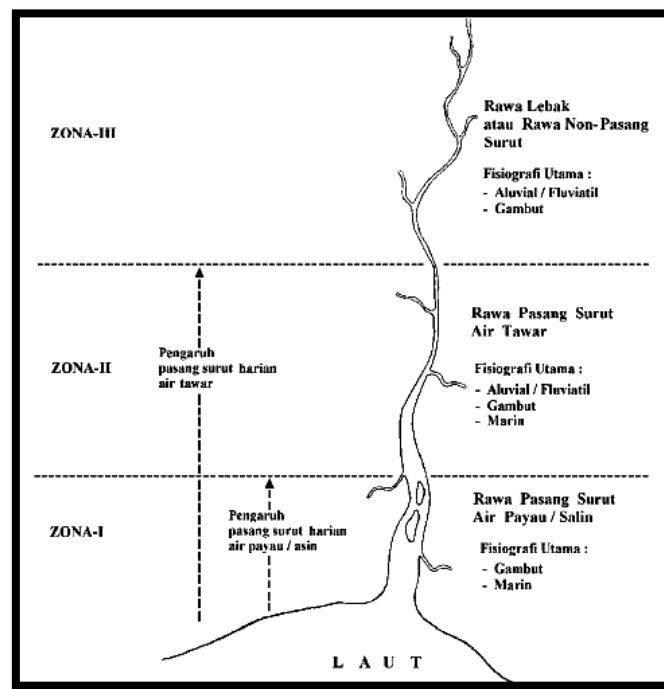
#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Lahan Rawa Pasang Surut**

Menurut Peraturan Pemerintah Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 11/PRT/M/2015, lahan rawa adalah lahan yang tergenang air secara alamiah terus-menerus atau musiman akibat adanya sistem drainase yang terhambat dan memiliki karakter yang khas diantaranya posisi tanah yang cekung, derajat keasaman yang rendah, adanya makhluk hidup (hewan dan tumbuhan) rawa serta hutan rawa. Lahan rawa dibedakan menjadi (a) rawa pasang surut merupakan lahan yang dipengaruhi oleh pasang surutnya air dengan posisi dekat pantai, muara atau sungai sedangkan (b) rawa non-pasang merupakan lahan yang tidak dipengaruhi oleh pasang surut air dengan posisi jauh dari pantai, sungai atau muara. Menurut Haryono (2013), luasan lahan suboptimal di Indonesia untuk pertanian mencapai 91,9 juta hektar. Lahan tersebut didominasi oleh lahan rawa yang terdapat di Sumatra, Kalimantan, Sulawesi dan Papua mencapai 33,4 juta hektar, terdiri atas 20,19 juta hektar lahan pasang surut dan 13,28 juta hektar lahan lebak.

Rawa pasang surut merupakan hilir sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut, adanya daratan lumpur, hutan mangrove dan daerah

rawa (Robiyanto, 2013). Daerah rawa dengan topografi datar dan memiliki ketersediaan air yang cukup menyebabkan terbentuknya dataran rendah di bagian hilir yang relatif basah dan datar tersaji pada gambar 1.



Gambar 1. Zona lahan rawa (Departemen Pertanian, 2006)

Menurut Robiyanto (2013), lahan rawa pada bagian hilir memiliki sistem sungai yang mendapat pasang surut air laut baik langsung atau tidak. Lahan pasang surut berasal dari hasil sedimentasi endapan sungai atau tanah mineral. Endapan tersebut berada disekitar sungai atau lebih dikenal dengan istilah delta. Lahan yang didominasi oleh bahan organik disebut dengan lahan gambut juga terdapat di lahan rawa. Tipe-tipe tersebut sangat dipengaruhi oleh pasang surut yang berinteraksi langsung dengan curah hujan dan aliran sungai. Tata air pada lahan yang bertipe luapan A dan B perlu diatur dalam sistem aliran satu arah, sedangkan untuk

lahan bertipe luapan C dan D, saluran air perlu ditabat (disekat) dengan *stoplog* untuk menjaga permukaan air sesuai dengan kebutuhan tanaman serta memungkinkan air hujan tertampung dalam saluran tersebut (Alwi, 2014).

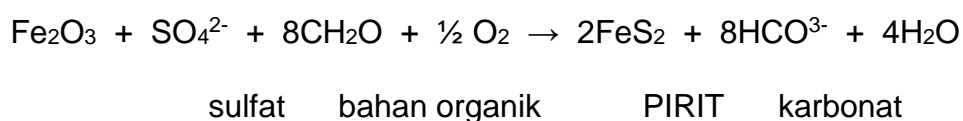
## **2. Karakteristik Lahan Pasang Surut**

Karakteristik lahan pasang surut diantaranya memiliki tanah yang sulfat masam, kondisi tergenang, miskinnya unsur hara terutama dalam ketersediaan posfat dan kalium, adanya zat beracun seperti besi (Fe), aluminium (Al), mangan (Mn), hidrogen sulfida, dan sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) tinggi menyebabkan kation-kation basa berstruktur rendah dan adanya pirit yang muncul. Keberadaan pirit ini akan teroksidasi dan menyebabkan tanah menjadi masam dengan pH berkisar 2-3, tumbuhnya gulma dominan (Widjaya, 1998; Anwar 2001; Sesbany, 2013).

## **3. Reaksi Sulfat Masam dan Pembentukan Pirit pada Lahan Pasang Surut**

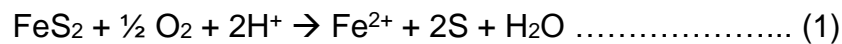
Lahan pasang surut tergolong tanah yang bersulfat masam. Widjaya *et al.* (1992), tanah sulfat masam adalah tanah yang memiliki lapisan pirit atau bahan sulfidik pada kedalaman kurang dari 50 cm. Pada tanah sulfat masam terjadi reaksi sulfat masam. Kemasaman merupakan ciri utama pada tanah sulfat masam memiliki pH yakni berkisar antara 4. Namun, tanah sulfat asam yang tergenang mengakibatkan kemasaman tanah tinggi dengan  $\text{pH} < 4,0$ .

Pembentukan pirit memerlukan persyaratan tertentu yakni lingkungan anaerob (Pons et al., 1982). Lingkungan anaerob ini menyebabkan reaksi reduksi pirit dimana sulfat terlarut yang berasal dari air laut atau air payau pasang akan dipecah oleh bakteri pereduksi sulfat (*Desulfobio* sp.) menghasilkan sulfida dan terikat dengan  $Fe^{2+}$  sebagai  $FeS$ . Reaksi antara padatan  $FeS$  dan  $S$  berjalan sangat lambat, memerlukan waktu bulanan bahkan tahunan untuk menghasilkan sejumlah pirit. Namun demikian, pada kondisi yang sesuai,  $Fe^{2+}$  larut dan ion polisulfida dapat membentuk pirit dalam waktu 2 hari (Howarth dalam Dent, 1986). Reaksi keseluruhan pembentukan pirit dari besi oksida ( $Fe_2O_3$ ) sebagai sumber  $Fe$  digambarkan sebagai berikut :

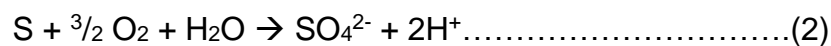


Pirit adalah mineral berkrystal oktahedral, termasuk sistem kubus, dari senyawa besi-sulfida ( $FeS_2$ ) yang terbentuk di dalam endapan kaya bahan organik, dalam lingkungan air laut atau payau yang mengandung senyawa sulfat ( $SO_4$ ) larut. Pirit mengandung 46,55%  $Fe$  (berdasarkan berat) dan 53,45%  $S$  (Michaelsen dan Phi, 1998). Senyawa pirit jika berada dalam kondisi teroksidasi maupun reduktif memberikan dampak negatif bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi (Harahap, 2014). Pembentukan pirit memerlukan adanya besi-oksida, ion sulfat, bahan organik, dalam kondisi reduksi dan melibatkan bakteri pereduksi sulfat.

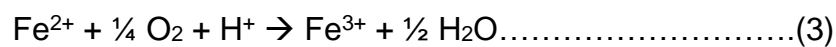
Pengelolaan lahan rawa pasang surut biasanya ditandai adanya tata air makro berupa saluran-saluran primer hingga tersier. Lahan yang mengalami kondisi kekeringan menyebabkan air tanah menjadi turun sehingga lingkungan pirit menjadi terekspose di udara dan mengalami proses oksidasi pirit. Proses tersebut dapat terjadi secara alami melalui beberapa tahapan yang melibatkan proses kimia dan biokimia yaitu mula-mula oksigen terlarut dalam air tanah bereaksi lambat dengan pirit, menghasilkan besi ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan sulfat dengan reaksi berikut :



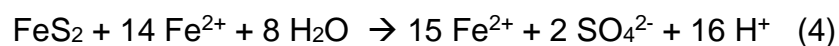
Oksidasi belerang oleh oksigen terjadi sangat lambat, tetapi dengan bakteri autitrop yang berperan sebagai katalisator, proses dapat berjalan lebih cepat, reaksinya sebagai berikut :



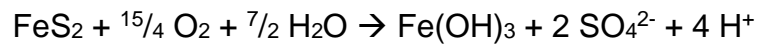
Reaksi oksidasi  $\text{Fe}^{2+}$  oleh oksigen yang dihasilkan besi ferri ( $3+$ ) dengan bantuan bakteri *Thiobacillus ferroxidans*. Bakteri tersebut mengoksidasi  $\text{Fe}^{2+}$  menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ . Berikut reaksinya :



Besi ferri yang terbentuk dapat bertindak sebagai oksidator bagi pirit. jika pH tanah menjadi  $<4$ , menyebabkan  $\text{Fe}^{3+}$  dapat mengoksidasi pirit dengan cepat dalam reaksi berikut :



Hasil akhir dari reaksi oksidasi pirit adalah ferri hidroksida dan sulfat secara singkat dalam persamaan berikut :



Hasil akibat reaksi tersebut membuat pH tanah menjadi asam berkisar antara (pH 1,3 sampai <3,5). Besi-III koloidal yang terbentuk, mengkristal menjadi oksida besi “goethite”, yang berwarna coklat kemerahan, berupa karatan dalam tanah pada dinding-dinding saluran drainase. Pirit yang berada pada lahan pasang surut akan teroksidasi jika terdapat saluran-saluran yang menyebabkan drainase yang berlebihan. Hal ini akan terjadi peningkatan konsentrasi  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{2+}$  dan kahat (kekurangan) hara P, Ca, Mg dan K pada Tanaman (Notohadiprawiro, 2000).

#### 4. Kondisi tergenang pada lahan pasang surut

Kondisi tanah yang tergenang, memiliki potensial redok dan pH tinggi menyebabkan pembentukan ion sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) meningkat. Selain itu juga, mengurangi kelarutan  $\text{Al}^{3+}$ . Kondisi ini juga dapat meningkatkan kelarutan  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  yang juga meracuni tanaman (Ritsemé *et al.*, (1992). Proses reduksi tersebut digambarkan dalam reaksi berikut :



Lahan yang tergenang dapat munculnya besi ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), asam belerang ( $\text{H}_2\text{S}$ ),  $\text{CO}_2$ , dan asam-asam organik (Vadari *et al.* 1992). Ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang dihasilkan pada kondisi reduktif cukup berbahaya karena dapat diserap langsung oleh akar tanaman. Seperti digambarkan pada reaksi berikut



Kondisi lingkungan tergenang mengakibatkan besi mudah tereduksi dan sensitif terhadap perubahan kondisi redoks tanah (Ussri dan Johnson, 2004), meningkatkan fraksi Fe-P dan menurunkan Al-P (Shah dan Mikelson, 1986). Kondisi tanah yang secara terus-menerus mengalami penggenangan dan kering akibat pasang surutnya permukaan air laut serta kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan proses reduksi dan oksidasi membentuk suatu siklus. Siklus tersebut dipengaruhi oleh adanya perubahan musim yakni musim hujan dan kemarau, dimana musim hujan tanah cenderung dalam kondisi tereduksi, sedangkan kemarau cenderung dalam kondisi teroksidasi. Kelarutan  $\text{Fe}^{2+}$  meningkat dengan nilai redok yang turun (kondisi reduksi) dan sebaliknya (Heanhart dan Ni, 1992)

##### **5. Media Vermikulite , Tiga Galur Padi Rawa dan Ciherang**

Vermikulite merupakan media anorganik steril yang dihasilkan dari pemasanan kepingan-kepingan mika serta mengandung potassium dan kalium (Wibisono, 2015). Berdasarkan sifatnya, vermiculite memiliki kemampuan kapasitas tukar kation yang tinggi, terutama dalam keadaan padat dan pada saat basah (Zaki, 2013). Vermikulite yang berasal dari Afrika memiliki pH yang sangat basa, sedangkan yang berasal dari amerika memiliki pH netral (Robbins and Evans, 2015).

Padi merupakan tanaman pangan Indonesia yang memiliki galur yang sangat beragam. Tanaman padi merupakan tanaman yang mampu melakukan adaptasi pada kondisi lingkungan yang beragam (Utama, 2015).



Padi rawa merupakan padi yang mampu beradaptasi pada kondisi tergenang air atau rawa-rawa (rawa lebak dan rawa pasang surut). Galur padi yang telah dilepaskan oleh Balai Litbang Penelitian Tanaman Padi [BB-PTP] antara lain galur Banyuasin, Sei Lalan, Inpara 7.

#### 1. Banyuasin

Banyuasin merupakan galur padi lokal yang dilepaskan pada tahun 1997 dengan umur tanaman berkisar 118-122 hari. Perawakan yang tegak dengan tinggi berkisar 98-105 cm mampu memproduksi anakan sebanyak 10-15 batang yang berwarna hijau. Daun berwarna hijau dengan permukaan yang kasar dan posisi tegak sampai agak mirirng. Gabah yang dihasilkan berwarna kuning dengan bentuk sedang bulat. Banyuasin memiliki Kadar amilosa sekitar 22 %, Bobot 1000 butir yakni 26 g, Rata-rata hasil : 5,0 t/ha, Potensi hasil : 6,0 t/ha, Ketahanan terhadap hama, Banyuasin agak tahan wereng coklat biotipe 3, tahan blas, penyakit bercak coklat dan agak tahan terhadap hawar daun bakteri strain III. Ketahanan terhadap cekaman lingkungan, Banyuasin agak toleran keracunan Fe (10 ppm) dan Al (5,4 me/100g), sehingga dianjurkan tanam pada lahan pasang surut potensial, gambut (sampai ketebalan 60 cm) dan sulfat masam (pH 4) Regosol.

#### 2. Sei Lalan

Sei Lalan merupakan galur padi yang dilepaskan pada tahun yang sama dengan galur Banyuasin. Namun, Sei Lalan memiliki perawakan yang lebih besar dibandingkan dengan Banyuasin berkisar 118-125 cm.

Berdasarkan Hasil penelitian tentang uji adaptasi galur lahan rawa telah banyak dilakukan dengan hasil yang berbeda-beda setiap lokasi. Ini menunjukkan bahwa respons dan interaksi galur dengan kondisi lingkungan juga berbeda. Hasil uji adaptasi beberapa galur padi di lahan rawa yang dilakukan Achmadi dan Las (2010), khususnya rawa lebak tengahan, menunjukkan bahwa Banyuasin, Ciherang, dan Sei Lalan memberikan hasil yang optimal.

### 3. Inpara 7

Inpara (inbrida padi rawa) merupakan galur padi yang dilepas untuk adaptasi di lahan rawa. Sejak tahun 2008, sistem pemberian nama padi unggul mengalami perubahan, tidak lagi menggunakan nama sungai, tetapi berdasarkan agroekosistem. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (BALITTAN, 2008) pada periode tahun 2008 hingga 2012 telah melepas tujuh galur unggul padi rawa dengan nama Inpara 1, Inpara 2, Inpara 3, Inpara 4, Inpara 5, Inpara 6 serta Inpara 7. Masing-masing galur memiliki karakternya masing-masing.

Inpara 7 merupakan tanaman hasil persilangan bio 12/beras merah yang memiliki umur berkisar  $\pm 114$  hari. Bentuk tanaman yang tegak dengan tinggi  $\pm 88$  cm, daun bendera tegak, bentuk gabah yang ramping dan panjang, kadar amilosa  $\pm 20$  %, rata-rata hasil 4,5 t/ha GKG. Namun, inpara 7 memiliki potensi hasil hingga 5,1 t/ha GKG. Ketahanan terhadap hama, Inpara 7 tidak tahan terhadap wereng batang coklat. Ketahanan terhadap penyakit, Inpara 7 agak tahan terhadap tungro isolate Subang, blas ras 033

dan 173. Ketahanan cekaman abiotik, Inpara 7 agak toleran terhadap keracunan Fe dan Al, sehingga dianjurkan ditanam di lahan pasang surut dan lebak.

#### 4. Ciherang

Ciherang merupakan padi sawah yang menjadi kontrol negative pada penelitian ini. Adapun deskripsi galur Ciherang yakni galur padi sawah yang dilepaskan pada tahun 2000 dan memiliki keunggulan dalam hal umur tanam yang pendek, hanya 80 – 96 hari saja, sehingga mempercepat panen dan meningkatkan produksi padi (Mutakin, 2008). Bentuk tanaman yang tegak dengan tinggi berkisar 91-106 cm. Ciherang memiliki daun bendera yang tegak, bentuk gabah yang ramping, kadar amilosa 23%, indeks glikemik 88, berat 1000 butir berkisar 27-28 gram. Rata-rata hasil yang diperoleh berkisar 5-7 t/ha. Tahan terhadap wereng coklat biotipe 2, agak tahan terhadap wereng coklat biotipe 3. Tahan terhadap hawar daun bakteri strain III, rentan terhadap strain IV dan VIII. Baik ditanam disawah irigasi dataran rendah sampai ketinggian 500 m dpl.

Badan Litbang Pertanian telah melepas sejumlah galur unggul padi rawa antara lain Banyuasin, Sei Lalan, Batanghari, Dendang, Indragiri, dan Punggur masing-masing dikembangkan pada lahan rawa potensial, gambut, dan sulfat masam; masing-masing beradaptasi dengan baik pada lahan pasang surut. Sejak 2008 sampai 2012 telah dilepas galur unggul padi rawa yang dirakit oleh IRRI tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Galur unggul padi rawa rakitan dilepas tahun 2008 – 2012 berasal dari IRRI dan Badan Litbang Pertanian

No	Sifat-sifat	Galur			
		Inpara 7	Banyuasin	Sei lalan	Ciherang
1	Umar Hari	114	122	125	116-125 hari
2	Rata-rata hasil	4.5 t/ha	5 t/ha	4.5 t/ha	5-8.5 t/ha
3	Potensi hasil	5.1 t/ha	6 t/ha	7 t/ha	8.5 t/ha
4	Ketahanan terhadap cekaman	besi dan aluminium	pH	besi dan pH	wereng coklat biotipe 2 dan agak tahan biotipe 3. Bertahan pada lahan sawah irigasi dataran rendah sampai 5000 m dpl.

Sumber : BALITTAN (Balai Penelitian Tanaman Pangan)

Penelitian tanaman padi yang adaptif terhadap kondisi rawa sedang dikembangkan. Namun, penelitian tersebut memperoleh hasil yang berbeda-beda setiap lokasi. Hasil produktivitas tanaman padi galur Banyuasin dan inpara 2 di daerah Bengkulu masing-masing mencapai 2,76 ton/ha dan 2,82 ton/ha dengan kendala yang dihadapi yakni kekurangan unsur hara (Khairullah, dkk, 2003).

Tanaman padi memiliki siklus hidup yang terdiri dari 3 tahap (Moldenhauer, 2006) yakni : (1) vegetatif (2) Reproduksi (3) Pematangan bulir. Selain itu, terdapat 10 stadia proses pertumbuhan dari awal penyemaian hingga panen (Fehr *et al.*, 1989). Setiap stadia pertumbuhan memiliki karakter masing-masing tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Stadia Pertumbuhan Tanaman Padi

Stadia	Deskripsi
0	Tahapan dari perkecambahan hingga munculnya daun pertama tanaman padi. Proses ini terjadi selama 3 hari.
1	Stadia bibit dimana pada stadia ini terlihat daun pertama sampai terbentuknya anakan pertama. Proses ini terjadi selama 3 minggu atau pada saat tanaman umur 24 hari
2	Stadia anakan dimana jumlah anakan bertambah hingga batas maksimum. Proses ini terjadi selama 2 minggu atau saat tanaman berumur 40 hari
3	Stadia stadia pemanjangan batang yang terjadi selama 10 hari sampai terbentuknya bulir padi, saat tanamana berumur 52 hari.
4	Stadia perbanyak bulir selama 10 hari atau saat padi berumur 62 hari.
5	Stadia perkembangan bulir yang terjadi selama 2 minggu saat padi sampai berumur 72 hari. Bulir tumbuh hingga terbentuknya biji
6	Stadia perbunga yang terjadi selama 10 hari, terjadi saat munculnya bunga, polinasi dan fertilisasi.
7	Stadia biji yang beisi cairan menyerupai susu, bulir terlihat berwarna hijau yang terjadi selama 2 minggu yakni saat padi berumur 94 hari.
8	Stadia saat biji yang lunak mulai mengeras dan berwarna kuning hingga terlihat hijau kekuningan yang terjadi selama 2 minggu saat tanaman berumur 102 hari.
9	Stadia pemaskan biji. Biji terlihat sempurna berdasarkan ukurannya, keras dan berwarna kuning, sehingga bulir mulai merunduk. Stadia ini terjadi selama 2 minggu, saat padi sampai berumur 116 hari.

## 5. Respon Adaptasi Tanaman

### A. Struktur Jaringan Aerenkim Akar Tanaman

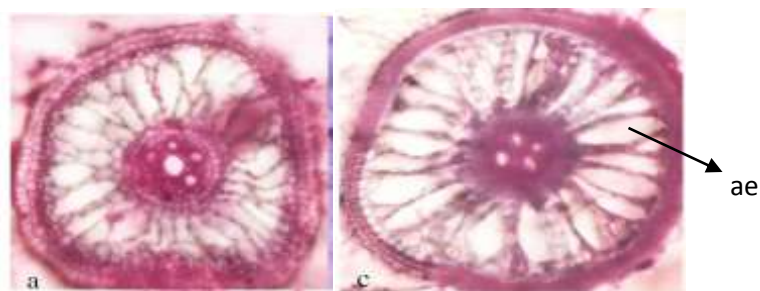
Jaringan aerenkim merupakan sel yang terdapat ruang gas yang membesar dan ditemukan sebagai ruang interseluler. Jaringan ini terbentuk di organ akar dan tunas dari jenis tanaman lahan basah dan jenis tanaman lahan kering yang mengalami kondisi tercekam baik konstitutif maupun stress abiotik seperti cekaman hipoksia.

Pembentukan aerenkim terjadi akibat menurun oksigen yang akan mempengaruhi lisisnya sel korteks (Armstrong, 1979). Oksigen akan berada di ujung akar dan daerah rizhosfer serta akan menghilangkan gas

(karbon dioksida, etilen, metana) dari akar dan tanah (akar (Armstrong et al, 2000;. Visser et al, 2000;. Soukoup et al. 2002).

Menurut Saab dan Sach (1995), akar tanaman yang berada pada keadaan terendam (kondisi anaerob) akan membentuk jaringan aerenkim yang lebih banyak jika dibandingkan pada kondisi kering. Aerenkim ini terbentuk secara lisogenous dan schizogenous. Secara lisogenous, aerenkim terbentuk melalui lisis sel sedangkan secara schizogenous, aerenkim terbentuk dengan memisahkan sel selama perkembangan jaringan (Evans, 2003).

Pada kondisi yang tergenang, terbentuknya aerenkim merupakan salah satu bentuk adaptasi tanaman untuk mempertahankan hidupnya dalam kondisi oksigen sedikit. Rongga aerenkim akan terbentuk pada korteks akar, rimpang dan batang sehingga aerenkim ini berfungsi sebagai peningkatan aerasi pada jaringan tanaman yang tergenang (Seago, *et al*, 2005).



Gambar 2. Sayatan melintang akar padi umur 21 hari setelah semai: a. padi sawah (IR64) kontrol; c. padi sawah (IR64) kondisi terendam; ae = aerenkim

Menurut Handayani (2013), akar padi sawah yang diberikan perlakuan rendaman pada hari ke-21 telah mengalami perubahan bentuk aerenkim setelah semai tersaji pada gambar 2.

Mekanisme pertahanan tanaman dengan mengakumulasi ion  $Fe^{2+}$  yang berlebihan di akar juga akan berhubungan dengan produksi etilen (Harahap, 2014). Etilen yang berupa molekul kecil dan berbentuk gas memiliki fungsi untuk membantu perkembangan *aerenchyma* pada akar dan juga pembentuk akar-akar baru sebagai cara adaptasi tanaman pada kondisi tergenang (Abeles, 1973; Yang, 1980; Harahap, 2014). Selain kondisi tergenang, tanaman yang memiliki kandungan Fe tinggi juga dapat menjadi pemicu produksi etilen pada akar (Becker and Asch, 2005; Dordolodot *et al.*, 2005).

## **B. Plak Besi**

Pembentukan plak besi pada akar merupakan bentuk respon strategi tanaman untuk hidup pada lahan rawa dengan lingkungan *anoxic* (Smolders dan Roelofs, 1996; Chabbi, 1999). Plak besi merupakan endapan yang berasal dari oksidasi besi pada akar tanaman di lahan rawa (Emerson, et al., 1999). Plak tersebut yang menjadi penghalang bagi logam racun untuk tanaman air seperti padi. Plak besi pada akar terbukti telah mengurangi penyerapan Al, As, Sb, Pb, dan Zn pada tanaman padi. (Liu et al., 2004a, b; Chen et al., 2006; Deng et al., 2010; Lei et al., 2011; Li et al., 2011; Huang et al., 2012).

Besi dalam bentuk  $\text{Fe}^{2+}$  dapat diserap oleh akar tanaman dengan bantuan pengkelat. Pada saat tanaman mengalami defisiensi Fe, akar akan melepaskan asam organik yaitu molekul kimia dari kelompok fitosiderator dan pengkelat  $\text{Fe}^{3+}$  yang ada di rizosfer untuk diserap ke dalam akar. Mekanisme ini lebih efisien dari mekanisme reduksi  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  oleh bakteri pereduksi (Kim dan Guerinot, 2007).

Tanaman akan mengakumulasi unsur Fe yang berlebihan di zona perakaran. Besi sebelum masuk ke dalam jaringan akar harus melalui penghalang oksidatif pada daerah rizosfer. Hasil oksidasi terhadap ion  $\text{Fe}^{2+}$  di daerah rizosfer akan membentuk plak  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$  dan terakumulasi di permukaan akar. Pembentukan plak di daerah perakaran ini bukan hanya mengurangi ion  $\text{Fe}^{2+}$  terlarut, tetapi juga menjadi penghalang supaya konsentrasi  $\text{Fe}^{2+}$  tidak meningkat.

## **B. Kerangka Berpikir**

Lahan produktif pertanian saat ini sudah mengalami penurunan luas lahan. Hal ini disebabkan karena adanya kegiatan non-pertanian yang menyebabkan alih fungsi lahan tersebut. Salah satu yang terdampak dari alih fungsi lahan tersebut makin sempitnya lahan pertanian padi. Hal tersebut menyebabkan produksi padi di Indonesia terus menurun. Salah satu alternatif untuk mengatasi kendala tersebut yakni pemanfaatan lahan suboptimal yang belum maksimal digunakan. Salah satu lahan suboptimal tersebut adalah lahan rawa pasang surut. Pengembangan lahan pasang



surut masih memiliki banyak kendala yakni masih rendahnya pengolahan teknologi untuk mengatasi kandungan pirit yang tinggi, pH yang rendah dan tergenang. Untuk dapat tumbuh dan menghasilkan panen, tanaman perlu melakukan berbagai bentuk adaptasi baik secara anatomi, morfologi dan fisiologis. Salah satu bentuk adaptasi terhadap kondisi tersebut antara lain berupa kemampuan membentuk struktur jaringan aerenkim akar dan pengendapan pirit pada lapisan luar akar padi. Oleh sebab itu, perlu penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan padi yang memiliki sifat toleran sehingga mampu beradaptasi pada lingkungan tercekam dengan kondisi tergenang yang terdapat pirit tinggi dan pH rendah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperlihatkan strategi tanaman, khususnya padi dalam menghadapi kondisi lingkungan tercekam.

### **C. Hipotesis Penelitian**

Rumusan hipotesis dalam penelitian ini adalah

1. Mengetahui potensi toleransi tiga galur padi rawa terhadap pirit tinggi dan pH rendah pada kondisi tergenang.
2. Terdapat respon adaptasi tiga galur padi rawa potensial terhadap pirit tinggi dan pH rendah pada kondisi tergenang.

## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **A. Tujuan Operasional**

Tujuan operasional ini adalah respon adaptasi tiga galur padi rawa terhadap pirit tinggi dan pH rendah pada kondisi tergenang yang diamati pada fase vegetatif akhir ( $\pm 63$  HST) dan generatif awal ( $\pm 77$  HST) adalah sebagai berikut :

1. Mengukur karakter pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, jumlah nodus, panjang nodus)
2. Mengukur panjang akar, bobot basah dan kering akar tanaman padi
3. Mengukur pembentukan jaringan aerenkim, diameter aerenkim dan akar padi.
4. Mengukur kadar besi pada akar tanaman padi.

#### **B. Waktu Dan Tempat**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, dan Rumah Kaca, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta yang berada di Kampus B, Rawamangun Jakarta Timur, Laboratorium anatomi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini dilakukan pada bulan April – November 2016.

### C. Metode Penelitian

Metode penelitian ini merupakan metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode yang dilakukan dengan memberikan perlakuan yang disengaja dimunculkan oleh peneliti (Arikunto, 2010). Serangkaian percobaan yang akan dilakukan sebagai berikut:

Tabel 3. Rancangan Percobaan

Galur	Pirit (ppm)	pH	
		4	6.8
Inpara 7	300	IP <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	IP <sub>1</sub> H <sub>1</sub>
	0	IP <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	IP <sub>2</sub> H <sub>1</sub>
Banyuasin	300	BP <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	BP <sub>1</sub> H <sub>1</sub>
	0	BP <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	BP <sub>2</sub> H <sub>1</sub>
Seilalan	300	SP <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	SP <sub>1</sub> H <sub>1</sub>
	0	SP <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	SP <sub>2</sub> H <sub>1</sub>
Ciherang	300	CP <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	CP <sub>1</sub> H <sub>1</sub>
	0	CP <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	CP <sub>2</sub> H <sub>1</sub>

Ket : P<sub>1</sub>H<sub>2</sub> = pirit 300 ppm pH 4 ; P<sub>1</sub>H<sub>1</sub> = pirit 300 ppm pH 6,8 ; P<sub>2</sub>H<sub>2</sub> = pirit 0 ppm pH 4; P<sub>2</sub>H<sub>1</sub> = pirit 0 ppm pH 6,8.

Pada penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga pola faktorial. Faktor pertama yaitu galur tanaman (Ciherang, Sei Lalan, Banyuasin dan inpara 7). Faktor kedua yaitu konsentrasi pirit 0 ppm dan 300 ppm. Faktor ketiga yakni pH dengan derajat keasaman 4 dan 6,8. Setiap perlakuan dikombinasikan sehingga didapatkan 16 perlakuan (4 galur x 2 konsentrasi pirit x 2 pH ) dengan 3 kali ulangan. Sehingga jumlah unit percobaan ini sebanyak 48 unit percobaan.

## **D. Prosedur Penelitian**

### **1. Peralatan dan Bahan Penelitian**

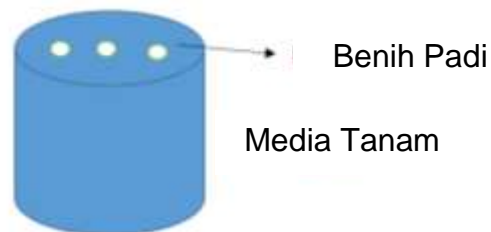
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah erlenmeyer, gelas kimia, pipet, tabung reaksi, bunsen, kaki tiga, corong, kertas saring, pengaduk, labu ukur (10 ml, 25 ml dan 50 ml), ember, pH digital, alat tulis, kamera sony S1000, timbangan analitik, benang, wadah berdiameter 25 cm, botol kaca, cawan porselin, aluminium foil, *Atomic Absorbansi Spektrofotometri* (AAS) Shimadzu AA 7000, wadah berukuran 50 ml. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi dua yakni bahan tanaman dan bahan kimia. Bahan tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman padi galur Inpara 7, Banyuasin, Sei Lalan dan Ciherang yang diperoleh dari Balai Penelitian Padi Sang Hyang Sri Sukamandi, Subang, Jawa Barat. Sedangkan bahan kimia yang digunakan yakni larutan alkohol, aquades, pirit ( $\text{FeS}_2$ ), vermikulite.

### **2. Pelaksanaan Penelitian**

#### **a. Persiapan Media Tanam**

Wadah yang digunakan sebelum perlakuan yakni dengan pembuatan wadah berdiameter 5 cm dan tinggi 5 cm sehingga mempunyai volume dengan rumus  $v.\text{tabung}$  yakni  $\pi \times r^2 \times t = 392,5 \text{ cm}^3$ . Wadah tersebut diisi dengan media tanah merah yang ditambahkan kompos dengan perbandingan 1:1. Media ini telah lolos pada tahap *pre-eliminari* yang telah diujikan sebelumnya sehingga layak digunakan. Media ini digunakan pada fase persemaian tanaman hingga umur  $\pm 35$  HST. Fase setelah

persemaian, padi yang telah tumbuh dipindahkan ke dalam media vermikulite.



Gambar 3. Cara Pembibitan Galur Padi

Vermikulite sebanyak 500gr diletakkan kedalam wadah yang memiliki diameter 25 cm dan tinggi 15 cm yang mempunyai volume dengan rumus  $v. \text{ tabung yakni } \pi \times r^2 \times t = 17.662,5 \text{ cm}^3$  dan media diberikan larutan hara NPK (16:16:16) sebanyak 60 mg/wadah setiap satu minggu sesuai dengan kebutuhan hara pada tanaman. Kebutuhan air pada setiap wadah sebanyak 2000 ml yang berisikan campuran aquades dan larutan hara, dan pirit ( $\text{FeS}_2$ ). Kebutuhan air tersebut telah melebihi batas tinggi vermikulite yang digunakan, dalam hal ini media selalu dalam kondisi tergenang.

#### **b. Pembibitan Dan Persemaian Pada Tanaman Padi**

Kecambah padi disemaikan pada wadah dari awal hingga  $\pm 35$  HST. Larutan hara untuk media kultur air yang diberikan setiap minggu. Pada setiap wadah terdapat 3 tanaman. Setiap media yang diberikan label untuk membedakan tanaman yang digunakan pada saat perlakuan yang

diberikan. Larutan hara yang diberikan yakni urea 60 mg/wadah setiap satu minggu.

**c. Pemberian Perlakuan Pada Tanaman Padi Hingga Umur 63 HST dan 77 HST**

Kecambah padi  $\pm$  35 HST diberikan larutan hara untuk media kultur air menggunakan komposisi larutan hara NPK (16:16:16) dan penambahan  $\text{FeS}_2$  sebagai kondisi cekaman pirit (Utama, 2008; Harahap, 2014). Pada setiap wadah terdapat 3 tanaman dan ditumbuhkan hingga fase reproduktif. Kemudian, setiap media yang diberikan label untuk membedakan perlakuan yang diberikan.

**d. Pengujian Kadar Fe Dalam Padi Setelah Perlakuan Dengan Metode AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry*)**

**1. Preparasi akar tanaman padi**

Pada tahap ini, sampel disampling secara *purposive* pada setiap media. Organ yang digunakan yakni akar tanaman yang telah didestruksi. Akar dibilas dengan aquades sebanyak 3x untuk menghilangkan vermiculite yang menempel pada akar. Akar tersebut diletakkan ke wadah sampel. Akar dikeringkan dalam oven  $70^\circ\text{C}$  selama 48 jam (Sanubari, 2015). Sampel yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan alu dan ditimbang sebanyak 0.08 gr untuk diletakkan dalam tabung reaksi. Larutan  $\text{HNO}_3$  ditambahkan dalam tabung reaksi dengan perbandingan 1:3 (Armin, dkk, 2013). Larutan dipanaskan hingga mendidih dan jernih. Larutan tersebut ditambahkan dengan akuades hingga volume dalam tabung

mencapai 25 ml. Diamkan tabung tersebut beberapa menit hingga mengendap, kemudian disaring dengan kertas saring. Sampel siap untuk diuji menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry*) dan hasil ini digunakan sebagai data kadar besi pada akar tanaman.

## **2. Pembuatan Larutan Standar**

Logam Fe sebanyak 1 gr dilarutkan dalam 1000 ml akuades sebagai larutan induk (1000ppm). Larutan induk sebanyak 1 ml kemudian dilarutkan dalam labu 100 ml sehingga didapatkan larutan dengan 10 ppm.

## **3. Pembuatan Larutan Kurva Kalibrasi**

Pembuatan larutan standar dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 1,0; 2,0 ppm, berturut-turut dipipet sebanyak 2 ; 4; 6; 8; 10 ml dalam larutan standar 10 ppm dan diletakkan dalam labu 100ml kemudian ditambahkan akuades hingga batas akhir.

## **4. Penggunaan *Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS)**

Alat AAS Shimadzu AA 7000 diset terlebih dahulu sesuai dengan instruksi manual alat tersebut. Kemudian, AAS dikalibrasi dengan kurva standar dari logam Fe dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1 ppm. Sampel diukur konsentrasi logamnya berdasarkan absorbansi sampel yaitu dengan panjang gelombang 248.3 nm.

## **e. Uji Mikroskopik Sampel Akar Dengan Metode Frezze**

Sampel yang akan digunakan yakni akar tanaman padi  $\pm 63$  HST (vegetatif akhir) dan  $\pm 77$ HST (Generatif Awal). Akar tanaman didekstruksi dari media tanam dan dibilas dengan akuades sebanyak 3x. Akar dipotong

1 cm dari ujung akar sebanyak 5 kali dengan ukuran  $\pm 0.5$  cm setiap potongan akar dan dicelupkan dalam aquades. Sampel diletakkan secara langsung ke point blok mikrotom dan diberikan beberapa tetes air hingga beku. Mikrotom sudah disiapkan dengan suhu  $-8$  hingga  $-15^{\circ}\text{C}$ . Atur ketebalan mikrotom  $25\ \mu\text{m}$ . Potongan sampel akar yang telah beku, siap untuk sayat. Hasil sayatan diletakkan dalam aquades dan amati dibawah mikroskop dengan perbesaran  $10\times$  menggunakan mikroskop yang telah dilengkapi dengan kamera Nikon dan didokumentasikan dengan aplikasi PSRemote. Parameter yang diamati pada tahap ini yakni pembentukan jaringan aerenkim, diameter aerenkim dan diameter akar.

#### **E. Teknik Pengumpulan Data**

Data yang diperoleh diamati dan ditulis menggunakan tabel parameter dan dokumentasi. Parameter yang diamati yakni karakter akar (panjang akar, bobot basah, bobot kering, persentase pembentukan jaringan aerenkim, diameter aerenkim, diameter akar), kadar besi pada akar dan karakter pertumbuhan dari fase vegetative hingga fase vegetative akhir.

Cara menghitung pembentukan aerenkim dilakukan dengan metode *millimeter block*. Gambar yang telah dicetak pada plastik transparan, diletakkan pada *millimeter block*. Perhitungan aerenkim dilakukan dengan membagi antara luas area total sel parenkim yang belum terbentuk aerenkim (pada jaringan pembuluh dan parenkim korteks) dengan luas area jaringan akar dikalikan 100%.



Pengamatan karakter agronomis tanaman dilakukan berdasarkan metode Armansyah (2009). Data yang diamati berupa :

#### 1. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dengan mengukur tanaman menggunakan tiang standar. Tiang ini berfungsi untuk meluruskan tanaman sehingga keakuratan tinggi tanaman tidak berubah.

#### 2. Panjang Daun

Pengamatan panjang daun diukur dari pangkal hingga ujung daun. Pengamatan dilakukan pada minggu pertama setelah tanam secara berkala.

#### 3. Jumlah Daun

Jumlah nodus dihitung dari nodus pertama hingga nodus terakhir pada pangkal batang.

#### 4. Lebar Daun

Pengamatan lebar daun diukur dari lebar sisi kanan dan kiri daun pada pertengahan daun.

#### 5. Panjang Internodus

Panjang internodus diukur dari pangkal nodus pertama hingga nodus kedua pada tanaman padi untuk panjang internodus kesatu. Ini dilakukan hingga jumlah (n) nodus terakhir.

#### 6. Jumlah Nodus

Jumlah nodus dihitung dari nodus pertama hingga nodus terakhir pada pangkal batang.

Pengamatan akar yang dilakukan berdasar metode Harahap (2014) diantaranya :

#### 1. Panjang Akar

Akar padi didestruksi dari media tanam menggunakan akuades. Kemudian dibilas kembali sebanyak 3 kali dengan akuades. Keringkan dengan tisu, kemudian ukur dengan mistar dari pangkal hingga ujung akar.

#### 2. Bobot Akar Basah dan Kering

Berat basah akar diambil adalah semua akar mulai dari pangkal kemudian akar ditimbang. Alat yang dipakai adalah menggunakan timbangan digital 0,1 gr. Kemudian akar ini dikering ovenkan dengan suhu 70°C selama 48 jam. Hasil ini dijadikan sebagai variabel bobot kering akar.

### F. Teknis Analisis Data

#### a. Konsentrasi Logam

Konsentrasi logam yang sebenarnya didapatkan menggunakan rumus

$$K \text{ (mg/kg)} = \frac{K.AAS \left( \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times \text{Vol.Pelarut (l)}}{\text{Berat Sampel (mg)}}$$

Pada *software* bawaan AAS Shimadzu AA 7000, konsentrasi logam dapat langsung diketahui dengan memasukkan data berat sampel (0,08 gr) dan volume pelarut (25 ml)

#### b. Analisis Perbedaan Kadar Logam

Kadar logam pada tiap akar padi dianalisis perbedaannya secara deskriptif.

### c. Analisis Data Anatomi dan pertumbuhan

Data anatomi berupa pembentukan jaringan aerenkim, diameter akar dan aerenkim diolah secara deskriptif. Data pertumbuhan tanaman diolah secara statistik deskriptif dengan standar error ( $\pm$  SE). Data tersebut dikelompokkan berdasarkan faktor yang diuji (pirit dan pH) sesuai dengan rancangan percobaan yang telah dibuat. Data kuantitatif jika hasil pengukuran karakter pada kondisi normal memiliki tinggi rata-rata antara galur menunjukkan ada perbedaan, maka semua parameter yang diamati diolah dengan nilai indeks sensitivitas terhadap cekaman

$$IS = \frac{\frac{(1-Y)}{Yp}}{\frac{1-X}{Xp}}$$

Dimana Y dan Yp masing-masing merupakan nilai rata-rata pengamatan untuk satu galur padi pada kondisi cekaman dan optimum, sedangkan X dan Xp masing-masing adalah rata-rata pengamatan untuk seluruh galur padi pada kondisi cekaman dan optimum. Galur padi dikelompokkan toleran terhadap cekaman jika mempunyai nilai S kurang dari sama dengan 0,5 ( $S \leq 0,5$ ) dan peka mempunyai nilai S lebih dari sama dengan 1 ( $S \geq 1$ ). Galur padi pada pengujian ini akan diseleksi dan dikelompokkan sesuai dengan tingkat toleransi padi terhadap Fe (Fisher & Maurer, 1978). Data yang diperoleh berdasarkan hasil pengamatan juga dikorelasikan secara sederhana dengan aplikasi SPSS 16.0.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui tiga galur padi rawa yang memiliki sifat toleran dengan kondisi tergenang terhadap pirit tinggi dan pH rendah. Pertumbuhan dan anatomi akar digunakan sebagai bentuk respon adaptasi tanaman selama fase pertumbuhan. Fase pertumbuhan tanaman padi terbagi menjadi 3 fase yakni fase vegetatif awal, vegetatif akhir dan generatif. Namun, penelitian ini hanya dilakukan pada fase vegetatif akhir dan generatif awal.

#### **A. Respon Pertumbuhan Tiga Galur Padi Rawa Usia $\pm$ 35 HST Sebelum Perlakuan Pirit dan pH pada Kondisi Tergenang**

Berdasarkan hasil anava (Tabel 4) pada variabel pertumbuhan tanaman yang menunjukkan berbeda secara signifikan yakni tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun dan panjang internodus.

Tabel 4. Hasil anava untuk variable pertumbuhan pada kondisi awal sebelum diberi Pirit dan pH

Variabel	F	Sig.
Tinggi Tanaman	17,52	0.00
Jumlah daun	2,52	0.06
Panjang Daun	17,34	0.00
Lebar Daun	4,48	0.01
Jumlah nodus	0,68	0.57
Panjang Internodus	8.86	0.00

Pemanjangan internodus pada kondisi terendam, akan memperlambat pertumbuhan akar dan tajuk (Agus, 2007). Pada bagian daun yang bertambah lebar akan mempengaruhi proses metabolisme sel tanaman terutama pada proses fotosintesis. Proses fotosintesis tersebut akan menghasilkan fotosintat yang dialirkan melalui floem ke daerah yang membutuhkan seperti bagian akar, pucuk daun dan batang (Wibisono, 2015).

Penanaman benih hingga usia 35 hari setelah tanam bertujuan untuk menstabilkan tanaman sebelum dikondisikan perlakuan. Penanaman benih tersebut termasuk dalam fase vegetatif awal tanaman. Fase ini juga memiliki peranan penting selama fase pertumbuhan. Menurut Soplanit (2012), fase vegetatif awal digunakan untuk pemenuhan nutrisi secara optimal. Nutrisi pada benih diawal pertumbuhan masih mengandalkan cadangan makanan yang berasal dari endosperm (Yoshida, 1981), sehingga pada penelitian perlu melakukan kestabilan benih.

#### **B. Respon Pertumbuhan Tiga Galur Padi Rawa Umur 63 HST dan 77 HST Terhadap Pirit Tinggi dan pH rendah pada Kondisi Tergenang**

Respon pertumbuhan pada tiga galur padi rawa yang telah diujikan memiliki karakter pertumbuhan yang berbeda-beda berdasarkan hasil indeks sensitivitas pada fase vegetatif akhir dan generatif awal. Variabel-

variabel yang digunakan dalam indeks sensitivitas sebagai bentuk respon pertumbuhan tanaman yang dikondisikan tergenang terhadap pirit dan pH.

Indeks Sensitivitas (IS) pada galur yang toleran  $< 0.5$ , sedangkan galur yang peka  $\geq 1$  (Fisher & Maurer, 1978). Jumlah variabel parameter pertumbuhan yang digunakan pada penelitian ini ada 6 (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun, jumlah nodus, panjang nodus). Kriteria respon tanaman yang diperoleh, apabila galur peka jika memiliki 0-2 parameter. Galur agak toleran jika memiliki 3-4 parameter. Galur toleran jika memiliki 5-6 parameter (Fernandez; 1992; Talebi *et al.*, 2009).

Pengambilan sampel yang dilakukan pada fase vegetatif akhir dan generatif awal untuk mengetahui respon adaptasi padi rawa yang digunakan pada kondisi tergenang terhadap pirit tinggi dan pH rendah. Fase vegetatif akhir merupakan fase peralihan sebelum pembentukkan malai, sedangkan fase generatif awal merupakan fase yang memiliki ciri daun bendera sebagai tanda munculnya malai dan alat perkembang biakan padi (IRRI,2002). Kedua fase tersebut merupakan fase kritis. Hal ini didukung oleh penelitian Soplanit (2012), fase pertumbuhan tanaman terutama pada awal pertumbuhan sampai pertengahan fase anakan dan primordia bunga membutuhkan penyediaan nutrisi guna memperlambat proses penuaan daun, mempertahankan fotosintesis selama fase pengisian gabah dan peningkatan protein dalam gabah. Kekurangan dan kelebihan nutrisi hara pun juga akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, sehingga penelitian ini penting dilakukan pada fase tersebut.

Respon pertumbuhan padi rawa pada fase vegetatif akhir usia 63 HST dan fase generatif awal usia 77 HST terhadap pirit 0 ppm dan pH 4 (Tabel 5) menunjukkan bahwa galur Sei Lalan yang memperlihatkan hasil Indeks Sensitivitas (IS) cukup konsisten di kedua fase. Pada fase vegetatif, terdapat enam parameter yang memenuhi syarat IS yakni tinggi tanaman (-1,23), panjang daun (-1,01), jumlah nodus (-2,78), panjang nodus (-1,20). Sedangkan pada fase generatif awal terdapat empat parameter yang memenuhi syarat IS yakni tinggi tanaman (-0.85), jumlah daun (-4,30), panjang daun (0,46) dan panjang nodus (-1,21).

Respon pertumbuhan padi rawa pada fase vegetatif akhir usia 63 HST dan fase generatif awal usia 77 HST terhadap pirit 300 ppm dan pH 6,8 (Tabel 6) menunjukkan bahwa galur Inpara 7 yang juga memperlihatkan hasil Indeks Sensitivitas (IS) yang cukup konsisten di kedua fase. Pada fase vegetatif akhir, terdapat empat parameter yang memenuhi syarat IS yakni tinggi tanaman (-5,99), jumlah daun (-1,25), panjang daun (0,03) jumlah nodus (0,00), sedangkan fase generatif awal, terdapat tiga parameter yang memenuhi syarat IS yakni tinggi tanaman (-11,67), jumlah daun (-1,83), panjang daun (-5,68).

Respon pertumbuhan padi rawa pada fase vegetatif akhir usia 63 HST dan fase generatif awal usia 77 HST terhadap pirit 300 ppm dan pH 4 (Tabel 7) menunjukkan bahwa galur Inpara 7 yang memperlihatkan hasil Indeks Sensitivitas (IS) cukup konsisten pada kedua fase. Pada fase vegetatif akhir, terdapat tiga parameter yang memenuhi syarat IS yakni tinggi tanaman (-1,82), panjang daun (0,35), lebar daun (-0,67). Sedangkan

Tabel 5. Indeks sensitivitas parameter pertumbuhan 3 galur padi rawa terhadap kondisi cekaman pH

galur	Fase vegetatif akhir usia 63 HST								Fase Generatif Awal usia 77 HST							
	TT	JD	PD	LD	JN	PN	$\Sigma$	Respon Tanaman	TT	JD	PD	LD	JN	PN	$\Sigma$	Respon Tanaman
Ciherang	1.65	0.93	0.58	0.09	0.00	1.76	2	Peka	1.12	3.81	1.14	0.61	-4.04	0.27	2	Peka
Sei Lalan	-1.23	1.08	-1.01	0.53	-2.78	-1.20	4	Agak toleran	-0.85	-4.30	0.46	1.45	1.00	-1.21	4	Agak toleran
Banyuasin	0.11	1.08	2.04	-1.16	1.24	0.74	2	Peka	1.55	-2.15	6.58	-0.73	4.22	0.54	2	Peka
Inpara 7	0.79	0.93	0.70	2.15	1.25	1.38	0	Peka	0.61	5.50	3.27	1.12	3.73	2.04	0	Peka

Keterangan : IS (indeks Sensitivitas)  $\leq 0,5$  = toleran,  $S \geq 1$  = peka. Kriteria respon tanaman berdasarkan jumlah parameter jika 0-2 = peka, 3-4 = agak toleran, 5-6 = toleran (Fernandez; 1992; Talebi *et al.*, 2009). TT = tinggi tanaman; JD = Jumlah Daun; PD = Panjang Daun; LD = Lebar Daun; JN = Jumlah Nodus; PN = Panjang Nodus.

Tabel 6. Indeks sensitivitas parameter pertumbuhan 3 galur padi rawa terhadap kondisi cekaman pirit.

galur	Fase vegetatif akhir usia 63 HST								Fase Generatif Awal usia 77 HST							
	TT	JD	PD	LD	JN	PN	$\Sigma$	Respon Tanaman	TT	JD	PD	LD	JN	PN	$\Sigma$	Respon Tanaman
Ciherang	8.69	-2.49	0.78	3.02	3.94	3.10	1	Peka	6.92	-1.90	3.44	-0.05	0.58	1.59	2	Peka
Sei Lalan	-26.40	4.32	1.77	-2.10	-8.35	0.67	3	Agak toleran	4.57	4.30	-2.55	1.72	1.73	1.45	1	Peka
Banyuasin	15.72	-1.43	3.17	-5.18	8.35	-2.35	3	Agak toleran	-12.25	4.30	4.03	1.24	0.60	-1.62	2	Peka
Inpara 7	-5.99	-1.25	0.03	9.06	0.00	1.74	4	Agak toleran	-11.67	-1.83	-5.68	0.90	1.07	1.72	3	Agak toleran

IS (indeks Sensitivitas)  $\leq 0,5$  = toleran,  $S \geq 1$  = peka. Kriteria respon tanaman berdasarkan jumlah parameter jika 0-2 = peka, 3-4 = agak toleran, 5-6 = toleran (Fernandez; 1992; Talebi *et al.*, 2009). TT = tinggi tanaman; JD = Jumlah Daun; PD = Panjang Daun; LD = Lebar Daun; JN = Jumlah Nodus; PN = Panjang Nodus.



Tabel 7. Indeks sensitivitas parameter pertumbuhan 3 galur padi rawa terhadap kondisi cekaman pH dan Pirit

galur	Fase vegetatif akhir usia 63 HST							Respon Tanaman	Fase Generatif Awal usia 77 HST							Respon Tanaman
	TT	JD	PD	LD	JN	PN	Σ		TT	JD	PD	LD	JN	PN	Σ	
Ciherang	-1.53	1.50	1.43	0.86	0.00	2.99	2	Peka	1.24	-1.73	0.79	0.57	0.00	0.86	2	Peka
Sei Lalan	-1.67	1.72	1.31	-2.01	4.18	-0.67	3	Agak toleran	-0.94	1.96	13.54	2.32	4.04	0.19	2	Peka
Banyuasin	12.01	-0.86	6.56	4.92	-2.09	1.69	2	Peka	5.19	3.92	-10.70	1.35	0.00	-12.04	3	Agak toleran
Inpara 7	-1.82	1.50	0.35	-0.67	1.87	1.34	3	Agak toleran	0.31	-3.34	-4.66	-0.51	0.00	3.13	5	Toleran

Keterangan : IS (indeks Sensitivitas)  $\leq 0,5$  = toleran,  $S \geq 1$  = peka. Respon tanaman berdasarkan jumlah parameter jika 0-2 = peka, 3-4 = agak toleran, 5-6 = toleran (Fernandez; 1992; Talebi *et al.*, 2009). TT = tinggi tanaman; JD = Jumlah Daun; PD = Panjang Daun; LD = Lebar Daun; JN = Jumlah Nodus; PN = Panjang Nodus.



Gambar 4. Performa Tiga galur Padi Rawa dan Ciherang

pada fase generatif awal terdapat lima parameter yang memenuhi syarat IS yakni tinggi tanaman (0,31), jumlah daun (-3,34), panjang daun (-4,66), lebar daun (-0,51), jumlah nodus (0,00).

Pada kondisi pirit 0 ppm dan pH 4 (Tabel 5), galur Sei Lalan yang melakukan respon agak toleran secara konsisten di kedua fase. Namun, pada kondisi pirit 300 ppm, galur Sei Lalan melakukan respon sensitif atau peka. Pada kondisi pirit tinggi (300 ppm) baik pH 4 (Tabel 7) maupun 6,8 (Tabel 6), Inpara 7 melakukan respon agak toleran.

Pada kondisi asam, keberadaan ion  $H^+$  dapat meningkatkan kapasitas tukar kation, sehingga ketika pirit sebagai unsur polivalen yang

diberikan pada media dapat dibebaskan dan tersedia selain unsur hara lainnya yang dibutuhkan bagi tanaman (Bambang dan Baehaki, 2009). Hal ini dikarenakan ion  $H^+$  dalam deret volta mempunyai kemampuan tinggi dalam mengusir ion lain, sehingga unsur hara yang bebas dari tanah dapat diserap oleh akar tanaman dengan mudah tanpa seleksi (Wibisono, 2015). Media vermikulite yang digunakan pun menjadi salah satu faktor pada pertumbuhan tanaman. Menurut Zaki (2013) media vermikulite merupakan media organik steril yang dihasilkan dari pemanasan kepingan-kepingan mika serta mengandung potasium dan kalium, sehingga memiliki kemampuan kapasitas tukar kation yang tinggi, terutama dalam keadaan padat dan pada saat basah serta meningkat daya absorbs air (Zaki, 2013), sehingga terjadi pertukaran ion-ion.

Hal ini juga didukung oleh penelitian Wijaya *et al.*, (2012), galur Sei Lalan, Banyuasin dan Inpara 4 mampu memiliki *performa* yang terbaik dibanding dengan beberapa galur lainnya pada fase vegetatif di kondisi tanah masam. Pemanjangan batang juga sangat berpengaruh pada tinggi tanaman yang merupakan salah satu respon penghindaran diri pada kondisi tergenang (Suwignyo, 2007). Pemanjangan batang yang dilakukan oleh tanaman akan lebih cepat apabila keadaan suplai oksigen dihentikan dibandingkan dengan keadaan normal (Harada *et al.*, 2005).

Galur Sei Lalan dan Banyuasin merupakan galur lokal pada lahan pasang surut dimana kedua galur tersebut telah diujikan di Sumatra selatan (Wahdah *et al.*). Keberadaan kedua galur tersebut juga diharapkan mampu

memiliki respon adaptasi. Namun, Sei Lalan hanya mampu bertahan dikondisi asam pada penelitian ini.

Pada kondisi pirit tinggi, memungkinkan  $\text{Fe}^{2+}$  masuk ke dalam tanaman. Mekanisme  $\text{H}^+$  menukar posisi  $\text{Fe}^{2+}$  pada daerah akar tanaman sehingga  $\text{Fe}^{2+}$  terbebas dan dapat masuk ke dalam tanaman. Namun, tanaman masih mampu melakukan mekanisme lain untuk menahan masuknya ion bervalensi tinggi ke dalam tanaman.

Ion  $\text{Fe}^{2+}$  yang berhasil masuk melewati mucigel, masih harus melewati barrier pada daerah dinding sel akar, membran plasma dan xylem batang untuk mencapai daun. Karena akar memiliki ruang antar fibril dan selulosa yang bermuatan negatif maka ion  $\text{Fe}^{2+}$  juga dapat terperap pada daerah ini (Yoshida, 1981). Membran plasma dan xylem yang masing-masing memiliki sifat semi permeable dan muatan yang negative yang dapat menghambat masuknya ion bervalensi tinggi dan menjerap  $\text{Fe}^{2+}$  sehingga  $\text{Fe}^{2+}$  tidak mudah masuk ke dalam tanaman, akibat adanya barrier tersebut pada tanaman.

Hal tersebut diduga dilakukan oleh galur Inpara 7 untuk menghindar dan mempertahankan diri dari kondisi pirit tinggi. Inpara 7 yang merupakan galur hasil persilangan oleh lembaga penelitian di Indonesia yang diharapkan mampu beradaptasi pada lahan rawa telah diujicobakan pada penelitian Aris (2007), Inpara 7 toleran pada kondisi cekaman Fe.

Keberadaan galur yang melakukan respon tanaman mendekati toleran terhadap kondisi yang tidak sesuai, juga dapat dipengaruhi oleh

kebutuhan hara. Kebutuhan hara pada fase vegetatif akhir dan generatif awal memiliki peran penting terhadap metabolisme tanaman. Pupuk NPK yang digunakan pada fase ini bertujuan untuk mendukung proses pertumbuhan tanaman. Hal ini didukung oleh penelitian Poulton *et al.*, 1989 menambahkan bahwa unsur hara menjadi komponen penting bagi tanaman khususnya unsur hara makro seperti unsur hara N, P, dan K dalam jumlah cukup dan berimbang karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman baik pada fase pertumbuhan vegetatif, maupun fase generatif.

Hal ini juga didukung dengan penelitian Putra (2012), pemberian pupuk baik itu jenis atau takaran pemupukan sangat mempengaruhi respons tanaman padi sehingga berdampak terhadap pertumbuhan padi. Dobermann dan Fairhurst (2000), unsur hara N yang mudah diserap sehingga mempercepat pertumbuhan tanaman yang dalam hal ini menambah tinggi tanaman, jumlah anakan, menambah ukuran daun. Sedangkan unsur hara fosfat berfungsi dalam penyusun adenosin triphosphate (ATP) yang berperan dalam proses penyimpanan dan transfer energi yang dibutuhkan tanaman dalam proses metabolisme.

Bahan organik juga menghasilkan asam-asam organik seperti asam humat dan fulvat yang berperan penting dalam mengikat Fe dan Al tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan unsur hara P di dalam tanah (Subba, 1995). Selain N dan P, unsur hara K juga memiliki peranan penting bagi tanaman yaitu meningkatkan proses fotosintesis dimana akan menghasilkan karbohidrat, protein dan senyawa organik lainnya yang

digunakan proses pembelahan dan pembesaran atau diferensiasi sel-sel tanaman. Pembelahan dan perpanjangan sel-sel yang berlangsung di dalam jaringan tanaman akan memacu pertumbuhan pada tunas-tunas pucuk tanaman dan akhirnya akan mendorong terjadinya penambahan tinggi tanaman dan panjang nodus (Ashari (1995) *dalam* Rohyanti *et al.*, 2011). Selain itu juga, menghemat penggunaan air, mempertahankan turgor, sebagai aktivator bermacam sistem enzim, dan memperkuat perakaran (Dobermann dan Fairhust 2000).

Perbedaan pada sifat genetik tanaman pun diduga menjadi salah satu yang mempengaruhi respon pada setiap galur, sehingga respon yang terlihat cukup bervariasi. Ini juga didukung oleh penelitian Rahayu dan Harjoso (2011), pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman bukan hanya karena pemberian pupuk tetapi galur sangat berpengaruh, karena setiap galur mempunyai sifat genetik, morfologis, maupun fisiologis yang berbeda-beda. Perbedaan susunan genetik merupakan salah satu faktor penyebab keragaman performa tanaman (Sitompul dan Guritno, 1995). Selain itu, keadaan kondisi lingkungan tempat tumbuh setiap galur juga mempengaruhi toleran suatu galur. Hal ini juga didukung oleh penelitian Gardner (1991), tinggi rendahnya pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal merupakan faktor yang dipengaruhi oleh sifat genetik atau turunan seperti umur tanaman, morfologi tanaman, daya hasil, kapasitas menyimpan cadangan makanan, ketahanan terhadap penyakit dan lain-

lain. Faktor eksternal merupakan faktor lingkungan, seperti iklim, tanah dan faktor biotik.

### **C. Respon Adaptasi Tanaman Terhadap Pirit Tinggi dan pH Rendah pada Kondisi Tergenang**

Akar merupakan salah satu organ terpenting pada tanaman dimana akar yang akan menyerap hara untuk kebutuhan metabolisme dan juga bagian yang pertama kali berinteraksi dengan tanah, sehingga akar sangat sensitif pada keracunan suatu logam seperti Fe, Al, Pb dan lain-lain. Besi merupakan salah satu unsur mikroesensial bagi tumbuhan, apabila tanaman yang menyerap melebihi kebutuhan, dapat mengakibatkan keracunan.

Guna mengetahui respon adaptasi akar galur yang digunakan pada penelitian ini, maka hasil data dilakukan pengujian Indeks Sensitivitas (IS). Indeks Sensitivitas pada galur yang toleran  $< 0.5$ , sedangkan galur yang peka  $\geq 1$  (Fisher & Maurer, 1978).

Pada kondisi asam, Inpara 7 melakukan respon agak toleran pada fase vegetatif akhir dengan jumlah 4 parameter yakni panjang akar (-2,276), pembentukan aerenkim (0), diameter aerenkim (-1,7) dan kadar besi (-6,645). Sedangkan pada generatif awal, Inpara 7 melakukan respon toleran dengan jumlah 7 parameter yakni panjang akar (0,168), bobot basah (0,067), bobot kering (0,2381), pembentukan aerenkim (0), diameter akar (0,152), diameter aerenkim (-3,365) dan kadar besi (-0,992).

Tabel 8. Indeks sensitivitas respon tiga galur padi rawa terhadap kondisi cekaman pH

Galur	Fase vegetatif akhir usia 63 HST									Fase Generatif Awal usia 77 HST								
	PA	Bba	Bke	P.Ae	D.A	D.Ae	KB	Σ	Respon Tanaman	PA	Bba	Bke	P.Ae	D.A	D.Ae	KB	Σ	Respon Tanaman
Ciherang	1.21	0.28	0.00	0.72	1.04	0.78	7.43	2	Peka	2.57	1.17	1.15	0.00	0.30	0.00	-4.58	4	Agak toleran
Sei Lalan	1.27	0.69	0.24	0.99	1.39	1.91	-8.73	2	Peka	0.58	1.61	1.57	7.84	0.92	2.37	0.30	1	Peka
Banyuasin	3.46	2.14	2.78	1.57	-1.85	1.96	-1.86	2	Peka	-0.10	0.14	0.18	-6.05	2.69	3.24	4.00	4	Agak toleran
Inpara 7	-2.28	1.18	1.67	0.00	2.32	-1.70	-6.65	4	Agak toleran	0.17	0.07	0.24	0.00	0.15	-3.37	-0.99	7	Toleran

Keterangan : IS (indeks Sensitivitas)  $\leq 0,5$  = toleran,  $S \geq 1$  = peka. Kriteria respon tanaman berdasarkan jumlah parameter jika 0-2 = peka, 3-4 = agak toleran, 5-6 = toleran (Fernandez; 1992; Talebi *et al.*, 2009). PA = panjang akar; Bba = Bobot Basah Akar; Bke = Bobot Kering Akar; P. Ae = Pembentukan aerenkim; D.A = Diameter Akar; D.Ae = Diameter Aerenkim, KB = Kadar Besi.

Tabel 9. Indeks sensitivitas respon tiga galur padi rawa terhadap kondisi cekaman pirit

Galur	Fase vegetatif akhir usia 63 HST									Fase Generatif Awal usia 77 HST								
	PA	Bba	Bke	P.Ae	D.A	D.Ae	KB	Σ	Respon Tanaman	PA	Bba	Bke	P.Ae	D.A	D.Ae	KB	Σ	Respon Tanaman
Ciherang	3.30	5.28	2.77	0.00	2.68	0.22	1.14	3	Agak toleran	3.20	2.21	1.79	-2.69	0.59	3.79	0.43	2	Peka
Sei Lalan	-0.89	0.62	0.61	1.64	-0.27	1.00	7.40	2	Agak toleran	1.17	1.43	1.27	8.69	0.61	4.97	-1.42	1	Peka
Banyuasin	0.52	0.75	0.46	0.00	2.73	1.85	0.69	3	Agak toleran	7.77	-3.63	-2.56	-7.25	1.62	7.57	-1.04	4	Agak toleran
Inpara 7	2.45	0.92	1.05	5.28	0.00	0.89	6.62	3	Agak toleran	0.33	-1.51	-1.67	-2.33	1.20	-8.33	6.92	5	Toleran

Keterangan : IS (indeks Sensitivitas)  $\leq 0,5$  = toleran,  $S \geq 1$  = peka. Kriteria respon tanaman berdasarkan jumlah parameter jika 0-2 = peka, 3-4 = agak toleran, 5-6 = toleran (Fernandez; 1992; Talebi *et al.*, 2009). PA = panjang akar; Bba = Bobot Basah Akar; Bke = Bobot Kering Akar; P. Ae = Pembentukan aerenkim; D.A = Diameter Akar; D.Ae = Diameter Aerenkim, KB = Kadar Besi.



Tabel 10. Indeks sensitivitas respon tiga galur padi rawa terhadap kondisi cekaman pH dan pirit

Galur	Fase vegetatif akhir usia 63 HST									Fase Generatif Awal usia 77 HST								
	PA	Bba	Bke	P.Ae	D.A	D.Ae	KB	Σ	Respon Tanaman	PA	Bba	Bke	P.Ae	D.A	D.Ae	KB	Σ	Respon Tanaman
Ciherang	0.04	0.21	3.10	1.19	0.92	1.43	1.00	2	Peka	-3.20	2.23	1.79	4.93	1.52	1.75	-23.86	2	Peka
Sei Lalan	1.89	1.46	0.61	-0.63	2.75	1.74	1.01	1	Peka	2.45	2.08	1.39	0.00	0.70	1.53	2.33	1	Peka
Banyuasin	0.86	1.02	0.16	2.02	-1.19	1.43	0.99	2	Peka	3.09	-	0.00	-6.05	1.25	1.16	7.81	3	Agak toleran
Inpara 7	0.06	0.62	1.23	1.19	0.45	-1.55	1.03	4	Agak Toleran	0.32	1.70	1.67	3.57	0.52	-1.36	-2.04	3	Agak toleran

Keterangan : IS (indeks Sensitivitas)  $\leq 0,5$  = toleran,  $S \geq 1$  = peka. Kriteria respon tanaman berdasarkan jumlah parameter jika 0-2 = peka, 3-4 = agak toleran, 5-6 = toleran (Fernandez; 1992; Talebi *et al.*, 2009). PA = panjang akar; Bba = Bobot Basah Akar; Bke = Bobot Kering Akar; P. Ae = Pembentukan aerenkim; D.A = Diameter Akar; D.Ae = Diameter Aerenkim, KB = Kadar Besi.

Hasil pada kondisi pirit tinggi, galur Inpara 7 melakukan respon agak toleran pada fase vegetatif akhir dan generatif awal. Parameter yang memenuhi syarat Indeks sensitivitas pada fase vegetatif akhir yakni bobot basah (-0,918), bobot kering (-1,046), diameter akar (0), sedangkan pada fase generatif awal yakni bobot basah (-1,510), bobot kering (-1,666), pembentukan aerenkim (-2,330), diameter aerenkim (-8,333) dan panjang akar (0,3329). Namun, berdasarkan hasil parameter pertumbuhan galur Inpara 7 tergolong melakukan respon peka (Tabel 5), diduga pertumbuhan inpara 7 yang abnormal pada kondisi asam dengan perakaran yang cukup untuk bertahan.

Hal ini bertolak belakang berdasarkan hasil penelitian Tadano dan Yoshida (1978), penurunan bobot kering akar seiring dengan pertumbuhan panjang akar yang tidak berkembang di kondisi tercekam sehingga membuat pertumbuhan tanaman terganggu. Namun, apabila tanaman memiliki bobot basah akar tinggi maka secara fisiologis akan mempengaruhi tekanan turgor tanaman akibatnya untuk mempertahankan tekanan turgor, tanaman harus menyerap air dalam jumlah banyak sehingga proses fotosintesis dapat berjalan dengan lancar dan akan menghasilkan produksi yang tinggi (Sandi, 2013).

Berdasarkan hasil indeks menunjukkan bahwa galur Ciherang yang lebih cenderung memperlihatkan hasil respon peka baik pada karakter panjang akar, bobot kering, bobot basah, pembentukan aerenkim, diameter akar, diameter aerenkim di kondisi pirit tinggi dengan pH normal

maupun pirit tinggi dengan pH asam. Hal ini juga disebabkan oleh munculnya hidrogen sulfida dan fero sulfida pada kondisi tergenang yang sangat reduktif berperan pada timbulnya keracunan besi.

Penggunaan genotipe yang toleran sangat berperan dalam usaha peningkatan produktivitas padi di lahan pasang surut, karena genotipe yang toleran memiliki kemampuan untuk mengurangi resiko terjadinya keracunan Fe, misalnya pada tanaman padi memiliki kemampuan mengembangkan mekanisme penghindaran dan toleransi baik secara morfologis maupun fisiologis untuk bertahan hidup pada kondisi kelarutan besi yang tinggi. Hal ini umum dilakukan oleh genotipe padi toleran terhadap cekaman besi (Gunawardena 1982).

Pertumbuhan akar pada tanaman dilakukan oleh tudung akar yang aktif membelah secara terus menerus guna memenuhi kebutuhan hara pada tanaman sehingga tanaman mampu beradaptasi dengan baik di kondisi lingkungan yang tidak sesuai. Selama pertumbuhan vegetatif, lahan diupayakan dalam kondisi tergenang. Upaya menggenangi lahan telah menyebabkan peningkatan kelarutan  $Fe^{2+}$  (Ponnamperuma, 1984). Kondisi ini pun diduga akan semakin buruk pada tahap fase vegetatif jika mengalami keracunan dengan gejala penuaan cepat dan mati (Suhartini, 2009), sehingga tanaman padi dapat mengalami keracunan Fe mulai dari fase vegetatif sampai pada fase generatif. Strategi tanaman untuk terhindar dari keracunan Fe dan kondisi tergenang adalah dengan melakukan

pembentukan aerenkim di akar dan mengoksidasi Fe (*iron plaque*) di permukaan luar akar.

### 1. Pembentukan Jaringan Aerenkim

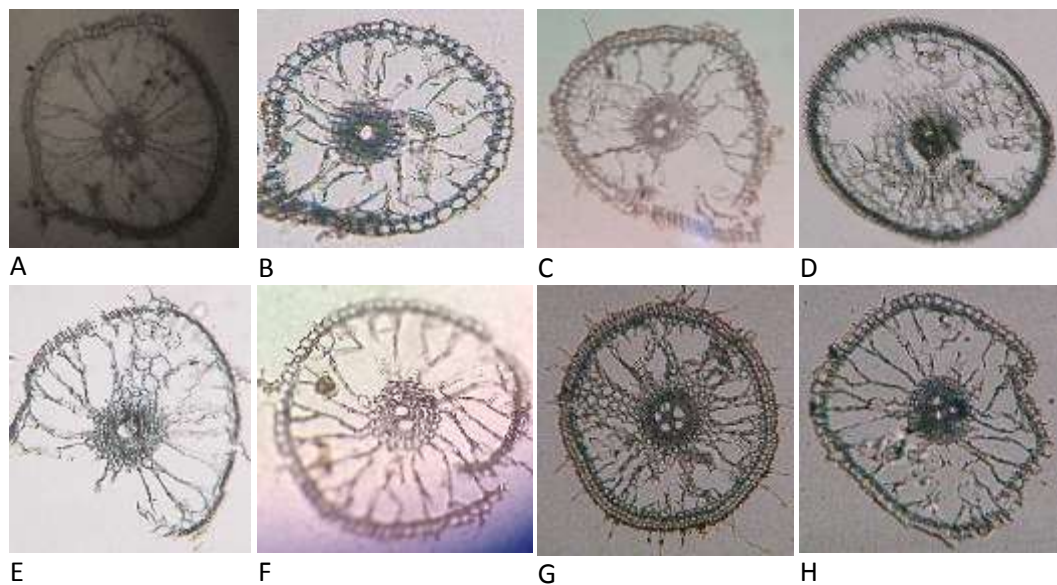
Tanaman padi secara anatomi yang diujicobakan pada penelitian ini terjadi perubahan jaringan di akar yakni dengan pembentukan jaringan aerenkim pada empat galur padi menunjukkan hasil bervariasi di setiap fase percobaan ini tercantum pada Tabel 11.

Tabel 11. Persentase pembentukan aerenkim pada akar padi

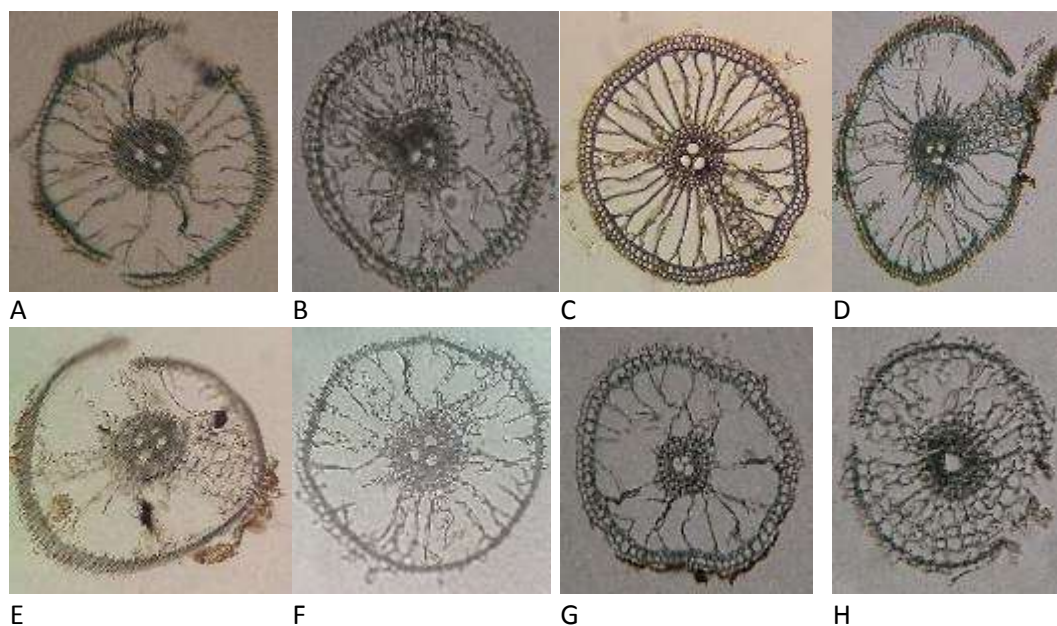
Galur	Hari Setelah Tanam (HST)	Normal	pH rendah	Pirit tinggi	Pirit tinggi pH Rendah
Ciherang	63	70,7 %	78,8 %	81,7 %	73,2 %
	77	4,5 %	79,4 %	79,2 %	79,8 %
Sei Lalan	63	75,8 %	70,0 %	79,8 %	84,7 %
	77	75,3 %	81,3 %	8,8 %	81,1 %
Banyuasin	63	80,0 %	64,2 %	82,0 %	77,1 %
	77	23,5 %	76,9 %	81,0 %	7,7 %
Inpara 7	63	80,4 %	82,4 %	81,4 %	65,1 %
	77	77,8 %	83,0 %	79,2 %	83,0 %

Keterangan : normal = pirit 0 ppm dan pH 6,8; pH rendah = pirit 0 ppm dan pH 4; Pirit tinggi = pirit 300 ppm dan pH 6,8; Pirit tinggi pH Rendah = pirit 300 ppm dan pH 4.

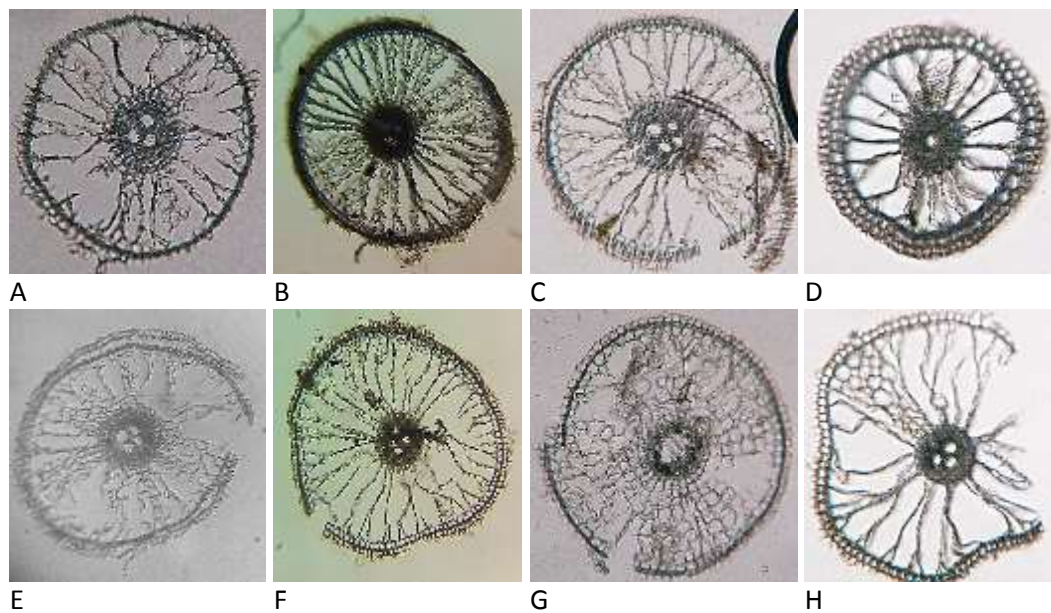
Hasil pembentukan aerenkim pada kondisi pirit tinggi (300 ppm) dan pH rendah (pH 4) terlihat pada galur Sei Lalan usia 63 HST (84,7%), pada kondisi pirit tinggi terlihat pada galur Banyuasin usia 63 HST (82,0%), pada kondisi pH rendah, terlihat pada galur Inpara 7 usia 77 HST (83,0%).



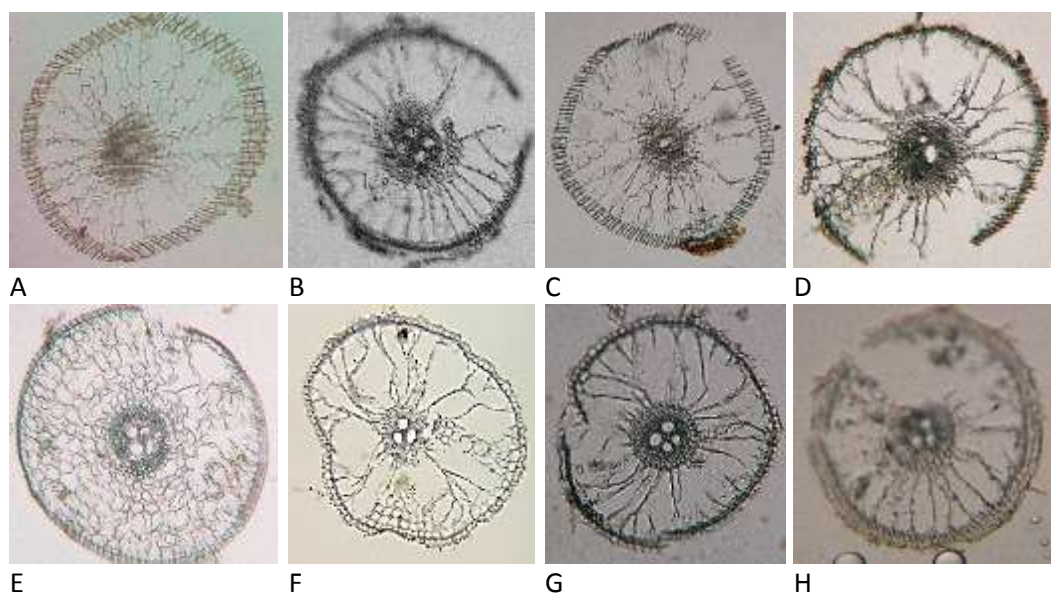
Gambar 5. Penampang melintang akar padi Inpara 7 pada 63 HST (A,B,C,D) dan 77 HST (E,F,G,H) perbesaran 10x. (A,E) PN = Media pirit 300 pH 6.8; (B,F) N= pirit 0 pH 6.8; (C,G) PA = pirit 300 pH 4; (D,H) pirit 0 pH 4.



Gambar 6. Penampang melintang akar padi Banyuasin pada 63 HST (A,B,C,D) dan 77 HST (E,F,G,H) perbesaran 10x. (A,E) PN = Media pirit 300 pH 6.8; (B,F) N= pirit 0 pH 6.8; (C,G) PA = pirit 300 pH 4; (D,H) pirit 0 pH 4.



Gambar 7. Penampang melintang akar padi Sei lalan pada 63 HST (A,B,C,D) dan 77 HST (E,F,G,H) perbesaran 10x. (A,E) PN = Media pirit 300 pH 6.8; (B,F) N= pirit 0 pH 6.8; (C,G) PA = pirit 300 pH 4; (D,H) pirit 0 pH 4.



Gambar 8. Penampang melintang akar padi Ciherang pada 63 HST (A,B,C,D) dan 77 HST (E,F,G,H) perbesaran 10x. (A,E) PN = Media pirit 300 pH 6.8; (B,F) N= pirit 0 pH 6.8; (C,G) PA = pirit 300 pH 4; (D,H) pirit 0 pH 4.



Keadaan dengan pirit tinggi dan tergenang membuat tanaman melakukan respon lain, yakni dengan membuat pertahanan diri untuk melakukan respirasi. Pertahanan tersebut berupa pembentukan jaringan aerenkim pada akar tanaman. *Aerenchyma* merupakan sel yang berisi rongga udara berfungsi sebagai saluran difusi udara dari atmosfer hingga ke akar. Jaringan aerenkim memfasilitasi pergerakan gas-gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (Ghulamahdi, 1999; Shimamura *et al.*, 2007).

Pembentukan *aerenchyma* akar dipengaruhi oleh produksi etilen di akar, sehingga dapat mendorong perkembangan *aerenchyma* akar. Pratt dan Goeschl (1960), etilen yang bersifat gas dengan mudah dapat berpindah dari jaringan yang masak ke jaringan yang masih hijau. Menurut Dat *et al.*, (2004), cekaman oksigen rendah diduga memicu respons seluler tanaman seperti kematian sel tanaman disebut lysogeny (dibentuk oleh kerusakan parsial dari korteks), yang menyerupai kematian sel yang terprogram, biasanya terlihat pada saat respons hipersensitif.

Penurunan pH sebagai salah satu tanggapan pada lingkungan setelah terjadi keadaan oksigen menurun sehingga menyebabkan adanya awal mula kematian sel tanaman dan pembentukan aerenkim. Pada kondisi tergenang juga meningkatkan jaringan aerenkim pada korteks akar dan helain daun serta menurunkan rambut akar per unit panjang akar (Vasellati *et al.*, 2001). Terbentuknya sel dengan melisisnya parenkim korteks akar (*aerenkhima*) merupakan salah satu respons yang paling penting terhadap genangan baik pada spesies yang toleran maupun yang tidak toleran

(Vartapetian dan Jackson 1997, Schussler dan Longstreth 2000, Chen et al 2002;. Evans, 2003).

## 2. Kadar Besi pada Akar

Hasil pengukuran menunjukkan kadar besi yang bervariasi pada setiap galur di berbagai kondisi pirit 0 ppm dan 300 ppm serta pH 4 dan 6,8. Berdasarkan hasil nilai rata-rata dan standar eror (Tabel 14), menunjukkan galur yang tertinggi pada usia 63 HST yakni Sei Lalan ( $46.658 \pm 620,55$ ) pada media pirit 300 ppm dan pH 6,8.

Tabel 12. Pengukuran Kadar Besi Akar Padi Rawa dan Ciherang Terhadap Pirit dan pH

media	Galur	63 HST		77 HST	
		Rataan (mg/kg)	± SE	Rataan (mg/kg)	± SE
pirit 0 pH 6.8	Ciherang	19.275,0	157,5	3.093,3	20,2
	Seilalan	6.654,4	67,4	8.436,8	14,4
	Banyuasin	12.872,0	313,3	13.261,1	216,1
	Inpara7	3.949,6	78,5	8.318,8	129,3
pirit 0 pH 4	Ciherang	1.436,9	30,6	4.856,9	74,4
	Seilalan	9.331,6	121,0	8.118,9	63,0
	Banyuasin	13.975,0	83,5	6.661,7	76,7
	Inpara7	16.036,0	340,4	9.347,0	81,8
pirit 300 pH 6.8	Ciherang	1.445,7	33,3	3.648,8	65,7
	Seilalan	46.658,0	620,6	3.464,0	11,8
	Banyuasin	5.637,3	252,2	7.555,7	59,2
	Inpara7	23.746,0	325,2	32.159,4	143,0
pirit 300 pH 4	Ciherang	7.017,6	47,1	8.799,5	45,6
	Seilalan	2.383,5	50,7	6.877,8	133,2
	Banyuasin	4.784,8	46,3	5.243,3	26,7
	Inpara7	1.354,7	29,1	9.629,9	14,6

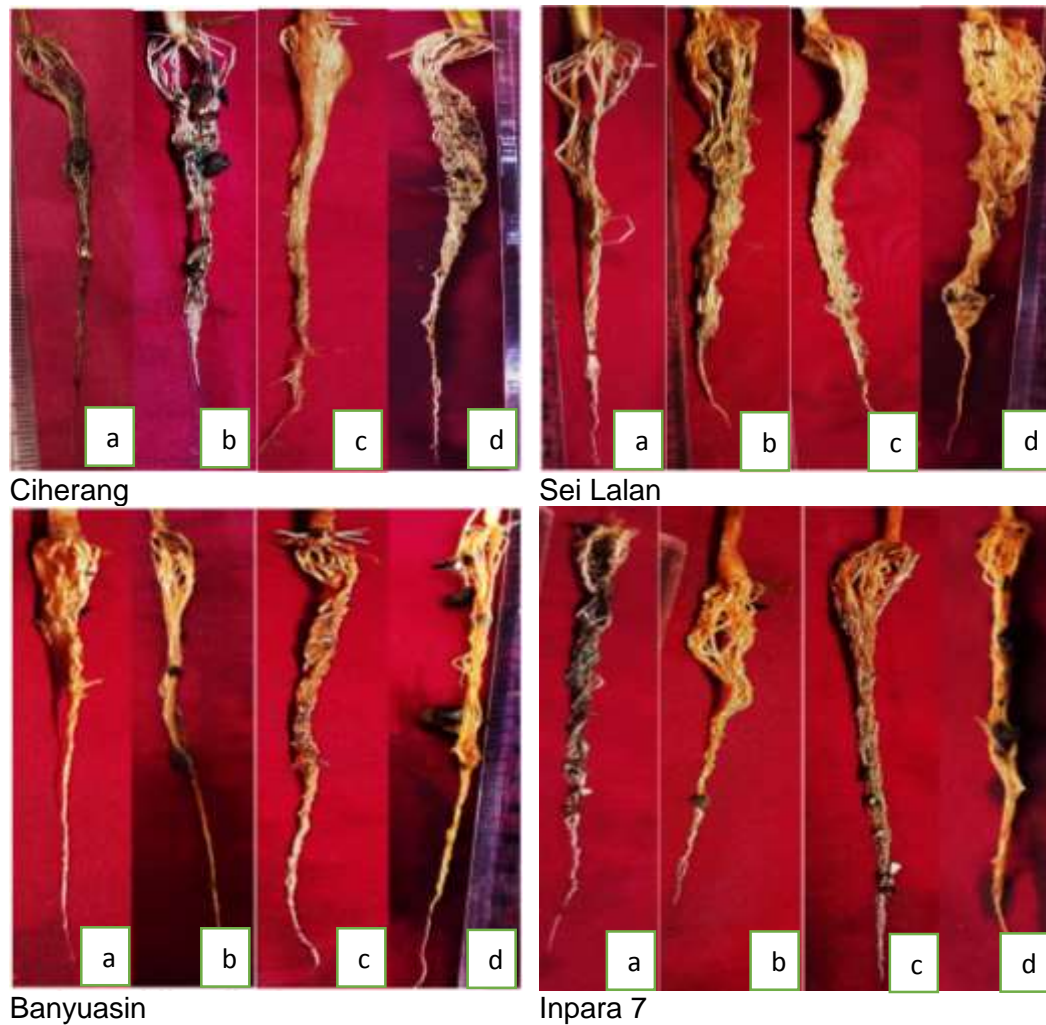


Namun, kadar besi terendah terjadi pada galur pada Inpara 7 ( $1.354,7 \pm 29,06$ ) di kondisi pirit 300 ppm dan pH 4. Sedangkan pada galur padi usia 77 HST yang menunjukkan kadar besi tertinggi yakni Inpara 7 ( $32.159,4 \pm 142,96$ ) di kondisi pirit 300 pH 6,8 dan galur yang memiliki kadar besi akar terendah yakni Ciherang ( $3.093,3 \pm 20,22$ ) di kondisi pirit 0 ppm dan pH 6,8. Hal ini diduga karena masing-masing genotipe memiliki tingkat toleransi Fe yang berbeda.

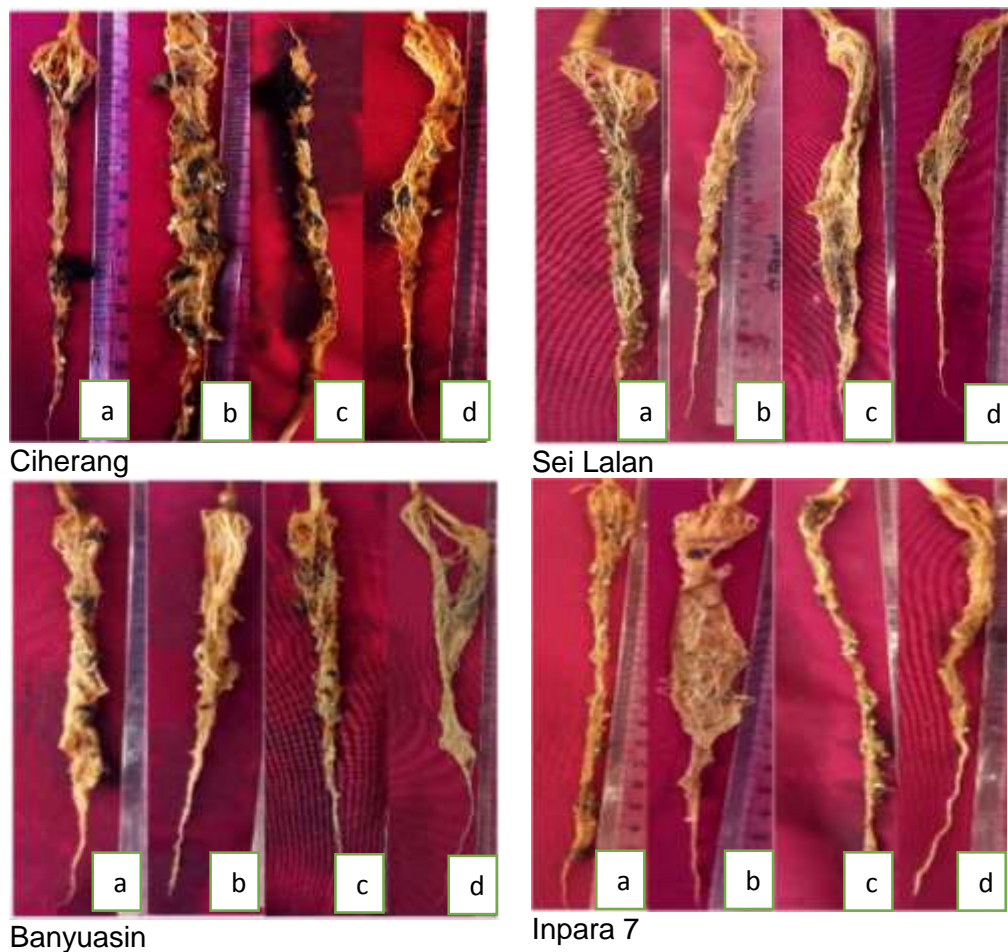
Hasil-hasil penelitian sebelumnya menunjukkan kadar Fe dalam larutan yang menyebabkan keracunan Fe pada tanaman sangat beragam. Menurut Ash *et al*, (2005), kadar Fe dalam larutan yang menyebabkan keracunan bervariasi sangat luas berkisar antara 10-500 ppm Fe. Hasil penelitian Majerus *et al*, (2007) dan Mehraban *et al*, (2008) menunjukkan kadar Fe dalam larutan hara 250-500 ppm dengan pH 4,5-6,0 meningkatkan secara nyata kadar Fe dalam jaringan tanaman dan menunjukkan gejala keracunan Fe pada tanaman yang peka. Hasil penelitian Dorlodot *et al*, (2005) pada konsentrasi Fe dalam larutan hara lebih besar 250 ppm menunjukkan gejala keracunan besi dan menurunkannya pertumbuhan tanaman.

Kadar besi yang tinggi juga dapat mengakibatkan munculnya oksida  $Fe^{3+}$  pada permukaan akar terlihat pada Gambar 11 dan 12. Tanaman yang diduga memiliki oksida  $Fe^{3+}$  tersebut menunjukkan adanya respon akar terhadap konsentrasi pirit yang diberikan. Hal ini sesuai dengan penelitian Suhartini (2004), pada kondisi akar tanaman padi yang berada pada

lingkungan yang tidak sesuai (cekaman) menyebabkan keracunan pada akar sehingga akar akan terlapisi oleh oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) yang berwarna coklat sampai kehitaman.



Gambar 9. Akar Padi Rawa 63 HST; (a) Pirit 0 ppm+pH 4 (b) Pirit 0 ppm+pH 6.8 (c) Pirit 300+ pH 4 (d) Pirit 300+ pH 6.8



Gambar 10. Akar Padi Rawa 77 HST; (a) Pirit 0 ppm+pH 4 (b) Pirit 0 ppm+pH 6.8 (c) Pirit 300+pH 4 (d) Pirit 300+pH 6.8

Kejadian ini menyebabkan terhambatnya penyerapan unsur hara oleh akar tanaman (Asch, 2005; Harahap, 2014). Lebih lanjut Sahrawat (2004) mengatakan tanaman yang mengalami keracunan besi dapat mempengaruhi perkembangan akar menjadi sedikit, kasar, pendek, tumpul dan berwarna coklat gelap.

Peningkatan konsentrasi besi yang tinggi pada lahan tergenang membuat tanaman juga melakukan pertahanan dengan pembentukan aerenkim di

akar yang tinggi (Armstrong, 1967, 1979; Crawford, 1982). Hal ini mengakibatkan pembentukan plak besi berwarna coklat kemerahan di permukaan akar yang terendam. Menurut Sudarmo (2004), penurunan pH juga dapat meningkatkan kadar Fe-bebas, Mn-bebas dan Al-dd, Mg-dd serta cenderung meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK).

Penurunan kandungan besi tersebut terjadi akibat presipitasi besi dalam bentuk besi ferri yang sukar larut dan sebagian lagi terpresipitasi dalam bentuk jarosit. Terbentuknya jarosit akibat teroksidasinya pirit dapat menurunkan kemasaman tanah, karena konsentrasi ion  $H^+$  yang dihasilkan dari reaksi oksidasi pirit juga digunakan 1 mol untuk mereduksi jarosit.

Menurut van Breemen (1993), kecepatan penurunan pH akibat oksidasi pirit ditentukan oleh jumlah pirit, kecepatan oksidasi, kecepatan perubahan hasil oksidasi dan kapasitas netralisasi. Penurunan pH ini dapat juga dihalangi oleh tanah melalui beberapa cara yaitu pembentukan jarosit, penetralan oleh hasil disosiasi beberapa mineral hijau seperti khlorit, chamosit, dan glaukonit, reaksi pertukaran dengan kation pada kompleks absorpsi dan penetralan dengan bahan kapur.

Proses masuknya ion  $Fe^{2+}$  ke dalam jaringan akar, dimulai dari meningkatnya permeabilitas sel akar tanaman terhadap ion  $Fe^{2+}$ , sehingga penyerapan terhadap ion meningkat cepat. Reaksi reduksi  $Fe^{3+}$  yang terus terjadi di daerah perakaran juga menyebabkan rusaknya oksidasi Fe sehingga influks  $Fe^{2+}$  tidak terkendali masuk ke dalam jaringan perakaran padi (Makarim *et al*, 1989), Kemudian Fe yang sudah masuk ke dalam

jaringan akar selanjutnya masuk ke dalam jaringan akar yang lain misalnya dari jaringan epidermis, korteks, endodermis setelah melewati pita caspary kemudian masuk ke jaringan pembuluh, Ion  $Fe^{2+}$  yang masuk ke jaringan pembuluh, selanjutnya ditransportasi ke tajuk tanpa ada penghalang (Tanaka *et al*, 1966). Ponnampereuma *et al.* (1977) menyatakan bahwa reduksi tanah akibat penggenangan akan mempengaruhi pH, ketersediaan hara, atau munculnya bahan-bahan yang beracun bagi tanaman.

Keracunan besi pada tanaman disebabkan karena tingginya serapan Fe dalam jaringan tanaman akibat dari tingginya konsentrasi ion  $Fe^{2+}$  di dalam larutan tanah (Makarim *et al.* 1989). Penyerapan Fe yang berlebihan mengakibatkan aktivitas enzim polifenol oksidase meningkat yang akhirnya akan meningkatkan jumlah polifenol teroksidase.

Bentuk oksida  $Fe^{2+}$  di akar tidak terlepas dari peran oksigen, sedangkan oksigen ini dapat berdifusi dari atmosfer menuju daerah perakaran yang difasilitasi oleh *aerenchyma*. Semakin oksidatifnya daerah rhizosfer maka pembentukan oksida  $Fe^{2+}$  diperkirakan semakin meningkat. Kemampuan oksidasi  $Fe^{2+}$  menjadi  $Fe^{3+}$  (*iron plaque*) di permukaan akar merupakan salah satu respon strategi penghindaran tanaman padi terhadap keracunan besi (Ando 1983; Becker dan Asch 2005). Radwan (2007), cekaman dapat memacu tanaman untuk beradaptasi secara morfologi dan anatomi.

Menurut Harahap (2014), semakin tinggi konsentrasi Fe dalam larutan semakin besar ukuran *aerenchyma* akar. Perubahan ukuran aerenkim akar terlihat pada Tabel Lampiran 6. Menurut Chaves *et al.*

(2003), respon tanaman pada kondisi tergenang dikendalikan melalui mekanisme yang kompleks, mula-mula tanaman akan menanggapi adanya genangan, kemudian akan terjadi biosintesis dan signal berbagai macam hormon pertumbuhan, salah satunya adalah etilen. Keberadaan  $Fe^{2+}$  tinggi juga memicu hormone *ethylene*. Pemicu munculnya etilen terjadi karena adanya stres lingkungan (Blecker dan Kende 2000).

#### **D. Pembentukan Jaringan aerenkim dan Kadar Besi terhadap Pirit dan pH**

Hasil yang diperoleh antara hubungan parameter pertumbuhan dengan pembentukan jaringan aerenkim dan kadar besi menunjukkan pola yang beragam terlihat pada Tabel 13, 14 dan 15. Pola tersebut diantaranya [1] galur yang agak toleran memiliki pembentukan aerenkim diatas 75% dan kadar besi yang tinggi, [2] galur yang agak toleran memiliki pembentukan aerenkim diatas 75% dan kadar besi yang rendah, [3] galur yang agak toleran memiliki pembentukan aerenkim dibawah 75% dengan kadar besi yang tinggi, [4] galur yang agak toleran memiliki pembentukan aerenkim dibawah 75% dengan kadar besi yang rendah, [5] galur yang peka memiliki pembentukan aerenkim diatas 75% dan kadar besi yang tinggi, [6] galur yang peka memiliki pembentukan aerenkim diatas 75% dan kadar besi yang rendah, [7] galur yang peka memiliki pembentukan aerenkim dibawah 75% dan kadar besi yang tinggi, [8] galur yang peka memiliki pembentukan aerenkim dibawah 75% dan kadar besi yang rendah. Pola

Tabel 13. Pembentukan Jaringan Aerenkim dan Kadar Besi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Kondisi Pirit 0 ppm dan pH 4 Pada fase Vegetatif Akhir (63 HST) dan Generatif awal (77 HST)

Fase vegetatif akhir usia 63 HST				Fase Generatif Awal usia 77 HST			
Galur	Respon	J.Aerenkim	Kadar Besi (mg/kg)	Galur	Respon	J.Aerenkim	Kadar Besi (mg/kg)
Sei Lalan	Agak toleran	70,0 %	9.331,6 ± 120,9	Sei Lalan	Agak toleran	81,3 %	8.118,9 ± 62,9
Banyuasin	Peka	64,2 %	13.975,0 ± 83,5	Banyuasin	Peka	76,9 %	6.661,7 ± 76,7
Inpara 7	Peka	82,4 %	16.036,0 ± 340,4	Inpara 7	Peka	83,2 %	9.347,1 ± 81,8
Ciherang		78,8 %	1.436,9 ± 30,6	Ciherang	Peka	79,4 %	4.856,9 ± 74,4

Tabel 14. Pembentukan Jaringan Aerenkim dan Kadar Besi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Kondisi Pirit 300 ppm dan pH 6,8 Pada Vegetatif Akhir (63 HST) dan Generatif awal (77 HST)

Fase vegetatif akhir usia 63 HST				Fase Generatif Awal usia 77 HST			
Galur	Respon	J.Aerenkim	Kadar Besi (mg/kg)	Galur	Respon	J.Aerenkim	Kadar Besi (mg/kg)
Inpara 7	Agak toleran	81,4 %	23.746,0 ± 325,2	Inpara 7	Agak toleran	79,2 %	32.159,4 ± 142,9
Banyuasin	Agak toleran	82,0 %	5.637,3 ± 252,2	Banyuasin	Peka	81,0 %	7.555,7 ± 59,3
Sei Lalan	Agak toleran	79,8 %	46.648,0 ± 620,5	Sei Lalan	Peka	8,8 %	8.118,9 ± 62,9
Ciherang	Peka	79,2 %	1.445,7 ± 33,3	Ciherang	Peka	83,7 %	3.648,8 ± 65,7

Tabel 15. Pembentukan Jaringan Aerenkim dan Kadar Besi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Kondisi Pirit 300 ppm dan pH 4 Pada fase Vegetatif Akhir (63 HST) dan Generatif awal (77 HST)

Fase vegetatif akhir usia 63 HST				Fase Generatif Awal usia 77 HST			
Galur	Respon	J.Aerenkim	Kadar Besi (mg/kg)	Galur	Respon	J.Aerenkim	Kadar Besi (mg/kg)
Inpara 7	Agak toleran	65,1 %	1.354,7 ± 29,1	Inpara 7	Toleran	83,0 %	9.629,9 ± 14,6
Sei Lalan	Agak toleran	84,7 %	2.383,5 ± 50,7	Banyuasin	Agak toleran	7,7 %	5.243,3 ± 26,7
Banyuasin	Peka	77,1 %	4.784,8 ± 46,3	Sei Lalan	Peka	81,1 %	6.877,7 ± 133,2
Ciherang	Peka	73,2 %	7.017,6 ± 47,1	Ciherang	Peka	79,8 %	8.799,5 ± 45,6



yang cukup beragam ini dilakukan setiap galur dengan menunjukkan respon yang cukup beragam untuk mempertahankan diri terhadap kondisi cekaman pirit dan pH.

Pada kondisi pirit yang teroksidasi akan menimbulkan kemasaman tanah yang cukup tinggi sehingga kelarutan Al, Fe, Mn sangat tinggi di dalam larutan tanah dan menyebabkan terjadinya kahat hara. Keadaan ini akan mempengaruhi proses metabolisme tanaman menjadi terganggu.

Pada lahan pasang surut yang mengalami oksidasi menyebabkan kelarutan Al sangat tinggi di dalam tanah, jika dalam kondisi reduktif menyebabkan kelarutan Fe dalam tanah meningkat sehingga menyebabkan tanaman budidaya sangat rentan terhadap keracunan Al atau Fe. Salah satu strategi tanaman untuk terhindar dari keracunan Fe adalah dengan mengoksidasi Fe (*iron plaque*) di permukaan akar dan membentuk aerenkim di akar. Cara tersebut merupakan bentuk respon tanaman untuk menghadapi lingkungan yang kadar Fe yang tinggi pada kondisi tergenang. Mekanisme ini disebut mekanisme ekskluder atau mekanisme penghindaran (*avoidance*) yang terdapat dalam tanaman (Marschner 1995; Becker dan Asch, 2005), Tiap tanaman mempunyai kemampuan yang berbeda untuk mengoksidasi  $Fe^{2+}$  di permukaan akar, Proses oksidasi Fe atau pembentukan plak besi menghasilkan besi yang tidak larut atau tidak dapat diserap langsung oleh akar (Wang dan John, 1999). Audebert (2006a) mempelajari mengenai karakteristik morfo-fenologi dan serapan Fe tanaman dari beberapa varietas menunjukkan

adanya perbedaan distribusi Fe dalam organ akar tanaman padi yang toleran (CK4) sebesar 61.300 ppm, padi yang agak toleran (Bouake 189) sebesar 70.200 ppm dan padi yang peka (TOX 3069) sebesar 85.300 ppm.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Galur Sei Lalan yang melakukan respon adaptasi agak toleran terhadap pH rendah (0 ppm dan pH 4). Sedangkan Galur Inpara 7 melakukan respon adaptasi agak toleran terhadap pirit tinggi (300 ppm).

Respon adaptasi tiga galur padi rawa dengan pembentukkan aerenkim dan kadar besi akar sangat beragam sehingga perlu dilakukan identifikasi lebih lanjut.

#### **B. Implikasi**

Penelitian ini diharapkan memberikan output pada petani di Indonesia ketika menanam padi di lahan pasang surut yakni dengan menggunakan galur Sei Lalan dan Inpara 7 yang memberikan respon agak toleran, sehingga mampu menghasilkan benih yang optimal.

#### **C. Saran**

1. Penelitian lanjutan mengenai jaringan aerenkim pada fase pertumbuhan (fase vegetatif awal, vegetative akhir dan generatif)
2. Penelitian uji kadar besi pada tajuk galur padi fase vegetatif dan generatif awal pada kondisi pemberian pirit dan pH

3. Uji plak besi baik secara anatomi maupun kadar plak besi pada akar padi umur 63 HST dan 77 HST, Hal ini sebagai pembuktian pada hasil fenotipe plak besi

## DAFTAR PUSTAKA

- [BALITTAN] Balai Penelitian Tanaman Pangan, 2011, Tanaman Padi, Satker Holtikultura Direktorat
- [BPS] Badan Pusat Statistik, 2009, Komoditas Pangan di Indonesia, Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik, 2011, Konsumsi Beras Masyarakat Indonesia dan Import Beras, Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik, 2013, *Penyusutan Lahan Indonesia*, Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik, 2014, *Produktivitas padi*, Jakarta
- [FAO] Food and Agriculture Organization, 2012, Productivitas Rice in the world, Http : [www,FAO,org](http://www.FAO.org), [19OKT2015]
- [Kementan] Kementerian Pertanian, 2010, Import Pangan, Satker Holtikultura Direktorat
- [MENPU] Peraturan Pemerintah Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No 11, 2015, Lahan Rawa, [http://hukum,unsrat,ac,id/men/menpu\\_11\\_2015,pdf](http://hukum.unsrat.ac.id/men/menpu_11_2015.pdf) [18Des2015].
- Achmadi, Las I, 2010, *Inovasi teknologi pengembangan pertanian lahan rawa lebak*, Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra), Banjarbaru.
- Acquaah, G, 2007, *Principles of Plant Genetic dan Breeding*, Blackwell Publ, UK.
- Agus, F. dan Irawan. 2007. Agricultural land conversion as a threat to food security and environmental quality. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 25(3):90-98.
- Alwi. M., 2014. Prospek Lahan Rawa Pasang Surut Untuk Tanaman Padi. *Pros. Inovasi Tek. Pert. Spe. Lokasi.* : 45-59.
- Anwar, K,, M, Alwi, S, Saragih, A, Supriyo, D, Nazemi, dan K, Sari, 2001, Karakterisasi Dinamika Tanah dan Air untuk Perbaikan Pengelolaan Lahan Pasang Surut, Lap, Hasil Penelitian, *BALITPA Lahan Rawa*, Banjarbaru : 27-28.

- Armansyah, Sutoyo, N, Rozen, dan R, Anggraini, 2009, *The influence of water periode of seedling establishment of rice plant with SRI methods*, Artikel Ilmiah dosen muda, Padang.
- Asch, F., M, Becker, D,S, Kpongor, 2005, A quick and efficient screen for tolerance to iron toxicity in lowland rice, *J, Plant Nutr, Soil Sci*, 168:764-773.
- Audebert, A, 2006, Iron partitioning as a mechanism for iron toxicity tolerance in lowland rice, p, 34-46, In A, Audebert, L,T, Narteh, D, Millar, B, Beks (Eds,), *Iron Toxicity in Rice-Based System in West Africa*, Africa Rice Center (WARDA), Asch, F., M, Becker, and D,S, Kpongor,2005, A quick and efficient screen for resistance to iron toxicity in lowland rice,J, *Plant Nutr, Soil Sci*,168:764–773, BB Padi, 2011, *Dekripsi Galur Padi (Edisi Revisi)*, BB Padi Sukamandi, Subang.
- Bode, K., O. Doring, S. Luthje, H.U. Neue, and M. Bottger. 1995. The role of active oxygen in iron tolerance of rice (*Oryza sativa*). *Protoplasma* 184:249–255.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2011. *Potensi Varietas padi pada kondisi cekaman*. PTT Padi.
- Chabbi A, 1999, *Juncus bulbosus* as a pioneer species in acid lignite mining lakes: interactions, mechanism and survival strategies, *New Phytologist* 144: 133–142.
- Dobermann, A, and T, Fairhust, 2000, *Rice : Nutrient Disorders and Nutrient Management*, Makati : Internasional Rice Research Institute.
- Dorlodot S,S Lutts and P Bertin. 2005. Effect of ferrous iron toxicity on the growth and mineral competition interspecific rice. *J. Plant Nutr.* 28 (1): 1-20
- Emerson D, Weiss JV, Megonifal JP, 1999, Iron-oxidizing bacteria are associated with ferric hydroxide precipitates (Fe-plaque) on the roots of wetland plants, *Applied & Environl Microbiol* 65: 2758–2761.
- Evans, D, E, 2003, Aerenchyma formation, *New Phytol*, 161: 35– 49.
- Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 897-912.

- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetable and other food crops in temperature and water stress*. Taiwan. pp. 257-270.
- Fehr, W.R. 1989. Principles of cultivar Development. Vol. I. Theory and technique. *Macmillan Publ. Co.*, New York.
- Gardner, F, P., R, B, Pearce, dan R, L, Mitchell, 1991, *Fisiologi Tanaman Budidaya, Terjemahan oleh Herawati Susilo*, University of Indonesia Press, Jakarta, 428h.
- Gunawardena I, Virmani S, Sumo FJ. 1982. Breeding rice for tolerance to iron toxicity. *oryza* 19: 5-12.
- Gupta, K., A. Dey, B. Gupta. 2013. Plant polyamines in abiotic stress responses. *Acta. Physiol. Plant.* 35: 2015-2036.
- Handayani, F., T, Maideliza dan Mansyurdin, 2013, Studi Perkembangan Aerenkim Akar Padi Sawah dan Padi Ladang pada Tahap Persemaian dengan Perlakuan Perendaman, *J, Bio, UA*, 2 (2) : 145-152.
- Hanhart, K, dan D, V, Ni, 1992, Water management of the rice field at Hoa, Mekong Delta, Vietnam, Dalam D,L, Dest and M, E, F, Van Mesvoort (Ed), *Selected Papers of the Ho Chi Minh City Symposium on acid sulphate soils, ILRI Pubi*, No 53.
- Harahap, S. M., 2014. Mekanisme Adaptasi Dan Penekanan Akumulasi Fe Dan Al Untuk Meningkatkan Produktivitas Padi Di Lahan Pasang Surut. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 115 Hal.
- Haryanti, S., Hastuti, R. B., Hastuti, E. D., & Nurcahayati, Y., 2011. Adaptasi morfologi fisiologi dan anatomi eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) di berbagai perairan tercemar. *Jurnal Adaptasi Morfologi Fisiologi dan Anatomi*, 1(1), 1-8.
- Haryono. 2013, Strategi dan kebijakan kementerian pertanian dalam optimalisasi lahan suboptimal mendukung ketahanan pangan nasional, *Sem, Nas, Lahan Suboptimal*, Pusat Unggulan Riset Pengembangan Lahan Suboptimal (PUR-LSO) Universitas Sriwijaya, Palembang.
- IRRI, 1996, Standard evaluation system for rice (SES), 4th ed, *International Rice Research Institute*, Los Banos, Philippines.

- Khairullah, I., Mawardi, S. Sulaiman, dan M. Sarwani, 2003. Inventarisasi dan Karakterisasi Plasma Nutfah Tanaman Pangan di Lahan Rawa. Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa. Banjarbaru.
- Karjunita, Nika., 2014. Respon Akar Terhadap Cekaman Salinitas Dan Isolasi Gen *Sinac065* Pada Empat Genotipe Hotong [*Setaria Italica* (L.) Beauv]. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 70 Hal.
- Koswara, O. and F. Rumawas. 1984. *Tidal swamp rice in Palembang region. Workshop on Research Priorities in Tidal Swamp Rice*. IRRI, Los Banos.
- Makarim, A,K,, O, Sudarman, H, Supriadi, 2006, Status hara tanaman padi berkeracunan Fe di daerah Batumarta, Sumatera Selatan, *Penelitian Pertanian*, 9:166-170.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press. Harcourt Brace dan Company*. Publishers. London. San Diego. New York. Boston. Sydney. Tokyo. Toronto.
- Marzuki, A,R,, A, Kartohardjono, dan H, Siregar, 1997, Potensi hasil beberapa galur padi resisten wereng batang coklat, *Prosiding Simposium Nasional dan Kongres III PERIPI*, Bandung: 24-25.
- McKenzie, R. H. 2003. *Soil pH and plant nutrients*. Alberta. Agric.gov.ab.ca/. Diakses 20-9-2012.
- Megawati, N, Dan W, Wibawa, 2010, *Keragaan Galur Padi Rawa Adaptif Pada Lahan Rawa Lebak Di Provinsi Bengkulu*, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu.
- Mehbaran, P,, A, Abdol Zadeh and H, Reza Sadeghipour, 2008, Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) under different potassium nutrition, *Asian. J. of Plant Sci*, 7:1-9.
- Majerus V, Bertin P, Lutts S. 2007. Effects of iron toxicity on osmotic potential. osmolyte polyamine concentration in the African rice (*Oryza glaberrima* Steud). *Plant Sci*. 173: 96-105.
- Muray, C,, dan D, Hasterberg, 2006, Iron And Phosphate Dissolution During Abiotic Reduction Of Errihydrite-Boehemite Mixture, *Soil Scien, Soc, of America J*, 53; 471-476.



- Nozoe T, Agbisiti R, Fukuta Y, Rodriguez R, Yanagihara S. 2008. Characteristics of iron tolerance rice lines developed at IRRI under field condition. *JARQ*. 42 : 187-192.
- Noor, A., I, Lubis, M, Ghulamahdi, M, A, Chozin, K, Anwar dan D, Wirnas, 2012, Pengaruh Konsentrasi Besi dalam Larutan Hara terhadap Gejala Keracunan Besi dan Pertumbuhan Tanaman Padi, *J, Agron, Indonesia* 40 (2) : 91 – 98.
- Poulton, J,E, Romeo, J,T & Conn, E,E, 1989, Plant Nitrogen Metabolism, Recent Advances in Phytochemistry, Vol,23, New York: Plenum Press.
- Ponnamperuma FN. 1977. Physicochemical Properties of Submerged Soil in Relation to Fertility. International Rice Research Institute. Manila. Philippines. Research Paper Series Number 5. 1977.
- Pradana, M, E, W, dan A, Pamungkas, 2013, Pengendalian Konversi Lahan Pertanian Pangan Menjadi Non Pertanian Berdasarkan Preferensi Petani di Kecamatan Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi, *J, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fak, Teknik Sipil dan Perencanaan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Priatmadi, B, J, dan A, Haris, 2009, Reaksi Pirit pada Lahan Pasang Surut, *J, Tanah Trop*, 14 (1) : 19-24 ISSN 0852-257.
- Putra, S, 2012, Pengaruh Pupuk NPK Tunggal, Majemuk, dan Pupuk Daun Terhadap Peningkatan Produksi Padi Gogo Galur Situ Patenggang, *Agrotrop*, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat, 2(1) : 55-61.
- Radwan, A.A.U. 2007. Plant water relations, stomatal behavior, photosynthetic pigments and anatomical characteristics of *Solenostemma arghel* (Del.) hayne under hyper environmental conditions. *Sci. Res.* 2: 80-92.
- Rahayu, A, Y, dan Harjoso, T, 2011, Aplikasi Abu Sekam pada Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) terhadap Kandungan Silikat dan Prolin Daun serta Amilosa dan Protein Biji, Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, *Biota*, 16 (1): 48-55.
- Robiyanto, S, 2013, Potensi dan Strategi Pemanfaatan Lahan Basah untuk Pertanian, Peternakan dan Perikanan, *Pros, Sem, Nas, Lahan Suboptimal, Intensifikasi Pengelolaan Lahan Suboptimal dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional*; ISBN 979-587-501-9.

- Saab, I,N,, and M,M, Sachs, 1995, A flooding-induced xyloglucan endo-transglycosylase homolog in maize is responsive to ethylene and associated with aerenchyma, *Plant Physiol*, 112: 385–391.
- Sahrawat, K,L,, C,K, Mulbah, S, Diatta, R,D, DeLaune, W,H, Patrick, B,N, Singh, M,P, Jones, 1996, The role of tolerant genotypes and plant nutrients in the management of iron toxicity in lowland rice, *J, Agric, Sci*, 126:143-149.
- Sahrawat, K,L, 2004, Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients, *J, Plant Nutri*, 27:1471-1504.
- Sahrawat, K,L, 2010, Reducing iron toxicity in lowland rice with tolerant genotypes and plant nutrition, *Plant Stress* 4:70-75.
- Satoto dan B, Suprihatno, 1998, Heterosis dan Stabilitas Hasil Hibrida-Hibrida Padi Turunan Galur Mandul Jantan IR62829A dan IR58025A, *Penel, Pertanian Tanaman Pangan*, Vol, 17 (1): 33-37.
- Sandi, dkk, 2013. Adaptasi Beberapa Varietas Padi (*Oryza Sativa* L.) Pada Tanah Salin. *j. agroekoteknologi* 1 (2) : 249-263.
- Seago, J, L, Jr,, L, C, marsh, K, J, Stevens, A, Soukup, O, Votrubova and D, E, Enstone, 2005, A re-examination of the root cortex in wetland flowering plants with respect to aerenchyma, *Annals of Botany* 96: 565–579.
- Sitompul, S, M,, dan Guritno, B, 1995, Analisis Pertumbuhan Tanaman, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sopandie, D, 1999, Differential Al tolerance of soybean genotypes related to nitrate metabolism and organic acid exudation, *Comm, Ag*, 5(1) 13-20.
- Soplanit, R dan S,H, Nukuhaly, 2012, pengaruh pengelolaan hara NPK terhadap ketersediaan n dan Hasil tanaman padi sawah (*oryza sativa* l,) di desa waelo, Kecamatan waeapo, kabupaten buru, *Agrologia*, 1(1); 81-90.
- Subba, R, 1982, Biofertilizer in Agriculture and Plant Growth, Third Edition, *Science Published*, USA
- Sudarmo 2004. Perubahan Sifat-Sifat Bahan Sulfidik Akibat Pengeringan dan Pencucian serta Pengaruhnya terhadap Kualitas Air Cucian [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

- Suhaeti T, 1988, Metode Pengujian dan Perawatan Mutu Benih, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Proyek Pendidikan dan Latihan dalam Rangka Peng-Indonesiaan Tenaga Kerja Perusahaan Hutan, Bogor, pp, 32.
- Suhartini, T, 2004, Perbaikan galur padi untuk lahan keracunan Fe, *Bul, Plasma Nutrah* 10:1-11.
- Suhartini, T, dan A,K, Makarim, 2009, Teknik seleksi genotipe padi toleran keracunan besi, *J, Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 28:125-130.
- Suryana, A,, 2006, *Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Rawa*, Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, ISBN 979-9474-52-3.
- Talebi, Reza., F. Farzad and M. Naji., 2009. Effective Selection Criteria For Assessing Drought Stress Tolerance In Durum Wheat (*Triticum Durum Desf*). *Gen. Appl. Plant Physiol*, 35 (1-2): 64-74.
- Tanaka A, Loe R, Navero SA. 1966. Some mechanism involved in the development of iron toxicity symptoms in the rice plant. *Soil Sci Plant Nutr* 12 : 158-164.
- Ussiri, D,A, N dan C,E Johnson, 2004, Sorption of organic carbon fractions by spodosol mineral horizons, *Soil Scien, Socie of Americ, J*, 68: 253-262.
- Utama, M,Z,H, 2008, Mekanisme fisiologi toleransi cekaman besi dan aluminium pada spesies legum penutup tanah terhadap metabolisme Nitrat (NO<sub>3</sub>-), Amonium (NH<sub>4</sub>+), dan Nitrit (NO<sub>2</sub>-), *Buletin Agron*, 36 (2): 175-179.
- Van Breemen, N. 1976. Genesis and solution chemistry of acid sulfate soils in Thailand. Center of Agricultural Publishing and Documentation. Ph.D. Dessertation, University of Wageningen.
- Warda, 2011, Keragaan Beberapa Galur Unggul Padi di Kabupaten Bantaeng Sulawesi Selatan, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan, Seminar Nasional Serealia, Sulawesi Selatan.
- Wibisono, K, 2015, Seleksi toleransi padi rawa terhadap pH rendah dan pirit tinggi pada tahap vegetative awal, Skripsi, Universitas Negeri Jakarta.

- Widjaya-Adhi, Nugroho K, Didi S, Syarifudin A. 1998. *Sumber daya lahan rawa: Potensi, keterbatasan dan pemanfaatan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian DEPTAN.
- Wijaya, *et al.*, 2012. Performance of some rice varieties on acid sulphate soils. Research Center for Sub-optimal Lands (PUR-PLSO). South Sumatra.
- Wu C, Ye ZH, Shu WS, Zhu YG, Wong MH, 2011, Arsenic accumulation and speciation in rice are affected by root aeration and variation of genotypes, *J, of Exp, Bot*, 62: 2889–2898.
- Yoshida, Shouichi, 1981, Fundamentals of rice crop science, *The International Rice Research Institute*, Philippines.

## LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. Respon parameter (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang nodus) pada padi rawa usia 63 HST terhadap pemberian pirit dan pH

Galur	Media	Tinggi Tanaman		Jumlah Daun		Panjang Daun		Lebar Daun		Panjang Nodus	
		Rerata	± SE	rerata	± SE	rerata	± SE	rerata	± SE	rerata	± SE
Ciherang	pirit 0 pH 6.8	53.0	2.29	7.7	0.3	27.88	0.40	5.29	0.05	20.0	2.29
	pirit 0 pH 4	49.7	1.30	7.0	0.0	29.24	1.32	5.27	0.15	16.0	1.04
	pirit 300 pH 6.8	48.6	1.17	7.0	0.6	29.97	1.54	4.97	0.20	15.8	0.33
	pirit 300 pH 4	51.0	2.36	7.0	0.0	31.04	1.52	5.20	0.20	16.7	1.12
Seilalan	pirit 0 pH 6.8	53.3	4.18	6.7	0.3	26.14	2.55	4.89	0.56	18.5	0.29
	pirit 0 pH 4	51.1	1.09	6.0	0.0	28.39	1.80	4.75	0.40	15.9	0.32
	pirit 300 pH 6.8	52.2	0.17	5.7	0.3	30.63	1.07	5.10	0.06	17.7	0.44
	pirit 300 pH 4	50.8	0.47	6.0	0.0	28.86	1.30	5.09	0.25	17.8	0.17
Banyuasin	pirit 0 pH 6.8	39.3	6.92	6.7	0.3	19.68	4.48	6.21	0.61	15.0	2.93
	pirit 0 pH 4	39.2	5.61	6.0	1.0	23.09	3.42	5.82	0.76	16.3	1.36
	pirit 300 pH 6.8	47.7	2.33	7.0	0.6	25.72	1.51	6.87	0.35	17.4	0.66
	pirit 300 pH 4	51.0	1.04	7.0	0.0	29.92	1.45	5.58	0.60	16.4	0.42
Inpara7	pirit 0 pH 6.8	55.5	3.75	7.7	0.3	29.83	0.52	5.32	0.31	19.3	1.42
	pirit 0 pH 4	53.8	0.73	7.0	0.0	31.59	0.37	4.70	0.11	16.3	0.55
	pirit 300 pH 6.8	52.8	0.60	8.0	0.0	27.22	0.64	4.33	0.29	17.1	0.64
	pirit 300 pH 4	53.0	2.08	7.0	0.6	21.92	2.57	5.39	0.59	17.9	0.58

Tabel Lampiran 2. Respon parameter (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang nodus) pada padi rawa usia 77 HST terhadap pemberian pirit dan pH

Galur	Media	Tinggi Tanaman		Jumlah Daun		Panjang Daun		Lebar Daun		Panjang Nodus	
		rerata	± SE	rerata	± SE	Rerata	± SE	Rerata	± SE	rerata	± SE
Ciherang	pirit 0 pH 6.8	66.2	1.30	8.7	0.33	31.1	4.34	6.8	0.45	31.3	2.33
	pirit 0 pH 4	61.3	4.64	8.0	0.00	32.0	0.84	8.5	0.61	30.0	1.25
	pirit 300 pH 6.8	59.2	2.05	8.3	0.33	31.5	0.91	7.6	0.68	31.8	1.67
	pirit 300 pH 4	71.0	3.75	8.3	0.33	35.2	1.38	7.3	0.66	24.5	0.29
Seilalan	pirit 0 pH 6.8	72.3	1.86	7.7	0.33	39.6	2.85	5.9	0.30	28.3	0.33
	pirit 0 pH 4	68.3	4.33	8.3	0.33	35.5	1.14	5.7	0.50	23.2	0.44
	pirit 300 pH 6.8	63.4	3.04	8.0	0.00	31.8	0.99	6.4	0.84	23.0	1.04
	pirit 300 pH 4	68.3	0.88	8.3	0.33	35.8	1.37	5.4	0.09	22.7	0.60
Banyuasin	pirit 0 pH 6.8	49.5	9.12	7.7	0.33	21.8	4.99	6.9	0.46	20.6	3.07
	pirit 0 pH 4	44.5	4.50	8.0	1.00	25.4	0.89	5.9	0.27	19.8	2.17
	pirit 300 pH 6.8	63.2	1.88	8.3	0.33	25.2	4.90	5.9	1.32	25.2	1.92
	pirit 300 pH 4	64.7	1.17	8.3	0.33	33.3	0.44	6.2	0.27	25.2	0.33
Inpara7	pirit 0 pH 6.8	63.3	2.60	9.0	0.58	32.9	3.24	6.4	0.39	31.1	4.24
	pirit 0 pH 4	60.8	2.24	8.0	0.00	35.6	0.78	6.2	0.64	21.5	2.47
	pirit 300 pH 6.8	65.0	1.53	8.3	0.33	35.1	0.77	6.4	0.81	29.3	1.17
	pirit 300 pH 4	62.2	1.59	8.7	0.33	25.9	3.50	7.0	0.20	23.7	2.71

Tabel Lampiran 3. Respon parameter (tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, lebar daun dan panjang nodus) pada padi rawa usia 35 HST

Galur	Tinggi Tanaman		Jumlah Daun		Panjang Daun		Lebar Daun		Jumlah Nodus		Panjang Nodus	
	rerata	± SE	rerata	± SE	Rerata	± SE	rerata	± SE	rerata	± SE	rerata	± SE
CIHERANG	43.30	1.62	5.83	0.24	22.48	0.88	3.74	0.29	4.50	0.26	13.56	0.67
SEI LALAN	52.85	1.23	5.96	0.14	25.46	0.80	4.79	0.25	4.33	0.16	17.26	0.50
BANYUASIN	36.78	1.77	5.63	0.26	17.18	1.07	4.75	0.20	4.42	0.20	12.96	0.69
INPARA 7	47.47	1.80	6.38	0.12	25.21	0.93	4.48	0.15	4.75	0.25	14.62	0.68

Tabel Lampiran 4. Pengaruh media pirit dan pH terhadap panjang akar empat tanaman padi 63 HST dan 77 HST

media	Galur	panjang akar			
		63 HST	SE $\pm$	77 HST	SE $\pm$
pirit 0 pH 6.8	Ciherang	11.50	$\pm 1.61$	26.67	$\pm 10.42$
	Sei Lalan	20.67	$\pm 2.05$	24.57	$\pm 1.21$
	Banyuasin	15.17	$\pm 0.73$	14.20	$\pm 0.91$
	Inpara	13.83	$\pm 2.09$	19.53	$\pm 0.27$
pirit 0 pH 4	Ciherang	10.17	$\pm 0.44$	15.00	$\pm 1.72$
	Sei Lalan	18.17	$\pm 1.59$	22.13	$\pm 3.46$
	Banyuasin	10.17	$\pm 1.17$	14.43	$\pm 1.28$
	Inpara	16.83	$\pm 0.44$	18.97	$\pm 2.36$
pirit 300 pH 6.8	Ciherang	20.77	$\pm 2.83$	17.07	$\pm 1.31$
	Sei Lalan	16.13	$\pm 2.60$	25.93	$\pm 2.81$
	Banyuasin	17.10	$\pm 0.59$	26.17	$\pm 1.71$
	Inpara	22.13	$\pm 2.24$	19.83	$\pm 1.17$
pirit 300 pH 4	Ciherang	11.67	$\pm 1.20$	19.90	$\pm 2.93$
	Sei Lalan	33.67	$\pm 4.90$	29.33	$\pm 3.54$
	Banyuasin	19.50	$\pm 1.32$	17.67	$\pm 2.73$
	Inpara	16.67	$\pm 0.93$	24.80	$\pm 2.32$




Tabel Lampiran 5. Respon berat basah dan kering akar padi rawa terhadap pemberian pirit dan pH

media	galur	Berat Basah				berat kering			
		63 HST	SE ±	77 HST	SE ±	63 hst	SE ±	77 hst	SE ±
pirit 0 ppm dan pH 6.8	Ciherang	0.65	± 0.28	2.95	± 0.82	0.05	± 0.02	0.29	± 0.06
	Sei Lalan	2.37	± 0.43	4.20	± 0.39	0.16	± 0.03	0.38	± 0.02
	Banyuasin	0.91	± 0.35	1.38	± 0.15	0.07	± 0.03	0.13	± 0.01
	Inpara 7	0.86	± 0.11	2.03	± 0.21	0.07	± 0.02	0.20	± 0.02
pirit 0 ppm dan pH 4	Ciherang	0.59	± 0.31	1.68	± 0.26	0.05	± 0.03	0.15	± 0.03
	Sei Lalan	1.82	± 0.61	1.72	± 0.27	0.15	± 0.07	0.13	± 0.03
	Banyuasin	0.26	± 0.02	1.31	± 0.22	0.02	± 0.00	0.12	± 0.02
	Inpara 7	0.52	± 0.14	1.98	± 0.33	0.04	± 0.01	0.18	± 0.03
pirit 300 ppm dan pH 6.8	Ciherang	2.65	± 0.68	1.61	± 0.21	0.22	± 0.06	0.15	± 0.02
	Sei Lalan	3.22	± 1.44	2.97	± 0.70	0.29	± 0.02	0.25	± 0.04
	Banyuasin	1.31	± 0.24	2.41	± 0.46	0.11	± 0.02	0.22	± 0.04
	Inpara 7	0.40	± 0.08	1.40	± 0.69	0.06	± 0.04	0.10	± 0.04
pirit 300 ppm dan pH 4	Ciherang	0.56	± 0.19	2.86	± 1.25	0.32	± 0.05	0.26	± 0.12
	Sei Lalan	4.65	± 0.59	3.01	± 0.42	0.33	± 0.01	0.27	± 0.04
	Banyuasin	1.52	± 0.10	1.69	± 0.31	0.09	± 0.02	0.13	± 0.02
	Inpara 7	1.21	± 0.37	1.56	± 0.49	0.22	± 0.04	0.13	± 0.04

Tabel Lampiran 6. Pengaruh media dengan galur terhadap diameter akar dan aerenkim

media	galur	diameter akar		diameter aerenkim	
		63 HST	77 HST	63 HST	77 HST
pirit 0 ppm pH 4	Ciherang	0,27	0,52	0,11	0,14
	Banyuasin	0,38	0,34	0,08	0,08
	Sei Lalan	0,34	0,46	0,1	0,11
	Inpara 7	0,21	0,52	0,12	0,13
pirit 0 ppm pH 6.8	Ciherang	0,35	0,54	0,13	0,14
	Banyuasin	0,27	0,51	0,13	0,14
	Sei Lalan	0,49	0,52	0,16	0,16
	Inpara 7	0,43	0,53	0,09	0,09
pirit 300 ppm pH 4	Ciherang	0,30	0,36	0,09	0,08
	Banyuasin	0,32	0,37	0,09	0,1
	Sei Lalan	0,28	0,44	0,1	0,1
	Inpara 7	0,40	0,47	0,12	0,12
pirit 300 ppm pH 6.8	Ciherang	0,40	0,40	0,13	0,16
	Banyuasin	0,38	0,39	0,07	0,1
	Sei Lalan	0,47	0,47	0,12	0,13
	Inpara 7	0,43	0,45	0,07	0,12

 **LABORATORIUM BIOLOGI**  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**  
Jelung C Komplek H (UK) Rawamangun, Jl. Pemuda No. 10 Jakarta 10220  
Telp. (021) 4264335

**SURAT KETERANGAN**  
Nomor : 06/Lab\_Bio.B/KP/II/2017

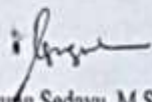
Yang bertandatangan di bawah ini, Kepala Laboratorium Biologi FMIPA Universitas Negeri Jakarta, dengan ini menerangkan bahwa :

Nama : Pratiwi Phuspita Ningrum  
NIM : 3425120265  
Program Studi : Biologi

Telah melakukan kegiatan penelitian di Laboratorium Fisiologi dan Rumah Kaca, Laboratorium Biologi, FMIPA Universitas Negeri Jakarta dengan judul penelitian "Respon Adaptasi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Pirit Tinggi dan pH Rendah Pada Kondisi Tergenang" pada bulan Januari-November 2016, dibimbing oleh Dr. Adisyahputra, MS dan Dr. Reni Indrayanti. M.Si.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Jakarta, 8 Februari 2017  
Kepala Laboratorium Biologi  
FMIPA Universitas Negeri Jakarta

  
Agung Sedayu, M.Sc  
NIP. 19750911 200112 1 004

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini, mahasiswa Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta :

Nama : Pratiwi Phuspita Ningrum

No. Registrasi : 3425120265

Prodi : Biologi

Menyatakan bahwa skripsi yang saya buat dengan judul : "Respon Adaptasi Tiga Galur Padi Rawa Terhadap Pirit Tinggi Dan pH Rendah Pada Kondisi Tergenang" adalah :

1. Dibuat dan diselesaikan oleh saya sendiri, berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian pada bulan April-November 2016.
2. Bukan merupakan duplikat skripsi yang telah dibuat oleh orang lain atau jiplakan karya tulis orang lain dan bukan terjemahan karya tulis orang lain.

Pernyataan yang saya buat dengan kesungguhannya dan saya bersedia menanggung segala akibat yang timbul jika pernyataan saya tidak benar.

Jakarta, 26 Januari 2017

Yang membuat pernyataan



Pratiwi Phuspita Ningrum

## RIWAYAT HIDUP



**PRATIWI PHUSPITA NINGRUM.** Dilahirkan di Bekasi pada tanggal 01 November 1994. Anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Sukiman dan Ibu Maningsih. Pernah menempuh pendidikan di TK Al-Husna (1998-2000), SD Negeri Kaliabang Tengah 1, Kota Bekasi (2000-2006), SMP Taman Harapan I (2006-2009), SMA Negeri 10 Bekasi, Kota Bekasi (2009-2012). Pada tahun 2012 telah melanjutkan pendidikan sarjana di program studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan (FMIPA), Universitas Negeri Jakarta melalui jalur SNMPTN Undangan.

Selama melanjutkan pendidikan sarjana, aktivitas yang dilakukan antara lain [1] Kegiatan Intra Prodi seperti Cakrawala Biologi (CABI) tahun 2012 di Gunung Bunder Jawa barat, SIMBOL pada tahun 2013. [2] kegiatan keilmiahan yakni mengikuti Studi General Biologi dengan tema Bioteknologi System, The Advantages of molecular tools Is resolving questions in biodiversity reaserches, Bioteknologi [3] kegiatan mahasiswa tingkat Universitas dengan organisasi Kelompok Peneliti Muda (KPM) angkatan 2012 selama 3 tahun [4] kegiatan pengabdian masyarakat antara lain pengabdian masyarakat di desa Tambora, Jakarta dengan Tema vertical garden pada tahun 2013. Pupuk cair kerjasama dengan MITI, LAZNAZ MANDIRI DN PROGRAM KEGIATAN MAHASISWA (PKM) PENGABDIAN

MASYARAKAT. Pengolahan Limbah Log Jamur sebagai Media Tumbuh Cacing *Rubellus lumbeicus* di Kabupaten Pasir Angin, Bogor. [4] Kegiatan Kelompok Studi Primata pada tahun 2014 sebagai Staff Humas. [5] Asisten Laboratorium Praktikum Anatomi Tumbuhan semester 101 dan 102, Prodi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. [5] Kegiatan Penelitian Observasi pada Orientasi Anggota KPM. Penelitian yang berjudul “ Pengaruh EM4, Natrium Clorida dan Gula Merah Sebagai Media Pembuatan Kompos di Universitas Negeri Jakarta”.

Prestasi yang pernah diperoleh yakni lolos didanai PKM DIKTI regular pendanaan 2014 PKM-M dengan judul “Limbah media tanam log jamur sebagai media hidup cacing *Rubellus lumbricus* untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa pasir angin”. Juara II PKM Award Universitas Negeri Jakarta tahun 2015 dengan judul “Scanser (Scan Laser) untuk mendeteksi penyakit pada tanaman berbasis Augmented Reality”. Finalis Kompetisi Wirausaha Social Muda oleh SEEMPOWER Korea Bank dengan judul “Scientia-Q usaha barang dan jasa untuk mencerdaskan pelajar Indonesia” pada tahun 2015. Penerima Hibah Wirausaha kampus 2016 program PMW dengan judul “BOVI (Boneka Gravitasi) Sebagai Media Kreatif Siswa Berbasis Sains”.