



**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP EKSPRESI GEN
KETAHANAN *OSCAT* DAN *OSAPX1* PADA PADI
TOLERAN KEKERINGAN**

SKRIPSI

Oleh:
Irma Novita Sari
161510501141

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP EKSPRESI GEN
KETAHANAN *OSCAT* DAN *OSAPX1* PADA PADI
TOLERAN KEKERINGAN**

SKRIPSI

Oleh:
Irma Novita Sari
161510501141

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP EKSPRESI GEN
KETAHANAN *OSCATA* DAN *OSAPXI* PADA PADI
TOLERAN KEKERINGAN**

SKRIPSI

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Sarjana pada Program Studi Agroteknologi (S1)
Fakultas Pertanian Universitas Jember

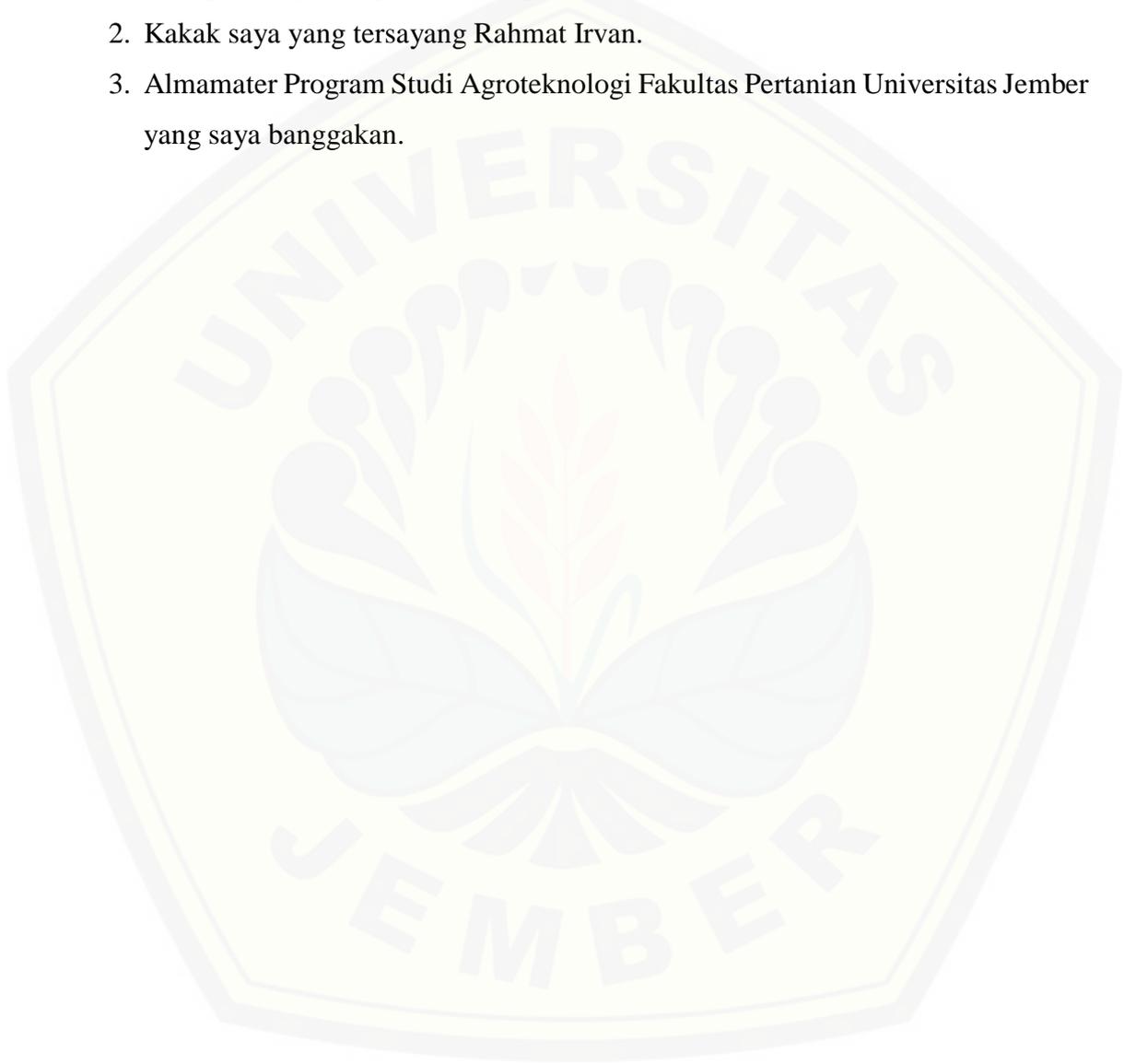
Oleh:
Irma Novita Sari
161510501141

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur atas rahmat Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Orang tua saya yang tercinta Bapak Yusmar dan Ibu Hazmiyati.
2. Kakak saya yang tersayang Rahmat Irvan.
3. Almamater Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang saya banggakan.



MOTTO

“Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

(HR. Muslim)

“...dan bersabarlah. Sesungguhnya, Allah beserta orang-orang yang sabar”

(Al-Anfal: 46)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irma Novita Sari

NIM : 161510501141

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Ekspresi Gen Ketahanan *OsCATA* dan *OsAPX1* pada Padi Toleran Kekeringan”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar

Jember, 4 Mei 2021

Yang menyatakan,

Irma Novita Sari

NIM. 161510501141

SKRIPSI

**PENGARUH CEKAMAN KEKERINGAN TERHADAP EKSPRESI GEN
KETAHANAN *OSCATA* DAN *OSAPXI* PADA PADI
TOLERAN KEKERINGAN**

Oleh:

Irma Novita Sari

NIM. 161510501141

Pembimbing

Dosen Pembimbing Skripsi : Prof. Tri Agus Siswoyo, SP., M.Agr., Ph.D.

NIP. 19700810 199803 1 001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ **Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Ekspresi Gen Ketahanan *OsCATA* dan *OsAPX1* pada Padi Toleran Kekeringan**” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Selasa, 4 Mei 2021

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Skripsi,

Prof. Tri Agus Siswoyo, SP., M.Agr., Ph.D

NIP. 19700810 199803 1 001

Dosen Penguji Utama,

Dosen Penguji Anggota,

Wahyu Indra Duwi F., SP, MSc, Ph.D

NIP. 19810204 201504 1 001

Dr. Ir. Hidayat Bambang S., M.M

NIP. 19570707 198403 1 004

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Dr. Ir. Soetrisno, M.P.

NIP. 19640304 198902 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Ekspresi Gen Ketahanan *OsCATA* dan *OsAPXI* pada Padi Toleran Kekeringan; Irma Novita Sari; 161510501141; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Cekaman kekeringan merupakan salah satu bentuk cekaman abiotik yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Kekeringan dapat menyebabkan terjadinya stress oksidatif, yang dimana tanaman akan merespon dengan membentuk *reactive oxygen species* (ROS). Indonesia memiliki potensi padi toleran terhadap kekeringan, namun informasi regulasi gennya belum banyak diketahui, khususnya ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI*. *OsCATA* dan *OsAPXI* merupakan gen yang berperan mengkode enzim katalase dan askorbat peroksidase yang bereaksi dengan H_2O_2 untuk mengkatalisasi pembentukan H_2O dan O_2 . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon regulasi gen ketahanan *OsCATA* dan *OsAPXI* pada padi yang mengalami cekaman kekeringan.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor dan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah varietas padi yaitu Siak raya, Sertani 1, Indragiri, IR64 dan faktor kedua adalah perlakuan kekeringan yaitu kontrol dan 15% PEG 6000. Variabel yang diamati yaitu ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI*, tinggi tanaman, panjang akar, serta total klorofil. Analisis data menggunakan ANOVA, apabila hasil berbeda nyata maka dilakukan analisa lanjut dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95%.

Hasil penelitian menunjukkan interaksi perlakuan varietas padi dengan cekaman kekeringan berpengaruh sangat nyata terhadap panjang akar, dan total klorofil serta berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman, ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* meningkat pada tanaman padi yang mengalami cekaman kekeringan, serta tanaman yang direkomendasikan adalah varietas Sertani 1, yang dimana memiliki peningkatan rata-rata panjang akar yang tinggi, penurunan rata-rata tinggi tanaman dan kandungan klorofil yang rendah, serta meningkatnya ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* pada kondisi cekaman kekeringan.

SUMMARY

The Effect of Drought Stress on *OsCATA* and *OsAPXI* Resistance Gene Expression in Drought Tolerant Rice; Irma Novita Sari; 161510501141; Study Program of Agrotechnology, Faculty of Agriculture; University of Jember.

Drought stress is a type of abiotic stress that significantly affects rice plant growth and development. Drought can induce oxidative stress in plants, which is responded to by the formation of reactive oxygen species (ROS). As a result, Indonesia can develop drought-tolerant rice, but information on gene regulation, particularly on the *OsCATA* and *OsAPXI* genes expression, is not widely known. *OsCATA* and *OsAPXI* are genes that encode the enzymes catalase and ascorbate peroxidase, respectively, which catalyze the formation of H₂O and O₂ from H₂O₂. The purpose of this study was to ascertain the regulatory response of the *OsCATA* and *OsAPXI* resistance genes in rice that had been subjected to drought stress.

This study used a factorial Completely Randomized Design (CRD) with two factors and three replications. The first factor was rice variety, specifically Siak raya, Sertani 1, Indragiri, and IR64; and the second factor was drought treatment, specifically control and 15% PEG 6000. In addition, the *OsCATA* and *OsAPXI* genes, plant height, root length, and total chlorophyll were used as observation variables in this study. ANOVA was used to analyze the data; if the results were significantly different, Duncan's Multiple Range Test (DMRT) with a confidence level of 95% was used to analyze the data further.

The results indicated that the interaction of rice variety treatment and drought stress had a highly significant effect on root length and chlorophyll content but had no significant effect on plant height. Additionally, the *OsCATA* and *OsAPXI* genes expression increased in rice plants exposed to drought stress, and the varieties Sertani 1 were recommended due to their high average increase in root length, reduced low average plant height and chlorophyll content as well as increased *OsCATA* and *OsAPXI* genes expression in conditions of drought stress.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah menuntun kita pada jalan yang benar. Penulis bersyukur atas terselesaikan dan tersusunnya skripsi yang berjudul **“Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Ekspresi Gen Ketahanan *OsCATA* dan *OsAPXI* pada Padi Toleran Kekeringan”**. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Soetrisno, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Drs. Yagus Wijayanto, M.A., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember;
3. Prof. Tri Agus Siswoyo, SP., M.Agr., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu, membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun skripsi ini;
4. M. Ubaidillah, S.Si., M.Agr., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Riset yang telah meluangkan waktu, membimbing dan mengarahkan penulis selama penelitian serta penyusunan skripsi ini;
5. Wahyu Indra Duwi Fanata, SP, MSc, Ph.D selaku Dosen Penguji Utama yang telah meluangkan waktu dan memberikan arahan serta masukan dalam menyusun skripsi ini;
6. Dr. Ir. Hidayat Bambang Setyawan, M.M selaku Dosen Penguji Anggota sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan dan masukan dalam penulisan skripsi ini serta telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
7. Semua dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah senantiasa berbagi ilmu dan memberikan dorongan, semangat serta do'a kepada penulis;
8. Kedua orang tua, Bapak Yusmar dan Ibu Hazmiyati, serta Kakak Rahmat Irvan tercinta atas doa, dukungan, motivasi serta kasih sayangnya;

9. Teman-teman riset padi, Mbak Fariza, Mbak Dini, Mbak Iin, Gita, Deviga, Rifki, Jami', Danny, Fitria dan Balqis atas bantuan selama penelitian berlangsung.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan Eva, Olin, Ida, Nissa, Intan, Bella, Mita, Ina, Tata, Pungki, Krisna dan Andresempu yang telah memberikan dukungan dan doa.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang memberikan bantuan dan dorongan selama mengikuti studi dan penulisan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan karya tulis ini. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca sebagai sumber informasi.

Jember, 4 Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1 Tanaman Padi (<i>Oryza sativa</i> L.)	4
2.1.2 Cekaman Kekeringan.....	6
2.1.3 <i>OsCATA</i> dan <i>OsAPX1</i>	7
2.1.4 Ekspresi Gen	9
2.2 Hipotesis	10
BAB 3. METODE.....	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11

3.2 Persiapan Penelitian	11
3.2.1 Bahan Penelitian	11
3.2.2 Alat Penelitian.....	11
3.3 Pelaksanaan Pnelitian.....	11
3.3.1 Rancangan Percobaan	11
3.3.2 Prosedur Penelitian	12
3.3.3 Variabel Pengamatan	15
3.4 Analisa Data.....	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Respon pertumbuhan padi.....	17
4.1.1 Tinggi tanaman	18
4.1.2 Panjang akar.....	20
4.1.3 Total Klorofil	21
4.2 Ekspresi gen <i>OsCATA</i> dan <i>OsAPX1</i> pada padi.....	23
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	27
5.1 Kesimpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	28
LAMPIRAN.....	33
DOKUMENTASI.....	45

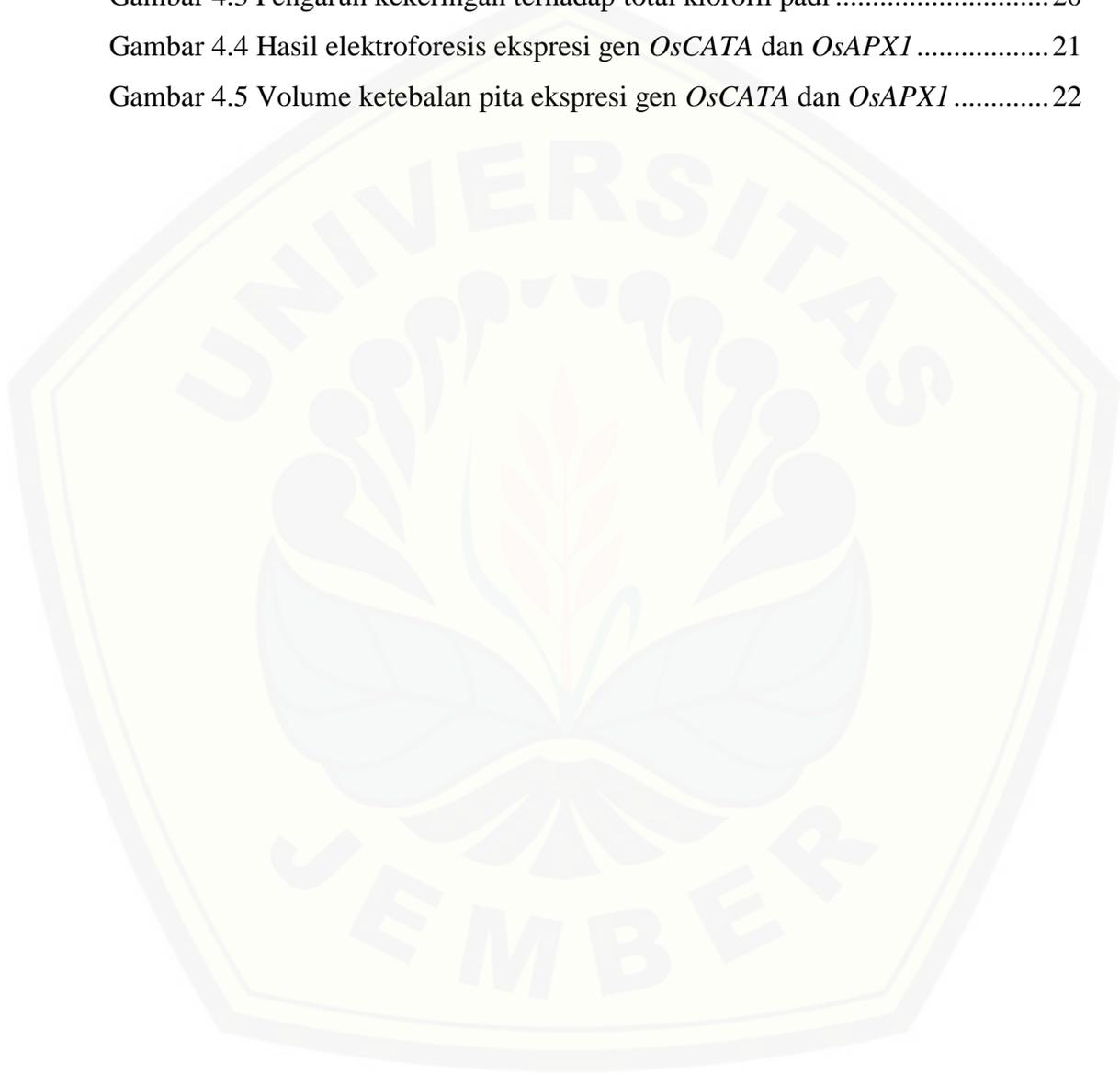
DAFTAR TABEL

Tabel 3.3 Primer sekuen untuk analisis ekspresi gen 5
Tabel 4.1 Rangkuman nilai F-hitung dari variabel pengamatan 17



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Pengaruh kekeringan terhadap tinggi tanaman padi 18
Gambar 4.2 Pengaruh kekeringan terhadap panjang akar padi 19
Gambar 4.3 Pengaruh kekeringan terhadap total klorofil padi 20
Gambar 4.4 Hasil elektroforesis ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* 21
Gambar 4.5 Volume ketebalan pita ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* 22



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Ragam dan Uji Lanjut Tinggi Tanaman.....	33
Lampiran 2. Analisis Ragam dan Uji Lanjut Panjang Akar.....	37
Lampiran 3. Analisis Ragam dan Uji Lanjut Total Klorofil	41



BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Tanaman padi (*Oryzae sativa* L.) merupakan salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan dan dikonsumsi sebagai sumber karbohidrat. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk yang mengakibatkan kebutuhan akan padi juga akan terus meningkat, maka keadaan tersebut menuntut untuk dilakukan peningkatan jumlah produksi padi. Varietas padi unggul yang berdaya hasil tinggi, tahan terhadap cekaman baik biotik maupun abiotik berperan sangat penting dalam menunjang peningkatan produksi padi untuk mendukung pencapaian swasembada beras. Pertumbuhan dan produksi tanaman padi dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti angin, suhu, bahan kimia, radiasi, cekaman hara dan air. Menurut Nurhidayati, dkk. (2019) air pada tanaman merupakan komponen terbesar dalam volume sel, tanaman mengambil sekitar 97% air dikeluarkan ke atmosfer (melalui transpirasi), sekitar 2% digunakan untuk peningkatan volume dan perluasan sel, dan 1% untuk proses metabolime, terutama fotosintesis. Pertumbuhan tanaman padi dapat terhambat karena kekurangan air maupun kelebihan air, sehingga air yang cukup sangat dibutuhkan tanaman padi.

Tanaman padi memiliki respon yang berbeda terhadap lingkungannya antara lain cekaman salinitas, aluminium, ferro, asam-asam organik, dan kekeringan. Cekaman kekeringan merupakan salah satu bentuk cekaman abiotik yang dapat menginduksi berbagai respon pada tingkat sel dan jaringan tanaman yang dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman padi (Utama, 2015). Tanaman padi yang mengalami cekaman kekeringan yaitu ditandai dengan penggulungan daun sebagai bentuk mekanisme tanaman dalam menghindari cekaman kekeringan, mekanisme tersebut berhubungan dengan kemampuan tanaman menyesuaikan laju transpirasi sehingga potensial air di dalam daun tetap tinggi pada kondisi cekaman kekeringan (Tubur *et al.* 2012). Kadhimi *et al.* (2016) menyatakan bahwa akumulasi zat terlarut juga merupakan salah satu mekanisme untuk toleransi kekeringan pada tanaman padi, zat terlarut tersebut antara lain prolin, asam organik, kalium, ion klorida, gula larut dan lain sebagainya.

Banyak mekanisme yang terjadi dalam respon pertahanan contohnya regulasi gen ketahanan. Gen-gen diregulasi sehingga diekspresikan pada waktu dan kadar yang tepat untuk mempertahankan sel ataupun mendorong pertumbuhan dan pembelahan sel (Stansfield *et al.*, 2006). Tanaman yang mengalami cekaman abiotik salah satunya kekeringan dapat menginduksi *reactive oxygen species* (ROS) seperti H_2O_2 , yang dimana dapat menyebabkan kerusakan oksidatif, sehingga memicu jalur sinyal transduksi pertahanan yang mengaktifkan sistem antioksidan enzimatik (Farooq *et al.*, 2009). Sistem pertahanan antioksidan enzimatik dalam sel tanaman tersebut yaitu katalase dan askorbat peroksidase, enzim tersebut bereaksi dengan H_2O_2 untuk mengkatalisasi pembentukan H_2O dan O_2 . Gen yang mengkode enzim katalase pada tanaman padi ada 3 antara lain *OsCATA*, *OsCATB* dan *OsCATC*. Gen yang mengkode enzim askorbat peroksidase pada tanaman padi ada 8 antara lain *OsAPX1*, *OsAPX2*, *OsAPX3*, *OsAPX4*, *OsAPX5*, *OsAPX6*, *OsAPX7*, dan *OsAPX8*. Menurut Vighi *et al.* (2016) *OsCATA* berperan dalam pertahanan, pertumbuhan, dan pengembangan tanaman. Agrawal *et al.*, (2003) menyatakan *OsAPX1* responsif terhadap perubahan lingkungan, sehingga menjadi bagian dari respon stres pada tanaman yang bertindak untuk membatasi efek buruk dari H_2O_2 .

91 plasma nutfah padi sudah dilakukan karakterisasi dan evaluasi ketahanan terhadap cekaman kekeringan berdasarkan *Standard Evaluation System for Rice* IRRI (2013), dan didapatkan 8 varietas padi yang tahan terhadap cekaman kekeringan, diantara padi tersebut digunakan dalam penelitian ini antara lain Siak raya, Sertani 1 dan Indragiri. Dari plasma nutfah padi tersebut regulasi gen ketahanannya belum dikaji dan untuk seleksi tanaman padi tahan kekeringan tingkat ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* dapat dijadikan indikator untuk menentukan tingkat ketahanan tanaman padi terhadap kondisi kekeringan. Pengaruh perlakuan kekeringan dengan menggunakan larutan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 telah diterapkan secara luas untuk menginduksi tekanan air dan bertujuan untuk mengevaluasi toleransi varietas padi terhadap cekaman kekeringan. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui ekspresi gen ketahanan *OsCATA* dan *OsAPX1* serta dengan harapan memberi informasi baru tentang karakter pada padi toleran kekeringan terhadap pengaruh perlakuan kekeringan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana respon pertumbuhan padi toleran kekeringan pada kondisi cekaman kekeringan?
2. Bagaimana pengaruh cekaman kekeringan terhadap ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* pada padi toleran kekeringan?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui respon pertumbuhan padi toleran kekeringan pada kondisi cekaman kekeringan.
2. Mengetahui pengaruh cekaman kekeringan terhadap ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* pada padi toleran kekeringan.

1.4 Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan tanaman di bidang pertanian khususnya kajian mengenai pengaruh cekaman kekeringan terhadap ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* serta respon pertumbuhan pada padi toleran kekeringan yang nantinya juga dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.)

Tanaman padi merupakan tanaman pangan yang penting dan membutuhkan banyak air dalam siklus hidupnya dibandingkan dengan tanaman lainnya, sehingga stres terkait air menyebabkan ancaman terhadap produksi beras (Pandey and Shukla, 2015). Tanaman padi mampu beradaptasi pada lingkungan tergenang karena mempunyai saluran aerenchyma pada bagian akarnya yang berfungsi sebagai penyedia oksigen bagi daerah perakaran. Namun, kondisi genangan yang berlebihan juga dapat mempengaruhi kondisi tanaman padi itu sendiri (Purwono dan Purnamawati, 2007). Suhu yang diterima oleh tanaman padi bergantung pada tahap pertumbuhannya. Secara umum, suhu yang lebih optimal untuk pertumbuhan tanaman padi yaitu berkisar dari 25-30°C. Tanaman padi sangat peka terhadap perubahan suhu udara meskipun kecil. Suhu yang meningkat dapat mempengaruhi produktivitas padi, karena bagian reproduktif yang dinamakan *spikelet* akan menjadi steril (Yamori *et al.*, 2014). Sallata dan Nugroho (2019) menyatakan bahwa suhu yang rendah dapat memengaruhi jenis dan pertumbuhan tanaman.

Sistem perakaran tanaman padi sangat beragam berdasarkan genotipnya, yang dimana perakaran yang dalam, tebal, sehat dan mencengkeram tanah lebih luas serta kuat menahan kerebahan memungkinkan penyerapan air dan hara lebih efisien karena perakaran tanaman padi berhubungan erat dengan sifat toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik salah satunya kekeringan (Suardi, 2002). Air yang tidak cukup menyebabkan pertumbuhan tanaman padi tidak sempurna bahkan bisa menyebabkan tanaman padi mati kekeringan karena cekaman kekeringan mempengaruhi semua faktor pertumbuhan tanaman padi, yang dimana mulai dari perubahan fisiologi, morfologi, pola pertumbuhan, dan pada akhirnya akan mempengaruhi hasil (Sujinah dan Jamil, 2016). Tanaman padi yang cenderung lebih peka terhadap kekeringan memiliki posisi daun bendera melengkung karena lebih banyak menyerap panas sinar matahari, dibandingkan tanaman padi yang memiliki posisi daun bendera yang lebih tegak (Suwarno *et al.*, 2016).

Telah dilakukan uji cekaman kekeringan pada 91 padi dan dari hasil skrining pengamatan morfologi berdasarkan *Standard Evaluation System for Rice* IRRI (2013) didapatkan beberapa varietas padi yang tahan terhadap cekaman kekeringan, diantara padi tersebut digunakan dalam penelitian ini antara lain Siak raya, Sertani 1 dan Indragiri, berikut merupakan karakteristik padi tersebut, yaitu:

- a) Siak Raya merupakan salah satu plasma nutfah padi yang termasuk dalam golongan Indica. Plasma nutfah padi ini berasal dari Riau. Siak Raya memiliki ketahanan terhadap penyakit kresek dan cekaman kekeringan, namun rentan terhadap wereng coklat, penyakit blas, dan alkali. Warna daun hijau dan permukaan daun kasar. Padi ini memiliki berat 1000 biji sebesar 25,67 gr serta kadar amilosa 28,92%. Panjang malai 21,25 cm dan tinggi tanaman 93,25 cm. Umur tanaman padi ini 108-112 hari.
- b) Sertani 1 merupakan salah satu plasma nutfah padi yang termasuk dalam golongan Indica. Plasma nutfah padi ini berasal dari Lampung. Sertani memiliki ketahanan terhadap penyakit kresek, blas, salinitas dan cekaman kekeringan, namun rentan terhadap alkali. Warna daun dan batang hijau serta memiliki permukaan daun kasar. Padi ini memiliki berat 1000 biji sebesar 25,16 gr dan kadar amilosa 25,92%. Panjang malai 20,6 cm dan tinggi tanaman 104 cm. Umur tanaman padi ini 108-112 hari.
- c) Indragiri merupakan salah satu plasma nutfah padi yang termasuk dalam golongan Indica. Plasma nutfah padi ini berasal dari Riau. Indragiri memiliki ketahanan terhadap penyakit kresek dan cekaman kekeringan, namun rentan terhadap wereng coklat, dan alkali. Indragiri memiliki warna daun hijau dan permukaan daun kasar. Padi ini memiliki berat 1000 biji sebesar 20 gr. Panjang malai 16,85 cm dan tinggi tanaman 97,3 cm. Umur tanaman 106-110 hari.
- d) IR64 merupakan salah satu varietas padi yang termasuk dalam golongan Indica. Warna daun hijau dan permukaan daun halus. Padi ini memiliki berat 1000 biji sebesar 26,67 gr. Panjang malai 12,85 cm dan tinggi tanaman 85,6 cm. Umur tanaman 95 hari. IR64 rentan terhadap wereng coklat, dan alkali. Pharmawati *et al.*, (2017) menyatakan kultivar IR64 termasuk padi yang tidak memiliki karakteristik ketahanan terhadap cekaman kekeringan. Tubur *et al.* (2012) juga

menyatakan bahwa padi varietas IR64 tidak toleran terhadap kekeringan. Menurut Maisura dan Junaedi (2018) bahwa padi varietas IR64 termasuk kelompok padi yang peka terhadap cekaman kekeringan.

2.1.2 Cekaman Kekeringan

Respon tanaman terhadap kondisi kekeringan sangat dipengaruhi oleh tingkat cekaman dan lamanya periode cekaman serta perbedaan genetik antar tanaman juga menyebabkan masing-masing tanaman memiliki respon yang berbeda pada cekaman kekeringan yang diawali dengan respon biokimia dan kemudian berdampak pada morfologi tanaman (jeki, 2016). Menurut Obidiegwu *et al.* (2015), secara keseluruhan cara tanaman merespon cekaman kekeringan dapat diamati dari morfologi, fisiologi, dan molekular tanaman. Respon morfologi tanaman terhadap kekeringan yaitu penurunan tinggi tanaman, penurunan produktivitas tanaman, pematangan lebih awal dan lain sebagainya. Respon fisiologi tanaman terhadap cekaman kekeringan yaitu peningkatan tekanan osmotik, perubahan laju respirasi dan transpirasi, penurunan konduktansi stomata dan lain sebagainya. Respon molekular tanaman terhadap cekaman kekeringan yaitu perubahan dalam ekspresi gen, peningkatan ABA, perubahan dalam sintesis enzimatik, dan lain sebagainya.

Tanaman beradaptasi pada cekaman kekeringan dengan 4 mekanisme yaitu meloloskan diri, penghindaran kekeringan, toleransi kekeringan dan pemulihan kekeringan. Namun, tanaman mampu menggunakan lebih dari satu mekanisme pada satu waktu untuk tahan kekeringan (Sopandie, 2013). Pemanjangan tajuk merupakan salah satu mekanisme penghindaran pada tumbuhan untuk bertahan hidup dalam cekaman kekeringan. Namun, panjang tajuk tidak digunakan sebagai bentuk seleksi utama (Afrianingsih *et al.*, 2018). Menurut Tubur *et al.* (2012) penggulungan daun juga merupakan mekanisme penghindaran tanaman terhadap kekeringan (*drought avoidance*) serta tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan memiliki ciri-ciri yaitu indeks kekeringan rendah, warna daun hijau tua, dan posisi daun bendera tegak.

Salah satu penyebab cekaman kekeringan mengurangi pertumbuhan dan kemampuan fotosintesis tanaman adalah kerusakan keseimbangan antara produksi

ROS dan pertahanan antioksidan, yang dimana cekaman kekeringan dapat menghasilkan perubahan dalam pigmen fotosintesis seperti warna daun pada tanaman yang diberi perlakuan PEG berubah menjadi kekuningan dan kandungan klorofil menurun di bawah tekanan kekeringan yang disebabkan oleh PEG (Pharmawati and Wrasati, 2018). 15% PEG 6000 merupakan tingkat stres kekeringan yang paling efektif untuk meningkatkan kemampuan dan aktivitas enzim antioksidan serta ekspresi gen (Dani and Siswoyo, 2019). Menurut Verslues *et al.*, (2006) bahwa senyawa PEG lebih direkomendasikan sebagai senyawa yang digunakan dalam pengujian cekaman kekeringan dibanding mannitol karena kemampuan PEG untuk mengontrol penurunan potensial air secara homogen sehingga dapat meniru potensial air tanah.

2.1.3 *OsCATA* dan *OsAPX1*

Tanaman yang mengalami cekaman abiotik seperti kekeringan dapat menginduksi *reactive oxygen species* (ROS) seperti radikal superoksida, hidrogen peroksida, radikal hidroksil dan radikal alkoksi. ROS dapat bereaksi dengan protein, lipid dan DNA, menyebabkan kerusakan oksidatif serta mengganggu fungsi normal sel. Sistem pertahanan antioksidan dalam sel tumbuhan yaitu komponen enzimatik dan non-enzimatik. Komponen enzim antara lain katalase (CAT), peroksidase (PX), askorbat peroksidase (APX) dan glutathion reduktase (GR). Komponen non-enzimatik antara lain flavonoid, fenolik, alkaloid, tokoferol dan karotenoid (Farooq *et al.* 2009). Menurut Carvalho *et al.* (2008), katalase (CAT) dan askorbat peroksidase (APX) merupakan enzim antioksidan utama dalam detoksifikasi H_2O_2 . CAT dan APX memiliki peran seluler yang berbeda dalam mendetoksifikasi H_2O_2 , yang dimana CAT tidak membutuhkan reduktor, sedangkan APX menggunakan askorbat sebagai reduktor.

Askorbat peroksidase adalah enzim yang penting untuk mendetoksifikasi spesies oksigen reaktif dalam tanaman dengan mengkatalisis hidrogen peroksida menjadi air menggunakan askorbat sebagai donor elektron tertentu. Pada tanaman padi ada delapan gen APX hadir dalam kompartemen subselular yang berbeda yaitu kloroplas (stroma dan tilakoid), mitokondria, peroksisom, dan sitosol. Gen *OsAPX1*

mengkode isoform sitosol dari enzim APX (Pandey *et al.* 2014). Pandey *et al.* (2017), menyatakan bahwa APX sitosol menjadi isoform paling responsif yang dikodekan oleh gen APX1 dan juga merupakan gen APX yang memiliki karakter terbaik. Menurut Agrawal *et al.* (2003), *OsAPX1* responsif terhadap perubahan lingkungan, sehingga menjadi bagian dari respon stres pada tanaman yang dimana regulasi transkripsi gen APX (*OsAPX1*) dapat membentuk mekanisme dasar untuk penyebaran pertahanan antioksidan pada tanaman, yang bertindak untuk membatasi efek buruk dari H₂O₂ yang dihasilkan selama pertumbuhan tanaman.

Menurut Rossatto *et al.* (2017), *OsAPX1* menyajikan nilai ekspresi yang lebih tinggi dari pada gen lainnya yaitu *OsAPX2*, *OsAPX3*, *OsAPX4*, *OsAPX5*, *OsAPX6*, *OsAPX7*, dan *OsAPX8* pada tanaman di lingkungan stres dibandingkan dengan kontrolnya. Hasil penelitian Rosa *et al.* (2010) juga menunjukkan bahwa *OsAPX1* mengalami peningkatan regulasi yang paling tinggi. *OsAPX1*, *OsAPX2*, *OsAPX5*, *OsAPX6*, dan *OsAPX7* mengalami peningkatan regulasi sebagai respons terhadap kondisi kekeringan, sedangkan *OsAPX8* memiliki penurunan regulasi, *OsAPX3* tidak terpengaruh sementara *OsAPX4* lemah. Menurut Carvezan *et al.*, (2012) bahwa berbagai efek knockdown atau knockout gen APX yang berbeda pada pertumbuhan tanaman, fisiologi dan metabolisme antioksidan menunjukkan bahwa APX juga dapat mengatur jalur pensinyalan redoks yang terlibat dalam perkembangan tanaman.

Katalase merupakan enzim yang mendetoksifikasi H₂O₂ utama dalam semua organisme aerob dan pada tanaman padi terdapat tiga gen yang mengkode katalase yaitu *OsCATA*, *OsCATB*, dan *OsCATC*. Ketiga katalase ini menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan dalam sifat enzimatik dan memiliki lokalisasi subselular yang sama yaitu di peroksisom, namun menunjukkan pola ekspresi yang berbeda di tanaman padi. *OsCATA* lebih diekspresikan pada daun dan biji muda, *OsCATB* sebagian besar diekspresikan dalam biji dan *OsCATC* lebih diekspresikan dalam daun tua (Wutipraditkul, *et al.* 2011). Menurut Farooq *et al.*, (2009) bahwa enzim katalase memainkan peran penting dalam pengaturan *reactive oxygen species* (ROS) dalam sel, yang dimana katalase bereaksi dengan H₂O₂ untuk mengkatalisasi pembentukan H₂O dan O₂ sehingga mencegah kerusakan sel pada kondisi cekaman.

Gen *OsCATA* berperan sebagai bentuk persinyalan dalam mengkode enzim katalase dalam upaya pertahanan diri tanaman padi dari cekaman abiotik. *OsCATA* responsif terhadap stres abiotik yang dimana tingkat ekspresi *OsCATA* meningkat pada genotip padi toleran dan sensitif pada stres abiotik serta ekspresi *OsCATA* berkorelasi dengan aktivitas enzim katalase (Vighi *et al.*, 2016). Menurut Ye *et al.* (2011), perlakuan tekanan air dengan larutan 15% PEG (-0,8 MPa) yang diberikan pada bibit padi umur 2 minggu dapat mengubah pola ekspresi gen CAT pada daun padi, yang dimana tekanan air menginduksi akumulasi aktivitas CAT dan hasil profil transkripsi gen CAT yang dianalisis di berbagai jaringan padi menunjukkan bahwa *OsCATA* berlimpah di selubung daun dan diekspresikan dalam jumlah sedang di helai daun serta akar, namun tidak terdapat pada biji.

2.1.4 Ekspresi Gen

Ekspresi gen merupakan sintesis protein yang terjadi melalui proses transkripsi yaitu pembentukan mRNA dalam nukleus kemudian melalui proses translasi yaitu proses penerjemahan mRNA menjadi asam amino atau protein yang terjadi dalam sitoplasma. Proses translasi membutuhkan molekul rRNA untuk menyusun ribosom dan molekul tRNA yang membawa asam-asam amino spesifik yang akan dirangkaikan menjadi molekul protein (Akin, 2006). Menurut Sopandie (2013) bahwa perubahan ekspresi gen yang responsif terhadap cekaman merupakan mekanisme penting dalam adaptasi tanaman dan sifat toleran kekeringan merupakan sifat yang kompleks serta dikontrol oleh banyak gen. Kelompok gen-gen yang terkait dengan mekanisme regulasi untuk respon terhadap kekeringan merupakan protein *signal* transduksi dan faktor transkripsi.

Ekspresi gen dapat dipicu secara langsung oleh lingkungan stres, tanaman yang merespon lingkungan stres seperti kekeringan dengan mengakumulasi asam absisat. Asam absisat sebagai hormon stres yang mengatur ekspresi gen dan bertindak sebagai sinyal untuk proses yang terlibat dalam adaptasi terhadap kekeringan (Farooq *et al.* 2009). Ada dua sistem pengaktifan ekspresi gen didalam setiap jasad hidup, baik prokaryot maupun eukaryot, yaitu ekspresi gen secara konstitutif dan ekspresi gen secara induktif. Gen yang diekspresikan secara

konstitutif selalu diekspresikan dalam kondisi apapun. Sedangkan gen yang diekspresikan secara induktif berarti gen yang hanya diekspresikan jika ada kondisi yang memungkinkan atau ada proses induksi (Yuwono, 2008).

Analisa ekspresi suatu gen menjadi hal penting agar dapat mengetahui bagaimana mekanisme adaptasi molekuler pada tanaman dibawah kondisi stress dan perubahan pola ekspresi pada suatu gen dapat berubah dengan cepat sesuai dengan genotip, tingkat dan lama stress serta tahap pertumbuhannya. Wei *et al.* (2015), menyatakan bahwa pada kondisi cekaman kekeringan yang distimulasi *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 yaitu dengan konsentrasi 15% PEG 6000 dapat menunjukkan pola ekspresi yang berbeda antar gen dan ekspresi gen secara signifikan diinduksi pada hari ke-1 perlakuan, kemudian menurun dengan cepat, lalu akan memuncak pada hari ke-4 dan kemudian menurun secara perlahan setelah hari ke-5 perlakuan. Kim *et al.*, (2018), menyatakan bahwa ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* pada tanaman padi yang mengalami cekaman abiotik setelah hari ke-4 perlakuan akan meningkat dibandingkan pada kondisi kontrol, maka tingkat ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* dapat menjadi bagian yang menggambarkan sistem regulasi pada tanaman dibawah kondisi cekaman kekeringan.

2.2 Hipotesis

1. Cekaman kekeringan mempengaruhi ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* pada padi toleran kekeringan.
2. Cekaman kekeringan mempengaruhi respon pertumbuhan yang beragam pada padi toleran kekeringan.

BAB 3. METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian “Pengaruh Cekaman Kekeringan terhadap Ekspresi Gen Ketahanan *OsCATA* dan *OsAPXI* pada Padi Toleran Kekeringan” dilaksanakan pada bulan Agustus 2020 sampai Januari 2021 di Laboratorium Nutrasetikal dan Farmasetikal, UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, *Center of Development Advanced Science and Technology* (CDAST), Universitas Jember.

3.2 Persiapan Penelitian

Persiapan yang perlu dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa plasma nutfah padi yang telah dilakukan skrining pada pengamatan morfologi berdasarkan SES IRRI (2013) antara lain Siak raya, Sertani 1, Indragiri, dan IR64. Bahan-bahan lain yang digunakan yaitu Ribospin™ Plant Kit GeneAll®, ReverseTra Toyobo®, Green Gotaq®, PEG 6000, tanah, cDNA template, agarose gel, DNA primer, aquades steril, TAE 1X, greenstar dan lain-lain.

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan selama penelitian ini yaitu pot *tray*, PCR, tube eppendorf, pipet tip, mikropipet, vortex, centrifuge, spektrofotometer, tangki elektroferesis, microwave, UV transilluminator, alat tulis, meteran/ penggaris dan alat pendukung lainnya.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu varietas padi dan faktor kedua yaitu perlakuan kekeringan.

Faktor pertama :

V1 : Siak raya

V2 : Sertani 1

V3 : Indragiri

V4 : IR64

Faktor kedua :

P0 : Kontrol/ 0% PEG 6000

P1 : 15% PEG 6000

Adapun denah percobaan antara plasma nutfah padi dan perlakuan cekaman kekeringan yaitu :

V3P0	V4P1	V4P1	V1P1	V2P1	V1P0	V3P1	V4P0
V2P1	V3P1	V3P0	V1P0	V1P0	V1P1	V4P0	V2P1
V2P0	V3P1	V4P1	V2P0	V3P0	V4P0	V1P1	V2P0

3.3.2 Prosedur Penelitian

3.3.2.1 Persiapan media tanam dan Penanaman

Persiapan tanam berupa media tanah yang dimasukan ke dalam *pot tray*. Ukuran perlubang *pot tray* yang digunakan untuk penanaman benih padi berukuran 2,5 cm x 2,5 cm. *Pot tray* dimasukkan kedalam bak yang berisi air, kemudian benih yang telah direndam dengan air bersih dan fungisida ditanam dalam *pot tray*.

3.3.2.2 Perlakuan

Perlakuan dilakukan pada 14 hari setelah tanam selama 4 hari. Benih diberi perlakuan kekeringan menggunakan PEG yang ditambahkan pada larutan nutrisi

sesuai konsentrasi perlakuan. Adapun masing-masing perlakuannya, sebagai berikut: a) Kontrol/ 0% PEG 6000, b) 15% PEG 6000.

3.3.2.3 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan yaitu melakukan pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dengan cara mekanis dan memberikan nutrisi dalam bak yang telah terisi air.

3.3.2.4 Ekspresi Gen *OsCATA* dan *OsAPX1*

Pengambilan sampel dilakukan pada hari ke-4 setelah perlakuan dengan menggunakan sampel daun tanaman padi. Tahapan dalam ekspresi gen yaitu isolasi RNA, sintesis cDNA dan PCR.

a) Isolasi RNA

Sebanyak 100 mg masing-masing daun ditambahkan nitrogen cair dan digerus hingga halus. Hasil gerusan dimasukkan ke tabung eppendorf dan menambahkan 350 µl buffer RPL lalu dihomogenkan menggunakan vortex kemudian inkubasi selama 3 menit. Sampel dipindahkan ke dalam filter EzPure™ yang berada dalam tube koleksi. Lalu melakukan sentrifuse selama 50 detik dengan kecepatan 10.000 xg. Supernatan yang tersaring dipindahkan ke microsentrifuge tube 1.5 ml yang baru.

Pada tahapan pengikatan RNA, sampel ditambahkan dengan 350 µl ethanol 70% untuk memurnikan sampel kemudian dilakukan *swirling* dengan hati-hati. Dengan segera, sampel dipindahkan ke dalam kolom RNeasy yang berada dalam tube koleksi. Sampel disentrifuse selama 50 detik dengan kecepatan 10.000 xg. Kemudian membuang larutan yang tersaring dan meletakkan kolom RNeasy kembali ke tube koleksi.

RNA kemudian dilakukan pencucian dengan cara menambahkan 500 µl buffer RBW pada bagian tengah kolom RNeasy. Lalu melakukan sentrifuse selama 50 detik dengan kecepatan 10.000 xg. Kemudian membuang larutan yang tersaring dan meletakkan kembali kolom RNeasy ke tube koleksi. Lalu menambahkan 70 µl Dnase pada bagian tengah kolom RNeasy kemudian inkubasi selama 10 menit. Menambahkan 500 µl buffer RBW lalu inkubasi selama 2 menit. Melakukan sentrifuse kembali selama 50 detik dengan kecepatan 10.000 xg. Kemudian

membuang larutan yang tersaring dan meletakkan kembali kolom RNeasy ke tube koleksi. Selanjutnya menambahkan 500 µl buffer RNW pada bagian tengah kolom RNeasy ke tube koleksi dan melakukan sentrifuse kembali selama 50 detik dengan kecepatan 10.000 xg, lalu membuang larutan yang tersaring dan meletakkan kembali kolom RNeasy ke tube koleksi dan mengulangi tahapan tersebut yaitu menambahkan 500 µl buffer RNW pada bagian tengah kolom RNeasy ke tube koleksi dan melakukan sentrifuse kembali selama 50 detik dengan kecepatan 10.000 xg, lalu membuang larutan yang tersaring dan meletakkan kembali kolom RNeasy ke tube koleksi kemudian sentrifuse lagi.

Sampel RNA selanjutnya dielusi dengan meletakkan kolom RNeasy pada tube koleksi 1.5 ml yang baru. Lalu menambahkan 50 µl Nuclease-free water pada bagian tengah matrik kolom RNeasy. Lalu melakukan sentrifuse selama 1 menit dengan kecepatan 10.000 xg untuk melulusi RNA purifikasi. RNA yang didapat selanjutnya dihitung konsentrasinya dengan menggunakan nanodrop, kemurnian RNA dapat dilihat dari nilai perbandingan absorbansi pada panjang gelombang 260 nm dan 280 nm.

b) Sintesis cDNA

Sampel RNA diubah menjadi bentuk cDNA dengan melakukan transkripsi balik. Menginkubasi larutan RNA pada suhu 65°C dengan durasi 5 menit kemudian simpan dalam es. Lalu mempersiapkan larutan reaksi Dnase I dengan total volume 8 µl yaitu 4x DN Master Mix 2 µl, RNA template 1 pg - 1 µg, Nuclease-free Water X µl. Selanjutnya diinkubasikan pada suhu 37°C selama 5 menit. Mempersiapkan larutan reverse transcription dengan total volume 10 µl yaitu larutan reaksi DNase I 8 µl dan 5x RT Master Mix II 2 µl. Siklus dalam PCR sebanyak 2 siklus. Siklus pertama, sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 15 menit dan pada suhu 50°C selama 5 menit. Siklus kedua, sampel dipanaskan pada suhu 98°C selama 5 menit.

c) PCR

PCR dilakukan dengan volume reaksi 25 µl konsentrasi akhir 10 µl yang terdiri dari komponen-komponen yaitu : Green Master Mix 2X 5 µl, 1 µl dari setiap primer Forward (F) dan Revers (R), 1 µl cDNA template, dan 2 µl Nuclease-Free Water. Pemrograman PCR adalah satu siklus awal 95°C selama 2 menit dan 30

siklus: 95°C selama 30 detik untuk denaturasi, 53°C selama 30 detik untuk annealing, 72°C selama 1 menit untuk extension, dan satu siklus akhir 72°C selama 5 menit. Produk PCR yang diamplifikasi menjadi sasaran elektroforesis dalam agarosa gel 2% yang diwarnai dengan Greenstar, kemudian divisualisasi dengan UV transilluminator.

Reaksi PCR dinormalisasi dengan gen actin pada tanaman padi yaitu gen *OsACTIN* sebagai acuan untuk semua perbandingan. Gen acuan (**Tabel 3.3**) diekspresikan pada level yang sama baik pada perlakuan kontrol maupun cekaman kekeringan.

Tabel 3.3 Primer sekuen untuk analisis ekspresi gen

Gen	Primer	Sumber
<i>OsACTIN</i>	Forward: 5' TCCATCTTGGCATCTCTCAG 3' Reverse: 5' GTACCCGCATCAGGCATCTG 3'	Neo-Probe, (2018)
<i>OsAPXI</i>	Forward: 5' CCAAGGGTTCTGACCACCTA 3' Reverse: 5' CAAGGTCCCTCAAACCAGA 3'	Neo-Probe, (2018)
<i>OsCATA</i>	Forward: 5' CGGATAGACAGGAGAGGTTCA 3' Reverse: 5' AATCTTCACCCCAACGACT 3'	Neo-Probe, (2018)

3.3.3 Variabel Pengamatan

a. Ekspresi Gen *OsCATA* dan *OsAPXI*

Ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* diukur dengan menggunakan semi kuantitatif PCR yang dinyatakan dalam ketebalan pita dan menggunakan *GelAnalyzer* yang menunjukkan volume ketebalan pita secara kuantitatif.

Rumus perhitungan volume ketebalan pita sebagai berikut:

Volume ketebalan pita = (Gen kontrol/perlakuan - ACTIN kontrol/perlakuan)

b. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur mulai dari leher akar hingga ujung daun tertinggi. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan penggaris dan diukur pada hari ke-4 setelah perlakuan.

c. Panjang akar (cm)

Panjang akar diukur mulai dari pangkal akar hingga ujung akar pada tanaman menggunakan penggaris dan diukur pada hari ke-4 setelah perlakuan.

d. Analisis kandungan klorofil

Kandungan klorofil daun dihitung menggunakan sampel daun pada hari ke-4 setelah perlakuan dengan metode spektrofotometri. Menggunakan pelarut aseton 80% dan mengukur absorbansi klorofil dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm (Rajput and Patil, 2017).

Rumus perhitungan klorofil sebagai berikut:

$$\text{Total Klorofil (mg/g)} = \frac{20,2 (A 645) + 8,02 (A 663) \times V}{1000} \times W$$

3.4 Analisa Data

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila hasil berbeda nyata maka dilakukan analisa lanjut dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95%.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Respon pertumbuhan padi

Data hasil pengamatan dari beberapa parameter penelitian, yaitu tinggi panjang, panjang akar dan total klorofil dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil ANOVA dari respon pertumbuhan tanaman padi terhadap cekaman kekeringan dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Rangkuman nilai F-hitung dari variabel pengamatan

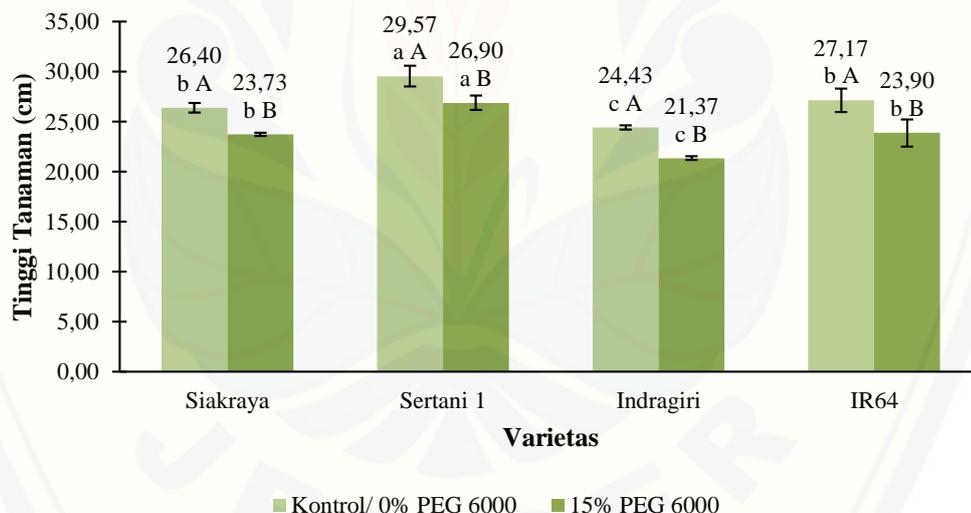
No.	Variabel Pengamatan	F-hitung		
		Varietas (V)	PEG (P)	Interaksi
				V x P
1.	Tinggi tanaman	15,00**	26,57**	0,07tn
2.	Panjang akar	9,92**	15,95**	11,53**
3.	Total klorofil	947,88**	776,75**	2437,91**

Ket: tn=berbeda tidak nyata, *= berbeda nyata, **= berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel 4.1 nilai hasil F-hitung dari variabel pengamatan yang dilakukan bahwa faktor pertama yaitu varietas padi (V) menunjukkan hasil berbeda sangat nyata terhadap semua variabel pengamatan antara lain tinggi tanaman, panjang akar, dan total klorofil. Faktor kedua yaitu PEG (P) menunjukkan hasil berbeda sangat nyata terhadap semua variabel pengamatan antara lain tinggi tanaman, panjang akar dan total klorofil. Faktor interaksi antara varietas padi dan cekaman kekeringan menunjukkan hasil berbeda sangat nyata terhadap variabel pengamatan panjang akar dan total klorofil, serta menunjukkan hasil berbeda tidak nyata terhadap variabel pengamatan tinggi tanaman. Perlakuan cekaman kekeringan dengan konsentrasi 15% PEG 6000 yang dilakukan selama 4 hari dapat mempengaruhi panjang akar, tinggi tanaman dan total klorofil yang beragam pada tanaman padi karena larutan PEG mampu menghambat penyerapan air oleh tanaman dengan cara menurunkan potensial osmotik air didalam media. Air yang cukup merupakan salah satu komponen yang penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman padi dalam menjalani siklus hidupnya.

Cekaman kekeringan merupakan salah satu cekaman abiotik yang dapat menghambat perkembangan dan pertumbuhan tanaman padi. Respon tanaman pada saat mengalami cekaman kekeringan antara lain perubahan yang terjadi di dalam sel, termasuk perubahan tingkat ekspresi gen, sintesis molekuler dan aktivasi enzim yang terlibat dalam produksi dan penghilangan *Reaktif Oxygen Species* (ROS) serta penghambatan pertumbuhan tinggi tanaman, akar tanaman, dan penurunan kandungan klorofil akibat penurunan laju fotosintesis. Respon tanaman padi terhadap cekaman kekeringan tergantung pada waktu, tingkat kekeringan, fase tumbuh, organ tanaman dan genotipe. Salah satu upaya dalam mempertahankan produktivitas tanaman padi pada kondisi cekaman kekeringan yaitu menggunakan varietas padi yang toleran terhadap cekaman kekeringan.

4.1.1 Tinggi tanaman



Gambar 4.1 Pengaruh kekeringan terhadap tinggi tanaman padi

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada UJD α 5%. Huruf kapital membandingkan konsentrasi PEG dan huruf non-kapital membandingkan varietas padi.

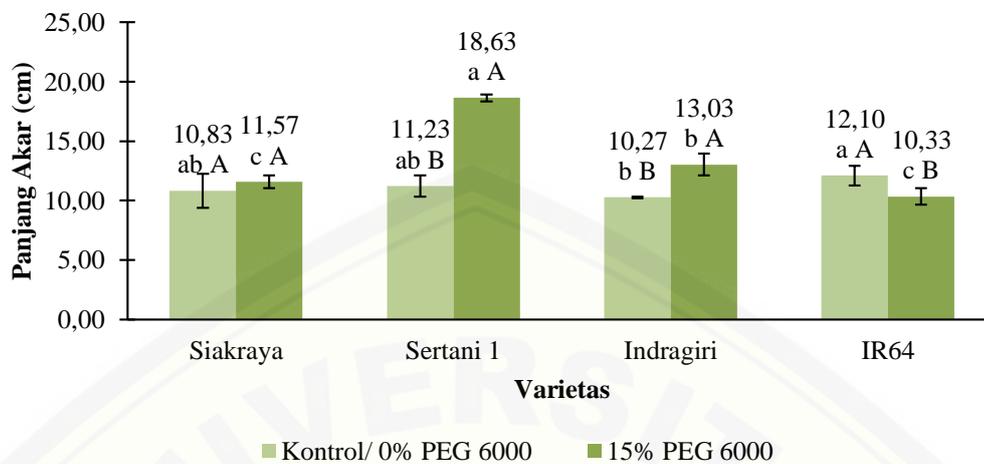
Berdasarkan hasil uji lanjut menggunakan uji DMRT pada taraf 5% yang dapat dilihat pada gambar 4.1 diatas menunjukkan bahwa tanaman padi yang memiliki nilai rata-rata tinggi tanaman tertinggi pada perlakuan kontrol dan kekeringan yaitu varietas sertani 1 dan berbeda nyata dengan varietas IR64,

Indragiri dan siakraya. Tanaman padi yang memiliki nilai rata-rata tinggi tanaman terendah pada perlakuan kontrol dan kekeringan yaitu varietas Indragiri dan berbeda nyata dengan varietas lainnya. Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan rata-rata tinggi tanaman pada varietas siak raya sebesar 2,67% dibandingkan perlakuan kontrol, pada varietas sertani 1 sebesar 2,67% dibandingkan perlakuan kontrol, varietas indragiri dan IR64 masing-masing sebesar 3,06% dan 3,27% dibandingkan perlakuan kontrol. Berdasarkan penurunan rata-rata tinggi tanaman tersebut varietas padi yang terbaik yaitu siak raya dan sertani 1.

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang mudah dilihat untuk mengukur pertumbuhan akibat pengaruh lingkungan salah satunya kekeringan. Ketersediaan air yang rendah salah satu penyebab utama menurunnya tinggi tanaman. Dari hasil penelitian pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan kontrol memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata tinggi tanaman dibawah kondisi kekeringan dengan konsentrasi 15% PEG 6000 dan varietas padi yang memiliki nilai rata-rata penurunan tinggi tanaman yang paling besar yaitu varietas IR64. Maisura dan Junaedi (2018), juga menyatakan bahwa penurunan tinggi tanaman yang lebih besar akibat cekaman kekeringan terdapat pada varietas IR64 yang merupakan varietas padi yang tidak toleran terhadap kekeringan.

Pertumbuhan tinggi tanaman padi dapat dipengaruhi oleh penurunan tekanan turgor pada saat tanaman dibawah kondisi cekaman kekeringan seperti dengan penambahan larutan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 pada media penanaman, karena larutan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 dapat menginduksi tekanan air atau menurunkan potensial air. Tanaman yang kekurangan air akan mengurangi pembesaran dan ukuran selnya, sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman terhambat maka terjadinya penurunan pada tinggi tanaman (Ningrum *et al.*, 2020). Menurut Sumadji dan Ganjari (2017), proses pembelahan dan pembesaran sel akan terjadi jika sel mengalami turgiditas yang unsur utamanya yaitu ketersediaan air, jika sel kekurangan air maka akan menyebabkan sel rusak sehingga akan menghambat penambahan tinggi tanaman padi.

4.1.2 Panjang akar



Gambar 4.2 Pengaruh kekeringan terhadap panjang akar padi

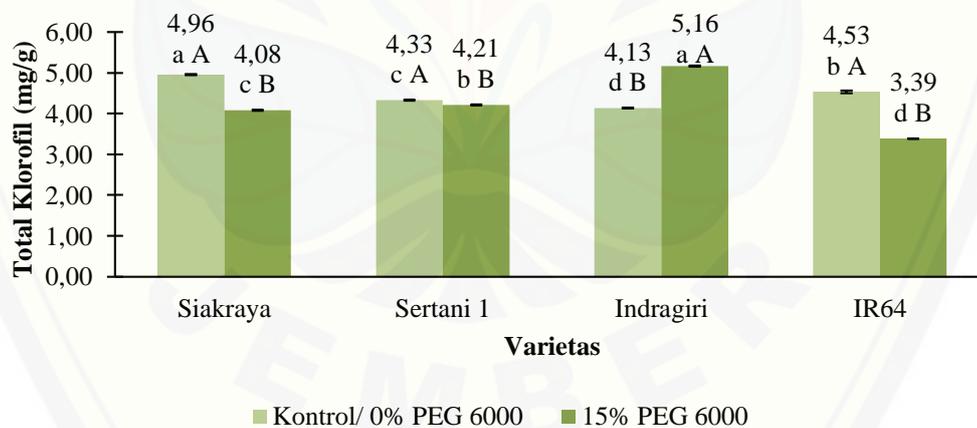
Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada UJD α 5%. Huruf kapital membandingkan konsentrasi PEG dan huruf non-kapital membandingkan varietas padi.

Berdasarkan uji DMRT taraf 5% pada gambar 4.2 diatas dapat diketahui bahwa varietas sertani 1 memiliki rata-rata panjang akar tertinggi pada perlakuan kekeringan dan berbeda nyata terhadap perlakuan kontrol. Padi varietas IR64 memiliki rata-rata panjang akar tertinggi pada perlakuan kontrol dan berbeda nyata dengan varietas indragiri. Cekaman kekeringan menyebabkan penurunan rata-rata panjang akar pada varietas IR64 sebesar 1,77% dibandingkan perlakuan kontrol dan menyebabkan peningkatan rata-rata panjang akar pada varietas siakraya sebesar 0,74%, pada varietas sertani 1 dan indragiri masing-masing sebesar 7,40% dan 2,76% dibandingkan perlakuan kontrol. Berdasarkan keterangan tersebut dapat disimpulkan bahwa padi varietas sertani 1, indragiri, dan siak raya memiliki respon positif terhadap cekaman kekeringan berdasarkan meningkatnya rata-rata panjang akar dibawah kondisi cekaman kekeringan dan pada varietas IR64 memiliki respon negatif terhadap cekaman kekeringan berdasarkan menurunnya rata-rata panjang akar dibawah kondisi cekaman kekeringan.

Bagian tanaman padi yang langsung bersentuhan dengan tanah adalah akar. Sistem perakaran tanaman padi tergolong dalam perakaran serabut. Akar tanaman berfungsi sebagai alat untuk menyerap air dan unsur hara yang digunakan dalam

proses metabolisme tanaman. Dari hasil penelitian pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa tanaman padi yang tercekam kekeringan akan memperpanjang perakaran. Hal ini sesuai dengan penelitian Sumadji dan Ganjari (2017), bahwa beberapa tanaman padi dibawah cekaman kekeringan akan mengalami pemanjangan akar. Ji *et al.*, (2012) juga menyatakan bahwa pertambahan panjang akar terjadi pada tanaman padi yang toleran dan rentan terhadap cekaman kekeringan, namun peningkatan panjang akar lebih pada tanaman padi toleran dan tanaman yang memiliki akar yang dalam dan tebal mampu mengatasi stress akibat kekeringan. Menurut Sukma (2015) bahwa mekanisme toleransi tumbuhan terhadap kekeringan dengan cara melakukan penyesuaian osmotik dan menambah pertumbuhan akar yang bertujuan untuk memperluas bidang serap akar terhadap air. Ilyani *et al.*, (2017), juga menyatakan bahwa tanaman padi yang toleran terhadap kekeringan akan berusaha untuk memperpanjang akar agar mendapatkan air dan unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya.

4.1.3 Total Klorofil



Gambar 4.3 Pengaruh kekeringan terhadap total klorofil padi

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada UJD α 5%. Huruf kapital membandingkan konsentrasi PEG dan huruf non kapital membandingkan varietas padi.

Berdasarkan uji DMRT taraf 5% pada gambar 4.3 diatas dapat diketahui bahwa varietas indragiri memiliki kandungan total klorofil tertinggi pada perlakuan kekeringan dan berbeda nyata terhadap varietas lainnya. Varietas IR64 memiliki

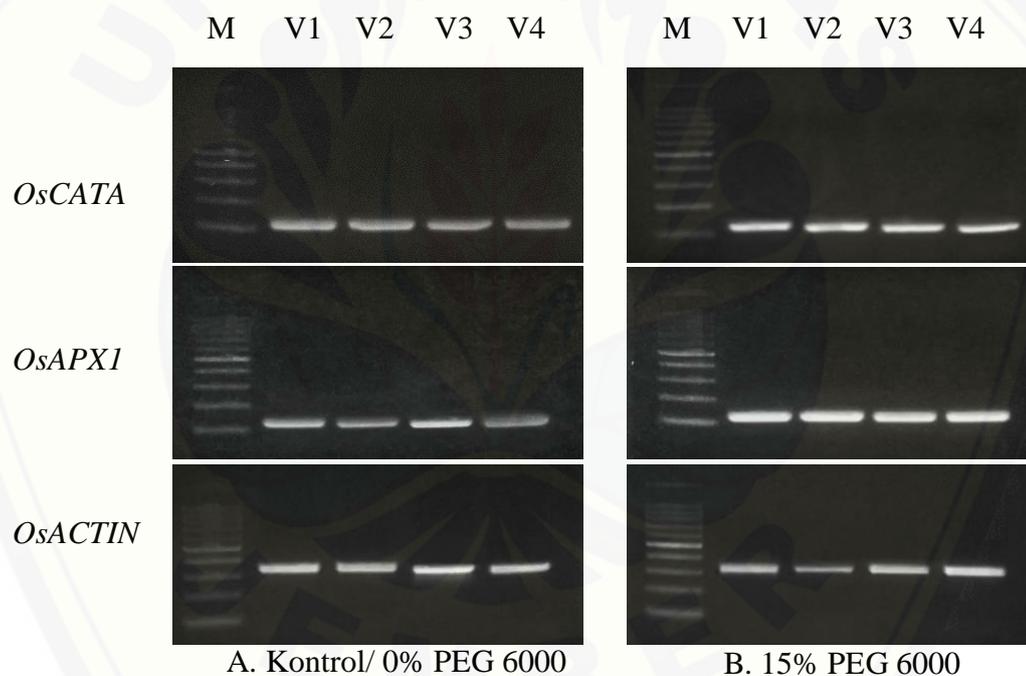
kandungan total klorofil terendah pada perlakuan kekeringan dan berbeda nyata terhadap varietas lainnya. Cekaman kekeringan menyebabkan peningkatan kandungan total klorofil pada varietas indragiri sebesar 1,03% dibandingkan perlakuan kontrol, dan menyebabkan penurunan kandungan total klorofil pada varietas siak raya sebesar 0,88%, pada varietas sertani 1 dan IR64 masing-masing sebesar 0,12% dan 1,14% dibandingkan perlakuan kontrol. Berdasarkan informasi tersebut dapat disimpulkan bahwa varietas indragiri memiliki respon positif terhadap cekaman kekeringan berdasarkan peningkatan kandungan total klorofil pada kondisi cekaman kekeringan dan berdasarkan penurunan rata-rata total klorofil tersebut varietas yang baik berurutan yaitu sertani 1, siak raya dan IR64.

Cekaman kekeringan dapat menyebabkan perbedaan respon fisiologi dan biokimia pada tanaman. Ketersediaan air yang cukup mampu mendukung proses fisiologi, yang dimana pembentukan klorofil akan lebih optimal. Klorofil merupakan pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan yang berperan dalam proses fotosintesis tumbuhan dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Konsentrasi klorofil daun dapat digunakan sebagai salah satu indikator toleransi tanaman terhadap kekurangan air untuk menyeleksi varietas tanaman yang toleran terhadap kekurangan air (Ai dan Banyo, 2011). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada gambar 4.3 bahwa kandungan total klorofil dibawah kondisi cekaman kekeringan menunjukkan respon yang berbeda. Nikolaeva *et al.* (2010), menyatakan bahwa stimulasi sintesis klorofil pada daun muda disebabkan oleh aktivasi enzim pada biosintesis yang bergantung pada cahaya dan perubahan kadar klorofil pada varietas tanaman yang berbeda dari spesies yang sama dapat menunjukkan kepekaan yang berbeda terhadap kekeringan. Menurut Rahbarian *et al.*, (2011), tanaman yang toleran cekaman kekeringan akan menunjukkan nilai klorofil yang lebih tinggi dibawah cekaman kekeringan dibandingkan pada kondisi normal.

Klorofil pada tanaman dibedakan menjadi 2, yaitu klorofil a dan klorofil b. Tanaman yang sehat akan terus memproduksi klorofil seiring bertambahnya umur tanaman, tetapi ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kadar klorofil yaitu cahaya, karbohidrat, oksigen, nitrogen, magnesium, besi, air dan

temperatur (Agustamia *et al.*, 2016). Cekaman kekeringan dapat menurunkan laju fotosintesis dengan merusak pigmen, fotosistem, pertukaran gas, dan enzim fotosintetik utama sehingga mempengaruhi berbagai langkah dalam jalur fotosintesis sehingga dapat mengurangi biomassa dan hasil tanaman (Nahar *et al.*, 2016). Tanaman padi yang diberi perlakuan konsentrasi PEG berbeda dapat menunjukkan fisik yang berbeda juga seperti daun yang menggulung dan mengering sehingga menyebabkan daun tidak dapat melakukan aktivitas metabolisme karena tidak mampu lagi menyerap unsur-unsur hara, termasuk proses pembentukan klorofil daun (Banyo *et al.*, 2013).

4.2 Ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* pada padi

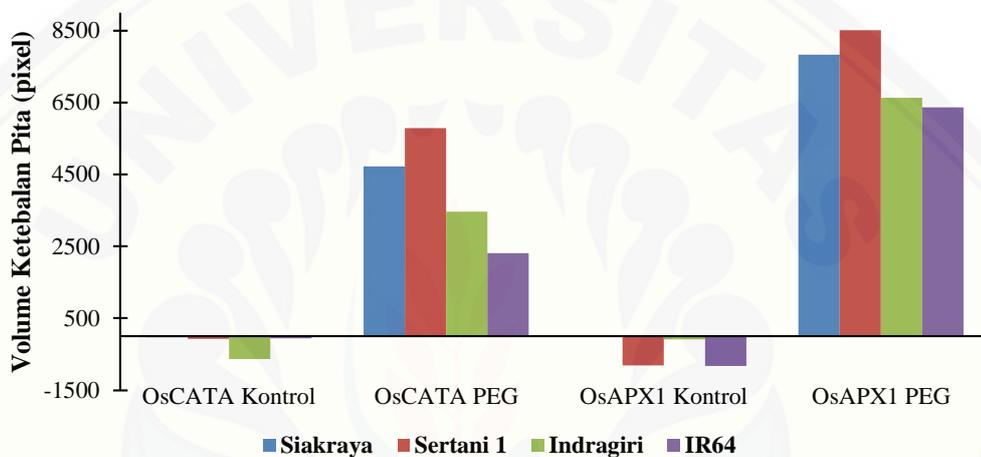


Gambar 4.4 Hasil elektroforesis ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1*

Keterangan: M (Marker), V1 (Siakraya), V2 (Sertani), V3 (Indragiri), dan V4 (IR64)

Berdasarkan gambar 4.4 diatas menunjukkan bahwa hasil elektroforesis ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPX1* yang dinyatakan dalam ketebalan pita tanaman padi yang tercekam kekeringan terjadi peningkatan ekspresi pada kedua gen tersebut, yang dimana pada perlakuan cekaman kekeringan menunjukkan pita yang lebih tebal dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Semakin tebal pita maka gen

yang terekspresi akan semakin tinggi. *OsACTIN* sebagai housekeeping gen yang digunakan sebagai kontrol internal untuk analisis ekspresi gen yang tidak berpengaruh terhadap cekaman. Dapat dilihat dari ketebalan pita pada perlakuan 15% PEG 6000 menunjukkan bahwa gen *OsAPXI* terekspresi lebih tinggi dibandingkan dengan gen *OsCATA*. Ukuran fragmen DNA dari gen *OsCATA* dan *OsAPXI* pada perlakuan kontrol/ 0% PEG 6000 maupun 15% PEG 6000 yaitu antara 100-200 bp. Ukuran fragmen DNA dari gen *OsACTIN* pada perlakuan kontrol/ 0% PEG 6000 dan 15% PEG 6000 yaitu antara 300-400 bp.



Gambar 4.5 Volume ketebalan pita ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI*

Berdasarkan gambar 4.5 diatas menunjukkan volume ketebalan pita ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* secara kuantitatif yang dianalisis menggunakan *GelAnalyzer* tersebut bahwa *OsCATA* dan *OsAPXI* terekspresi lebih tinggi pada tanaman padi dibawah cekaman kekeringan dibandingkan dalam keadaan normal. *OsAPXI* terekspresi lebih tinggi dibandingkan dengan *OsCATA* pada perlakuan 15% PEG 6000. Varietas sertani 1 merupakan varietas yang memiliki nilai ekspresi gen paling tinggi pada gen *OsCATA* dan *OsAPXI* dan varietas IR64 merupakan varietas yang memiliki nilai ekspresi gen paling rendah pada gen *OsCATA* dan *OsAPXI* dibawah kondisi cekaman kekeringan. Berdasarkan gambar 4.5 tersebut secara berurutan varietas padi yang baik yang menunjukkan nilai ekspresi gen dari tinggi ke rendah yaitu sertani 1, siak raya, indragiri dan IR64. Analisis ekspresi gen pada hari ke-4 perlakuan cekaman kekeringan dengan konsentrasi 15% PEG 6000 mampu meningkatkan ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI*.

Cekaman kekeringan dapat menyebabkan penutupan stomata yang akan menghambat proses pertukaran CO₂ dan O₂, sehingga mendukung pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) yaitu O₂⁻ atau radikal superoksida. Radikal superoksida dapat menyebabkan kerusakan parah pada fotosistem I dan fotosistem II, serta membahayakan seluruh mesin fotosintetik. Untuk mengurangi produksi ROS tanaman akan mengaktifkan sistem antioksidan enzimatik yaitu SOD, CAT dan APX. Enzim SOD, CAT, dan APX merupakan enzim antioksidan penting dalam meningkatkan resistensi tanaman terhadap stress oksidatif. SOD membentuk garis pertahanan pertama melawan ROS yang diinduksi dibawah kondisi kekeringan, yang dimana SOD melakukan dismutation radikal superoksida menjadi H₂O₂, kemudian CAT bereaksi dengan H₂O₂ untuk mengkatalisasi pembentukan air dan oksigen serta APX mengurai H₂O₂ menjadi air dengan melibatkan GR, MDHAR, DHAR dalam siklus ASH/GSH (Das and Roychoudhury, 2014).

Nahar *et al.* (2016), menyatakan bahwa tanaman untuk beradaptasi pada cekaman kekeringan maka sejumlah besar gen akan diatur dan gen yang secara khusus diekspresikan dalam varietas toleran kekeringan termasuk gen yang terlibat dalam jalur pensinyalan. Gen *OsCATA* dan *OsAPXI* merupakan gen yang berperan dalam mengkode enzim antioksidan, yaitu katalase dan askorbat peroksidase. Gen akan terekspresi lebih tinggi jika tanaman padi mengalami cekaman abiotik salah satunya kekeringan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan bahwa ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* akan meningkat pada kondisi cekaman abiotik dibandingkan pada kondisi normal. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kim *et al.* (2018), bahwa gen *OsCATA* dan *OsAPXI* pada tanaman padi yang mengalami cekaman abiotik menunjukkan tingkat ekspresi yang lebih tinggi dibandingkan dengan keadaan normal. Rossatto *et al.* (2017), juga menyatakan bahwa ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* pada tanaman padi yang mengalami cekaman abiotik akan terekspresi lebih tinggi.

Gen *OsCATA* dapat digunakan sebagai indikator dalam merespon stres atau sebagai bentuk persinyalan dalam mengaktifkan enzim katalase (CAT) pada tanaman. Apabila tanaman padi dibawah kondisi cekaman abiotik seperti kekeringan, maka tanaman akan mengaktifkan enzim katalase sebagai bentuk

pertahanan diri. Menurut Ye *et al.* (2011), bahwa perlakuan tekanan air dengan larutan 15% PEG 6000 yang diberikan pada bibit padi umur 2 minggu dapat mengubah pola ekspresi gen CAT. Vighi *et al.*, (2016) menyatakan ekspresi gen *OsCATA* tanaman padi dibawah cekaman abiotik lebih tinggi dibandingkan dalam keadaan normal dan ekspresi *OsCATA* berhubungan positif dengan aktivitas enzim katalase. Katalase memainkan peran penting dalam pengaturan *reactive oxygen species* (ROS) dalam sel yang dimana katalase bereaksi dengan H_2O_2 untuk mengkatalisasi pembentukan air dan oksigen.

Tanaman padi dibawah kondisi stres kekeringan akan mengaktifkan enzim APX sebagai bentuk pertahanan diri dan *OsAPX1* sebagai gen yang berperan memberikan sinyal di dalam jaringan tanaman dengan mengkode enzim APX. Nahar *et al.*, (2016) menyatakan bahwa askorbat peroksidase merupakan enzim yang diekspresikan secara berbeda dalam kekeringan yang berfungsi dalam jalur metabolisme yaitu fotosintesis dan metabolisme karbon serta mekanisme pertahanan antioksidan yang berperan penting dalam menghadapi cekaman kekeringan pada padi. Agrawal *et al.*, (2013) menyatakan bahwa *OsAPX1* responsif terhadap perubahan lingkungan, sehingga menjadi bagian respon stres pada tanaman yang bertindak untuk membatasi efek buruk dari H_2O_2 . Menurut Das and Roychoudhury (2014), keluarga APX terdiri dari lima isoform berdasarkan perbedaan asam amino dan lokasi yaitu sitosol, mitokondria, peroksisom, dan kloroplas (stroma dan tilakoid), karena APX didistribusikan secara luas dan memiliki afinitas yang lebih baik untuk H_2O_2 daripada CAT, maka APX merupakan enzim yang lebih efisien dalam mendetoksifikasi H_2O_2 pada saat stress.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Interaksi perlakuan varietas padi dan cekaman kekeringan berpengaruh sangat nyata terhadap parameter pertumbuhan panjang akar, dan total klorofil serta berpengaruh tidak nyata terhadap parameter pertumbuhan tinggi tanaman.
2. Ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* meningkat pada tanaman padi yang mengalami cekaman kekeringan dibandingkan dengan tanaman padi dalam keadaan normal.
3. Tanaman yang direkomendasikan adalah varietas sertani 1, yang dimana memiliki peningkatan rata-rata panjang akar yang tinggi, penurunan rata-rata tinggi tanaman dan kandungan klorofil yang rendah, serta meningkatnya ekspresi gen *OsCATA* dan *OsAPXI* pada kondisi cekaman kekeringan.

5.2 Saran

Berdasarkan informasi dari penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan variabel penelitian lain yang berhubungan dengan pengaruh cekaman kekeringan seperti aktivitas enzim yang berperan dalam pertahanan tanaman pada kondisi cekaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriarningsih, S., U. Susanto dan N. R. Ardiarini. 2018. Toleransi Genotipe Padi (*Oryza sativa* L.) pada Fase Vegetatif dan Fase Generatif terhadap Cekaman Kekeringan. *Produksi Tanaman*, 6(3): 355-363.
- Agustamia, C., A. Widiastuti dan C. Sumardiyono. 2016. Pengaruh Stomata dan Klorofil pada Ketahanan Beberapa Varietas Jagung terhadap Penyakit Bulai. *Perlindungan Tanaman Indonesia*, 20(2): 89-94.
- Agrawal, G.K., N. Jwa, H. Iwahashi, R. Rakwal. 2003. Importance of Ascorbate Peroxidases OsAPX1 and OsAPX2 in the Rice Pathogen Response Pathways and Growth and Reproduction Revealed by Their Transcriptional Profiling. *Gene*, 322: 93–103.
- Akin, H.M. 2006. *Virologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Banyo, Y. E., N. S. Ai, P. Siahaan, A. M. Tangapo. 2013. Konsentrasi Klorofil Daun Padi pada saat Kekurangan Air yang Diinduksi dengan Polietilen Glikol. *Ilmiah Sains*, 13(1): 1-8.
- Bartels D, Sunkar R. 2005. Drought and Salt Tolerance in Plants. *Critical Rev Plant Sci*, 24: 23-58.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., dan Mitchell, L. G. 2003. *Biologi Edisi Kelima Jilid Dua*. Jakarta: Erlangga.
- Carvalho, M. 2008. Drought Stress and Reactive Oxygen Species. *Plant Signaling & Behavior*, 3(3):156-165.
- Caverzan, A., G. Passaia, S. B. Rosa., C. W. Ribeiro, F. Lazzarotto and M. M. Pinheiro. 2012. Plant Responses to Stresses: Role of Ascorbate Peroxidase in the Antioxidant Protection. *Genetic and Molecular Biology*, 35(4): 1011-1019.
- Dani, A.R.H. dan T.A. Siswoyo. 2019. Impact of Drought Stress during Germination on Antioxidant Capacities and Antioxidant Enzymes Activities of Madura Local Maize (*Zea mays*) Seeds. *Agricultural Sciences*, 10(1): 1506-1516.
- Das, K. and A. Roychoudhury. 2014. Reactive Oxygen Species (ROS) and Response of Antioxidants as ROS-scavengers During Environmental Stress in Plants. *Frontiers in Environmental Science*, 2: 1-13.

- Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita, and S.M.A. Basra. 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. *Agron. Sustain. Dev.* 29: 153-188
- Ilyani, D. S., I. Suliansyah dan I. Dwipa. 2017. Pengujian Resistensi Kekeringan terhadap Beberapa Genotipe Padi Beras Merah (*Oryza sativa* L.) Lokal Sumatera Barat pada Fase Vegetatif. *Agroteknologi Universitas Andalas*, 1(1): 6-14.
- Ji, K., Y. Wang, W. Sun, Q. Lou, H. Mei, S. Shen and H. Chen. 2012. Drought-responsive Mechanisms in Rice Genotypes with Contrasting Drought Tolerance During Reproductive Stage. *Journal of Plant Physiology*, 169: 336-344.
- Jeki. 2016. Indeks Sensitifitas Stres Beberapa Varietas Padi Gogo pada Cekaman Kekeringan. *Agrotekbis*, 4(4) : 369-373.
- Kadhimi, A. A, C. R. C. M. Zain, A.N. Alhasnawi, A. Isahak, M. F. Ashraf, A. Mohamad, F. Doni and W. M. W. Yusoff. 2016. Effect of Irradiation and Polyethylene Glycol on Drought Tolerance of MR269 Genotype Rice (*Oryza sativa* L.). *Asian J. Crop Sci.*, 8(2): 52-59.
- Kim, Y., B. G. Mun, A. L. Khan, M. Wagas, H. H. Kim, R. Shahzad, M. Imran, B. W. Yun, and I. J. Lee. 2018. Regulation of Reactive Oxygen and Nitrogen Species by Salicylic Acid in Rice under Salinity Stress Conditions. *Plos One*, 13(3): 1-20.
- Maisura dan A. Junaedi. 2018. *Padi Toleran Kekeringan melalui Pendekatan Karakter Morfofisiologi*. Aceh: CV. Sefa Bumi Persada.
- Nahar, S., J. Kalita, L. Sahoo and B. Tanti. 2016. Morphophysiological and Molecular Effect of Drought Stress in Rice. *Annals of Plant Sciences*, 5(9): 1409-1416.
- Neo-Probe. 2018. Custom Oligo Data Sheet. www.sigmaaldrich.com/life-science/custom-oligos.html. 26 Januari 2021.
- Nikolaeva, M.K., S.N. Maevskaya, A. G. Shugaev, and N.G. Bukhov. 2010. Effect of Drought on Chlorophyll Content and Antioxidant Enzyme Activities in Leaves of Three Wheat Cultivars Varying in Productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57(1): 87-95.
- Ningrum, A.R., A. Nuraini, E. Suminar dan S. Mubarok. 2020. Respon Dua Mutan Tomat terhadap Cekaman Kekeringan. *Kultivasi*, 19(2): 1156-1161.

- Nurdiyati, T., H. Purnobasuki dan S. Hariyanto. 2019. *Tanaman Tembakau pada Cekaman Genangan*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Obidiegwu, J.E., G.J. Bryan, H.G. Jones and A. Prashar. 2015. Coping With Drought: Stress and Adaptive Responses in Potato and Perspectives for Improvement. *Front. Plant Sci.*, 6(542): 1-23.
- Pandey, V. and A. Shukla. 2015. Acclimation and Tolerance Strategies of Rice under Drought Stress. *Rice Science*, 22(4): 147-161.
- Pandey, S., Y. K. Negi, S. Chinreddy, K. Sathelly, S. Arora and T. Kaul. 2014. Modeling and Phylogenetic Analysis of Cytosolic Ascorbate Peroxidase (OsAPX1) from Rice Reveal Signature Motifs that May Play a Role in Stress Tolerance. *Bioinformation*, 10(3): 119-123.
- Pandey, S., D. Fartyal, A. Agarwal, T. Shukla, D. James, T. Kaul, Y.K. Negi, S. Arora and M.K. Reddy. 2017. Abiotic Stress Tolerance in Plant: Myriad Roles of Ascorbate Peroxidase. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1-13.
- Pharmawati, M., N. N. Wirasiti, L. P. Wrasati. 2017. Respon Morfologis dan Ekspresi Gen Aquaporin pada Padi IR64 yang Mengalami Cekaman Kekeringan pada Fase Reproduksi. *Bioslogos*, 7(2): 60-66.
- Pharmawati, M. and L. P. Wrasati. 2018. Morpho-Physiological and Genetic Responses of Bali Local Rice Cultivars to Drought Stress at Seedling Stage. *Biological Sciences*, 18 (1): 101-107.
- Purnomo dan H. Purnamawati. 2007. *Budidaya 8 jenis Tanaman Pangan Unggul*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahbarian, R., R.K. Nejad., A. Ganjeali, A. Bagheri and F. Najafi. 2011. Drought Stress Effect on Photosynthesis, Chlorophyll Fluorescence and Water Relations in Tolerant and Susceptible Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Genotypes. *Botanica*, 53(1): 47-56.
- Rajput, R.D. and R.P. Patil. 2017. The Comparative Study on Spectrophotometric Analysis of Chlorophyll and Carotenoids Pigments from Non-Leguminous Fodder Crops. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 4(7): 140-148.
- Rosa, S.B., A. Caverzan, F. K. Teixeira, F. Lazzarotto, J.A.G. Silveira, S.L.F.Silva, J.A.Neto, R. Margis, M.M.Pinheiro. 2010. Cytosolic APX Knockdown Indicates an Ambiguous Redox Responses in Rice. *Phytochemistry*, 7(1): 548-558.

- Rossatto, T., M. N. do Amaral, L. cia Carvalho Benitez, I. L. Vighi, E. J. Bolacel Braga, A. M. de Magalhaes Junior, M. A. Colares Maia, L. da Silva Pinto. 2017. Gene Expression and Activity of Antioxidant Enzymes in Rice Plants, cv. BRS AG, under Saline Stress. *Physiol Mol Biol Plants*, 23(4) : 865–875.
- Sallata, M.K. dan H.Y.S.H. Nugroho. 2019. *Pengelolaan Lahan Kering*. Yogyakarta: ANDI.
- Stansfield, W., J. Colome, dan R. Cano. 2006. *Biologi Molekuler dan Sel*. Jakarta: Erlangga.
- Sopandie, D. 2013. *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. Bogor: IPB Press.
- Suardi, D. 2002. Perakaran Padi dalam Hubungannya dengan Toleransi Tanaman terhadap Kekeringan dan Hasil. *Litbang Pertanian*, 21(3): 100-108.
- Sukma, K.P.W. 2015. Mekanisme Tumbuhan Menghadapi Kekeringan. *Pemikiran Penelitian Pendidikan dan Sains*, 3(6): 186-194.
- Sujinah dan A. Jamil. 2016. Mekanisme Respon Tanaman Padi terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(1): 1-8.
- Sumadji, A.R. dan L.E. Ganjari. 2017. Uji Respon Morfologis Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas IR64, Ciherang dan Pandan Wangi Menggunakan Polyethylene Glicol 6000. *Agrineca*, 17(1): 1-12.
- Suwarno, P.M., D. Wirnas, dan A. Junaedi. 2016. Kendali Genetik Toleransi Kekeringan pada Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). *J. Agron. Indonesia*, 44(2): 119-125.
- Vighi, I.L., L.C. Benitez, M.N. do Amaral, P.A. Auler, G.P. Moraes, G.S. Rodrigues, L.C. da Maia, L.S. Pinto and E.J.B. Braga. 2016. Changes in Gene Expression and Catalase Activity in *Oryza Sativa* L. under Abiotic Stress. *Genetics and Molecular Research*, 15(4): 1-15.
- Verslues, P.E., M. Agarwal, S.K. Agarwal, J. Zhu and J.K. Zhu. 2006. Methods and Concepts in Quantifying Resistance to Drought, Salt and Freezing, Abiotic Stresses that Affect Plant Water Status. *Plant Journal*, 45(10): 523-539.
- Wei, L., L. Wang, Y. Yang, P. Wang, T. Gui and G. Kang. 2015. Abscisic Acid Enhances tolerance of wheat seedlings to Drought and Regulates Transcript levels of Genes Encoding Ascorbate-glutathione Biosynthesis. *Front. Plant Sci.*, 6(458): 1-11.

- Wutipraditkul, N., S. Boonkomrat And T. Buaboocha. 2011. Cloning And Characterization Of Catalases From Rice, *Oryza Sativa L. Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 75 (10):1900–1906.
- Tubur, H.W., M.A. Chozin, E. Santosa, A. Junaedi. 2012. Respon Agronomi Varietas Padi terhadap Periode Kekeringan pada Sistem Sawah. *J. Agron. Indonesia*, 40(3): 167-173.
- Ubaidillah, M. dan T. A. Siswoyo. 2018. *Buku Deskripsi Plasma Nutfah Padi Indonesia*. Yogyakarta: Deepublish.
- Utama, M.Z.H. 2015. *Budidaya Padi pada Lahan Marjinal Kiat Meningkatkan Produksi Padi*. Yogyakarta: ANDI.
- Yamori, W., G. Zhang, M. Takagaki, and T. Maruo. 2014. Feasibility Study of Rice Growth in Plant Factories. *Rice Res*, 2(1): 119-124.
- Ye, N., G. Zhu, Y. Liu, Y. Li and J. Zhang. 2011. ABA Controls H₂O₂ Accumulation Through the Induction of OsCATB in Rice Leaves Under Water Stress. *Plant Cell Physiol*, 52(4): 689–698.
- Yuwono, T. 2008. *Bioteknologi Pertanian*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Ragam dan Uji Lanjut Tinggi Tanaman

Tabel 1.1 Data Rata-rata Tinggi Tanaman

Varietas	Konsentrasi PEG (%)	Ulangan			Total	Rata-rata	STDEV
		1	2	3			
Siakraya	0	26,70	25,50	27,00	79,20	26,40	0,79
	15	24,00	23,70	23,50	71,20	23,73	0,25
Sertani 1	0	31,50	29,20	28,00	88,70	29,57	1,78
	15	25,50	27,20	28,00	80,70	26,90	1,28
Indragiri	0	24,00	24,80	24,50	73,30	24,43	0,40
	15	21,60	21,00	21,50	64,10	21,37	0,32
IR64	0	27,50	25,00	29,00	81,50	27,17	2,02
	15	21,20	25,00	25,50	71,70	23,90	2,35
Total		202,00	201,40	207,00	610,40		
Rata-rata		25,25	25,18	25,88	25,43		

Tabel 1.2 Analisis Ragam Tinggi Tanaman

SK	DB	JK	KT	F-Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	7	137,86	19,69	10,25	2,66	4,03	**
Varietas	3	86,41	28,80	15,00	3,24	5,29	**
PEG	1	51,04	51,04	26,57	4,49	8,53	**
VX P	3	0,41	0,14	0,07	3,24	5,29	tn
Galat	16	30,73	1,92				
Total	23	168,59					

Ket: tn=berbeda tidak nyata, *= berbeda nyata, **= berbeda sangat nyata

Uji Lanjut

Tabel 1.3 Tabel 2 Arah Rata-rata

Varietas	Konsentrasi PEG		
	0	15	Total (rata-rata)
Siak Raya	26,40	23,73	25,07
Sertani 1	29,57	26,90	28,23
Indragiri	24,43	21,37	22,90
IR64	27,17	23,90	25,53
Total (rata-rata)	26,89	23,98	

Tabel 1.4 Nilai Uji Duncan Interaksi (BUAT GRAFIK)

P	2	3	4	5	6	7	8
Sd	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
ssr(alpha,p,v)	2,998	3,144	3,235	3,297	3,343	3,376	3,402
nilai uji D 5%	1,39	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,57

Tabel 1.5 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor Varietas (V) pada Taraf P0 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V2P0	V4P0	V1P0	V3P0	Notasi
			29,57	27,17	26,40	24,43	
1	V2P0	29,57	0,00				a
2	V4P0	27,17	2,40	0,00			b
3	V1P0	26,40	3,17	0,77	0,00		b
4	V3P0	24,43	5,13	2,73	1,97	0,00	c
Nilai Uji D			1,49	1,45	1,39		
Jarak			4	3	2		

Tabel 1.6 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor Varietas (V) pada Taraf P1 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V2P1	V4P1	V1P1	V3P1	Notasi
			26,90	23,90	23,73	21,37	
1	V2P1	26,90	0,00				a
2	V4P1	23,90	3,00	0,00			b
3	V1P1	23,73	3,17	0,17	0,00		b
4	V3P1	21,37	5,53	2,53	2,37	0,00	c
Nilai Uji D			1,49	1,45	1,39		
Jarak			4	3	2		

Tabel 1.7 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V1 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V1P0	V1P1	Notasi
			26,40	23,73	
1	V1P0	26,40	0,00		A
2	V1P1	23,73	2,67	0,00	B
Nilai Uji D			1,39		
Jarak			2		

Tabel 1.8 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V2 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V2P0	V2P1	Notasi
			29,57	26,90	
1	V2P0	29,57	0,00		A
2	V2P1	26,90	2,67	0,00	B
Nilai Uji D			1,39		
Jarak			2		

Tabel 1.9 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V3 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V3P0	V3P1	Notasi
			24,43	21,37	
1	V3P0	24,43	0,00		A
2	V3P1	21,37	3,06	0,00	B
Nilai Uji D			1,39		
Jarak			2		

Tabel 1.10 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V4 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V4P0	V4P1	Notasi
			27,17	23,90	
1	V4P0	27,17	0,00		A
2	V4P1	23,90	3,27	0,00	B
Nilai Uji D			1,39		
Jarak			2		

Tabel 1.11 Tabel 2 Arah Faktor Varietas \times PEG

No	Varietas	PEG	
		P0 (0)	P1 (15)
1	V1	26,40 b	23,73 b
		A	B
2	V2	29,57 a	26,90 a
		A	B
3	V3	24,43 c	21,37 c
		A	B
4	V4	27,17 b	23,90 b
		A	B

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kapital pada kolom yang sama dibandingkan secara horizontal, sedangkan huruf kecil dibandingkan secara vertikal.

Lampiran 2. Analisis Ragam dan Uji Lanjut Panjang Akar

Tabel 2.1 Data Rata-rata Panjang Akar

Varietas	Konsentrasi PEG (%)	Ulangan			Total	Rata- rata	STDEV
		1	2	3			
Siakraya	0	12,50	12,00	8,00	32,50	10,83	2,47
	15	10,50	12,20	12,00	34,70	11,57	1,37
Sertani 1	0	10,50	13,00	10,20	33,70	11,23	1,54
	15	19,20	18,50	18,20	55,90	18,63	0,51
Indragiri	0	10,20	10,20	10,40	30,80	10,27	0,12
	15	11,50	14,70	12,90	39,10	13,03	1,60
IR64	0	13,60	10,70	12,00	36,30	12,10	1,45
	15	9,80	9,50	11,70	31,00	10,33	0,36
Total		100,50	102,50	97,40	300,40		
Rata-rata		12,56	12,81	12,18	12,52		

Tabel 2.2 Analisis Ragam Panjang Akar

SK	DB	JK	KT	F-Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	7	157,49	22,50	11,47	2,66	4,03	**
Varietas	3	58,38	19,46	9,92	3,24	5,29	**
PEG	1	31,28	31,28	15,95	4,49	8,53	**
V X P	3	67,83	22,61	11,53	3,24	5,29	**
Galat	16	31,39	1,96				
Total	23	188,88					

Ket: tn=berbeda tidak nyata, *= berbeda nyata, **= berbeda sangat nyata

Uji Lanjut

Tabel 2.3 Tabel 2 Arah Rata-rata

Varietas	Konsentrasi PEG		
	0	15	Total (rata-rata)
Siak Raya	10,83	11,57	11,20
Sertani 1	11,23	18,63	14,93
Indragiri	10,27	13,03	11,65
IR64	12,10	10,33	11,22
Total (rata-rata)	11,11	13,39	

Tabel 2.4 Nilai Uji Duncan Interaksi (BUAT GRAFIK)

P	2	3	4	5	6	7	8
Sd	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
ssr(alpha,p,v)	2,998	3,144	3,235	3,297	3,343	3,376	3,402
nilai uji D 5%	1,40	1,47	1,51	1,54	1,56	1,58	1,59

Tabel. 2.5 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor Varietas (V) pada Taraf P0 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V4P0	V2P0	V1P0	V3P0	Notasi
			12,10	11,23	10,83	10,27	
1	V4P0	12,10	0,00				a
2	V2P0	11,23	0,87	0,00			ab
3	V1P0	10,83	1,27	0,40	0,00		ab
4	V3P0	10,27	1,83	0,97	0,57	0,00	b
Nilai Uji D			1,51	1,47	1,40		
Jarak			4	3	2		

Tabel 2.6 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor Varietas (V) pada Taraf P1 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V2P1	V3P1	V1P1	V4P1	Notasi
			18,63	13,03	11,57	10,33	
1	V2P1	18,63	0,00				a
2	V3P1	13,03	5,60	0,00			b
3	V1P1	11,57	7,07	1,47	0,00		c
4	V4P1	10,33	8,30	2,70	1,23	0,00	c
Nilai Uji D			1,51	1,47	1,40		
Jarak			4	3	2		

Tabel 2.7 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V1 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V1P1	V1P0	Notasi
			11,57	10,83	
1	V1P1	11,57	0,00		A
2	V1P0	10,83	0,74	0,00	A
Nilai Uji D			1,40		
Jarak			2		

Tabel 2.8 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V2 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V2P1	V2P0	Notasi
			18,63	11,23	
1	V2P1	18,63	0,00		A
2	V2P0	11,23	7,40	0,00	B
Nilai Uji D			1,40		
Jarak			2		

Tabel 2.9 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V3 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V3P1	V3P0	Notasi
			13,03	10,27	
1	V3P1	13,03	0,00		A
2	V3P0	10,27	2,76	0,00	B
Nilai Uji D			1,40		
Jarak			2		

Tabel 2.10 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V4 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V4P0	V4P1	Notasi
			12,10	10,33	
1	V4P0	12,10	0,00		A
2	V4P1	10,33	1,77	0,00	B
Nilai Uji D			1,40		
Jarak			2		

Tabel 2.11 Tabel 2 Arah Faktor Varietas \times PEG

No	Varietas	PEG	
		P0 (0)	P1 (15)
1	V1	10,83 ab	11,57 c
		A	A
2	V2	11,23 ab	18,63 a
		B	A
3	V3	10,27 b	13,03 b
		B	A
4	V4	12,10 a	10,33 c
		A	B

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kapital pada kolom yang sama dibandingkan secara horizontal, sedangkan huruf kecil dibandingkan secara vertikal.

Lampiran 3. Analisis Ragam dan Uji Lanjut Total Klorofil

Tabel 3.1 Data Rata-rata Total Klorofil

Varietas	Konsentrasi PEG (%)	Ulangan			Total	Rata- rata	STDEV
		1	2	3			
Siakraya	0	4,98	4,96	4,93	14,88	4,96	0,02
	15	4,11	4,09	4,05	12,25	4,08	0,03
Sertani 1	0	4,31	4,34	4,33	12,98	4,33	0,01
	15	4,24	4,21	4,19	12,64	4,21	0,03
Indragiri	0	4,13	4,12	4,14	12,39	4,13	0,01
	15	5,18	5,17	5,15	15,49	5,16	0,02
IR64	0	4,58	4,53	4,48	13,59	4,53	0,05
	15	3,39	3,39	3,38	10,16	3,39	0,01
Total		34,92	34,81	34,66	104,39		
Rata-rata		4,36	4,35	4,33	4,35		

Tabel 3.2 Analisis Ragam Total Klorofil

SK	DB	JK	KT	F-Hitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	7	6,41	0,92	1562,02	2,66	4,03	**
Varietas	3	1,67	0,56	947,88	3,24	5,29	**
PEG	1	0,46	0,46	776,75	4,49	8,53	**
V X P	3	4,29	1,43	2437,91	3,24	5,29	**
Galat	16	0,01	0,00				
Total	23	6,42					

Ket: tn=berbeda tidak nyata, *= berbeda nyata, **= berbeda sangat nyata

Uji Lanjut

Tabel 3.3 Tabel 2 Arah Rata-rata

Varietas	Konsentrasi PEG		
	0	15	Total (rata-rata)
Siak Raya	4,96	4,08	4,52
Sertani 1	4,33	4,21	4,27
Indragiri	4,13	5,16	4,65
IR64	4,53	3,39	3,96
Total (rata-rata)	4,49	4,21	

Tabel 3.4 Nilai Uji Duncan Interaksi (BUAT GRAFIK)

P	2	3	4	5	6	7	8
Sd	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
ssr(alpha,p,v)	2,998	3,144	3,235	3,297	3,343	3,376	3,402
nilai uji D 5%	0,02	0,025	0,026	0,027	0,027	0,027	0,027

Tabel 3.5 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor Varietas (V) pada Taraf P0 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V1P0	V4P0	V2P0	V3P0	Notasi
			4,96	4,53	4,33	4,13	
1	V1P0	4,96	0,00				a
2	V4P0	4,53	0,43	0,00			b
3	V2P0	4,33	0,63	0,20	0,00		c
4	V3P0	4,13	0,83	0,40	0,20	0,00	d
Nilai Uji D			0,03	0,03	0,02		
Jarak			4	3	2		

Tabel 3.6 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor Varietas (V) pada Taraf P1 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V3P1	V2P1	V1P1	V4P1	Notasi
			5,16	4,21	4,08	3,39	
1	V3P1	5,16	0,00				a
2	V2P1	4,21	0,95	0,00			b
3	V1P1	4,08	1,08	0,13	0,00		c
4	V4P1	3,39	1,78	0,83	0,70	0,00	d
Nilai Uji D			0,03	0,03	0,02		
Jarak			4	3	2		

Tabel 3.7 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V1 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V1P0	V1P1	Notasi
			4,96	4,08	
1	V1P0	4,96	0,00		A
2	V1P1	4,08	0,88	0,00	B
Nilai Uji D			0,02		
Jarak			2		

Tabel 3.8 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V2 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V2P0	V2P1	Notasi
			4,33	4,21	
1	V2P0	4,33	0,00		A
2	V2P1	4,21	0,12	0,00	B
Nilai Uji D			0,02		
Jarak			2		

Tabel 3.9 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V3 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V3P1	V3P0	Notasi
			5,16	4,13	
1	V3P1	5,16	0,00		A
2	V3P0	4,13	1,03	0,00	B
Nilai Uji D			0,02		
Jarak			2		

Tabel 3.10 Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor PEG (P) pada Taraf V4 yang Sama

No	Perlakuan	Rata-rata	V4P0	V4P1	Notasi
			4,53	3,39	
1	V4P0	4,53	0,00		A
2	V4P1	3,39	1,14	0,00	B
Nilai Uji D			0,02		
Jarak			2		

Tabel 3.11 Tabel 2 Arah Faktor Varietas >> PEG

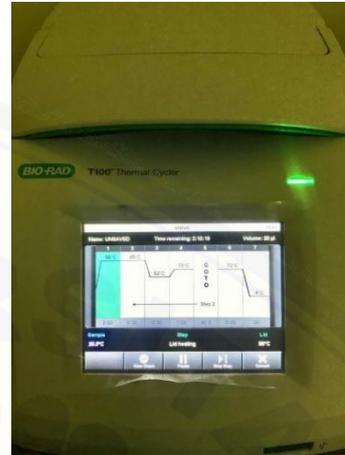
No	Varietas	PEG	
		P0 (0)	P1 (15)
1	V1	4,96 a	4,08 c
		A	B
2	V2	4,33 c	4,21 b
		A	B
3	V3	4,13 d	5,16 a
		B	A
4	V4	4,53 b	3,39 d
		A	B

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kapital pada kolom yang sama dibandingkan secara horizontal, sedangkan huruf kecil dibandingkan secara vertikal.

DOKUMENTASI



Gambar 1.1 Proses penggerusan sampel daun



Gambar 1.2 Proses PCR



Gambar 1.3 Mengukur absorbansi larutan klorofil dengan menggunakan spektrofotometer



Gambar 1.4 Persiapan media tanam



Gambar 1.5 Proses elektroforesis



Gambar 1.6 Penambahan 15% PEG 6000



Gambar 1.7 Pemisahan supernatan dan pelet dengan sentrifugasi



Gambar 1.8 Proses isolasi RNA



Gambar 1.9 Tanaman padi kontrol



Gambar 1.10 tanaman padi cekaman kekeringan



Gambar 1.11 Tanaman padi umur 14 HTS