

**KAJIAN EFEK *POLY ETHYLENE GLYCOL* (PEG) 6000 PADA  
PERTUMBUHAN PLANLET BAYAM MERAH  
(*Alternanthera amoena* Voss.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN  
SECARA *IN VITRO***

**Skripsi**

**Oleh**

**Maura Triska Febriana**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2020**

## **ABSTRAK**

### **KAJIAN EFEK *POLY ETHYLENE GLYCOL* (PEG) 6000 PADA PERTUMBUHAN PLANLET BAYAM MERAH (*Alternanthera amoena* Voss.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN SECARA *IN VITRO***

**Oleh**

**Maura Triska Febriana**

Bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) merupakan salah satu jenis bayam yang dibudidayakan dan dikonsumsi masyarakat luas. Jenis bayam ini mempunyai nilai ekonomis tinggi dibandingkan dengan jenis bayam lainnya, disebabkan permintaannya yang cukup tinggi dan perawatan dalam budidaya bayam merah masih menjadi kendala adalah kekeringan yang berkepanjangan. Salah satu pengendalian yang efektif dalam mencegah cekaman kekeringan adalah dengan meningkatkan ketahanan tanaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui konsentrasi *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000 pada kondisi cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) secara *in vitro* dan untuk mengetahui karakter ekspresi pada planlet bayam merah setelah pemberian PEG 6000 dengan berbagai konsentrasi dalam kondisi cekaman kekeringan secara *in vitro*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019 sampai dengan Desember 2019 di Ruang Kultur Jaringan Tumbuhan, Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Perlakuan disusun dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yaitu induksi PEG 6000 dengan 5 taraf konsentrasi 10%, 20%, 30%, 40% dan dibandingkan dengan kontrol 0% dengan 4 kali ulangan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan analisis *one way* ANOVA pada taraf nyata 5% dan uji lanjut dengan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pemberian PEG 6000 konsentrasi terhadap pertumbuhan planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) secara *in vitro* adalah 20%. Karakter ekspresi pada planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) terhadap PEG 6000 secara *in vitro*: menurunkan tinggi planlet, jumlah daun, jumlah tunas, berat basah dan panjang akar. Kandungan karbohidrat terlarut total pada planlet bayam merah yang terbaik adalah perlakuan PEG 6000 dengan konsentrasi 40%.

**Kata kunci:** bayam merah, cekaman kekeringan, *in vitro*, *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000

**KAJIAN EFEK *POLY ETHYLENE GLYCOL* (PEG) 6000 PADA  
PERTUMBUHAN PLANLET BAYAM MERAH  
(*Alternanthera amoena* Voss.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN  
SECARA *IN VITRO***

**Oleh**

**Maura Triska Febriana**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Biologi**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2020**

Judul Skripsi : **KAJIAN EFEK *POLY ETHYLENE GLYCOL* (PEG) 6000 PADA PERTUMBUHAN PLANLET BAYAM MERAH (*Alternanthera amoena* Voss.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN SECARA *IN VITRO***

Nama Mahasiswa : **Maura Triska Febriana**

NPM : **1657021005**

Jurusan : **Biologi**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Pembimbing 1

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 2

**Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc.**  
NIP. 19810902014041001

**Dr. Endang Nurcahyani, M.Si.**  
NIP. 19651031992032003

2. Ketua Jurusan Biologi

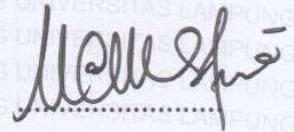
**Drs. M. Kanedi, M. Si.**  
NIP. 19610112199103100

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

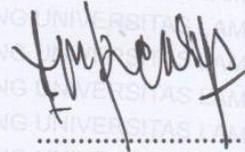
**Ketua**

**: Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc.**



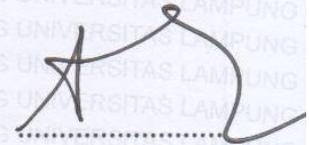
**Sekretaris**

**: Dr. Endang Nurcahyani, M.Si.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Dra. Tundjung T. Handayani, M.S.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng Surtpto Dwi Yuwono, M.T.**

**NIP. 197407052000031001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 Juni 2020**

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maura Triska Febriana

NPM : 1657021005

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkan.

Bandar Lampung, 9 Juli 2020

Yang menyatakan



Maura Triska Febriana  
NPM. 1657021005

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 28 Februari 1998, sebagai anak tunggal dari Bapak Tras Bhirowo, S.H dan Ibu Sri Susiana.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK Ikal Dolog Bandar Lampung dan menyelesaikannya pada tahun 2004, selanjutnya penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 1 Sukarame Bandar Lampung dan menyelesaikannya tahun 2010, menempuh pendidikan menengah pertama tahun 2013 di Madrasah Tsanawiyah Negeri 2 Bandar Lampung. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Madrasah Aliyah Negeri 1 Bandar Lampung menyelesaikannya pada tahun 2016. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Ujian Mandiri.

Selama menempuh pendidikan di kampus, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Kultur Jaringan Tumbuhan dan Ekologi Perairan.

Penulis juga aktif di dunia organisasi kampus. Aktifitas Penulis dimulai sejak menjadi Anggota Muda Biologi (Amuba) tahun 2016-2017. Selanjutnya, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Biologi (Himbio)-FMIPA Unila sebagai anggota Biro Kesekretariatan dan Logistik tahun kepengurusan 2017-2018.

Penulis melaksanakan Praktikum Kerja Lapangan (PKL) pada bulan Januari-Februari 2019 di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL), Pesawaran, Lampung dengan judul **“Identifikasi Bakteri Patogen Pada Ikan Cobia (*Rachycentron canadum*) Di Keramba Jaring Apung (KJA) Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung”**. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada bulan Juli-Agustus 2019 di Desa Tawan Sukamulya, Kecamatan Lumbok Seminung, Lampung Barat. Penulis melaksanakan penelitian di Ruang Kultur Jaringan Tumbuhan, Laboratorium Botani, Jurusan Biologi pada bulan November-Desember 2019.

## PERSEMBAHAN

### سَمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

*"Bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu"*

*"Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah"*

*"Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Mahamulia"*

*"Yang mengajar (manusia) dengan pena."*

*"Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya" (Q.S. Al-Alaq : 1-5)*

*"Maka nikmat Tuhanmu manakah yang kamu dustakan ?" (Q.S. Ar-Rahman : 28)*

*"Apabila anak Adam meninggal dunia maka terputus semua amalnya (tidak bisa lagi beramal) kecuali 3 orang, yaitu shadaqah jariyah, ilmu yang dimanfaatkan orang, atau anak shalih yang mendoakannya" (HR. Muslim no. 1631)*

Alhamdulillahirobbil'alamin...Alhamdulillahirobbil'alamin...

Sujud syukurku yang telah menciptakan aku manusia yang sensantiasa berpikir, bersabar, dan beriman dalam menjalani takdir kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini sebagai awal memulainya bagiku untuk meraih cita-cita.

Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk

***Bapak Tras Bhirowo dan Ibu Sri Susiana***

selalu memberikan semangat, kasih sayang, do'a, motivasi serta nasihat, pengorbanan yang tiada henti-hentinya, juga selalu menjadi teladan untuk membentuk pribadi yang khasanah.

Terimakasihku untuk sahabatku yang sudah mendengar keluh kesahku, selalu mengingatkan disaat salah, dan sama-sama memperbaiki diri. Teruntuk kawan-kawanku yang terimakasih memberikan motivasi, nasihat, dukungan, canda dan tawa dalam menyelesaikan skripsi ini.

***Almamaterku Tercinta***

## ***Moto***

*“Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya”*

(Q.S. Al –Alaq : 5)

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

(Q.S. Al-Baqarah : 286)

*“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”* (Q.S. Al Mujadalah : 11)

*“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya, dan sesungguhnya usahanya itu kelak akan diperlihatkan (kepadanya), kemudian akan diberi balasan kepadanya dengan balasan yang paling sempurna”* (Q.S. An-Najm : 40-41)

*“ Sungguh, Allah beserta orang-orang yang Sabar”* (Q.S. Al –Baqarah : 153)

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”* (Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

Man Shabara Zhafira

## SANWACANA

Segala puji hanya milik Allah SWT atas limpahan rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Kajian Efek *Poly Ethylen Glycol* (PEG) 6000 Pada Pertumbuhan Planlet Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.) Terhadap Cekaman Kekeringan Secara *In Vitro*”.**

Penulisan skripsi ini berkat bimbingan dan dukungan berbagai pihak baik moril maupun materil, oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing utama yang telah sabar dan teliti membimbing serta memberi arahan dan saran dalam penelitian hingga terselesaikan skripsi ini.
2. Ibu Dr. Endang Nurcahyani, M.Si. selaku pembimbing kedua yang telah perhatian, sabar dan teliti membimbing serta memberikan arahan juga saran kepada penulis selama pelaksanaan penelitian dapat terselesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dra. Tundjung Tripeni Handayani, M.S. selaku pembahas yang dengan teliti, perhatian dan sabar memberi masukan kepada penulis hingga terselesaikan penelitian ini.

4. Bapak Drs. M. Kanedi, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung dan sekaligus Pembimbing Akademik yang selalu membimbing dan memberi masukan kepada penulis dalam menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
5. Ibu Dra. Yulianty, M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lampung yang selalu membimbing kepada penulis dalam menempuh pendidikan di Jurusan Biologi.
6. Dekan Fakultas MIPA dan Rektor Universitas Lampung terimakasih atas semua fasilitas yang diberikan.
7. Kepala Laboratorium Botani, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung beserta seluruh staf teknisi yang telah memberikan izin, fasilitas dan bantuannya selama penulis melakukan penelitian.
8. Bapak dan Ibu Dosen yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh studi di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
9. Rekan seperjuangan penelitian Kultur Jaringan, Putri Phebit Adelia , Legi Khaerunnisa, Nur Aisyah Amini, Putri Wahyuni, Desti Deria Rahmadani, Della Apriyanti, Erhani, Ni Made Nada Elsika, Mbak Asma Palupi, S.Pd., M.Si. dan Mbak Sholekhah, S.Pd., M.Si. Terimakasih atas ilmu, semangat, kerjasama, dukungan, canda tawa, dan bantuan pertolongannya selama penelitian hingga terselesaikan skripsi ini.
10. Bapak Tras Bhirowo, S.H dan Ibu Sri Susiana selaku orangtua saya yang telah mendidik dengan sabar dan penuh kasih sayang, serta memberikan perhatian,

nasihat, dukungan, semangat, pengorbanan, dan do'a yang tiada hentinya kepada penulis.

11. Saudara sepupu Bella Adistya Radini, Fella Salinda Putri, dan Dwi Febiola Gumayanti yang selalu mendukung dan memberikan do'a dalam perjalanan hidup penulis.
12. Sahabatku Fitriana Kurniawati, Amalia Lestari, Muhammad Revi Kurniawan, dan Mua'ammarr Zain Al-Hamim. Terimakasih atas dukungan dan do'a serta pengertiannya kepada penulis.
13. Sahabatku Mansa Senada Anisa, Tri Astuti, Hilna Diana Sahaya, Anisa Bella Amalia, Mentari Aulia Snapal, Kiki Astari, Mega Aulia Putri, Chindia Florentia, Riska Rianta. Terimakasih atas semangat dan do'anya.
14. Sahabatku di Kampus Legi Khaerunnisa, Putri Kendari, Putri Phebit Adelia, Rani Setiana, Risa Suryani Ws, Siti Nurani, Nadya Ulfha Sabila, Nur Anita Suciyati, Ostarica Alqoriani A, Saskya Adrila Ramadhanti, Sekar Pratiwi, Yosi Dwi Saputra, Savira Ananda Pritania, Nada Ulfah, Dewi Sartika, Kinanti Alif Formasiyah Aisyah. Terimakasih atas bantuan, kerjasama, motivasi, dan semangat selama kuliah.
15. Teman-temanku KKN Desa Tawan Sukamulya dan Desa Sukabanjar Kecamatan Lumbok Seminung, Stacia Litha Suryani, Sri Wahyuni, Tri Yuliana Putri, Intan Agnes Manullang, Gusti Nandari, dan Mutia Azzahra. Terimakasih atas dukungan dan do'a kepada penulis.
16. Kepada teman-teman seangkatan Biologi 2016, terimakasih atas kekeluargaannya yang telah terjalin selama ini.

17. Adik-adik Biologi 2017, 2018 dan 2019, terimakasih atas kekeluargaannya yang telah terjalin selama ini.
18. Serta semua pihak yang telah membantu, mempermudah dan medo'akan penulis dalam melaksanakan penelitian ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penelitian ini dan jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga tulisan yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 22 April 2020

Penulis,

*Maura Triska Febriana*

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>MOTO .....</b>	<b>x</b>
<b>SANWANCANA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xviii</b>
 <b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian.....	4
C. Manfaat Penelitian.....	4
D. Kerangka Pemikiran.....	5
E. Hipotesis .....	6
 <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Klasifikasi Tanaman Bayam Merah .....	7
B. Morfologi Tanaman Bayam Merah.....	7
C. Manfaat dan Produksi Tanaman.....	7

D. Pertumbuhan Tanaman .....	9
E. Syarat Tumbuh Tanaman .....	10
F. Mekanisme Ketahanan Terhadap Cekaman Kekeringan .....	10
G. Kultur Jaringan secara ( <i>In Vitro</i> ).....	13
H. <i>Poly Ethylene Glycol</i> (PEG).....	14
I. Karbohidrat.....	15

### III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	17
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	17
C. Rancangan Percobaan.....	18
D. Bagan Alir Penelitian .....	20
E. Pelaksanaan Penelitian .....	21
1. Sterilisasi Alat .....	21
2. Sterilisasi Ruang Kerja.....	21
3. Persiapan Medium Tanam.....	21
4. Sterilisasi Benih.....	22
5. Persiapan Medium Seleksi .....	22
6. Penanaman Benih pada Medium Penelitian.....	22
F. Pengamatan .....	23
1. Persentase Jumlah Planlet yang Hidup.....	23
2. Visualisasi Planlet .....	23
3. Tinggi Planlet .....	23
4. Jumlah Daun.....	23
5. Jumlah Tunas.....	23
6. Berat Basah .....	24
7. Panjang Akar .....	24
6. Analisis Kandungan Karbohidrat .....	24
G. Analisis Data .....	25

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persentase Jumlah Planlet yang Hidup dan Visualisasi Planlet.....	26
B. Tinggi Planlet.....	31
C. Jumlah Daun .....	33
D. Jumlah Tunas .....	35
E. Berat Basah .....	36
F. Panjang Akar .....	37
G. Kandungan Karbohidrat Terlarut Total.....	39

### V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan .....	44
B. Saran .....	44

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Tata Letak Satuan Percobaan .....	19
2. Persentase Jumlah Planlet yang Hidup Bayam merah dengan PEG 6000 pada Berbagai Konsentrasi.....	27
3. Persentase Visualisasi Planlet Bayam Merah dengan PEG 6000 pada Berbagai Konsentrasi.....	27
4. Rata-rata Tinggi Planlet Bayam Merah.....	31
5. Rata-rata Jumlah Daun Planlet Bayam Merah .....	33
6. Rata-rata Jumlah Tunas Planlet Bayam Merah .....	35
7. Rata-rata Berat Basah Planlet Bayam Merah.....	37
8. Rata-rata Panjang Akar Planlet Bayam Merah .....	38
9. Rata-rata Kandungan Karbohidrat Terlarut Planlet Bayam Merah.....	40

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bayam Merah ( <i>Alternanthera amoena</i> Voss.) .....	8
2. Struktur Kimia <i>Poly Ethylene Glycol</i> (PEG) 6000.....	14
3. Bagan Alir Penelitian .....	20
4. Pertumbuhan planlet bayam merah ( <i>Alternanthera amoena</i> Voss.) 3 minggu setelah tanam pada medium MS dengan penambahan PEG 6000 berbagai konsentrasi A= 0%, B= 10%, C= 20%, D= 30%, E= 40% .....	29
5. Histogram analisis kandungan karbohidrat terlarut total .....	41
6. Kurva regresi hubungan kandungan karbohidrat terlarut planlet bayam merah dengan penambahan PEG 6000 berbagai konsentrasi .....	42
7. Histogram rata-rata tinggi planlet bayam merah.....	60
8. Histogram rata-rata jumlah daun bayam merah .....	62
9. Histogram rata-rata jumlah tunas bayam merah .....	64
10. Histogram rata-rata berat basah (g) bayam merah .....	66
11. Histogram rata-rata panjang akar (cm) bayam merah.....	68
12. Histogram rata-rata karbohidrat terlarut total (g/mg) bayam merah.....	70
13. Pembuatan Larutan PEG 6000 .....	71
14. Pembuatan Medium MS.....	71
15. Sterilisasi Medium MS.....	72

16. Penanaman Benih Bayam Merah pada Medium MS .....	72
17. Planlet Bayam Merah yang sudah di Kultur .....	72
18. Persiapan Ekstraksi Planlet Bayam Merah .....	73
19. Pembuatan Ekstraksi Daun Planlet Bayam Merah Analisis Karbohidrat ..	73
20. Sentrifuge Ekstraksi Planlet Bayam Merah .....	74
21. Larutan Karbohidrat Terlarut Total Planlet Bayam Merah.....	74

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Bayam merah merupakan salah satu jenis tumbuhan hortikultural yang dibudidayakan dan dikonsumsi masyarakat luas. Jenis bayam ini memiliki nilai ekonomis yang tinggi dibandingkan jenis bayam lainnya, sehingga permintaannya cukup tinggi (Setiawati dkk., 2018). Bayam merah merupakan jenis bayam yang diminati dan memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan dengan bayam hijau (Adelia dkk., 2013).

Bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) merupakan tanaman sayuran yang berasal dari daerah Amerika yang memiliki iklim tropis dan tersebar ke seluruh dunia. Bayam merah semula dikenal sebagai tanaman hias, namun dalam perkembangan selanjutnya dipromosikan sebagai sayuran sumber protein, vitamin A, B, C, serta mengandung garam-garam mineral seperti kalsium, fosfor, dan besi (Nirmalayanti dkk., 2017).

Keberadaan bayam merah sebagai salah satu sayuran sangat dibutuhkan dalam penyempurnaan gizi masyarakat (Utami, 2016).

Bayam memiliki peran penting dalam mendukung kesehatan masyarakat, seperti sebagai bahan pangan, dengan kandungan nutrisi tinggi maupun khasiatnya dalam mengobati penyakit, sehingga pertumbuhan dan produksinya perlu ditingkatkan (Setiawati dkk., 2018).

Iklm di Indonesia berbeda dengan negara lain karena musim kemarau dampak dari perubahan iklim bukan berarti tidak ada hujan sama sekali. diprediksikan beberapa daerah masih berpeluang mendapatkan curah hujan, namun curah hujannya berada pada kategori rendah (Litbang, 2019).

Surmaini dan Faqih (2016) menyatakan bahwa Fenomena El-Nino dan Lanina memberikan pengaruh yang besar terhadap pertanian di Indonesia. Fenomena El-Nino menyebabkan penurunan curah hujan, sehingga terjadi kekeringan dan pada tahun musim hujan terjadi peningkatan curah hujan yang memicu terjadinya banjir, siklus El-Nino memberikan dampak yang signifikan terhadap produksi tanaman pangan.

Salah satu cara alternatif yang efektif dan efisien untuk mengatasi cekaman kekeringan pada tanaman yaitu dengan menggunakan varietas yang tahan terhadap kekeringan. Cara untuk mendapatkan benih yang baik dapat dengan menggunakan teknik *in vitro*. Seleksi cekaman kekeringan pada teknik *in vitro* dapat dilakukan dengan cara pemberian agens penyeleksi ke dalam medium tanam (Muliani dkk., 2014).

Selain dengan cara konvensional, benih tersebut dapat diperoleh dengan kultur jaringan disertai dengan pengujian patogen secara intensif dan dilanjutkan dengan teknik perbanyakan cepat secara *in vitro* (Priscila, 2017).

*Poly Ethylene Glycol* (PEG) solusi dapat digunakan sebagai agen memilih *drought tolerant* kedelai dan tanaman lainnya (Saepudin dkk., 2017).

PEG yang ditambahkan pada medium padat digunakan untuk menciptakan kondisi cekaman kekeringan karena senyawa ini dapat menurunkan potensial air pada medium diberbagai percobaan kultur jaringan (Zulhilmi dkk., 2012).

Sejauh ini belum ada penelitian tentang kajian efek *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000 terhadap pertumbuhan planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) dalam kondisi cekaman kekeringan secara *in vitro*, sehingga penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui konsentrasi PEG 6000 pada tanaman bayam merah terhadap cekaman kekeringan secara *in vitro*.

## **B. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui konsentrasi *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000 pada kondisi cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) secara *in vitro*.
2. Mengetahui karakter ekspresi pada planlet bayam merah setelah pemberian PEG 6000 dengan berbagai konsentrasi dalam kondisi cekaman kekeringan secara *in vitro*.

## **C. Manfaat Penelitian**

1. Manfaat yang diharapkan dari hasil pelaksanaan penelitian ini adalah:  
Menambah wawasan, ilmu pengetahuan, dan keterampilan secara teknik *in vitro* untuk mengetahui pertumbuhan tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) terhadap cekaman kekeringan dengan PEG 6000.
2. Memberikan informasi ilmiah dan menjadi referensi bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya tentang pertumbuhan bayam merah PEG 6000 terhadap cekaman kekeringan secara *in vitro*.

#### D. Kerangka Pemikiran

Bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang bernilai ekonomis. Jenis sayuran ini dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan manusia karena memiliki kandungan yang banyak vitamin dan zat besi.

Cekaman kekeringan bisa menjadi faktor utama yang menyebabkan tanaman bayam merah tidak dapat tumbuh di dalam lingkungan yang kering. Kita tahu bahwa tanaman bayam merah merupakan tanaman yang membutuhkan tingkat kelembaban yang tinggi sehingga sukar hidup di lingkungan yang kering.

Teknik *in vitro* adalah salah satu perkembangan bioteknologi yang dapat digunakan untuk memperbaiki karakter tanaman termasuk ketahanan tanaman. Teknik ini dapat memodifikasi tanaman agar toleran terhadap ancaman seperti kekeringan.

Penggunaan *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000 merupakan salah satu cara untuk melakukan seleksi pada tanaman bayam merah sehingga toleran terhadap cekaman kekeringan. Senyawa PEG merupakan senyawa kimia yang tidak beracun bagi tanaman sehingga, banyak digunakan untuk mengetahui ketahanan dari suatu tanaman terhadap ancaman kekeringan.

## E. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat konsentrasi *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000 pada kondisi cekaman kekeringan terhadap pertumbuhan planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) secara *in vitro*.
2. Terdapat karakter ekspresi planlet bayam merah setelah pemberian PEG 6000 dengan berbagai konsentrasi dalam kondisi cekaman kekeringan secara *in vitro*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Klasifikasi Tanaman Bayam Merah

Klasifikasi tanaman bayam merah, dalam sistematika tumbuhan menurut Heyne (1987) sebagai berikut.

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Caryophyllales
Suku	: Amaranthaceae
Marga	: <i>Alternanthera</i>
Jenis	: <i>Alternanthera amoena</i> Voss.

### B. Morfologi Tanaman Bayam Merah

Bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) adalah tanaman hortikultura yang dikembangkan di Indonesia karena iklim, cuaca, dan tanah sesuai untuk pertumbuhannya. Tumbuh dengan baik di tempat bersuhu panas maupun bersuhu dingin sehingga dapat diusahakan dari dataran rendah maupun dataran tinggi. Bayam merah akan tumbuh baik pada ketinggian 5-2000 m dari permukaan laut (Afifah, 2018).

Bayam merah yang termasuk ke dalam suku Amaranthaceae dimanfaatkan sebagai bahan pangan yang mengandung vitamin seperti A, B1, B2, C, dan niasin, juga mineral seperti Fe, Ca, Mn, dan P. Bayam juga mengandung senyawa yang berpotensi sebagai antioksidan seperti karotein, klorofil, alkaloid, polifenol dan flavonoid sehingga tanaman ini penting untuk dikonsumsi (Maharany, 2016).

Tanaman bayam merah termasuk tanaman perdu atau semak semusim. Batangnya lunak dan berwarna hijau keputih-putihan, putih kemerah-merahan, atau hijau. Batang berair dan kurang berkayu. Tanaman ini berakar tunggang dan berakar samping. Akarnya sampingnya kuat dan agak dalam (Sunarjono dan Nurrohmah, 2018).

Daun bertangkai, berbentuk bulat telur dengan ujung meruncing, lemas, berwarna hijau, merah, atau hijau keputihan. Daun bayam berdaun tunggal, lunak, dan lebar (Sunarjono dan Nurrohmah, 2018).

Morfologi tanaman bayam merah akan disajikan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.) (Zulfa, 2019)

Bunga tersusun majemuk, ukurannya kecil muncul dari ketiak daun dan ujung batang pada rangkaian tandan. Pada benihnya banyak, sangat kecil, bulat, dan mudah pecah (Sunarjono dan Nurrohmah, 2018).

### **C. Manfaat dan Produksi Tanaman Bayam Merah**

Bayam merah dapat memperbaiki daya kerja ginjal dan melancarkan pencernaan. Bayam sangat baik untuk orang yang baru sembuh dari penyakit, terutama anak-anak dan bayi. Akar bayam merah dapat digunakan sebagai obat penyakit disentri (Sunarjono dan Nurrohmah, 2018).

Alasan tersebut mendasari fakta bahwa konsumsi bayam di Indonesia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Permintaan yang meningkat tidak diimbangi dengan peningkatan produksi (Rini dan Sumarni, 2005).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2018), pada tahun 2017 produksi bayam di Indonesia sebesar 160.267 ton sedangkan pada tahun 2018 produksi bayam di Indonesia sebesar 162.277 ton.

### **D. Pertumbuhan Tanaman**

Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan unsur hara atau mineral-mineral yang terdapat dalam tanah (Salwati, 2013).

Proses pada pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan.

Lingkungan merupakan faktor eksternal yang sangat mengganggu

pertumbuhan tanaman apabila kondisi lingkungan tidak sesuai dengan sifat tumbuh tanaman. Kondisi lingkungan ini meliputi sinar matahari, temperatur, dan tekanan udara serta adanya mikroorganisme yang mengganggu tanaman (Patma *et al.*, 2013).

### **E. Syarat Tumbuh Tanaman**

Bayam merah dapat tumbuh sepanjang tahun, baik di dataran rendah maupun tinggi. Tanaman ini dapat ditanam di kebun dan pekarangan rumah. Bayam merah biasa ditanam di tegalan. Waktu tanam yang baik ialah awal musim hujan atau pada awal musim kemarau. Bayam merah akan tumbuh dengan baik bila ditanam pada tanah dengan derajat keasaman (pH tanah) sekitar 6-7. Bila pH kurang dari 6, tanaman bayam merah akan merana. Sementara itu, pada pH di atas 7, tanaman bayam merah akan mengalami klorosis, yaitu timbul warna putih kekuning-kuningan, terutama pada daun yang masih muda (Saparinto, 2013).

### **F. Mekanisme Ketahanan Terhadap Cekaman Kekeringan**

Mekanisme tanaman dalam menghadapi cekaman kekeringan menurut Kramer dan Boyer (1995) dalam Nugraha (2018).

- (1). Tanaman melakukan pematangan yang cepat sebelum terjadi kekeringan atau menunda reproduksi hingga musim hujan.
- (2). Meningkatkan sistem perakaran agar terhindar dari kekeringan.
- (3). Penyimpanan air dalam jaringan yang berdaging.

- (4). Membiarkan dehidrasi pada jaringan dan hanya menoleransi tekanan air dengan terus tumbuh bila mengalami dehidrasi atau bertahan mengalami dehidrasi berat.

Mekanisme adaptasi terhadap kekeringan dapat dilakukan oleh tumbuhan dengan cara menggulung daun yang dilakukan oleh tumbuhan monokotil dengan tujuan untuk menurunkan laju evaporasi. Proses ini berlangsung dengan adanya sel kipas yang mana ketika kekurangan air maka jumlah dan ukuran sel kipas meningkat sehingga daun dapat menggulung (Ai dan Lenak, 2014).

Pengertian kekeringan menurut pertanian adalah *stress* air tanah dan penurunan hasil yang nyata. Ilmu fisiologi dan pemuliaan tanaman, kekeringan dan pengaruh garam (*salin*), juga menimbulkan peningkatan tekanan osmosis. Perbedaannya pengaruh salinitas cekaman lebih berat karena pengaruh ion negatif garam Natrium yang berlebihan (Mastur, 2016).

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan secara umum memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal. Cekaman kekeringan dapat mempengaruhi proses fisiologi dan biokimia tanaman serta menyebabkan terjadinya modifikasi anatomi dan morfologi tanaman (Sakinah, 2018).

Cekaman kekeringan mempengaruhi semua aspek pertumbuhan dan metabolisme tumbuhan termasuk integritas membran, kandungan pigmen, keseimbangan osmotik, aktivitas fotosintesis, penurunan potensial air

protoplasma, penurunan pertumbuhan, dan penurunan diameter batang (Sinay, 2015).

Menghambat fotosintesis dan integritas dinding sel, cekaman kekeringan ini berdampak pada semua aspek pertumbuhan dan metabolisme tumbuhan. Hal lain yang juga terpengaruh yaitu kandungan pigmen dan keseimbangan osmotik dalam tumbuhan (Anjum *et al.*, 2011).

Perubahan morfologis pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan dapat dilihat pada semakin memanjangnya akar untuk menyerap air, permukaan daun yang mengecil sehingga proses respirasi berkurang dan menggugurkan daunnya. Cekaman kekeringan dapat disebabkan oleh 2 faktor, yaitu suplai air di perakaran sudah berkurang sehingga akar akan memanjang untuk mencari suplai air dan terjadinya evaporasi yang lebih tinggi dibandingkan proses absorpsi air tanah (Lapanjang dkk., 2008).

Cekaman kekeringan juga dapat didefinisikan sebagai kondisi dimana potensial air dan tekanan turgor tanaman menurun sehingga mengganggu fungsi normalnya (Robika *et al.*, 2015).

## **G. Kultur Jaringan secara *In Vitro***

Kultur *in vitro* merupakan suatu metode mengisolasi bagian dari tanaman seperti protoplasma, sel, sekelompok sel, jaringan dan organ, serta menumbuhkannya dalam kondisi aseptik, sehingga bagian-bagian tersebut dapat memperbanyak diri dan beregenerasi menjadi tanaman yang lengkap (Rosmaina, 2015).

Kultur jaringan yang merupakan suatu bentuk aplikasi teknik yang bertujuan untuk memperbanyak tanaman, juga kebutuhan utama bagi petani di Indonesia dan memudahkan petani supaya mendapatkan hasil yang banyak dan bisa mengembangkan teknik kultur jaringan (Mahadi, 2016).

Teknik kultur jaringan pada umumnya digunakan untuk memperbanyak benih pada generasi pertama. Generasi berikutnya dapat diperbanyak kembali dengan cara konvensional. Teknik ini juga dipakai untuk mempercepat peningkatan jumlah benih sumber. Memproduksi benih sumber tomat ini yaitu tahap memperbanyak dimana pada setiap stok benih diperbanyak secara berulang, yang memungkinkan adanya penurunan kualitas, sehingga diperlukan penyediaan stok benih sumber berkualitas secara terus menerus (Karjadi, 2016).

Teknik kultur jaringan dapat menjadi metode alternatif untuk memperbanyak vegetatif tanaman dengan kelebihan memiliki tingkat multiplikasi yang sangat cepat dalam waktu yang relatif singkat (Mohapatra dan Batra, 2017).

## H. *Polyethylene Glycol* (PEG)

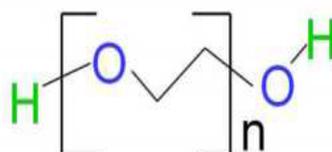
Senyawa ini memiliki struktur padat, berwarna putih dan suhu leburnya 55-63°C dan berat molekulnya 6000-7000. Komposit polimer karbon dari PEG 6000 yaitu 0,082 mho. PEG 6000 menunjukkan konduktivitas yang paling besar sebelum penambahan uap etanol 90% hasil komposit polimer karbon (Gunawan dan Azhari, 2010).

Jangka panjang penggunaan PEG tidak akan menyebabkan kerusakan sel, karena PEG memiliki berat molekul lebih dari 6000 g/mol yang tidak dapat diserap ke dalam jaringan tanaman (Sunaryo *et al.*, 2019).

*Poly Ethylene Glycol* (PEG) memaksakan potensi air rendah. Beberapa peneliti mengutip nilai dari (PEG) untuk menginduksi stres osmotik melalui *in vitro* untuk tanaman yang berbeda misalnya, cabai (Hawraa G.H Salim *et al.*, 2019).

Molekul *Poly Ethylene Glycol* barta tinggi telah lama digunakan untuk merangsang cekaman kekeringan pada tanaman (Tewary *et al.*, 2000).

Struktur kimia PEG disajikan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Struktur Kimia *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 (Putri, 2018)

## I. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa yang mengandung unsur C, H, dan O yang terdapat pada tumbuhan hingga 75%. Rumus senyawa kimia karbohidrat yaitu  $C_n(H_2O)_n$  atau  $C_nH_{2n}O_n$  (Wiratmaja, 2011). Karbohidrat terdapat berbagai macam diantaranya sukrosa, glukosa dan fruktan. Kandungan karbohidrat terlarut total tepat digunakan dalam analisis terhadap cekaman kekeringan. Kandungan karbohidrat berperan dalam mengatur tekanan osmotik pada cekaman kekeringan yang dapat dilihat dari batang tumbuhan karena batang merupakan organ yang banyak mengandung konsentrasi gula dan menunjukkan karakterisasi perubahan genotip pada kondisi tercekam. Selain pada batang kandungan karbohidrat juga dapat dijumpai pada akar dan daun, perubahan karbohidrat terlarut total berpengaruh secara langsung terhadap respon fisiologis seperti fotosintesis dan respirasi (Kerepesi and Galiba, 2000).

Kandungan karbohidrat merupakan parameter yang digunakan dalam analisis dasar biosains. Dalam analisis kandungan karbohidrat terdapat berbagai metode. Metode yang mudah dan akurat dalam pengukuran gula murni pada oligosakarida, proteoglikan, glikoprotein dan glikolipid adalah metode fenolsulfur. Kandungan karbohidrat terlarut membantu tumbuhan dalam mempertahankan kehidupan pada kondisi cekaman (Masuko *et al.*, 2005).

Ketika mengalami cekaman kekeringan hasil fotosintesis mengalami penurunan, saat hasil produksi tidak lagi mencukupi maka pemecahan molekul karbohidrat terlarut dapat digunakan untuk mempertahankan proses metabolisme (Zhang *et al.*, 2010).

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan November 2019 sampai dengan bulan Desember 2019 di Ruang Kultur Jaringan Tumbuhan, Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

#### B. Alat dan Bahan Penelitian

##### 1. Alat-alat Penelitian

- Alat- alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *autoclave*, *Beaker glass* berukuran 1000 ml, botol kultur, cawan petri, gelas ukur berukuran 100 ml, Erlenmeyer berukuran 50 ml, tabung reaksi, rak tabung reaksi, alumunium foil, corong gelas, mortar, *pestle*, kertas filter *Whatmanno. 1*, kertas label, timbangan analitik, *Laminar Air Flow* (LAF) ESCO untuk tempat menanam planlet tanaman bayam merah.
- Alat-alat yang digunakan untuk analisis kandungan karbohidrat: spektrofotometer (*Shimudzu UV 800*), timbangan analitik, kuvet, gunting, pipet ukur, corong mortar dan *pestle*, tabung reaksi dan rak tabung reaksi.

## 2. Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) dari varietas Mira dengan merek dagang cap Panah Merah, akuades steril, alkohol 96%, agar, bayclin, sukrosa, serta bahan kimia *Asam Klorida* (HCl), *Kalium Hidroksida* (KOH), medium *Murashige and Skoog* (MS) padat, *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000. Bahan untuk analisis karbohidrat terlarut yaitu asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan fenol.

### C. Rancangan Percobaan

Rancangan Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari satu faktor, yaitu konsentrasi PEG 6000 yang terdiri atas 5 taraf konsentrasi, yaitu 0% (B<sup>0</sup>), 10% (B1), 20% (B2), 30% (B3), dan 40% (B4). Parameter yang diamati yaitu persentase jumlah planlet yang hidup, visualisasi planlet, tinggi planlet, jumlah daun, jumlah tunas, panjang akar, berat basah serta kandungan karbohidrat terlarut total. Data dianalisis dengan menggunakan *one way* ANOVA dan uji lanjut dengan Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Masing-masing konsentrasi dilakukan 4 kali pengulangan dalam setiap botol kultur yang digunakan 20 botol. Tata letak satuan percobaan planlet benih bayam merah secara *in vitro* disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Tata Letak Satuan Percobaan

<b>B<sub>1</sub>U<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub>U<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub>U<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>4</sub>U<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>0</sub>U<sub>2</sub></b>
<b>B<sub>2</sub>U<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>0</sub>U<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>1</sub>U<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>1</sub>U<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub> U<sub>1</sub></b>
<b>B<sub>0</sub>U<sub>4</sub></b>	<b>B<sub>4</sub>U<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub>U<sub>4</sub></b>	<b>B<sub>4</sub>U<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>1</sub>U<sub>4</sub></b>
<b>B<sub>3</sub> U<sub>2</sub></b>	<b>B<sub>3</sub>U<sub>4</sub></b>	<b>B<sub>0</sub> U<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>2</sub>U<sub>1</sub></b>	<b>B<sub>4</sub>U<sub>4</sub></b>

**Keterangan :**

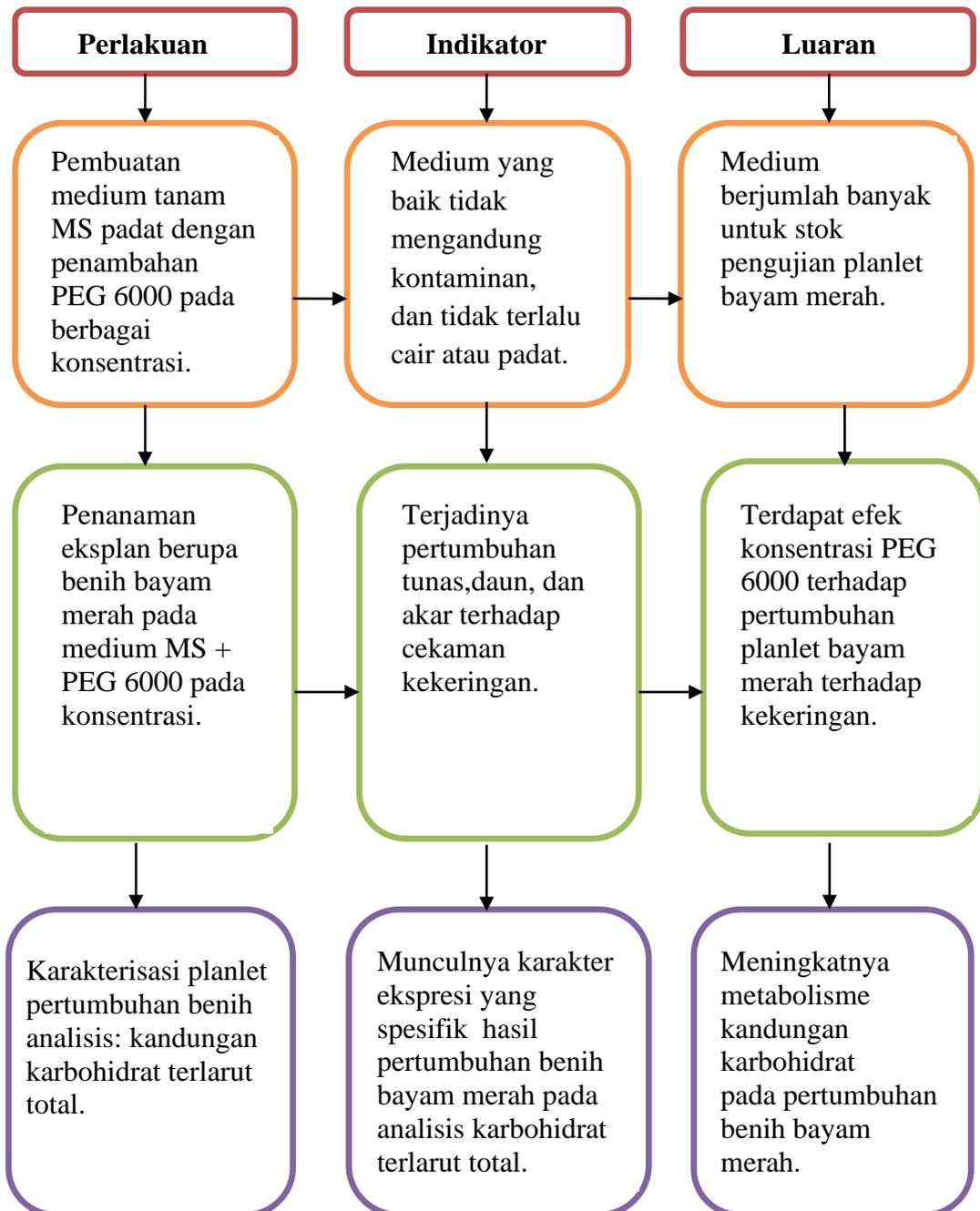
B <sub>0</sub>	= PEG 6000 konsentrasi 0% (kontrol)
B <sub>1</sub>	= PEG 6000 konsentrasi 10%
B <sub>2</sub>	= PEG 6000 konsentrasi 20%
B <sub>3</sub>	= PEG 6000 konsentrasi 30%
B <sub>4</sub>	= PEG 6000 konsentrasi 40%
U <sub>1</sub> -U <sub>4</sub>	= Ulangan 1-4

**D. Bagan Alir Penelitian**

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

- 1). Menentukan kisaran konsentrasi untuk perendaman bayam merah sebelum penanaman pada medium.
- 2). Penanaman benih bayam merah pada medium MS yang telah ditambahkan PEG 6000 sesuai konsentrasi.
- 3). Penentuan kisaran konsentrasi PEG 6000 toleran untuk seleksi benih bayam merah secara *in vitro*. Analisis karakter ekspresi pada planlet bayam merah terhadap cekaman kekeringan meliputi analisis kandungan karbohidrat, persentase jumlah planlet yang hidup, visualisasi planlet, tinggi planlet, jumlah daun planlet, jumlah tunas planlet, berat basah dan panjang akar. Pengamatan dilakukan selama 3 minggu.

Tahap penelitian disajikan dalam bentuk bagan alir penelitian seperti **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Bagan Alir Penelitian

## **E. Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian meliputi beberapa langkah sebagai berikut.

### **1. Sterilisasi Alat**

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian dicuci dengan air dan deterjen sampai bersih, alat berupa pinset dan gunting dibungkus dengan kertas, selanjutnya disterilkan ke dalam *autoclave* pada temperature 121°C selama 30 menit. Untuk alat penanaman setelah disterilkan di *autoclave*, alat berupa pinset dan gunting direndam dengan alkohol 96% lalu dipanaskan di atas nyala api bunsen dengan tujuan agar tetap steril saat penanaman berlangsung.

### **2. Sterilisasi Ruang Kerja**

Sterilisasi ruang kerja dilakukan di dalam ruang inkubasi dengan menggunakan desinfektan dan di dalam *Laminar Air Flow*. Sinar UV dinyalakan 45 menit, lalu dinyalakan blower dan lampu, lalu disemprotkan alkohol 96% pada permukaan LAFC, selanjutnya dibersihkan menggunakan *tissue* steril.

### **3. Persiapan Medium Tanam**

Medium dalam penelitian ini menggunakan MS padat. Pembuatan medium tanam MS sebanyak 1 liter adalah dengan cara memipet sejumlah larutan stok, kemudian dimasukkan kedalam labu takar 1 liter. Ditambahkan akuades hingga tanda (1 liter) dan pH diatursampai 5,5. Larutan yang belum mendapatkan pH 5,5 dilakukan penambahan KOH 1 N dan HCl 1 N. Dipindahkan larutan kedalam wadah yang lebih besar kemudian

ditambahkan agar-agar sebanyak 7 g/L dan sukrosa 30 g/L. Lalu panaskan dan diaduk larutan medium hingga mendidih, kemudian dituangkan sebanyak 20 ml ke botol kultur. Sterilisasi medium dengan dimasukkan ke dalam *autoclave* pada suhu 121°C, selama 15 menit.

#### **4. Sterilisasi Benih**

Planlet berupa benih bayam merah yang direndam dalam akuades steril selama 5 menit. Setelah itu benih direndam dengan bayclin 10% selama 2-3 menit (Ashari dkk., 2018). Setelah itu benih dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali pengulangan. Sterilisasi ini dilakukan di dalam LAFC.

#### **5. Persiapan Medium Seleksi**

Persiapan medium seleksi dengan menambahkan larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% pada masing-masing botol kultur sebanyak 1 ml kedalam medium MS. Medium di inkubasi selama seminggu agar tidak kontaminan.

#### **6. Penanaman Benih pada Medium Penelitian**

Benih yang telah steril diletakkan ke dalam cawan petri. Setelah itu didalam medium MS. Penanaman benih dilakukan di dalam LAFC. Setiap botol kultur ditanami 10 benih dalam 20 botol kultur. Benih bayam merah tersebut ditumbuhkan menjadi planlet. Inkubasi kultur dilakukan pada ruang inkubasi.

## **F. Pengamatan**

### **1. Persentase Jumlah Planlet yang Hidup**

Rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah planlet bayam merah yang hidup yaitu:

$$\frac{\text{Jumlah planlet yang hidup}}{\text{Jumlah seluruh planlet}} \times 100\%$$

(Nurchayani *et al.*, 2014)

### **2. Visualisasi Planlet**

Meliputi warna planlet setelah diberikan perlakuan PEG 6000 dengan klasifikasi sebagai berikut: hijau, hijau dengan bagian tertentu berwarna coklat, dan coklat.

(Nurchayani *et al.*, 2014)

### **3. Tinggi Planlet**

Pengamatan tinggi planlet pada planlet bayam merah setelah diberi perlakuan PEG 6000 dilakukan setiap seminggu sekali. Tinggi planlet menggunakan penggaris dari pangkal batang hingga pucuk daun.

### **4. Jumlah Daun**

Jumlah daun dihitung diakhir berdasarkan banyaknya helai daun yang muncul pada planlet pada akhir pengamatan (3 minggu setelah tanam).

### **5. Jumlah Tunas**

Jumlah tunas dihitung berdasarkan banyaknya tunas yang muncul pada planlet pada akhir pengamatan (3 minggu setelah tanam).

## 6. Berat Basah

Berat basah ditentukan dengan cara menimbang planlet dengan timbangan analitik dan dinyatakan dengan gram (g).

## 7. Panjang Akar

Panjang akar dihitung mulai dari pangkal batang hingga ujung akar menggunakan penggaris. Pengamatan dilakukan 3 minggu setelah tanam.

## 8. Analisis Kandungan Karbohidrat

Melakukan analisis kandungan karbohidrat terlarut total dengan metode fenolsulfur (Dubois, 1956). Setelah itu, ditimbang planlet sebanyak 0,1 gram, tumbuk dengan mortar dan *pestle* lalu dimasukkan akuades sebanyak 10 ml, disaring dengan kertas saring *Whatman* no.1 dimasukkan kedalam tabung reaksi. Ambil filtrat sebanyak 1 ml dan ditambahkan 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, kemudian tambahkan fenol sebanyak 2 ml, dimasukkan filtrat kedalam kuvet dan dibaca pada panjang gelombang 490 nm.

Dihitung kandungan karbohidrat terlarut total dengan cara membuat larutan standar glukosa yang terdiri dari beberapa konsentrasi kemudian mengukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 490 nm. Persamaan regresi linier menghasilkan absorbansi larutan standar sehingga diperoleh persamaan  $Y = ax + b$ . Nilai absorbansi sampel selanjutnya dimasukkan sebagai nilai Y sehingga mendapatkan nilai x ( $\mu$ /mol).

## G. Analisis Data

Data yang diperoleh dari pertumbuhan planlet bayam merah selama seleksi dengan PEG 6000 berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif disajikan dalam bentuk deskriptif komparatif dengan dokumentasi foto. Data kuantitatif dari setiap parameter dianalisis secara statistik dengan menggunakan *one way ANOVA* (Nurchayani dkk., 2019). Analisis ragam dilakukan pada taraf nyata 5% dan uji lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian PEG 6000 konsentrasi PEG 6000 terhadap pertumbuhan planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) secara *in vitro* adalah 20%.
2. Karakter ekspresi pada planlet bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss.) terhadap PEG 6000 secara *in vitro*: menurunkan tinggi planlet, jumlah daun, jumlah tunas, berat basah dan panjang akar. Kandungan karbohidrat terlarut total pada planlet bayam merah yang terbaik adalah perlakuan PEG 6000 dengan konsentrasi 40%.

### B. Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan dengan konsentrasi PEG 6000 terhadap cekaman kekeringan pada planlet bayam merah untuk analisis parameter lainnya seperti kandungan klorofil, indeks stomata, sifat agronomis dan analisis molekular.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adelia FP, Koesriharti, & Sunaryo. 2013. Pengaruh Penambahan Unsur Hara Mikro (Fe dan Cu) dalam Media Paitan Cair dan Kotoran Sapi Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(3): 48-58.
- Afifah F. 2018. Pembuatan dan Pengujian Stabilitas Bubuk Pewarna Alami dari Daun Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss). *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ai NS & Lenak AA. 2014. Penggulungan Daun pada Tanaman Monokotil Saat Kekurangan Air. *Jurnal Bioslogos*. 4(2): 49-55.
- Anjum SA, Xie XY, Wang LC, Salem MF, Man C, & Lei W. 2011. Morphological, Physiological, and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress. *African Journal of Agriculture Research*. 6(9): 2026-2032.
- Ashari A, Nurcahyani E, Hardoko IQ, & Zulkifli. 2018. Analisis Kandungan Prolin Planlet Jeruk Keprok Batu 55 (*Citrus Reticulata* Blanco Var. *Crenatifolia*) Setelah Diinduksi Larutan Atonik dalam Kondisi Cekaman Kekeringan Secara *In Vitro*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 3(01): 69-78.
- Bidabadi SS, Meon S, Wahab Z, Subramaniam S, & Mahmood M. 2012. *In Vitro* Selection and Characterization of Water Stress Tolerant Lines Among Ethyl Methane Sulphonate (EMS) Induced Variants of Banana (*Musa* Spp., With Aaa Genome). *Australian Journal of Crop Science*. 6(3): 567-575.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Statistik Tanaman dan Buah-Buahan Semusim Indonesia*. <https://www.bps.go.id/publication/2019/10/07/9c5dede09c805bc38302ea1c/statistik-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-indonesia-2018.html>. Badan Pusat Statistik, Jakarta. Diakses 1 November 2019.

- Desti Y. 2017. Pengaruh Cekaman Air Terhadap Kandungan Protein Kacang Kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Dubois M, Gille KA, Hamilton JK, Rebers PA, & Smith F.1956. Colometri method for Determination of Sugars and Related Substance. *Analytical Chemistry*. 28(1956): 143-145.
- Farooq J, Khaliq I, Ali MA, Kashif M, Rehman A, Naveed M, Ali Q, Nazeer W, & Farooq A. 2011. Inheritance Pattern of Yield Attributes in Spring Wheat at Grain Filling under Different Temperature Regimes. *Australian Journal of Crop Science*. 5(13): 1745-1753.
- Fauziah LK. 2016. Seleksi *In Vitro* dan Karakterisasi Planlet Selada (*Lactuca Sativa* L.) Resisten terhadap Cekaman Kekeringan dengan *Poly Ethylene Glycol* (PEG) 6000. *Skripsi*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Firdausya AF, Khumaida, N & Ardi, SW. 2015. Toleransi Beberapa Genotipe Gandum (*Triticum aestivum* L.) terhadap Kekeringan pada Stadia Perkecambahan. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 44 (2): 154-161.
- Gunawan B & Azhari CD. 2010. Karakterisasi Spektrofotometri IR dan Scanning Elektron Microscopy (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer *Poly Ethylene Glycol* (PEG). *Jurnal Sains dan Teknologi*. 3(2): 1-17.
- Harahap RES, Luthfi AM, & Bayu SE. 2013. Pertumbuhan Akar Pada Perkecambahan Beberapa Varietas Tomat Dengan Pemberian *Polyethylene Glikol* (PEG) Secara *In Vitro*. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(3): 418-428.
- Hawraa GHS, Ekhlash AJE & Saadon AA. 2019. Response of Irradiated Chilli Pepper Shoots (*Capsicum annum*. L.) Propagated *In Vitro* to Drought Stress Tolerance. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*. 7: 2321-3124.
- Heyne K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Volume II, Yayasan Sarana Warna Jaya: diedarkan oleh Koperasi Karyawan, Badan Litbang Kehutanan, Jakarta.
- Hidayati N, Rina ALH, Triani A, & Sudjino. 2017. Pengaruh Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Nyamplung (*Callophylum inophyllum* L.) dan Johar (*Cassia florida* Vahl.) dari Provenan yang Berbeda. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 11(2): 99-111.

- Jaleel CA, Paramasivam M, Wahid A, Farooq M, Al-Juburi HJ, Somasundaram F, & Panneerselvam R. 2009. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. *International Journal of Agriculture & Biology*. 11: 100-105.
- Kacem NS, Delporte F, Muhovski Y, Djekoun A, & Watillon B. 2017. *In Vitro* Screening of Durum Wheat Againsts Water-Stress Mediated Through Poly Ethylene Glycol. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*. 15(1): 239-247.
- Kadhimi AA, Alhasnawi AN, Isahak A, Ashraf MF, Mohamad A, Yusoff WMW, & Zain CRCM. 2016. Gamma Radiosensitivity Study on MRQ74 and MR269, Two Elite Varieties of Rice (*Oryza sativa* L.). *Life Science Journal*. 13(2): 85-91.
- Karjadi AK. 2016. *Kultur Jaringan dan Mikropropagasi Tanaman Kentang (Solanum tuberosum* L). Balai Peneletian Tanaman Sayuran, Bandung. No. 517.
- Karlina PN & Koesriharti. 2018. Pengaruh Cekaman Air dan Pemberian Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung Ungu (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(5): 823-829. ISSN: 2527-8452.
- Kerepesi I & Galiba G. 2000. Osmotic and Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings. *Crop Science*. 40: 482-487.
- Laila FN & Savitri ES. 2014. Produksi Metabolit Sekunder Steviosida pada Kultur Kalus Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert. M.) dengan Penambahan ZPT 2,4-D dan PEG (*Polyethylene Glykol*) 6000 pada Media MS (*Murashige & Skoog*). *El-Hayah*. 4(2): 57-65.
- Langladewi NP. 2017. Pemanfaatan Teknik RAPD dalam Deteksi Keragaman Genetik Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Bahbutong Tahan Cekaman Kekeringan Hasil Iradiasi. *Tesis*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Lapanjang I, Purwoko BS, Hariyadi Budi SW, & Melati M. 2008. Evaluasi Beberapa Ekotipe Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) untuk Toleran Cekaman Kekeringan. *Buletin Agronomi*. 36(3): 263-269.
- Litbang. 2019. Antisipasi Musim Kemarau dengan Varietas Tanaman Pangan Adaptif. <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/3629/>. Diakses 28 Januari 2020.

- Mafakheri A, Siosemardeh A, Bahramnejad B, Struik PC, & Sohrabi Y. 2010. Effect of Drought Stress on Yield, Proline and Chlorophyll Contents In Three Chickpea Cultivars. *Australian Journal Crop Science*. 4(8): 580-585.
- Maftuchah & Zainudin A. 2015. *In Vitro* Selection of (*Jatropha curcas* Linn.) Hybrids Using *Polyethylene Glycol* to Obtain Drought Tolerance Character. *Procedia Chemistry*. 14(2015): 239-245.
- Mahadi I, Syafi'i W, & Sari Y. 2016. Induksi Kalus Jeruk Kastri (*Citrus microcarpa*) menggunakan Hormon 2, 4 D dan BAP dengan Metode *In Vitro*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 21(2): 84-89.
- Maharany R, 2016. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus gangeticus*) terhadap Pemberian Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Pupuk Urea. *Jurnal Penelitian Pertanian Bernas*. 12(3): 1-10.
- Mastur. 2016. Respon Fisiologis Tanaman Tebu Terhadap Kekeringan. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*. 8(2):98–111.
- Masuko T, Minami A, Norimasa I, Majima T, Nishimura S & Lee Y. 2005. Carbohydrate Analysis by a Phenol–Sulfuric Acid Method in Microplate Format. *Analytic Biochemistry*. 339(2005): 69-72.
- Mohapatra PP. & Batra VK. 2017. Tissue Culture of Potato (*Solanum tuberosum* L.): A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 6(4): 489-495.
- Muliani YN, Damayanti F & Rostini N. 2014. Seleksi *In Vitro* Enam Kultivar Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Hasil Iradiasi Sinar Gamma untuk Toleransi Kekeringan Menggunakan Manitol. *Jurnal Agroteknologi Sains*. S1(4): 71-79.
- Nirmalayanti AK, Subadiyasa INN, & Made IDA. 2017. Peningkatan Produksi dan Mutu Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus amoena* Voss.) Melalui Beberapa Jenis Pupuk pada Tanah Inceptisols, Desa Pegok, Denpasar. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 6(1): 2301-6515.
- Nugraha F. 2018. Cekaman Kekeringan Menginduksi Perubahan Fisiologi Dan Anatomi Empat Varietas Kemiri Sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw). *Tesis*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Nurchayani E, Hadisutrisno BIQ, Sumardi, & Suharyanto E. 2014. Identifikasi Galur Planlet Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) Resisten terhadap Infeksi *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* Hasil Seleksi *In Vitro* dengan Asam Fusarat. *Prosiding Seminar Nasional: "Pengendalian Penyakit Pada Tanaman Pertanian Ramah Lingkungan"*. Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komda Joglosemar-Fakultas Pertanian UGM. Pp 272- 279.

- Nurchayani E, Mutmainah NA, Farisi S, & Agustrina R. 2019. Analisis Kandungan Karbohidrat Terlarut Total Planlet Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) menggunakan Metode Fenol-Sulfur Secara *In Vitro*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 4(1): 73-80.
- Nurchayani E, Sazilly MR, Farisi S, & Agustrina R. 2019. Efek Inokulasi *Rhizoctonia solanii* terhadap Kandungan Karbohidrat Terlarut Total Planlet Kacang Panjang (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Secara *In Vitro*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 4(1): 81-90.
- Nurchayani E, Sumardi, Qudus HI, Wahyuningsih S, Palupi A, & Sholekhah. 2019. Seleksi *In Vitro* Planlet Anggrek Bulan [*Phalaenopsis Amabilis* (L.) Bl.] yang Diinduksi Larutan Atonik Dalam Keadaan Cekaman Kekeringan. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Biologi Indonesia XXV*. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Patma. 2013. Respon Media Tanam dan Pemberian Auksin Asam Asetat Naftalen pada Pembibitan Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Agroekoteknologi*. 1(2): 286-297.
- Putri FS. 2018. Kajian Efek Larutan Atonik pada Planlet Anggrek Dendrobium (*Dendrobium* Sp.) dalam Kondisi Cekaman Kekeringan Secara *In Vitro*. *Skripsi*. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Priscilla LJE, 2017. Penambahan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) pada Media *Murashige and Skoog* terhadap Jumlah Akar dan Tinggi Planlet Beberapa Varietas Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Skripsi*. Universitas Advent Indonesia, Bandung.
- Rao S. & Jabeen F. 2013. *In vitro* Selection and Characterization of Poly Ethylene Glycol (PEG) Tolerant Callus Lines and Regeneration of Planlets from The Selected Callus Lines in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 19(2): 261-268.
- Robika R, Triadiati T, & Rahayu S. 2015. Succulence Leaf of *Hoya* Species Influence The Photosynthesis Type and Drought Avoidance. *International Journal Current Research Bioscience Plant Biology*. 2(7): 101-108.
- Rolland F, Baena-Gonzalez E, & Sheen J. 2006. Sugar Sensing and Signaling in Plants: Conserved and Novel Mechanisms. *Annual of Review Plant Biology*. 57: 675-709.
- Rosmaina. 2015. Optimasi NAA dan BAP terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tunas Mikro Tanaman Kantong Semar (*Nepenthes mirabilis*) Secara *In vitro*. *Jurnal Agroteknologi*. 5(2): 29-36.

- Rosawanti P. 2015. Toleransi Beberapa Genotipe Kedelai Terhadap Cekaman Kekeringan. *Tesis*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Rosyalina N, Nurcahyani E, Qudus IH, & Zulkifli. 2018. Pengaruh Larutan Atonik Terhadap Kandungan Karbohidrat Terlarut Total Planlet Jeruk Siam Pontianak (*Citrus nobilis* Lour. Var. *Microcarpa* Hassk.) Secara *In Vitro*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 3(1): 61-68.
- Saepudin A, Khumaida N, & Sopandie D. 2017. *In Vitro* Pilihan Empat Genotype Kedelai Menggunakan PEG untuk Toleransi Kekeringan. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 45(1): 14-22.
- Sakinah AV. 2018. Identification of Drought Tolerance of West Sumatera Local Rice (*Oryza sativa* L.) at Germination Stage Using PEG 8000. *Bio Sains*. 4 (1): 2534-8731.
- Salwati. 2013. Model Simulasi Perkembangan, Pertumbuhan dan Neraca Air Tanaman Kentang Pada Dataran Tinggi di Indonesia. *Jurnal Informatika Pertanian*. 22(1): 53-64.
- Saparinto C. 2013. *Grow Your Own Vegetables-Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer di Pekarangan*. Penebar Swadaya, Yogyakarta. 180 halaman.
- Sari EY. 2019. Analisis Pola DNA & Karakterisasi Planlet Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) Hasil *Induced Resistance* dengan Asam Fusarat terhadap *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*. *Tesis*. Sekolah Pasca Sarjana. Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Sarti W, Martha LL, Zulkifli, & Tundjung TH. 2018. Efek Ekstrak Air Daun Kirinyuh *Cromolaena odorata* [L.] R.M. King & H. Rob) terhadap Pertumbuhan Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Varietas Mekongga pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 18 (2): 116-122.
- Setiawati T, Rahmawati F, & Supriatun T. 2018. Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor* L.) dengan Aplikasi Pupuk Organik Kascing dan Mulsa Serasah Daun Bambu. *Skripsi*. FMIPA. Universitas Padjadjaran, Sumedang.
- Sinay H. 2015. Pengaruh Perlakuan Cekaman Kekeringan terhadap Pertumbuhan dan Kadungan Prolin pada Fase Vegetatif Beberapa Kultivar Jagung Lokal dari Pulau Kisar Maluku di Rumah Kaca. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. Universitas Pattimura, Ambon.
- Sujinah & Jamil A. 2016. Mekanisme Respon Tanaman Padi terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran. *Iptek Tanaman Pangan*. 11(1): 1-7.

- Sunarjono H & Nurrohmah FA. 2018. *Bertanam Sayuran Daun & Umbi*. Penebar Swadaya, Jakarta. 116 halaman.
- Sunaryo W, Widoretno W, & Nurhasanah. 2016. Drought tolerance selection of soybean lines generated from somatic embryogenesis using osmotic stress simulation of *Poly-ethylene glycol* (PEG). *Nusantara Bioscience*. 8(1): 45–54.
- Sunaryo W, Darnaningsih & Nurhasanah. 2019. Selection and Regeneration of Purple Sweet Potato Calli Against Drought Stress Simulated by *Polyethylene glycol*. *F1000Research*. 1-11 Pp.
- Surmaini E & Faqih A. 2016. Kejadian Iklim Ekstrem dan Dampaknya terhadap Pertanian Tanaman Pangan di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Lahan*. 10(2): 115–128.
- Susetio ME & Dardadan SL. 2019. Perlakuan Konsentrasi Poli Etilen Glikol terhadap Pertumbuhan Tunas *In Vitro* Talas Bentul (*Colocasia esculenta* L. Schott) Tetraploid dan Perbanyakannya untuk Seleksi Toleran Kekeringan. *Jurnal Biologi Indonesia*. 15(1): 9-22.
- Tewary PK, Sharma A, Raghunath MK & Sarkar A. 2000. *In vitro* Response of Promising Mulberry (*Morus* sp.) Genotypes for Tolerance to Salt and Osmotic Stresses. *Plant Growth Journal*. 30: 17–21.
- Utami K. 2016. Laju Pertumbuhan Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.) Secara Hidroponik dengan Konsentrasi Nutrisi dan Media Tanam yang Berbeda. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Yunita R. 2015. Pengembangan Padi Toleran Salinitas Melalui Mutasi dan Seleksi *In Vitro*: Mekanisme Fisiologi Toleransi. *Disertasi*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Wiratmaja IG, Wijaya Kusuma IGB, & Winaya Suprpta IN. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut (*Eucheuma cattonii*) sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 5(1): 75-84.
- Zhang J, Yao Y, John GS, & David CF. 2010. Influence of Soil Drought Stress on Photosynthesis, Carbohydrates and The Nitrogen and Phosphorus Absorb in Different Section of Leaves and Stem of Fuji/M.9EML, A Young Apple Seedling. *African Journal Biotechnology*. 9: 5320-5325.
- Zulhilmi S & Surya NW. 2012. Pertumbuhan dan Uji Kualitatif Kandungan Metabolit Sekunder Kalus Gatang (*Spilanthes acmella* murr.) dengan Penambahan PEG untuk Menginduksi Cekaman Kekeringan. *Jurnal Biologi*. UA 1(1): 1-8.

- Zulfa M. 2019. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu terhadap Pertumbuhan Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.) dalam Kultur Hidroponik Rakit Apung. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Bandar Lampung.
- Zuyasna E, Chairunnas, & Arwin. 2016. Efektivitas Polietilen Glikol Sebagai Bahan Penyeleksi Kedelai Kipas Merah Bireun yang di Radiasi Sinar Gamma untuk Toleransi terhadap Cekaman Kekeringan. *Jurnal Floratek*. 11(1): 66-74.