

**ANALISIS PERUBAHAN PROFIL PROTEIN DAN RESPONS
FISIOLOGIS ANGGREK BULAN [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume]
TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN TERINDUKSI PEG 6000**

(Tesis)

Oleh

TARISA LIVIA HR

NPM 2427021005



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISIS PERUBAHAN PROFIL PROTEIN DAN RESPONS FISIOLOGIS ANGGREK BULAN [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume] TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN TERINDUKSI PEG 6000

Oleh

TARISA LIVIA HR

Phalaenopsis amabilis (L.) Blume merupakan tanaman hias bernilai ekonomi dan estetika tinggi yang ditetapkan sebagai bunga nasional Indonesia, tetapi cekaman kekeringan dapat menghambat pertumbuhan tanaman akibat rendahnya kelembapan dan ketersediaan air. Upaya peningkatan produksi anggrek memerlukan ketersediaan bibit berkualitas dalam jumlah besar, yang sering kali sulit dicapai melalui metode konvensional. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai respons fisiologis dan perubahan profil protein tanaman terhadap cekaman kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan konsentrasi *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 yang masih dapat ditoleransi oleh *P. amabilis* di bawah cekaman kekeringan, (2) menganalisis kandungan karbohidrat terlarut total dan kerapatan stomata pada tanaman yang diinduksi PEG 6000, serta (3) membandingkan profil protein antara tanaman tercekam dan kontrol. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan lima taraf konsentrasi PEG 6000 (0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%), masing-masing lima ulangan. Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi PEG 6000 sebesar 40% merupakan batas toleransi optimum terhadap cekaman kekeringan yang masih dapat dipertahankan oleh tanaman. Peningkatan konsentrasi PEG 6000 secara signifikan meningkatkan kandungan karbohidrat terlarut total dan kerapatan stomata. Analisis profil protein menunjukkan adanya perubahan pola pita protein pada tanaman tercekam, yaitu munculnya pita protein baru pada berat molekul ± 60 kDa dan hilangnya pita protein pada berat molekul ± 25 kDa pada perlakuan PEG 6000 konsentrasi 40%. Hasil tersebut menunjukkan adanya keterkaitan antara respons fisiologis dan perubahan profil protein pada *Phalaenopsis amabilis* dalam menghadapi cekaman kekeringan, yang berpotensi mendukung pengembangan strategi seleksi tanaman toleran kekeringan.

Kata kunci: cekaman kekeringan, *Phalaenopsis amabilis*, PEG 6000, karbohidrat terlarut total, profil protein .

ABSTRACT

ANALYSIS OF PROTEIN PROFILE ALTERATIONS AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF MOON ORCHID [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume] TO PEG 6000-INDUCED DROUGHT STRESS

By

TARISA LIVIA HR

Phalaenopsis amabilis (L.) Blume is an ornamental plant with high economic and aesthetic value and has been designated as the national flower of Indonesia. However, drought stress can inhibit plant growth due to low humidity and limited water availability. Efforts to increase orchid production require the availability of high-quality planting materials in large quantities, which are often difficult to achieve through conventional propagation methods. Therefore, it is necessary to investigate the physiological responses and alterations in protein profiles of plants subjected to drought stress. This study aimed to (1) determine the concentration of Polyethylene Glycol (PEG) 6000 that can still be tolerated by *P. amabilis* under drought stress conditions, (2) analyze total soluble carbohydrate content and stomatal density in PEG 6000-induced plants, and (3) compare protein profiles between drought-stressed plants and control plants. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with a single factor consisting of five PEG 6000 concentrations (0%, 10%, 20%, 30%, and 40%), each with five replications. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) at a 5% significance level, followed by the Honestly Significant Difference (HSD) test. The results showed that 40% PEG 6000 represented the optimum tolerance threshold to drought stress that could still be maintained by the plants. Increasing PEG 6000 concentration significantly increased total soluble carbohydrate content and stomatal density. Protein profile analysis revealed alterations in protein band patterns in droughtstressed plants, indicated by the appearance of a new protein band at approximately 60 kDa and the disappearance of a protein band at approximately 25 kDa in plants treated with 40% PEG 6000. These findings indicate a relationship between physiological responses and protein profile alterations in *Phalaenopsis amabilis* under drought stress conditions, which may support the development of selection strategies for drought-tolerant plants.

Key words: drought stress, *Phalaenopsis amabilis*, PEG 6000, protein profile, total soluble carbohydrates.

**ANALISIS PERUBAHAN PROFIL PROTEIN DAN RESPONS
FISIOLOGIS ANGGREK BULAN [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume]
TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN TERINDUKSI PEG 6000**

Oleh

TARISA LIVIA HR

TESIS

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**PROGRAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Tesis

**: ANALISIS PERUBAHAN PROFIL
PROTEIN DAN RESPONS FISILOGIS
ANGGREK BULAN [*Phalaenopsis
amabilis* (L.) Blume] TERHADAP
CEKAMAN KEKERINGAN
TERINDUKSI PEG 6000**

Nama Mahasiswa

: Tarisa Iyia Hr

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2427021005

Jurusan

: Magister Biologi

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M.Si.
NIP. 196510311992032003

Prof. Dr. Sumardi, M.Si.
NIP. 196503251991031003

Mengetahui,

2. Koordinator Program Studi Magister Biologi

Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP. 196603051991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Prof. Dr. Sumardi, M.Si.**

Penguji
Bukan Pembimbing I : **Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU.**

Penguji
Bukan Pembimbing II : **Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP. 196403261989021001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : **28 Januari 2026**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tarisa Livia Hr
NPM : 2427021005
Program Studi : Magister Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam tesis saya dengan judul **“ANALISIS PERUBAHAN PROFIL PROTEIN DAN RESPONS FISIOLOGIS ANGGREK BULAN [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume] TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN TERINDUKSI PEG 6000”** adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Tesis ini saya susun dengan mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku.

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

Bandar Lampung, Januari 2026

Yang menyatakan,



Tarisa Livia Hr

NPM. 2427021005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Metro pada tanggal 06 April 2001 sebagai anak ketiga dari pasangan Bapak Drs. Chaerullah Eka Putra dan Ibu Sri Herlina HS, S.Pd. Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK Pertiwi Teladan Metro dan melanjutkan pendidikan di SD Negeri 1 Metro Pusat, SMP Negeri 1 Metro dan SMA Negeri 2 Metro. Setelah itu, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, FMIPA Unila melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada tahun 2023. Pada tahun 2024, penulis tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Magister Biologi, FMIPA Unila. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Biosains dan Bioteknologi Tumbuhan dan Teknik Biologi Molekuler.

Selama menempuh pendidikan magister, penulis pernah menjadi presenter pada seminar internasional, yaitu The 1st International Conference of Bioscience, Biodiversity, and Biotechnology (ICB3) tahun 2025 dan The 1st International Conference on Medical Science and Emerging Technology (ICSIGER) tahun 2025. Penulis menyelesaikan Tesis yang berjudul “**Analisis Perubahan Profil Protein dan Respons Fisiologis Anggrek Bulan [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume] Terhadap Cekaman Kekeringan Terinduksi PEG 6000**”.

MOTTO

“Cobalah sekali lagi, kali ini bersama-Ku.”
(QS. At-Taubah : 40)

Just trust with me, you will be fine.
“But they plan, and Allah plans. Allah is the best of planners.”
(QS. Al-Anfal : 30)

“They planned, and Allah planned. And Allah is the best planners.”
(QS. Ali Imran : 54)

Hasbunallah Wanikmal Wakil
“Cukuplah bagi kami Allah sebagai penolong dan
Dia adalah sebaik-baik pelindung.”
(QS. Ali Imran : 173)

PERSEMBAHAN

Dengan segala rasa syukur kepada Allah SWT dan dengan kerendahan hati
kupersembahkan karya ini kepada :

1. Kedua orang tuaku, Ibu dan buyah yang selalu menjadi penyemangat penulis sebagai sandaran terkuat dari kerasnya dunia. Terima kasih selalu berjuang untuk kehidupan penulis.
2. Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala berkah, rahmat, dan hidayah-nya sehingga tesis ini dapat dilesaikan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Magister Sains pada Program Studi Magister Sains pada Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dengan tesis yang berjudul “**Analisis Perubahan Profil Protein dan Respons Fisiologis Anggrek Bulan [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume] terhadap Cekaman Kekeringan Terinduksi PEG 6000**” dengan baik dan tepat pada waktunya.

Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M.Si., selaku Pembimbing I sekaligus Pembimbing Akademik atas waktu dan tenaga dalam memberikan ilmu, bimbingan, nasehat, arahan, saran serta masukan kepada penulis dalam proses perkuliahan, penelitian dan penyusunan tesis ini.
2. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si., selaku Pembimbing II atas segala ilmu yang berharga dalam membimbing penulis selama proses penyusunan tesis ini.
3. Bapak Prof. Dr. Drs. Hardoko Insan Qudus, SU., selaku Pembahas I yang telah memberikan saran, masukan, dan kririk yang membangun sehingga penelitian ini dapat menjadi lebih baik dan komprehensif.
4. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc., selaku Pembahas II atas koreksi serta pandangan ilmiah yang memperkaya isi dan kualitas penelitian ini.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.

8. Bapak Dr. Jani Master, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Unila.
9. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc., selaku Koordinator Program Studi Magister Biologi FMIPA Unila.
10. Bapak dan Ibu Dosen serta segenap Karyawan Jurusan Biologi FMIPA Unila yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas ilmu, bimbingan dan bantuan yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
11. Untuk dua orang yang selalu menjadi cahaya dalam hidupku, Ibu dan Buyah. Terima kasih atas dukungan yang tak pernah goyah serta doa yang tak pernah putus kepadaku di setiap langkah perjalanan ini. Terima kasih atas kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis untuk menjalani semua proses kehidupan.
12. Kakak penulis, Mira Olivia Hr, M.Pd., Gr. yang selalu berusaha mengusahakan apapun untuk adiknya.
13. Abang penulis, Tengku Abdi Pratama, S.An., Gr. yang selalu memberikan nasehat yang baik dan mengingatkan penulis untuk melibatkan Allah SWT di setiap langkah.
14. Teman seperjuangan penelitian Azahra Putri Najla atas kebersamaan yang terjalin selama ini.
15. Untuk semua pihak yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan perkuliahan dan kehidupan penulis. *Thank you for staying through every version of me.*

Penulis menyadari bahwa penulisan ini jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat dan berguna bagi semua pihak.

Bandar Lampung, Januari 2026

Tarisa Livia Hr

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pikir	4
1.4 Hipotesis Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Anggrek Bulan [<i>Phalaenopsis amabilis</i> (L.) Blume]	6
2.2 Cekaman Kekeringan	8
2.3 Cekaman Kekeringan Pada Ekspresi Gen	11
2.4 Polyethylene Glycol (PEG)	13
2.5 Karbohidrat	14
2.6 Stomata	15
2.7 Profil Protein	17
III. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Waktu dan Tempat.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Rancangan Percobaan	20
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	20
3.5 Pelaksanaan penelitian	22
3.5.1.Persiapan Medium Tanam	22
3.5.2 Penanaman Anggrek Bulan	22
3.5.3 Pembuatan PEG 6000	22
3.5.4 Perlakuan PEG 6000 dan Pengamatan	22
3.5.5 Karakterisasi <i>P. amabilis</i>	23

a. Persentase Jumlah Tanaman Hidup	23
b. Visualisasi Tanaman	23
c. Kandungan Karbohidrat.....	23
d. Kerapatan Stomata	24
e. Profil Protein dengan Metode SDS-PAGE	25
f. Analisis Data	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Persentase Jumlah Tanaman Hidup.....	28
4.2 Persentase Visualisasi Tanaman	29
4.3 Kandungan Karbohidrat Terlarut Total	32
4.4 Kerapatan Stomata	34
4.5 Profil Protein dengan Metode SDS-PAGE.....	39
IV. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	55
Tabel 6 – 7	57
Gambar 6 - 19	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tata letak satuan percobaan	20
2. Persentase jumlah tanaman hidup hasil seleksi PEG 6000	28
3. Persentase visualisasi <i>P. amabilis</i> hasil seleksi PEG 6000	29
4. Hasil kandungan karbohidrat terlarut total <i>P. amabilis</i>	32
5. Hasil kerapatan stomata <i>P. amabilis</i>	35
6. Jumlah tanaman hidup dan visualisasi tanaman <i>P. amabilis</i>	52
7. Jumlah stomata <i>P. amabilis</i>	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bunga <i>P. amabilis</i> (L.) Blume	7
2. Bagan alir penelitian	21
3. Tanaman <i>P. amabilis</i> dengan penambahan PEG 6000 pada setiap taraf konsentrasi di minggu terakhir pengamatan	30
4. Permukaan bawah daun <i>P. amabilis</i> perbesaran 40x pada setiap taraf konsentrasi	36
5. Pola pita profil protein <i>P. amabilis</i> dengan penambahan PEG 6000 pada setiap taraf konsentrasi	39
6. Pembuatan larutan PEG 6000	64
7. Perlakuan PEG 6000	64
8. Pengamatan bibit <i>P. amabilis</i>	64
9. Penimbangan daun <i>P. amabilis</i>	64
10. Uji kandungan karbohidrat	64
11. Pemberian larutan fenol	64
12. Pembacaan panjang gelombang uji karbohidrat	65
13. Pengamatan kerapatan stomata	65
14. Tanaman <i>P. amabilis</i> setelah 4 minggu pengamatan	65
15. Marker protein	65
16. Visualisasi tanaman <i>P. amabilis</i> dengan perlakuan kontrol (0%) pada minggu keempat pengamatan	66
17. Visualisasi <i>P. amabilis</i> dengan penambahan PEG 6000 konsentrasi 10% pada minggu keempat pengamatan	66

18. Visualisasi *P. amabilis* dengan penambahan PEG 6000 konsentrasi 20%
pada minggu keempat pengamatan 66
19. Visualisasi *P. amabilis* dengan penambahan PEG 6000 konsentrasi 30%
pada minggu keempat pengamatan 67
20. Visualisasi *P. amabilis* dengan penambahan PEG 6000 konsentrasi 40%
pada minggu keempat pengamatan 67

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sekitar 4.000 jenis anggrek yang tumbuh dan tersebar di seluruh pulau. Daya tahan atau kesegaran bunga anggrek yang relatif lama menjadi faktor tingginya nilai ekonomi anggrek, sehingga memberikan prospek pasar yang cukup cerah (BPS, 2023). Jenis *Phalaenopsis amabilis* atau biasa dikenal dengan anggrek bulan termasuk Familia Orchidaceae yang memiliki daya tarik khas (Ambarwati dkk., 2021; Lisa dkk., 2019; Mukminin dkk., 2016). Tanaman ini memiliki karakteristik warna bunga putih. Daunnya berwarna hijau dengan bentuk memanjang serta akarnya berwarna putih dan berbentuk bulat memanjang (Nikmah dkk., 2017; Mercuriani dkk., 2014).

Menurut CITES (2023), tanaman *P. amabilis* termasuk dalam daftar tumbuhan yang terancam punah dan tercantum dalam Apendiks II CITES, menunjukkan perlu adanya upaya konservasi yang serius. Produksi *P. amabilis* di Indonesia masih tertinggal dibandingkan dengan negara-negara seperti Thailand, Taiwan, dan Australia. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk keterbatasan teknologi perbanyakan dan tantangan dalam budidaya (Nurchayani *et al.*, 2020a).

Salah satu tantangan utama dalam budidaya *P. amabilis* adalah keterbatasan ketersediaan air akibat kekeringan yang sering terjadi, menyebabkan stres fisiologis yang signifikan. Cekaman kekeringan dapat memperlambat pertumbuhan luas daun, mengganggu fungsi stomata, dan menurunkan laju fotosintesis yang berdampak negatif terhadap produktivitas tanaman. Penutupan stomata sebagai respons terhadap kekeringan mengurangi laju

fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Xia *et al.*, 2024; Paletri dkk., 2019; Putri *et al.*, 2019; Cheng *et al.*, 2019; Guo *et al.*, 2019).

Stres akibat kekeringan merupakan salah satu bentuk tekanan lingkungan yang paling dominan dan berdampak signifikan terhadap produktivitas pertanian di seluruh dunia (Li *et al.*, 2019). Kekeringan dikenal sebagai stres abiotik paling merugikan dalam sektor pertanian karena menghambat proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman, menyebabkan inaktivasi protein pada membran sel, serta menyebabkan penurunan kualitas hasil panen yang lebih besar dibandingkan jenis stres lingkungan lainnya (Opitz *et al.*, 2016; Tripathi *et al.*, 2015; Lu *et al.*, 2017).

Salah satu cara untuk mengatasi cekaman kekeringan pada tanaman adalah dengan menggunakan kultivar tanaman yang tahan terhadap stres kekeringan (Nurcahyani dkk., 2020b; Nurcahyani dkk., 2021b; Nurcahyani dkk., 2022). Varietas tersebut dapat diperoleh melalui seleksi individu yang toleran terhadap kekeringan dari suatu populasi. Seleksi awal untuk menemukan toleransi kekeringan bisa dilakukan dengan mensimulasikan kondisi cekaman kekeringan pada tanaman menggunakan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000. Senyawa ini sering digunakan dalam penelitian sebagai agen osmotik untuk mensimulasikan kondisi kekeringan secara terkendali, sehingga memungkinkan identifikasi varietas tanaman yang toleran terhadap stres air (Misal *et al.*, 2024; Rashad *et al.*, 2023; Licaj *et al.*, 2024; Mustamu *et al.*, 2023; Reyes, 2023).

Penggunaan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 sebagai agen simulasi cekaman kekeringan memiliki keunggulan karena mampu mengontrol tingkat cekaman secara lebih akurat dan tidak bersifat toksik bagi tanaman dibandingkan senyawa lain (Paletri dkk., 2019). Selain itu, PEG 6000 efektif mensimulasikan kondisi kekurangan air pada tanah kering pada konsentrasi tertentu serta berpotensi menghasilkan genotipe tanaman yang lebih toleran terhadap cekaman kekeringan (Faisal *et al.*, 2019).

Salah satu teknik biokimia yang sering digunakan untuk memisahkan pita protein berdasarkan berat molekul adalah *Sodium Dodecyl Sulphate Polyacrylamide Gel Electrophoresis* (SDS-PAGE) (Nurcahyani dkk, 2022). Metode ini banyak digunakan karena bersifat sederhana, efektif, dan hanya membutuhkan waktu yang relatif singkat (Abou *et al.*, 2014; Ahmed *et al.*, 2010; Masoumi *et al.*, 2012; Radwan *et al.*, 2013; Sadia *et al.*, 2009). Pada kondisi cekaman kekeringan, tanaman mengekspresikan protein spesifik seperti dehidrin yang ditandai dengan munculnya pita protein baru dan berperan dalam meningkatkan toleransi terhadap stres (Motallebi *et al.*, 2019).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Risma *et al.* (2022), hasil elektroforesis pada planlet *P. amabilis* yang diberi perlakuan asam fusarat menunjukkan munculnya pita protein dengan berat molekul 80 kDa, yang tidak ditemukan pada kontrol. Hal ini mengindikasikan adanya ekspresi protein baru atau peningkatan ekspresi protein tertentu sebagai respons terhadap stres. Hal ini sejalan dengan penelitian Melta dan Nurcahyani (2023) pada tanaman Cassava dengan perlakuan PEG 6000. Hasil penelitian tersebut menunjukkan munculnya pita protein pada berat molekul 34 kDa, yang tidak ditemukan pada kontrol yang menandakan adanya induksi protein akibat stres osmotik dan berperan dalam mekanisme toleransi terhadap cekaman.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut.

1. Menentukan konsentrasi PEG 6000 yang masih dapat ditoleransi oleh *P. amabilis* di bawah cekaman kekeringan.
2. Menganalisis kandungan karbohidrat terlarut total dan kerapatan stomata pada tanaman yang diinduksi PEG 6000.
3. Membandingkan profil protein antara tanaman tercekam dan kontrol.

1.3 Kerangka Pikir

Anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*) sangat populer di Indonesia karena nilai ekonomis tinggi dan corak bunga yang indah. Tanaman hias ini sering menjadi pilihan utama para pecinta tanaman dan pembudidaya karena bunga yang elegan, warna menawan, dan daya tahan yang lama. Bunga anggrek bulan berukuran besar dengan corak putih dihiasi warna ungu, merah muda, atau kuning pada kelopak dan bibir bunga, serta aroma harum yang menambah daya tarik. Keindahan dan keunikannya membuat anggrek bulan diminati untuk dekorasi rumah atau bunga potong, sekaligus menjadi komoditas bernilai tinggi di pasar domestik dan internasional dalam industri florikultura.

Meskipun memiliki nilai ekonomis yang tinggi, anggrek bulan memiliki tantangan dalam hal budidaya, salah satunya adalah ketahanannya terhadap cekaman kekeringan. Cekaman kekeringan yang sering terjadi karena perubahan iklim dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman anggrek bulan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh kandidat tanaman *P. amabilis* yang toleran terhadap cekaman kekeringan.

Apabila dalam analisis protein ditemukan munculnya pita protein baru, hal tersebut dapat mengindikasikan adanya ekspresi protein dehidrin yang umumnya terekspresi pada tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan. Dehidrin merupakan protein yang berperan dalam mekanisme perlindungan sel terhadap stres akibat kekurangan air, oleh karena itu kemunculan pita protein baru pada hasil elektroforesis dapat menjadi penanda respons adaptif tanaman dan menunjukkan adanya potensi toleransi terhadap cekaman kekeringan.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini sebagai berikut.

1. Terdapat konsentrasi PEG 6000 yang toleran untuk pertumbuhan *P. amabilis* yang resisten terhadap cekaman kekeringan.
2. Terdapat peningkatan kandungan karbohidrat terlarut total dan kerapatan stomata pada *P. amabilis* yang diinduksi PEG 6000.
3. Terdapat perbedaan profil protein antara *P. amabilis* yang mengalami cekaman akibat induksi PEG 6000 dan tanaman kontrol.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Anggrek Bulan [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume]

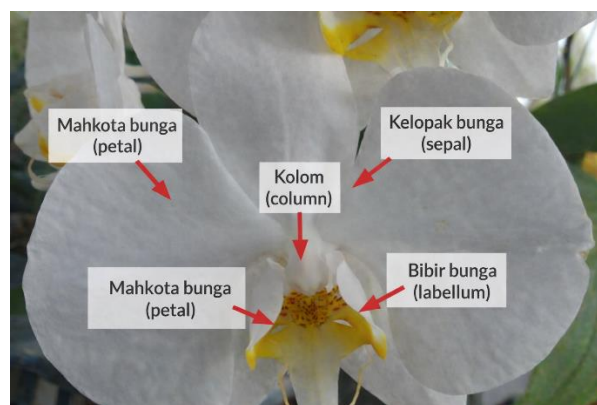
Klasifikasi anggrek bulan dalam sistem klasifikasi Cronquist (1981) dan APG II (2003) sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Magnoliophyta
Classis	: Liliopsida
Ordo	: Asparagales
Familia	: Orchidaceae
Genus	: <i>Phalaenopsis</i>
Spesies	: <i>Phalaenopsis amabilis</i> (L.) Blume

Phalaenopsis merupakan salah satu genus anggrek yang lebih dikenal dengan sebutan anggrek bulan. Anggrek bulan telah ditetapkan sebagai puspa pesona Indonesia dan menjadi salah satu bunga nasional. Dalam genus *Phalaenopsis* tercatat sekitar 60 spesies dan 140 varietas (Arobaya, 2022). Beberapa spesies *Phalaenopsis* yang ditemukan di Indonesia antara lain *P. amabilis*, *P. javanica*, *P. sumatrana*, dan *P. ambonensis*. *Phalaenopsis amabilis* memiliki ciri khas bunga berwarna putih dengan jumlah bunga yang banyak serta tangkai bunga yang kuat. *Phalaenopsis javanica* umumnya memiliki bunga berwarna kuning, krem, atau merah. Sementara itu, *Phalaenopsis ambonensis* memiliki bunga berwarna kuning hingga merah dengan corak berbintik (Nikmah dkk., 2017).

Daun tanaman anggrek bulan memiliki warna hijau dengan tekstur daging yang tebal, berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan. Daun penumpu tumbuh melingkupi batang dengan bentuk helai daun yang oblongus, ujung daun yang tajam (*acute*) atau membulat (*obtuse*), serta pangkal daun yang berbentuk bulat (*rotundate*) atau terpotong rata (*truncate*). Ukuran daun tersebut berkisar antara panjang 20-30 cm dan lebar 5-10 cm. Batang tanaman ini bersifat monopodial, yaitu tumbuh dari satu titik pusat, dengan akar udara yang menempel pada batangnya. Akar tersebut tidak berambut dan berfungsi untuk mencari makanan serta sebagai alat untuk menempelkan tanaman pada inang (Arobaya, 2022).

Visualisasi tanaman *P. amabilis* disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bunga *Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume.
(Arobaya, 2022)

Tanaman anggrek *Phalaenopsis* memiliki sel epidermis bagian atas yang berbentuk poligonal (segilima), dengan tipe stomata tetrasitik. Panjang stomata sekitar 5,1 μm , lebar stomata 3,7 μm , dan jumlah stomata antara 1 hingga 5 dalam satu bidang pandang. Jumlah sel tetangga sebanyak 4 sel, dengan indeks stomata sebesar 1,4%. Pada bagian bawah daun, sel epidermis juga berbentuk poligonal, tipe stomata tetap tetrasitik, dengan panjang stomata 6,5 μm , lebar stomata 4,5 μm , jumlah stomata 11- 17 dalam satu bidang pandang, dan jumlah sel tetangga sebanyak 4 sel. Indeks stomata pada bagian bawah daun mencapai 6,4%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah

stomata pada bagian bawah daun *Phalaenopsis* lebih banyak dibandingkan dengan jumlah stomata pada bagian atas daun (Shalwa dan Ardi, 2025).

Untuk merawat tanaman *P. amabilis* diperlukan kondisi yang ideal agar dapat tumbuh dengan baik. Kondisi yang dapat mempengaruhi pertumbuhan anggrek bulan yaitu suhu, kelembapan, pencahayaan, media tanam, sirkulasi udara, pupuk, penyiraman, dan perawatan akar. Anggrek Bulan tumbuh dengan baik dalam suhu yang stabil. Suhu yang ideal untuk anggrek antara 27 – 30° C dan suhu malam antara 21 – 27° C (Najikh dkk., 2018).

Sebagai salah satu negara penghasil anggrek yang cukup besar, Indonesia sering menghadapi masalah kekeringan pada media tanam. Masalah ini semakin diperburuk oleh perubahan iklim di Indonesia yang menyebabkan kondisi iklim menjadi semakin ekstrem. Jika penyiraman air pada anggrek melebihi batas yang disarankan, hal tersebut dapat menyebabkan akar tanaman membusuk bahkan mati. Kondisi ini tentunya akan menghambat proses pertumbuhan anggrek, baik dari segi fisiologis maupun morfologis (Amini dkk., 2020).

2.2 Cekaman Kekeringan

Cekaman kekeringan merupakan kondisi di mana kadar air tanah berada pada tingkat minimum yang dibutuhkan untuk perkembangan dan produksi tanaman (Sujinah dan Ali, 2016). Cekaman kekeringan berdampak pada mekanisme seluler, fisiologis, dan biokimiawi. Pada tingkat seluler, kekeringan dapat mengakibatkan kehilangan air protoplasmik, sehingga terjadi peningkatan konsentrasi ion, menghambat fungsi metabolik, dan meningkatkan kemungkinan terjadinya interaksi antar molekul yang dapat menyebabkan penurunan fungsi membran sel. Cekaman

kekeringan menyebabkan penurunan turgor pada sel tanaman dan berakibat pada menurunnya proses fisiologis, seperti penurunan aktivitas fotosintesis (Zhang *et al.*, 2023).

Selanjutnya, apabila ditinjau dari proses biokimiawi, cekaman kekeringan menyebabkan penghambatan aktivitas enzim α amilase, penurunan produksi auksin, sitokinin, dan Giberilin (GA). Selain itu, cekaman kekeringan dapat mengurangi transisi antara pembelahan sel, ekspansi sel, serta mempengaruhi inisiasi, perkembangan, ekspansi, dan pertumbuhan daun (Saha *et al.*, 2022).

Kondisi kekeringan menyebabkan stres pada tanaman yang berpotensi mengarah pada tekanan. Penurunan konsentrasi karbondioksida pada daun akan mempengaruhi mobilisasi pati dan dapat meningkatkan tingkat respirasi tanaman. Untuk mempertahankan proses metabolisme, tanaman akan mengurangi penggunaan cadangan karbohidrat yang menyebabkan kekurangan karbon. Akibatnya, pertumbuhan tanaman terhambat, dan dalam jangka waktu yang lebih lama, tanaman bisa mengalami kematian (Liu *et al.*, 2012).

Penyerapan air oleh tanaman akan berkurang saat menghadapi kekeringan. Laju penyerapan air berhubungan langsung dengan laju transpirasi, yang terjadi melalui stomata. Transpirasi akan meningkat jika stomata terbuka lebar. Kekurangan air dapat membatasi laju fotosintesis karena dipengaruhi oleh turgiditas sel penjaga pada stomata. Saat tanaman mengalami kekeringan, turgiditas sel penjaga akan menurun, menyebabkan stomata menutup. Jumlah stomata menjadi salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengenali dan memilih genotipe tanaman yang lebih toleran terhadap kekeringan (Hendrati dkk, 2016; Khosroshahi *et al.*, 2014).

Stomata berperan dalam proses transpirasi antara daun dan atmosfer (Avci and Aygun, 2014), sementara trikoma pada daun berfungsi untuk melindungi tanaman dari kekeringan (Almeida *et al.*, 2020). Trikoma membantu memperkuat fungsi epidermis sebagai pelindung dan mencegah penguapan air yang berlebihan. Selain itu, trikoma juga mengurangi laju transpirasi ketika tanaman kekurangan air dan melindungi tanaman dari serangan herbivora, patogen, serta menjadi tempat penyimpanan metabolit sekunder. Kedua faktor ini penting untuk dianalisis guna memahami respons tanaman terhadap kekeringan (Ambardini dkk., 2015; Dewi dkk., 2016).

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan menunjukkan respons berupa perubahan pada tingkat seluler dan molekuler, seperti perubahan pada pertumbuhannya, penyusutan volume sel, pengurangan luas daun, penebalan daun, serta munculnya rambut pada permukaan daun. Selain itu, terjadi peningkatan rasio akar-tajuk, perubahan sensitivitas stomata, penurunan laju fotosintesis, serta perubahan dalam metabolisme karbon dan nitrogen. Aktivitas enzim dan hormon tanaman juga mengalami perubahan. Pada tanaman yang mengalami kekeringan, pertumbuhan akar menjadi lebih diutamakan dibandingkan dengan pertumbuhan bagian tanaman lainnya, sebagai bentuk adaptasi terhadap kekurangan air. Akar yang lebih panjang memudahkan tanaman untuk mencari dan menyerap air dari sumber yang lebih dalam (Chairil dkk., 2023).

2.3 Cekaman Kekeringan Pada Ekspresi Gen

Tanaman memiliki mekanisme adaptif khusus untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya di bawah kondisi cekaman kekeringan. Mekanisme tersebut diawali dengan kemampuan tanaman dalam mengenali sinyal cekaman melalui identifikasi gen-gen target pada membran plasma, kemudian mentransduksi dan menyebarkan informasi tersebut dari satu sel ke sel lain hingga ke seluruh bagian tanaman (Zhu, 2016). Respons awal ini memicu perubahan fisiologis, biokimia, dan molekuler yang bertujuan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap defisit air.

Pada tingkat molekuler, cekaman kekeringan menyebabkan terjadinya pemrograman ulang ekspresi gen, termasuk penurunan ekspresi gen-gen yang berkaitan dengan proses fotosintesis, yang ditandai oleh menurunnya tingkat mRNA fotosintetik. Selain itu, sejumlah gen tertentu akan terinduksi secara spesifik selama kondisi cekaman, dan produk gen-gen tersebut berperan dalam perlindungan seluler terhadap kerusakan akibat stres lingkungan. Salah satu gen penting yang terlibat dalam respons tanaman terhadap kekeringan adalah gen *aquaporin*, yang berperan dalam pengaturan transpor air antar sel (Afzal *et al.*, 2016).

Aquaporin merupakan protein membran yang memfasilitasi perpindahan air dan molekul netral terlarut, seperti karbon monoksida, melalui membran plasma sel. Pada tumbuhan, aquaporin dikelompokkan ke dalam beberapa subfamili utama, yaitu *plasma membrane intrinsic proteins* (PIPs), *tonoplast intrinsic proteins* (TIPs), *nodulin 26-like intrinsic proteins* (NIPs), *small intrinsic proteins* (SIPs), dan *basic intrinsic proteins* (BIPs) (Forrest and Bhav, 2008). Regulasi ekspresi aquaporin menjadi salah satu faktor kunci dalam pengaturan status air sel tanaman selama cekaman kekeringan.

Selain perubahan ekspresi gen terkait transport air, cekaman kekeringan juga memicu ketidakseimbangan metabolisme seluler. Singh *et al.* (2019) melaporkan bahwa tanaman dengan overekspresi protein kinase CIPK11 (CIPK11OE) menunjukkan hipersensitivitas terhadap cekaman kekeringan, yang ditandai oleh meningkatnya kehilangan air dari daun serta akumulasi spesies oksigen reaktif (*reactive oxygen species* atau ROS). Pada tingkat sel, kelebihan ROS akibat cekaman kekeringan dapat mengganggu homeostasis redoks dan memicu stres oksidatif, yang selanjutnya menurunkan efisiensi fotosintesis, menyebabkan kerusakan sel akibat peroksidasi lipid, serta menurunkan stabilitas membran sel sehingga berujung pada gejala layu daun (Zannati, 2021).

Sebagai bentuk adaptasi, tanaman juga mengaktifkan mekanisme osmoproteksi melalui akumulasi senyawa tertentu. Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan mampu mengakumulasi prolin dalam jumlah yang lebih tinggi dibandingkan tanaman kontrol tanpa cekaman. Akumulasi prolin berfungsi sebagai osmoprotektan, penstabil protein dan membran, serta penangkal stres oksidatif. Secara umum, respons molekuler tanaman terhadap cekaman kekeringan mencakup peningkatan akumulasi osmoprotektif dan protein-protein adaptif yang berperan dalam meningkatkan toleransi terhadap kondisi defisit air (Pereira *et al.*, 2019).

Seiring perkembangan bioteknologi, berbagai gen yang responsif terhadap cekaman osmotik telah berhasil diidentifikasi dan dikarakterisasi. Analisis ekspresi gen serta variasi genetik pada tanaman transgenik banyak digunakan untuk memahami peran gen-gen tersebut dalam toleransi terhadap cekaman lingkungan (Ferreira *et al.*, 2020). Beberapa gen yang diketahui berkontribusi terhadap toleransi kekeringan antara lain gen *pyrroline-5-carboxylate synthetase* (P5CS) dan gen *dehydrin* (DHN), yang menunjukkan

peningkatan ekspresi selama cekaman dan terbukti mampu meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi kekurangan air (Iskandar *et al.*, 2011).

2.4 Polyethylene Glycol (PEG)

Deteksi dini terhadap cekaman kekeringan dapat dilakukan dengan menggunakan larutan osmotikum, karena larutan ini mampu mengontrol potensial air pada media tanam. Salah satu jenis osmotikum yang sering digunakan adalah Polyethylene Glycol (PEG). PEG merupakan senyawa stabil, non-ionik, dan polimer panjang yang larut dalam air serta dapat digunakan dalam distribusi molekul yang luas. Senyawa PEG berfungsi mengontrol potensial air dan tidak bersifat toksik bagi tanaman, melalui aktivitas matriks sub-unit etilen oksida (CH-OCH) yang mengikat 22 molekul air melalui ikatan hidrogen (Aini *et al.*, 2019). Secara umum, PEG memiliki keunggulan dibandingkan osmotikum bermolekul rendah lainnya karena mampu mensimulasikan kondisi tanah yang mengalami defisit air secara lebih mendekati kondisi alami. Oleh karena itu, PEG sering digunakan dalam kondisi laboratorium sebagai agen seleksi untuk mengidentifikasi genotipe yang toleran terhadap cekaman kekeringan (Manonmani *et al.*, 2020).

Menurut Yustiningsih *et al.* (2021) PEG dapat menciptakan kondisi yang ideal dengan cekaman kekeringan karena sifatnya menurunkan potensial osmotik. Cekaman kekeringan terjadi ketika tanaman kekurangan air akibat keterbatasan pasokan air dari lingkungan atau media tanam. Molekul air yang terikat akan sulit untuk diserap oleh tanaman dan menghambat pertumbuhan tanaman karena air memiliki fungsi yang krusial bagi tanaman dalam melakukan metabolisme.

Penggunaan PEG dalam jangka panjang tidak 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). Penggunaan PEG untuk mensimulasikan cekaman kekeringan bergantung pada konsentrasi larutan yang diberikan. Konsentrasi larutan PEG yang dipakai berpengaruh terhadap tingginya cekaman yang diberikan terhadap tanaman. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin kuat cekaman yang diberikan. Konsentrasi PEG tertentu dapat memberikan pengaruh negatif terhadap persentase tanaman yang dapat bertahan hidup (Nurcahyani dkk, 2022).

2.5 Karbohidrat

Karbohidrat merupakan kelompok senyawa yang dapat dihidrolisis menjadi polisakarida, aldehid dan keton. Karbohidrat pada tumbuhan berupa amilum atau pati. Pati merupakan polimer yang dibentuk dari glukosa jenis monomer, yang dihubungkan dengan rantai yang mirip dengan maltosa, misalnya amilosa dan amilopektin (Nurcahyani dkk., 2019).

Peran karbohidrat adalah sebagai sumber energi bagi pertumbuhan tanaman terutama pembentukan tunas dan daun pada tanaman. Pada awal pertumbuhan tanaman dibatasi oleh tersedianya cadangan makanan yang ada di dalam bahan makanan. Pertambahan pertumbuhan berlangsung melalui suatu rentetan peristiwa yang meliputi antara lain pembentukan karbohidrat (proses fotosintesis), proses absorpsi, translokasi, metabolisme, dan respirasi (Suharjo *et al.*, 2017; Ainsworth and Bush, 2012). Karbohidrat memainkan peran kunci dalam semua aspek kehidupan tanaman. Kekurangan karbohidrat akan berdampak pada proses metabolisme dan perkembangan tanaman (Li *et al.*, 2013; Shipley, 2016). Daun merupakan bagian tanaman dengan kadar pertukaran gas dan

aktivitas fotosintesis yang tertinggi, oleh karena itu kadar karbohidrat tertinggi berada pada bagian daun (Costa *et al.*, 2021), sehingga digunakan untuk menentukan kadar karbohidrat terlarut suatu tanaman. Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan memiliki kandungan karbohidrat terlarut total yang meningkat (Mafakheri *et al.*, 2010).

2.6 Stomata

Stomata dapat ditemukan di epidermis daun dan memiliki fungsi dalam pertukaran air dan gas. Stomata paling banyak ditemukan di bawah permukaan daun. Stomata pada tanaman mengambil CO₂ dari udara untuk proses fotosintesis dan melepaskan O₂ sebagai hasil samping fotosintesis. Stomata juga menyesuaikan tingkat pembukaan dan penutupannya sesuai dengan kondisi lingkungan, seperti intensitas cahaya, ketersediaan air, dan kelembapan, sehingga stomata dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis serta menjaga keseimbangan air tanaman (Anosheh *et al.*, 2016; Lawson and Blatt 2014).

Letak antara satu stomata dengan stomata lainnya dapat memengaruhi intensitas penguapan dari tumbuhan. Pengendalian kehilangan air sangat penting guna menghindari kehilangan air berlebihan pada daun. Karakteristik stomata pada daun meliputi jumlah, kerapatan, dan jenis stomata. Jarak stomata yang terlalu berdekatan akan menghambat penguapan (Izza dan Lily, 2015).

Kutikula lilin pada permukaan daun berfungsi mencegah kehilangan air pada tumbuhan darat, sedangkan stomata memfasilitasi transpirasi sehingga suhu daun tetap berada pada tingkat yang optimal. Stomata juga mengatur penyerapan CO₂ selama fotosintesis yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Keseimbangan antara kebutuhan CO₂ untuk fotosintesis dan kehilangan air melalui

transpirasi bergantung pada respons stomata terhadap sinyal lingkungan maupun endogen (Lawson and Blatt, 2014; Lawson *et al*, 2020).

Stomata memiliki beberapa tipe yang dapat mempengaruhi terjadinya proses transpirasi ataupun proses keluar masuknya gas ataupun air dari lingkungan ke dalam sel (Khoiroh dkk., 2014). Proses transpirasi pada tumbuhan dapat dipengaruhi oleh faktor internal dari tumbuhan tersebut seperti distribusi stomata dan luas stomata. Distribusi stomata adalah kerapatan jumlah stomata pada sel epidermis dalam satu bidang pandang. Kerapatan jumlah stomata yang rendah dan sel epidermis yang tinggi pada satu bidang pandang menghasilkan distribusi stomata yang rendah, begitu juga sebaliknya (Hakim dkk., 2013).

Respon suatu tanaman terhadap cekaman kekeringan berkaitan dengan kemampuannya untuk tetap bertahan dalam kondisi deficit air. Penelitian Rajiv *et al.* (2010) mengungkapkan bahwa penutupan stomata merupakan respons awal tanaman terhadap cekaman kekeringan yang bertujuan untuk mengurangi transpirasi. Penutupan stomata ini dapat menyebabkan penurunan laju fotosintesis pada tanaman. Jumlah stomata per luas bidang pandang mikroskop (mm^2) berbeda antara tanaman satu dengan lainnya. Semakin banyak jumlah stomata, semakin tinggi kerapatannya. Tingkat kerapatan stomata pada setiap tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, seperti suhu, intensitas cahaya, dan ketersediaan air (Meriko dan Abizar, 2017).

2.7 Profil Protein

Protein merupakan produk akhir dari ekspresi gen pada organisme prokariotik dan eukariotik. Protein dianggap sebagai molekul yang menawarkan banyak peran dan fungsi yang sangat beragam di dalam sel. Isolasi dan karakterisasi protein telah menjadi salah satu subjek yang paling menarik bagi para peneliti dari berbagai bidang area (Batista *et al.*, 2015). Salah satu metode analisis profil protein yang dapat dilakukan adalah metode SDS-PAGE (*Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis*). Teknik ini akan menganalisis protein berdasarkan perbedaan berat molekulnya. SDS-PAGE tersusun atas dua jenis gel, yaitu *stacking gel* yang berada di bagian atas dengan fungsi sebagai tempat protein terkonsentrasi sebelum memasuki gel pemisah (*resolving gel*), dan *resolving gel* yang berada dibagian bawah dengan fungsi memisahkan protein berdasarkan berat molekulnya (O'Connor, 2022).

Metode SDS-PAGE dapat mengidentifikasi pola pita protein tanaman menggunakan gel poliakrilamid dengan *buffer* sodium dedosil sulfat yang merupakan metode terbaik untuk analisis protein karena adanya *gel polyacrylamide* dalam pemurnian proteinnya (Wibowo dkk, 2012). SDS-PAGE memisahkan molekul-molekul protein berdasarkan ukuran dan bentuk partikelnya serta menentukan berat molekul karena kemampuannya yang dapat bergerak dalam arus listrik.

Hal ini dicapai dengan menambahkan deterjen SDS dan pemanasan untuk merusak struktur tiga dimensi pada protein dengan terpecahnya ikatan disulfida yang selanjutnya direduksi menjadi gugus sulfidihidril. SDS akan membentuk kompleks dengan protein dan kompleks ini bermuatan negatif karena gugus-gugus anionik dari SDS (Dunn, 2014). Pembentukan protein baru atau peningkatan

produksi protein yang sudah ada sebelumnya menunjukkan bahwa protein tersebut diproduksi sebagai respons terhadap stres lingkungan (Kumar *et al.*, 2011). Sebagai respons terhadap kondisi kekeringan, tanaman mengekspresikan gen dehidrin, yang berfungsi sebagai mekanisme molekuler untuk bertahan di kondisi kekurangan air (Huseynova *et al.*, 2015).

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi gambaran pita-pita protein dalam gel antara lain adalah konsentrasi gel, suhu, dan pH. Suhu yang tinggi akibat proses pemanasan dapat menguraikan struktur protein menjadi lebih sederhana sehingga pita-pita protein menunjukkan berat molekul yang lebih kecil. Selain itu pH yang ekstrem juga dapat menyebabkan proses denaturasi, sedangkan konsentrasi gel yang terlalu tinggi menyebabkan pori-pori gel semakin kecil sehingga pita yang muncul menunjukkan berat molekul yang lebih kecil (Nurchayani dkk, 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Agustus 2025 di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung serta Laboratorium Rekayasa Genetika, Pusat Studi Bioteknologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *plastic cup*, timbangan analitik, *mortar* dan *pestle*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, silet, *object glass*, *cover glass*, spektrofotometer, labu ukur, autoklaf, mikroskop, erlenmeyer, optilab, alat tulis, mikropipet, botol kultur, pinset, scalpel, nampan, rak kultur, kertas saring Whatman No 1, aluminium foil, *beaker glass*, pipet, tisu corong, gelas ukur, oven, batang pengaduk, spatula, kamera, kertas label dan elektroforesis.

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel segar daun *P. amabilis*, alkohol 70%, alkohol 96%, akuades, *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000, asam sulfat (H_2SO_4), fenol, safranin, *Phosphate Buffer Saline* (PBS) ($NaCl$ 8,55 g/L ; $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ 1,33 g/L ; $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ 0,34 g/L), *separating gel* 12% (akuades 3,3 mL ; poliakrilamid 4 mL ; 1,5 Tris pH 8,8 2,5 mL ; 10% SDS 100 μ L dan 10% APS 90 μ L), *stacking gel* 6% (akuades 2,6 mL ; poliakrilamid 1 mL ; 0,5 M Tris pH 6,8 1,15

mL ; 10% SDS 50 μ L ; TEMED 10 μ L dan 10% APS 90 μ L),
running buffer 0,1 % (akuades 1 L, Tris Base 15 g, glisin 72 g, SDS 5 g), *coomasie brilliant blue*, larutan destaining (500 mL akuades, 40 mL metanol, 10 mL asam asetat glasial).

3.3 Rancangan Percobaan

Rancangan Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima taraf konsentrasi PEG 6000 yang terdiri atas konsentrasi 0% (A1), 10% (A2), 20% (A3), 30% (A4) dan 40% (A5). Masing-masing perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak lima kali, yang setiap ulangan terdiri dari 1 bibit anggrek bulan. Tata letak satuan percobaan disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Tata Letak Satuan Percobaan

Jenis Sampel				
A5U5	A2U1	A4U5	A1U2	A5U1
A1U3	A4U1	A3U5	A2U5	A5U3
A4U3	A3U2	A1U1	A3U3	A4U2
A1U5	A2U3	A5U2	A3U1	A1U4
A3U4	A5U4	A2U2	A2U4	A4U4

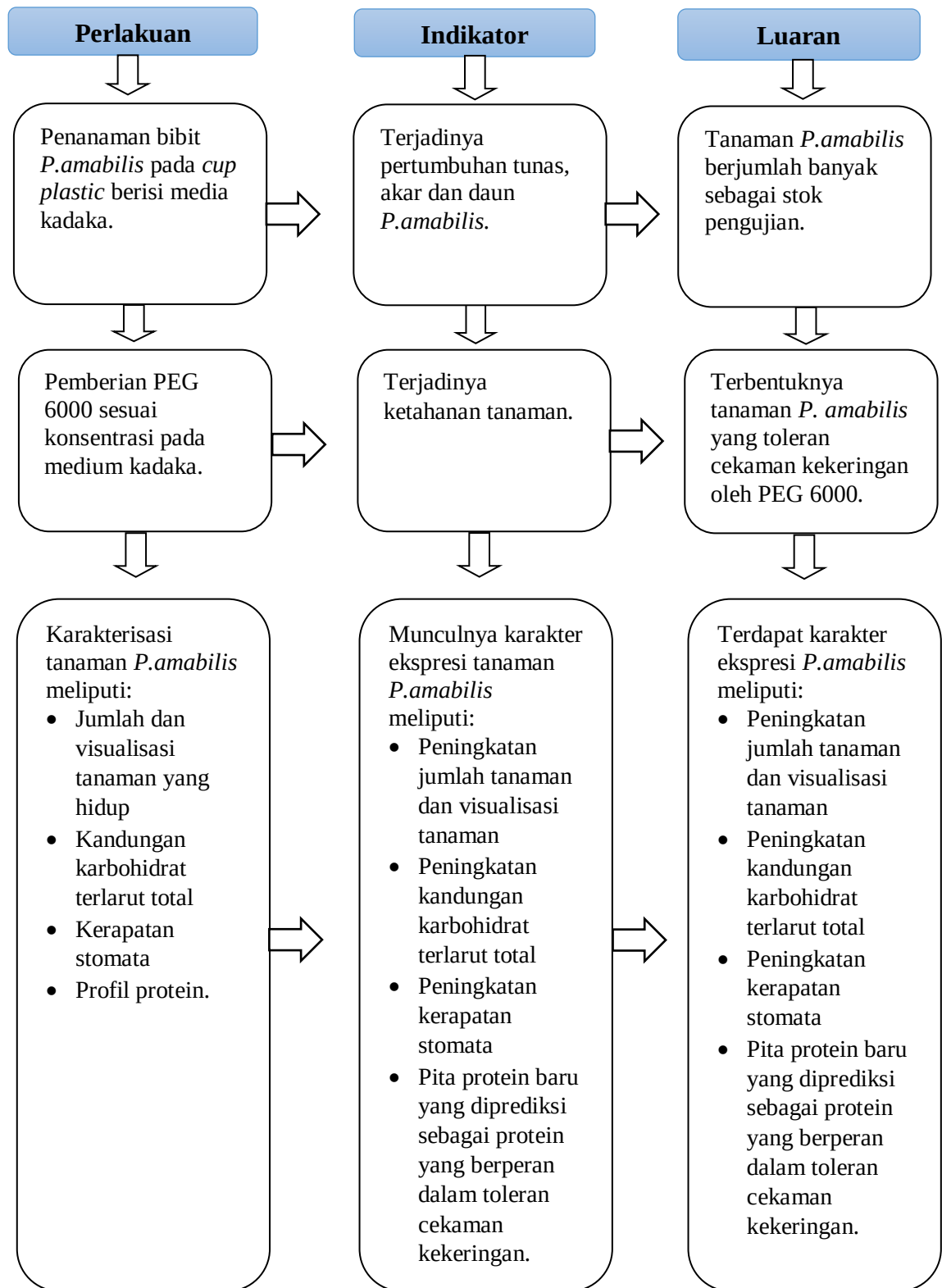
Keterangan :

A1 – A5 : Konsentrasi PEG 6000

UI – U5 : Ulangan 1-5

3.4 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tahapan sebagai berikut. 1) Penanaman bibit *P. amabilis* ke dalam *plastic cup* yang berisi media pertumbuhan kadaka ; 2) Penentuan kisaran konsentrasi PEG 6000 toleran untuk seleksi *P. amabilis* ; 3) Pengamatan *P. amabilis*. Tahapan penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir seperti tercantum pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut.

3.5.1 Persiapan Medium Tanam

Sebanyak 25 buah *plastic cup* dipersiapkan dan diisi dengan media kadaka. *Plastic cup* yang telah terisi media kadaka lalu diletakkan pada masing-masing petakan yang telah ditentukan.

3.5.2 Penanaman Anggrek Bulan [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume]

Pada medium tanam yang telah dipersiapkan, selanjutnya bibit *P. amabilis* ditanam pada 25 buah *plastic cup* yang tersedia.

3.5.3 Pembuatan PEG 6000

Pembuatan PEG 6000 dilakukan dengan cara melarutkan PEG 6000 dalam akuades sesuai konsentrasi 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Pada konsentrasi 10% dilarutkan PEG sebanyak 10 gram di dalam 100 ml akuades, konsentrasi 20% dilarutkan PEG sebanyak 20 gram di dalam 100 ml akuades, konsentrasi 30% dilarutkan PEG sebanyak 30 gram di dalam 100 ml akuades dan konsentrasi 40% dilarutkan PEG sebanyak 40 gram di dalam 100 ml akuades. Tahapan pembuatan larutan perlakuan PEG 6000 untuk setiap taraf konsentrasi disajikan pada Lampiran 1 dan Lampiran 6 (Gambar 6).

3.5.4 Perlakuan PEG 6000 dan Pengamatan

P. amabilis yang berumur 3 bulan diberikan larutan PEG 6000 dengan cara disiram sebanyak 1 kali yaitu sebanyak 20 ml pada masing-masing medium tanam sesuai dengan konsentrasi PEG 6000 yang tercantum pada label. Pada PEG 6000 dengan konsentrasi 0% (kontrol) tetap dilakukan penyiraman menggunakan air seperti biasanya. Pengamatan dilakukan pada umur tanaman 30 hari setelah tanam (HST) untuk mengetahui karakterisasi tanaman *P. amabilis* dan analisis profil protein.

Perlakuan pemberian larutan PEG 6000 pada bibit *P. amabilis* serta pengamatannya disajikan pada Lampiran 6 (Gambar 7 dan Gambar 8).

3.5.5 Karakterisasi *P. amabilis*

Karakterisasi *P. amabilis* terhadap cekaman kekeringan ditinjau melalui persentase jumlah tanaman yang hidup, visualisasi tanaman, kandungan karbohidrat dan kerapatan stomata.

a. **Persentase Jumlah Tanaman Hidup**

Perhitungan persentase jumlah tanaman hidup dengan menggunakan Rumus (Nurcahyani dkk., 2014) :

$$\text{Jumlah Tanaman Hidup} = \frac{\text{Jumlah Tanaman yang Hidup}}{\text{Jumlah Seluruh Tanaman}} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

b. **Visualisasi Tanaman**

Visualisasi tanaman meliputi warna tanaman setelah diberikan perlakuan PEG 6000 pada akhir pengamatan dengan klasifikasi: hijau, kuning dan coklat (Nurcahyani dkk, 2012). Data visualisasi tanaman disajikan dalam bentuk persentase yang dihitung dengan Rumus :

$$\text{Visualisasi Tanaman} = \frac{\text{Jumlah Tanaman Berwarna Hijau/Cokelat}}{\text{Jumlah Tanaman Keseluruhan}} \times 100 \%.. (2)$$

c. **Kandungan Karbohidrat**

Analisis kandungan karbohidrat terlarut total dilakukan dengan metode fenolsulfur (Witham and Robert., 1993).

Daun *P. amabilis* ditimbang sebanyak 0,1 gram. Lalu ditumbuk dengan *mortar* dan *pestle*, kemudian ditambah akuades sebanyak 10 ml. Setelah itu disaring dengan kertas saring *Whatman* No.1 dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Filtrat diambil sebanyak 1 ml kemudian ditambahkan 1 ml asam sulfat (H₂SO₄) dan fenol sebanyak 2 ml. Selanjutnya filtrat tersebut diukur menggunakan

spektrofotometer pada panjang gelombang 490 nm. Tahapan ini dapat dilihat yang pada Lampiran 6 (Gambar 10, Gambar 11 dan Gambar 12).

d. **Kerapatan Stomata**

Pengamatan stomata dilakukan dengan pembuatan preparat menggunakan metode modifikasi *whole mount*. Sampel daun terlebih dahulu difiksasi menggunakan alkohol 70% selama 2 menit untuk mempertahankan struktur anatominya.

Selanjutnya, permukaan daun diolesi kuteks bening, kemudian ditutup dengan *cover glass* dan diamati menggunakan mikroskop pada perbesaran 40× untuk menghitung kerapatan stomata (Khoiroh dkk., 2014). Tahapan ini dapat dilihat yang pada Lampiran 6 (Gambar 13). Kerapatan stomata dihitung dengan rumus Lestari (2006) yaitu sebagai berikut.

$$\text{Kerapatan Stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}} \dots\dots\dots (3)$$

Bidang pandang yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk persegi panjang dengan panjang maupun lebar telah tercantum dalam aplikasi *Image Raster*. Pengukuran luas bidang pandang menggunakan rumus menurut Marantika dkk. (2021) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang pandang} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \dots\dots\dots (4) \\ &= 0,02 \text{ mm} \times 0,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh luas bidang pandang dari perhitungan di atas adalah 0,04 mm².

e. **Profil Protein dengan Metode Sodium Dodecyl Sulphate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis (SDS-PAGE)**

1. Ekstraksi Protein *P. amabilis*

Ekstraksi protein dilakukan dengan cara menimbang 1 g daun *P. amabilis* untuk setiap taraf konsentrasi seperti yang disajikan pada Lampiran 6 (Gambar 9). Lalu masing-masing ditambah 300 μ L *Phosphate Buffer Saline* (PBS) (NaCl 8,55 g/L ; Na₂HPO₄.2H₂O 1,33 g/L ; NaH₂PO₄.H₂O 0,34 g/L) sebagai buffer ekstraksi dan ditambah inhibitor protease, selanjutnya digerus menggunakan mortar dan *pestle* sampai homogen. Sampel yang telah digerus lalu disentrifugasi dengan kecepatan 13.000 rpm selama 2 detik. Supernatan yang mengandung *crude protein* disimpan pada suhu -20°C (Maniatis *et al.*, 1982).

2. Analisis Profil Protein *P. amabilis* (SDS-PAGE)

2.1 Pengukuran Konsentrasi Protein

Setelah *crude protein* didapatkan, maka dilakukan pengukuran konsentrasi protein pada masing-masing sampel. Konsentrasi sampel protein ditentukan menggunakan metode Bio-rad (*Bio-rad Assay*). Perhitungan konsentrasi profil protein yaitu menggunakan *Bovine Serum Albumin* (BSA) yang digunakan sebagai standar dari konsentrasi protein. Blanko digunakan 200 μ L *Bio-rad dye* dan 800 μ L akuades. Penentuan konsentrasi protein dilakukan dengan cara yaitu diambil 2 μ L dari sampel protein menggunakan mikropipet dengan ditambah 200 μ L *Bio-rad dye* dan 798 μ L akuades, kemudian disuspensi agar tercampur. Selanjutnya dibaca menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 595 nm (Maniatis *et al.*, 1982).

2.2 Penentuan Berat Molekul (BM) Protein

Penentuan berat molekul BM protein menggunakan metode SDS-PAGE (*Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis*) menurut Maniatis *et al.* (1982). Urutan model ini yaitu *separating gel* 12% (akuades 3,3 mL, polyacrylamide 4 mL, 1,5 M-Tris pH 8,8, 2,5 mL, 10% SDS 100 µl, 10% APS 90 µl). Lalu dimasukkan ke dalam pasangan plat kaca sebagai cetakan gel dan ditunggu sampai gel terpolarisasi. *Stacking gel* 6% (akuades 2,6 mL, poliakrilamid 1 mL, 0,5 M Tris pH 6,8 1,15 mL, 10% SDS 50 µl, TEMED 10 µl, 10% APS 90 µl) dimasukkan di atas *resolving gel* dan dipasang sisir yang kegunaannya untuk membuat sumuran untuk dapat memasukkan sampel dari protein.

Setelah *stacking gel* terpolarisasi, gel dilepaskan dari cetakan dan plat di rangkai dengan aparatus elektroforesis. *Running buffer* 0,1% (aquades 1 L, tris base 15 g, glisin 72 g, SDS 5 g) dituangkan ke dalam bak dan sisir dilepas. Kemudian sampel protein sebanyak 10 µl dicampur dengan 2 µl sampel buffer. Semua larutan dipanaskan dalam air mendidih selama 2 menit dan secepatnya didinginkan dalam pecahan es. Larutan sampel protein dan marker protein dimasukkan ke dalam sumuran gel (gel akrilamid 12%). Marker protein yang digunakan disajikan pada Lampiran 6 (Gambar 15). Elektroforesis pada tegangan 100 volt dilakukan selama 1,5 - 2,5 jam. Pita protein dengan berat molekul lebih besar akan terbentuk lebih dekat dengan tempat awal pemisahan.

Pewarnaan pita protein dilakukan dengan cara merendam gel hasil elektrofloresis rangkaian plat dilepas ke dalam

larutan 0,10% *coomasie brilliant blue* dan dilakukan menggunakan shaker. Selanjutnya setelah diwarnai, dilakukan *destaining* untuk menghilangkan warna dengan jalan merendam gel ke dalam larutan *destaining* (500 mL akuades, 40 mL metanol, 10 mL asetat glasial) hingga gel menjadi jernih dengan pita terpisah satu sama lainnya. Gel kemudian disimpan dalam 10% asam glasial dan dikeringkan dengan plat kit. Pita protein yang terbentuk dalam gel setelah elektrofloresis kemudian ditentukan berat molekulnya.

f. Analisis Data

Data berupa data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif disajikan dalam bentuk deskriptif komparatif yang didukung oleh foto. Data kuantitatif ditabulasi dengan faktor konsentrasi yang berbeda. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), data kuantitatif dari setiap parameter dianalisis dengan menggunakan Analisis Ragam (*Analysis of Variance*) atau ANOVA. Analisis ragam (ANOVA) dilakukan pada taraf nyata 5% dan uji lanjut dengan Uji Tukey merupakan suatu metode yang diketahui sebagai metode HSD (*Honesty Significant Difference Method*) dan metode dikenal dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) (Rahmatullah dan Dedy, 2020). Hasil analisis data dapat dilihat pada Lampiran 3, Lampiran 4 dan Lampiran 5.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Konsentrasi PEG 6000 yang toleran dalam pertumbuhan *P.amabilis* yang resisten terhadap cekaman kekeringan adalah konsentrasi 40% yang dilihat dari kandungan karbohidrat terlarut total, kerapatan stomata dan profil protein.
2. Peningkatan konsentrasi PEG 6000 secara signifikan meningkatkan kandungan karbohidrat terlarut total dan kerapatan stomata.
3. Analisis profil protein menunjukkan adanya perubahan pola pita protein pada tanaman tercekam, yaitu munculnya pita protein baru pada berat molekul ± 60 kDa dan hilangnya pita protein pada berat molekul ± 25 kDa pada perlakuan PEG 6000 konsentrasi 40%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada tanaman *P.amabilis*, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan prolin dan analisis molekular lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou, E., Hattem, M.E., Matter, M.A., Usama, I.A., Hassan, A. G and Eissa, A. E. 2014. Appraisal of Biochemical and Genetic Diversity of Mango Cultivars Using Molecular Markers. *African Journal of Biotechnology*. 13 : 2796-2806..
- Afzal, Z., Howton, T.C., Sun, Y. and Mukhtar, M.S. 2016. The Roles Of Aquaporins In Plant Stress Responses. *Journal of Developmental Biology*. 4 (1): 9.
- Ahmed, M. F., Iqbal., Shahid, M., Ashiq, R and Munir, M. 2010. Assessment of genetic diversity among Pakistani wheat (*Triticumaestivum* L.) Advanced Breeding Lines Using Rapd and SDS-PAGE. *Electronic Journal of Biotechnology*. 13 : 2765-2894.
- Aini, S. P., Tistama, R., B., Galang, S. and Serdang, D. 2019. Early Detection of Drought Stress Rubber Seedling (*Heveabrasiliensis*) of Gt1 Using Polyethylen Glycol 6000. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 6 (2) : 133
- Ainsworth, E. and Bush, D.R. 2012. Carbohydrate Export from the Leaf: A Highly Regulated Process and Target to Enhance Photosynthesis and Productivity. *Plant Physiology*. 155 : 64–69.
- Almeida, V.P., Raman, V., Raeski, P., Urban, A., Swiech, J., Miguel, M. and Budel, J. 2020. Anatomy, Micromorphology, and Histochemistry of Leaves and Stems of *Cantinoa althaeifolia* (Lamiaceae). *Microscopy Research and Technique*. 83 (5): 551-557.
- Altaf, A., Gull, S., Zhu, X., Zhu, M., Rasool, G., Ibrahim, M.E.H., Aleem, M., Uddin, S., Saced, A., Shah, A.Z., Zada, A., Quan, M., Yonggang, D., Xu, D. and Chen, Li. 2021. Study of The Effect of PEG-6000 Imposed Drought Stress on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars Using Relative Water Content (RWC) and Proline Content Analysis. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 58 (1): 357-367.
- Ambardini, S., Ratnaeni. dan Indrawati, 2015. Karakter Trikona Daun Tanaman Jati (*Tectona grandis* L.) Yang Ditanam Pada Tanah Pascatambang Emas Bombana Dengan Variasi Dosis Pupuk Kandang Kambing. *Biowallacea*. 2 (1): 113-125

- Ambarwati, D. I., Alfian, N. F. dan Derwanti, P. 2021. Respon Anggrek *Dendrobium* sp., *Oncidium* sp., dan *Phalaenopsis* sp. Terhadap Pemberian Empat Jenis Nutrisi Organik yang Berbeda pada Tahap Regenerasi Planlet. *Jurnal Agrikultura*. 32 (1) : 27-36.
- Amini, N. A., Nurcahyani, E., Zulkifli dan Mahfut. 2020. Analisis Kandungan Klorofil Terhadap Pertumbuhan Eksplan Planlet Anggrek Bulan [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume] Hasil Seleksi dengan *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000 Secara *In Vitro*. *Journal of Tropical*. 20 (6): 11-17.
- Anggraini, N., Faridah, E. dan Indrioko, S. 2016. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Perilaku Fisiologis dan Pertumbuhan Bibit Black Locust (*Robinia pseudoacacia*). *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 9.(1) : 40-56.
- Anosheh, H.P., Moucheshi, A.S., Pakniyat, H. and Pessarakli, M. 2016. Stomata Responses to Drought Stress. *Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach 1*.
- Arobaya, S. Y. 2022. Variasi Morfologi Bunga Anggrek Bulan Hybrid *Phalaenopsis amabilis*: Analisa Karakter dengan Pendekatan Numerik. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu Hayati*. 7 (8): 70-85.
- Arumingtyas, E.L., Savitri, E.S. and Purwoningrahayu, R.D. 2013. Protein Profiles and Dehydrin Accumulation in Some Soybean Varieties (*Glycine max* L.Merr) in Drought Stress Conditions. *American Journal of Plant Sciences*. 4 (1): 134-141.
- APG (Angiosperm Phylogeny Group) II. 2003. An Update The Angiosperm Phylogeny Group Classification For The Orders and Families of Flowering Plants: APG II. *Botanical Journal of The Linnean Society*. 141: 399-436.
- Avci, N. and Aygun, A. 2014. Determination of Stomatal Density and Distribution on Leaves of Turkish Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars. *Tarim Bilimleri Dergisi*. 20 (4): 454-459.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Produksi Tanaman Anggrek*. BPS. Jakarta.
- Banyo, Y. E., Song, N. A., Siahaan, P. dan Tangao, A.M. 2013. Konsentrasi Klorofil Daun Padi pada Saat Kekurangan Air yang Diinduksi dengan Polietilen Glikol. *Jurnal Ilmiah Sains*. 13 (1) : 1-8.
- Batista, C.R., Reis, S.P. and Castelo, L.J. 2015. An overview of Protein Identification Studies In Cassava. *Current Protein and Peptide Science*. 16 (3) : 219-227.
- Chairil, E., Desta, A., Haitami., Risdianas., Ilham, Y., Delfi, D. dan Trinur, U. 2023. Genotipe Padi Lokal (*Oryza sativa* L.) Kuantan Singingi Toleran Cekaman Kekeringan. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. 8 (2) : 54-60.

- Cheng, C., Yang, S. Y., Lin, T. P. and Chou, C. 2019. CAM Plasticity In Epiphytic Tropical Orchid Species Responding To Environmental Stress. *Botanical Studies*. 60 (1) : 1–10.
- Chua, L. C., and Lau, O. S. 2024. Stomatal Development in The Changing Climate. *Development*. 151 (20) : dev202681.
- CITES. 2023. *Appendices I, II and III valid from 21 May 2023*. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora.
- Costa, N.B., Bezerra, G.A., Filho, G.O.P. and Moraes, M.G. 2021. Distribution of Non-Structural Carbohydrates in The Vegetative Organs of Upland Rice. *Ciencia e Agrotecnologia*. 45 : 1-10.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- Dewi, V.P., Hindun, I. dan Wahyuni, S. 2016. Studi Trikona Daun Pada Famili Solanaceae Sebagai Sumber Belajar Biologi. *JPBI: Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 1 (2): 209-218.
- Dunn, M. J. 2014. *Gel Electrophoresis of Proteins*. Edisi Revisi. Elsevierdeman.
- Faisal, S., Mujtaba, S.M., Asma. and Mahboob, W. 2019. Polyethylene Glycol Mediated Osmotic Stress Impacts on Growth and Biochemical Aspects of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 22 (3) : 213-223.
- Fatmawati, U., Suranto, S. and Sajidan, S. 2019. Protein Expression on Cr Resistant Microorganism Using Electrophoresis Method. *Nusantara Bioscience*. 1 (1): 31-37
- Feng, R., Zhou, Q., Wu, L., Zhu, Y. and Gao, Y. 2024. Effects of PEG 6000 Simulated Drought Stress On Physiological and Chlorophyll Fluorescence Characteristics of *Dendrobium candidum* Seedlings. *Journal of Zhejiang A&F* 41 (1) : 132–144.
- Ferreira, M.S., Alves, P.C., Callahan, C.M., Giska, I., Farelo, L., Jenny, H., Mills, S.L., Hacklander, K., Bagus, J.M. and Ferreira, J.M. 2020. Transcriptomic Regulation of Seasonal Coat Color Change in Hares. *Ecology and Evolution*. 2 (10): 1180-1192.
- Feriza, Y. P., Nurcahyani, E., Wahyuningsih, S. dan Yulianty. 2022. Pengaruh Polyethylene Glycol (PEG) 6000 Terhadap Karakter Ekspresi Spesifik Planlet Anggrek *Dendrobium* Sp. Secara *In Vitro*. *Analit : Analytical and Environmental Chemistry*. 7 (2) : 122-131.

- Forrest, K.L. and Bhawe, M. 2008. The PIP and TIP Aquaporins In Wheat Form A Large and Diverse Family With Unique Gene Structures and Functionally Important Features. *Functional Integrated Genomics*. 8: 115–33.
- Gall, H.L., Philippe, F., Domon, J., Gillet, F., Pelloux, J. and Rayon, C. 2015. Cell Wall Metabolism in Response to Abiotic Stress. *Plants*. 4 (1): 112-166.
- Guo, W., Nazim, N., Lv, M., Xie, D., Fang, L., Chen, L. and Zhao, Y. 2019. Performance Index and PSII Connectivity Under Drought and Contrasting Light Regimes in The CAM Orchid *Phalaenopsis*. *Frontiers in Plant Science*. 10 : 1012.
- Hakim, A.R., Dorly dan Sri, R. 2013. Keragaman Dan Analisis Kekerabatan *Hoya* sp. Bertipe Daun Non Sukulen Berdasarkan Karakter Anatomi Daun. *Jurnal Buletin Kebun Raya*. 16 (1) : 1-17.
- Hendrati, R.L., Diah, R. dan Asri, C.P. 2016. Respon Kekeringan Terhadap Pertumbuhan, Kadar Prolin, dan Anatomi Akar *Acacia auriculiformis* Cunn., *Tectona grandis* L., *Alstonia spectabilis* Br., dan *Cedrela odorata* L. *Jurnal Penelitian Hutan Wallacea*. 5 (2) : 123-133.
- Huseynova, M., Rustamova, S.M., Nasrullayeva, M.Y. and Aliyev, J.A. 2015. Screening of Barley Genotypes for Drought Tolerance Using Molecular Markers. *International Journal of Plants Science and Ecology*. 1 (3): 88-92.
- Iskandar, H.M., Casu, R.E., Fletcher, A.T., Schmidt, S., Xu, J., Maclean, D.J., Manners, J.M. and Bonnett, G.D. 2011. Identification of Drought-Response Genes and A Study of Their Expression During Sucrose Accumulation and Water Deficit in Sugarcane Culms. *BMC Plant Biology*. 11 (12): 1-14.
- Izza, F. dan Lily, A.N. 2015. Karakteristik Stomata Tempuyung (*Sonchus arvensis* L.) dan Hubungannya dengan Transpirasi Tanaman di Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. *Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*. 1 (1): 177-180.
- Jafar, S.H., Thomas, A., Kalangi, J.I. dan Lasut, M.T. 2013. Pengaruh Frekuensi Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Bibit Jabon Merah (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil). *Physig antarm*. (4): 139-108.
- Jie, Z., Yuncong, Y., Streeter, J.G. and Ferree, D.C. 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 of Biotechnology*. 9 (33): 5320-5325.
- Khoiroh, Y., Harijati, N. dan Mastuti, R. 2014. Pertumbuhan Serta Hubungan Kerapatan Stomata dan Berat Umbi Pada *Amorphophallus muelleri* Blume dan *Amorphophallus variabilis* Blume. *Jurnal Biotropika*. 5:65-67.

- Khosroshahi, M.Z.M., Esna, A., Ershad, A. and Imani, A. 2014. Morphological Change in Response to Drought Stress in Cultivated and Wild Almond Species. *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 1 (1) : 79-92.
- Kumar, R.N., Bora, A. and Amb, M.K. 2011. An Evaluation of Pesticide Stress Induced Proteins in Three Cyanobacterial Species- *Anabaena fertilissima*, *Aulosira fertilissima* and *Westiellopsis prolifica* Using SDS-PAGE. *Advances in Environmental Biology*. 51 (4) : 796-776.
- Lawson, T. and Blatt, M. R. 2014. Stomatal Size, Speed, and Responsiveness Impact on Photosynthesis and Water Use Efficiency. *Plant Physiology*. 164 (4) : 1556–1570.
- Lawson, T., Vialet, S. and Matthew, J. S. 2020. Role Of Blue and Red Light In Stomatal Dynamic Behaviour. *J. Exp Bot*. 71 (7) : 2253-2269.
- Lestari, E.G 2006. Hubungan Antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Biodiversitas*. 7 (1) : 44-48.
- Li, C.Y., Weiss, D. and Goldschmid, E.E. 2013. Effects of Carbohydrate Starvation on Gene Expression in Citrus Root. *Journal of Plant Biology*. 216 (1) : 11-20.
- Licaj, I., Fiorillo, A., Di Meo, M. C., Varricchio, E. and Rocco, M. 2024. Effect of Polyethylene Glycol-Simulated Drought Stress on Stomatal Opening In “Modern” and “Ancient” Wheat Varieties. *Plants*. 13 (11) : 1575.
- Lisa, E., Maulida, D., Novi, R. dan Yuriansyah. 2019. Keberhasilan Aklimatisasi mdan Pembesaran Bibit Kompot Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis*) Pada Beberapa Kombinasi Media Tanam. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 19 (2) : 122-127.
- Liu, X., Fan, Y., Long, J., Wei, R., Kjellgren, R., Gong, C. and Zhao, J. 2012. Effects of soils Water and Nitrogen Availability on Photosynthesis and Water Use Efficiency of *Robinia pseudoacacia* seedlings. *Journal of Environmental Sciences*. 25 (3) : 585-595.
- Livia, T. H., Nurcahyani, E., Wahyuningsih, S. and Yulianty, Y. 2024. Studi *In Vitro*: Karakterisasi Panlet Pisang Cavendish (*Musa acuminata* Colla) Tahan Cekaman Kekeringan. *Jurnal Pertanian Agros*, 26 (4) : 1507–1515.
- Li, Z., Liu, C.; Zhang, Y., Wang, B., Ran, Q. and Zhang, J. 2019. The BHLH Family Member ZmPTF1 Regulates Drought Tolerance In Maize by Promoting Root Development and Absciscic Acid Synthesis. *J. Exp. Bot*. 70 : 5471–5486.

- Lu, H.D., Xue, J.Q., and Guo, D.W. 2017. Efficacy Of Planting Date Adjustment As a Cultivation Strategy To Cope With Drought Stress and Increase Rainfed Maize Yield and Water-Ese Efficiency. *Agric Water Manag.* 179 : 227–235.
- Machsun, I. R. dan Zulaika, E. 2017. Profil Protein Bakteri Ureoliti. *Jurnal Sains Dan Seni ITS.* 6(2): 2-4.
- Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C. and Sohrabi, Y. 2010. Effect of Droght Stress on Yield, Proline, and Chlorophyll Contents in Three Chickpea Cultivars. *Australian Journal of Crop Science.* 4 (8) : 580-585.
- Manonmani, K., Jeyaprakash, P., Manonmani, S.,M. R. and Jeyakumar, P. 2020. Assessment of Drought Tolerance in Nagina 22 Rice Using Poly Ethylene Glycol (PEG) Mutants of Rice Using Poly Ethylene Glycol (PEG). *EJPB.* 11 (2) : 479–486.
- Maniatis, T., Fritsch, E.F. and Sambrook, J. 1982. *Molecular Cloning. A Laboratory Manual.* Cold Spring Harbor Laboratory, Printed in The United States of America.
- Marantika, M., Hiariej, A. dan Sahertian, D.E. 2021. Kerapatan dan Distribusi Stomata Daun Spesies Mangrove di Desa Negeri Lama Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan.* 12 (1) : 1-6.
- Masoumi, S.M., Kahrizi, H., Ahmadvandi, R.J., Soorni, S. Kiani., A.M. and Yari, K. 2012. Genetic Diversity Study of Some Medicinal Plant Accessions Belong To Apiaceae Family Based On Seed Storage Proteins Patterns. *Molecular Biology Reports.* 39: 10361-10365.
- Melta, A.A. dan Nurcahyani, E. 2023. Resistensi Cassava Terhadap Cekaman Kekeringan Berdasarkan Profil Protein SDS-PAGE. *Jurnal Pertanian Agros.* 25 (3) : 2799-2805
- Mercuriani, I.S., Slamet, A., Utami, B.S., Sasongko, A.B., Purwantoro, A., Moeljopawiro, S. dan Semiarti, E. 2014. Induksi Pembungaan *In Vitro* pada Tanaman Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume Asli Indonesia. *Agros.* 16 (2) : 273-277.
- Meriko, L. dan Abizar. 2017. Struktur Stomata Daun Beberapa Tumbuhan Kantong Semar (*Nepenthes* spp.). *Jurnal Berita Biologi.* 16 (3) : 325-330.
- Misal, S. B., Moharil, M. P., Jadhav, P. V., Sakhare, S. B. and Thorat, A. W. 2024. Deciphering Drought Tolerance Mechanisms In Chickpea Using PEG 6000-Induced Stress Conditions. *International Journal of Advanced Biochemistry Research.* 8 (11S) : 730–735

- Motallebi, A., Papp, I. and Szego, A. 2019. Dehydrin Profiles of Some Iranian Melon Varieties (*Cucumis melo* L. Merr) Under Drought Stress Conditions. *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*. 18 (6) : 75-84.
- Mudhor, M.A., Dewanti, P., Handoyo, T. dan Ratnasari, T. 2022. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi Hitam Varietas Jeliteng. *Jurnal Agrikultura*. 33 (3): 247-256.
- Mukminin, L.H., Al Asna, P.M. dan Setiowati, F.K. 2016. Pengaruh Pemberian Giberelin dan Air Kelapa terhadap Perkecambahan Biji Anggrek Bulan (*Phalaenopsis* sp.). *Bioeksperimen* 2 (2) : 91-95.
- Mustamu, N. E., Tampubolon, K., Alridiwersah, B., AL-Taey, D.K.A., Al Janabi, H.J.K. and Mehdizadeh, M. 2023. Drought Stress Induced By Polyethylene Glycol (PEG) In Local Maize At The Early Seedling Stage. *Heliyon*. 9 (11) : e20209.
- Najikh, R.A., Hannats, M., Ichsan, H. dan Kurniawan, W. 2018. Monitoring Kelembaban, Suhu, Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek Menggunakan ESP8266 dan Arduino Nano. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2 (11) : 4607-4612.
- Nikmah, Z.C., Slamet, W. dan Kristanto, B.A. 2017. Aplikasi Ailica dan NAA terhadap Pertumbuhan Anggrek Bulan (*Phalaenopsis amabilis* L.) pada Tahap Aklimatisasi. *J. Agro Complex*. 1(3): 101-110.
- Novianti, R.A., Nurcahyani, E. dan Lande, M. L. 2016. Uji Ketahanan Planlet Anggrek Bulan *Phalaenopsis amabilis* (L.) Bl. Hasil Seleksi dengan Asam Salisilat Terhadap *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*. *Jurnal Penelitian Terapan*. 17 (2) : 132-137.
- Nurcahyani, E., Sumardi, I., Hadisutrisno, B. dan Suharyanto, E. 2012. Penekanan Perkembangan Penyakit Busuk Batang Vanili (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*) Melalui Seleksi Asam Fusarat Secara *In Vitro*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 12 (1) : 12-22.
- Nurcahyani, E., Hadisutrisno, B., Sumardi, I. dan 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"*.
- Nurcahyani, E., Mutmainah, N.A., Farisi, S. dan 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.

- Nurcahyani, E., Sumardi, S., Qudus, H. I., Wahyuningsih, S., Sholekhah. and Palupi, A. 2020a. In Vitro Selection of *Phalaenopsis amabilis* (L.) Bl. Plantlets Result of Induced Resistance With Fusaric Acid. *World Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*. 6 (1) : 1–10.
- Nurcahyani, E., Alfiah, D., Wahyuningsih, S. dan Mahfut. 2020b. Analisis Kandungan Karbohidrat Pada Planlet Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Secara *In Vitro* Hasil Induksi Kalium dalam Cekaman Kekeringan. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 5 (1) : 34–41.
- Nurcahyani, E., Sholekhah, M., Sumardi, S. and Qudus, H. I. 2021a. Analysis of total Carbohydrate and Chlorophyll Content of The Orchid Plantlet *Phalaenopsis amabilis* (L.) Bl. Resistant to *Fusarium* Wilt Disease. *Journal of Physics: Conference Series*. 1751 (1) : 012061.
- Nurcahyani, E., Pratiwi, D., Zulkifli. dan Lande, M. 2021b. Analisis Kandungan Karbohidrat Terlarut Total Planlet Bayam Merah [*Alternanthera amoena* (Lem.) Voss] Resisten Terhadap Cekaman Garam (NaCl) Secara *In Vitro*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 6 (2) : 114–121.
- Nurcahyani, E., Sabatini, A. P., Yulianty. dan Agustrina, R. 2022. Respon Tunas Anggrek *Cattleya* sp. Hasil Seleksi *in Vitro* terhadap Cekaman Kekeringan dengan Polietilenglikol (PEG) 6000. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*. 6 (2) : 61-67.
- O'Connor, C. M. 2022. *Investigations in Molecular Cell Biology*. Boston College. United States.
- Opitz, N., Marcon, C., Paschold, A., Malik, W.A., Lithio, A., Brandt, R., Piepho, H.P., Nettleton, D. and Hochholdinger, F. 2016. Extensive Tissue-specific Transcriptomic Plasticity in Maize Primary Roots Upon Water Deficit. *J. Exp. Bot.* 67:1095–1107.
- Paletti, T.S., Nurcahyani, E., Yulianty. dan Agustrina, R. 2019. Stomata Index of *Cattleya* sp. Lindl., Planlet in Drought-Stress Conditions. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 6 (1):15-19.
- Pereira, L.B., Andrade, G.S., Meneghin, S.P., Vicentini, R. and Ottoboni, L.M.M. 2019. Prospecting Plant Growth-Promoting Bacteria Isolated from the Rhizosphere of Sugarcane Under Drought Stress. *Springer*. 2 (1) : 1-10.
- Putri, F. S., Nurcahyani, E., Yulianty. and Irawan, B. 2019. Effect of Drought-Stress Conditions on Chlorophyll Content in *Dendrobium* sp. planlets. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 6 (1) : 20–26.
- Radwan, S. A., El-Koly, A.S. and Sammour, R.H. 2013. Genetic Variation Among Accessions of *Lathyrus inconspicuus* (L.) as Revealed by SDS

- Polyacrylamide Gel Electrophoresis. *Acta Agriculturae Slovenica*. 101: 21-30.
- Rashad, S.E., Heiba, S.A.A., Emam, M.A., Osman, S.A. and Eldemerdash, I.S. 2023. Effect Of PEG Induced Drought Stress On Genetic Diversity Using SDS-PAGE and ISSR Markers For Egyptian Barley Varieties. *Egyptian Journal of Chemistry*. 66 (SI13) : 647–658.
- Rahmatullah, A. dan Dedy, K. 2020. Desain Eksperimen Pengaruh Penambahan Water Proofing Terhadap Nilai Kuat Tekan Brton. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 20 (1) : 41-46.
- Rajiv, S., Thivendran, P. and Deivanai, S. 2010. Genetic Divergence of Rice on Some Morphological and Physiochemical Responses to Drought Stress. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 33 (2): 315-328.
- Reyes, J.A.O. 2023. Polyethylene Glycol-Induced Drought Stress Screening of Selected Philippine High-Yielding Sugarcane Varieties. *Journal of Agriculture and Food Research*. 14 : 100676.
- Rosyalina, N., Nurcahyani, E., Qudus, H. I. dan Zulkifli, Z. 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.
- Risma, R., Nurcahyani, E. and Qudus, H.I. 2022. In Vitro Selection and Total Phenol Analysis of Moon Orchid [*Phalaenopsis amabilis* (L.) Blume] Results of Induced With Fusaric Acid. *Biological Science Research*. 22 (1) : 558-564.
- Sadia, M., Malik, S.A., Rabbani, M.A. and Pearce, S.R. 2009. Electrophoretic Characterization and The Relationship Between Some Brassica Species. *Electronic Journal of Biology*. 5 : 1-4.
- Saha, D., Choyal, P., Mishra, U. N., Dey, P., Bose, B., Prathibna, D., Gupta, N. K., Mehta, B. K., Kumar, P., Pandey, S., Chauhan, J. and Singhal, R. K. 2022. Drought Stress Responses and Inducing Tolerance by Seed Priming Approach in Plants. *Plant Stress*. 4(1) :1-14.
- Shalwa, S. dan Ardi, M. 2025. Studi Morfologi Struktur Sel Pada Tumbuhan Anggrek. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Terpadu*. 9 (1) : 317-322.
- Shipley, B. 2016. Net Assimilation Rate, Specific Leaf Area, And Leaf Mass Ratio: Which Is Most Closely Correlated With Relative Growth Rate. *Journal of Functional Ecology*. 10: 206-210.
- Singh, A., Kumar, A., Yadav, S. and Sigh, I.K. 2019. Reactive Oxygen Species Mediated Signaling During Abiotic Stress. *Plant Gene*. 18 (6): 107-113.

- Sofia, S., Nadais, P., Sousa, F., Pinto, M., Martins, M., Sousa, B., Fidalgo, F. and Cristiano, S. 2023. Accumulation of Proline in Plants under Contaminated Soils. *Antioxidants*. 12 (3) : 1-26.
- Suharjo, B. A., Safuan, L. and Mamma, S. 2017. Effect of Source and Storage Times of Scion to Carbohydrate, Protein, Lipids, and Auxin Content at Durian Nursery (*Durio zibethinus*. Murr). *IJRAMR*. 4 (9) : 2819–2824.
- Sunaryo, W., Darnaningsih and Nurhasanah. 2019. Selection and Regeneration of Purple Sweet Potato Calli Against Drought Stress Simulated by *Polyethylene glycol*. *F1000Research*. 8 (10) : 1-11.
- Sujinah dan Ali, J. 2016. Mekanisme Respon Tanaman Padi Terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. 11 (1): 1-8.
- Tripathi, P., Rabara, R.C., Shen, Q.J. and Rushton, P.J. 2015. Transcriptomics Analyses Of Soybean Leaf and Root Samples During Water-Deficit. *Genom. Data*. 5:164–166.
- Toriq, M.R. dan Puspitawati, R.P. 2023. Pengaruh Cekaman Kekeringan Terhadap Stomata dan Trikoma pada Daun Tanaman Semangka (*Citrullus lanatus*). *LenteraBio*. 12 (3): 258-272.
- Vaten, A. and Bergmann, D. C. 2012. Mechanisms of Stomatal Development: An Evolutionary View. *EvoDevo*. 3 (11): 1-9.
- Wibowo, A.D., Maggy, T.S. dan Patuan, L.P. Fraksionasi dan Penentuan Profil Protein Bungkil Kelapa dengan *SDS-PAGE*. 2012. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 23 (1) : 69-74.
- Witham, D. and Robert, M. 1993. *Exercise in Plant Physiology*. Second Edition. Prindle, Weber and Scimdt. Boston.
- Xia, K., Wu, Q., Yang, Y., Liu, Q., Wang, Z., Zhao, Z., Li, J., He, J., Chai, S. and Qiu, S. 2024. Drought Stress Induced Different Response Mechanisms In Three *Dendrobium* Species Under Different Photosynthetic Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*. 25 (5) : 2731-2746.
- Young, M. R., Eric, J. S., Guha, J., Erik, L. and Vijay, S. 2004. Simulations of The Role of Water in The Protein Folding Mechanism. *Jurnal Biophysics*. 101 (17) : 6456-6461.
- Yustiningsih, M., Poto, A. and Ledheng, L. 2021. Seleksi Cekaman Kekeringan Secara *In Vitro* Tunas Jagung Putih (*Zea mays* L.) Menggunakan PEG. *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*. 6 (2) : 142-147.
- Zannati, A. 2021. Peran Gen Regulator Negatif Terhadap Cekaman Abiotik Kekeringan. *Biotrends*. 12 (1): 16-24.

- Zhang, X., Xing, R., Ding, Y., Yu, J., Wang, R., Li, X., Yang, Z. and Zhuang, L. 2023. Overexpression of Gibberellin 2-Oxidase 4 from Tall Fescue Affected Plant Height, Tillering, and Drought Tolerance in Rice. *Environmental and Experimental Botany*. 205 (1) : 1-11.
- Zhu, J.K. 2016. Abiotic Stress Signaling and Responses in Plants. *Review: Cell*. 167: 313-324.