

**SKRINING *IN VITRO* VARIETAS KOMERSIAL TEBU  
(*Saccharum officinarum* L.) TOLERAN CEKAMAN KEKERINGAN  
DENGAN INDUKSI *POLYETHILEN GLYCOL* (PEG) 6000  
DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS**

**Skripsi**

**Oleh**

**DENADA IQLIMA SEPHANTI  
NPM 1917021021**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

**SKRINING *IN VITRO* VARIETAS KOMERSIAL TEBU  
(*Saccharum officinarum* L.) TOLERAN CEKAMAN KEKERINGAN  
DENGAN INDUKSI *POLYETHILEN GLYCOL* (PEG) 6000  
DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS**

**Oleh**

**DENADA IQLIMA SEPHANTI**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### SKRINING *IN VITRO* VARIETAS KOMERSIAL TEBU (*Saccharum officinarum* L.) TOLERAN CEKAMAN KEKERINGAN DENGAN INDUKSI *POLYETHILEN GLYCOL* (PEG) 6000 DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS

Oleh

DENADA IQLIMA SEPHANTI

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman budidaya yang memerlukan asupan air yang tepat dan sesuai untuk pertumbuhannya. Pemilihan varietas tebu unggul toleran cekaman kekeringan tersebut dapat dilakukan dengan cara skrining *in vitro* menggunakan agen selektif senyawa *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis respon beberapa varietas tebu yang unggul dan toleran terhadap cekaman kekeringan dengan teknik *in vitro* menggunakan PEG 6000 dengan parameter pengamatan persentase planlet kering, tinggi planlet, jumlah akar, panjang akar, berat basah, berat kering, kadar air relatif, dan indeks sensitifitas kekeringan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan, PT Gunung Madu Plantations pada bulan Mei-November 2022. Varietas tebu yang digunakan yaitu GMP5, GMP2, GM1168, PSJT941, CENING, GMP3, GM882, dan GM509. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor yaitu planlet dari 8 varietas komersial tanaman tebu dan larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 20% dan dibandingkan dengan kontrol (0%). Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis secara kualitatif (deskripsi) dan kuantitatif (uji statistik). Pengamatan secara kuantitatif dilakukan dengan metode *one way Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA). Analisis ragam dilakukan pada taraf nyata 5% dan uji lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% melalui aplikasi IBM SPSS Statistik 25. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa varietas CENING, GMP2, dan GMP5 bersifat toleran; GM509, GMP3, GM882, dan PSJT941 bersifat cukup toleran; sedangkan GM1168 bersifat tidak toleran terhadap cekaman kekeringan dengan larutan PEG 6000 konsentrasi 20% dari berbagai parameter.

**Kata kunci:** Tebu (*Saccharum officinarum* L.), toleran cekaman kekeringan, skrining *in vitro*, PEG 6000

## ABSTRACT

### IN VITRO SCREENING OF COMMERCIAL VARIETIES OF SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.) TO DROUGHT STRESS TOLERANCE WITH POLYETHYLENE GLYCOL (PEG) 6000 INDUCTION AT PT GUNUNG MADU PLANTATIONS

By

DENADA IQLIMA SEPHANTI

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is a cultivated plant that requires proper and suitable air intake for its growth. Selection of superior sugarcane varieties that are tolerant to drought stress can be carried out by means of in vitro screening using the selective agent *Polyethylene Glycol* (PEG) 6000. The purpose of this research is to analyze the response of several varieties of sugarcane that are superior and tolerant to drought stress by in vitro technique using PEG 6000 with parameters observing the percentage of dry plantlets, plantlet height, many roots, root length, fresh weight, dry weight, relative water content, and drought sensitivity index. The research was conducted at the Tissue Culture Laboratory, PT Gunung Madu Plantation in May-November 2022. The sugarcane varieties used are GMP5, GMP2, GM1168, PSJT941, CENING, GMP3, GM882, and GM509. This research used a factorial Completely Randomized Design (CRD) with two factors, namely plantlets from 8 commercial varieties of sugarcane plants and PEG 6000 solution with a concentration of 20% compared to control (0%). The data obtained from this research was analyzed qualitatively (description) and quantitatively (statistical tests). Quantitative observations were carried out using the One Way Multivariate Analysis of Variant (MANOVA) method. Analysis of variance was carried out at a real level of 5% and further testing with the Least Significant Difference (LSD) test at the 5% level using the IBM SPSS Statistics 25 application. Based on the research results, the CENING, GMP2, and GMP5 varieties are tolerant; GM509, GMP3, GM882, and PSJT941 are moderately tolerant; Meanwhile, GM1168 is intolerant of drought testing with PEG 6000 solution with a concentration of 20% for various parameters.

**Keywords:** Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), drought stress tolerance, in vitro screening, PEG 6000

Judul Skripsi : **SKRINING *IN VITRO* VARIETAS KOMERSIAL  
TEBU (*Saccharum officinarum* L.) TOLERAN  
CEKAMAN KEKERINGAN DENGAN INDUKSI  
*POLYETHILEN GLYCOL* (PEG) 6000  
DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS**

Nama Mahasiswa : **Denada Iqlima Sephanti**

NPM : 1917021021

Jurusan : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



**Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc.**  
NIP. 198109092014041001

Pembimbing II



**Endah Susiyanti, S.P., M.P.**  
NIP. 4752

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA



**Dr. Jani Master, M.Si.**  
NIP. 198301312008121001

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

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



.....

Sekretaris : **Endah Susiyanti, S.P., M.P.**



.....

Anggota : **Dra. Eti Ernawati, M.P.**



.....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si.**

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **04 September 2023**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Denada Iqlima Sephanti  
NPM : 1917021021  
Jurusan : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul:

**“Skrining *In Vitro* Varietas Komersial Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Toleran Cekaman Kekeringan dengan Induksi *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 di PT Gunung Madu Plantations”** adalah benar hasil karya saya sendiri yang saya susun dengan mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung yang berlaku. Saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen dan/atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan.

Demikian pernyataan ini saya buat. Jika di kemudian hari terdapat kecurangan dalam penulisan skripsi ini, maka saya siap untuk mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 09 September 2023

Penulis,



**Denada Iqlima Sephanti**  
NPM.1917021021

## RIWAYAT HIDUP



**Denada Iqlima Sephanti** adalah anak pertama dari empat bersaudara yang lahir di Muarajaya II, 30 September 2000.

Penulis merupakan putri dari pasangan Bapak Johan AB dan Ibu Tuti Dalela, A.Md. Farm.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK RA Yapsi Sukapura pada tahun 2005-2007. Penulis

melanjutkan pendidikannya di SDN 01 Sukapura pada tahun 2007-2013, SMPN 01 Sumber Jaya pada tahun 2013-2016, dan SMA Global Madani 2016-2019.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai anggota divisi Dana dan Usaha (DANUS) pada tahun 2019-2021. Penulis mengikuti kegiatan pengabdian desa yaitu Karya Wisata Ilmiah (KWI) selama 7 hari pada Desember 2019 di Desa Tambahdadi, Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Penulis pernah mengikuti kegiatan Pekan Konservasi Sumber Daya Alam (PKSDA) pada tahun 2020-2021 sebagai anggota divisi Dana dan Usaha (DANUS) dan *Tiktok Challenge*.



Pada Januari 2022 penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) selama 40 hari di Balai Karantina Pertanian Kelas 1 Bandar Lampung dengan judul “Inventarisasi dan Koleksi Biji Gulma yang Terbawa pada Komoditas Biji Kedelai (*Glycine max*) Impor asal Amerika Serikat di Balai Karantina Pertanian Kelas 1 Bandar Lampung”. Pada Mei-November 2022 penulis mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di PT Gunung Madu Plantations selama 6 bulan dan melakukan penelitian mengenai “Skrining *In Vitro* Varietas Komersial Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Toleran Cekaman Kekeringan dengan Induksi *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 di PT Gunung Madu Plantations”. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) pada Juni-Agustus 2023 selama 40 hari di Desa Rantau Jaya Baru, Kecamatan Putra Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

## MOTTO

“Barang siapa yang menjadikan mudah urusan orang lain, niscaya Allah akan memudahkan urusannya di dunia dan akhirat”

(HR. Muslim)

“Dan balasan suatu kejahatan adalah kejahatan yang setimpal, tetapi barang siapa memaafkan dan berbuat baik (kepada orang yang berbuat jahat), maka pahalanya dari Allah. Sungguh, Dia tidak menyukai orang-orang zalim”

(Q.S Asy-Syura : 40)

“Allah tidak pernah tidur, Allah itu Maha Baik, apapun yang kamu alami di masa lalu, masa kini, dan masa yang akan datang adalah yang terbaik untukmu”

*“Just be yourself, there is no one better”*

(Taylor Swift)

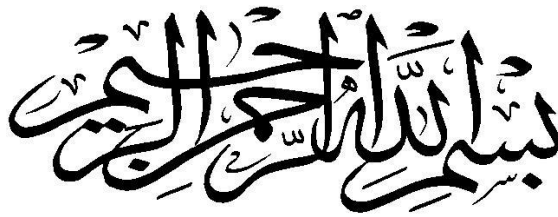
*“No matter how bad your day is, just be grateful this day is added to your life”*

(Taylor Swift)

*“Respect, love, and value yourself. Always remember to be good to yourself by taking care of yourself. Make yourself a priority and know that it’s okay. Don’t feel guilty for loving yourself, first! You’re just as important as anybody else”*

(Stephanie Lahart)

## PERSEMBAHAN



**Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang**

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, ridho, dan karunia-Nya. Dengan penuh cinta dan kasih aku persembahkan karya kecilku ini kepada:

**Ayahanda Johan AB dan Ibunda Tuti Dalela, A.Md. Farm.**

Surgaku, orang yang sangat aku sayangi dan cintai sepanjang masa, yang selalu mendukung apapun yang aku lakukan dengan sepenuh hati, menyayangi dan mencintaiku tanpa menuntut balasan, selalu memberikan yang terbaik, senantiasa mendoakan setiap langkahku, merangkulku saat aku jatuh dan terpuruk, serta selalu berkorban tanpa mengenal lelah untuk kebahagiaanku.

**Adik-adikku Tercinta**

Putri Asyiah Rahmadita, Abid Faeyza Ramadhan, dan Altaz Rezqiano Rashafa yang menghibur dan menjadikan alasanku untuk kuat dan bertahan.

**Seluruh Orang Terkasih**

Kekasihku, sahabatku, dan keluarga besarku yang senantiasa menemani, memberikan semangat dan dukungan, serta menghibur agar tetap tegar menghadapi masa-masa sulit.

**Para Pendidik**

Bapak dan Ibu Dosen yang telah membimbing, mendidik, menasihati, memotivasi, dan memberikan ilmu dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.

**Almamater Tercinta**

Universitas Lampung

## SANWACANA

*Alhamdulillah rabbil 'alamiin.*

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, ridho, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Skrining *In Vitro* Varietas Komersial Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Toleran Cekaman Kekeringan dengan Induksi *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 di PT Gunung Madu Plantations”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng Heri Satria, M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
4. Ibu Kusuma Handayani, S.Si., M.Si., selaku Ketua Program Studi Biologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc., selaku Pembimbing 1 yang senantiasa dengan sabar memberikan bimbingan, bantuan, dukungan, motivasi, dan nasihat kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

6. Ibu Endah Susiyanti, S.P., M.P., selaku Pembimbing II yang dengan sabar memberikan bimbingan, kritik, dan saran kepada penulis selama melaksanakan penelitian di PT Gunung Madu Plantations dan penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Dra. Eti Ernawati, M.P., selaku Pembahas yang dengan sabar memberikan bimbingan, kritik, dan saran kepada penulis demi kesempurnaan dalam penelitian maupun penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Dr. Gregorius Nugroho Susanto, M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang memberikan bimbingan selama penulis mengemban pendidikan di bangku perkuliahan.
9. Seluruh dosen Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu di bangku perkuliahan dan mengantarkan penulis mencapai gelar sarjana.
10. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung atas kerjasama dan bantuannya.
11. Bapak Alhuda Niftakul Ahyar, S.Si., yang telah membantu serta memberi kritik dan saran kepada penulis selama melaksanakan penelitian di PT Gunung Madu Plantations.
12. Ibu Dwi Titi Sumarsih dan seluruh karyawan Laboratorium Kultur Jaringan yang telah mendampingi, membantu, dan menghibur penulis selama melaksanakan penelitian di PT Gunung Madu Plantations.
13. Seluruh staf dan karyawan PT Gunung Madu Plantations yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian.
14. Kedua orangtuaku tercinta, Ayahanda Johan AB dan Ibunda Tuti Dalela, A.Md. Farm., yang telah membesarkan, mendidik, membimbing, mendoakan, mendukung, mengasihi, dan mencintaiku. Berkat perjuangan dan pengorbanan yang telah kalian lakukan untukku, serta dukungan baik berupa moril maupun materil yang telah diberikan kepadaku, aku dapat meraih ini semua. Semoga aku senantiasa dapat membahagiakan dan membanggakan kalian.
15. Adik-adikku yang hebat, Putri Asyiah Rahmadita, Abid Faeyza Ramadhan, dan Altaz Rezaqiano Rashafa yang telah menemani, menghibur, dan memberi semangat dalam penyusunan skripsi ini.

16. Kekasihku, Kevin Roberto Parinussa, S.M., yang senantiasa dengan sabar menemani, memberi semangat, mendukung, meredakan setiap emosi, menghibur, dan mendengarkan setiap keluh kesah penulis selama di bangku perkuliahan dan proses penyusunan skripsi ini.
17. Seluruh keluarga besarku, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan.
18. Sahabatku, Anisha Dwi Safitri yang selalu mendengarkan keluh kesah hidupku selama delapan belas tahun, memberikan dukungan dan semangat, serta selalu ada untukku di saat membutuhkan bantuan dalam hal apapun.
19. Sahabat dan partner cuanku, Ghalda Alvina Fahlevi yang selalu membantu dan kebersamai dari awal hingga akhir bangku perkuliahan, saling bertukar cerita dan pikiran tentang berbagai hal, saling menguatkan dan mengingatkan satu sama lain, serta banyak pengalaman baru yang tercipta bersama.
20. Sahabatku, Fernica Cahyani Putri, Non Sella Marga, Septia Faranggi, Yeza Bella Ruhyani, Retasya Cindy Meldana, Tressya Citra, Aquilla Arden, Duta Osama, dan Reza Septyawan yang saling berbagi cerita gelap terang kehidupan, mendukung dan mengingatkan satu sama lain, serta menjadi tempat berbagi canda tawa.
21. Sahabatku, Chyntia Bella Laureta dan Egi Yunitassari yang telah memberikan banyak bantuan, dukungan, semangat, dan tempat berbagi suka duka sejak dulu hingga kini.
22. Sahabatku, Luthfiyyan Nisha dan Upik Mailiani yang telah memberikan banyak bantuan, dukungan, dan semangat, serta saling berbagi suka duka selama di bangku perkuliahan.
23. Rekan penelitianku, Aryan Yuhandi Putera, David Asadudin, Maulidya Ananda, Octary Permata Ully, dan Imron Mawardi yang telah membantu, mendukung, dan berbagi keluh kesah selama melaksanakan penelitian.
24. Kak Heni Erlita Sari, S.Si., dan Kak Lia Arista Aritonang, S.Si., yang telah banyak membantu selama melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi.
25. Teman-teman biologi angkatan 2019 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas kebaikan dan kebersamaannya selama di bangku perkuliahan.

26. Almamaterku tercinta Universitas Lampung dan semua pihak yang telah ikut terlibat dalam penyelesaian skripsi ini.

27. *Last but not least*, teruntuk penulis yang selalu bilang “aku gak bisa/aku gak sanggup/aku gak kuat/aku capek” setahun belakangan ini. *Look at you now, you go gurl! You did very well!* Walaupun beberapa proses tertunda, penuh dengan air mata, dan banyak sekali orang memandangmu sebelah mata namun semua hambatan dan rintangan tersebut dapat dilalui. Meski kadang terasa tidak sepenuhnya puas, kamu tetap hebat. *I proud of you*, Denada.

Semoga Allah SWT dengan segala kuasa-Nya memberikan balasan atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Penulis memohon maaf apabila ada kesalahan dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Akhir kata, semoga skripsi ini membawa banyak manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Bandar Lampung, September 2023

Penulis,

**Denada Iqlima Sephanti**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	5
1.4 Kerangka Teori.....	5
1.5 Hipotesis Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.).....	7
2.1.1 Klasifikasi.....	7
2.1.2 Morfologi.....	8
2.1.3 Fase Pertumbuhan.....	9
2.1.4 Distribusi dan Habitat.....	11
2.1.5 Produksi Tebu.....	11
2.2 Gejala Kekeringan pada Tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.).....	11
2.3 Mekanisme Toleransi Cekaman Kekeringan.....	12
2.4 Skrining Ketahanan Kekeringan dengan PEG 6000 secara <i>In Vitro</i> .....	14
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Rancangan Penelitian.....	18
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.5 Prosedur Penelitian.....	20
3.6 Parameter Pengamatan.....	22
3.7 Analisis Data.....	24



<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1 Hasil.....	25
4.1.1 Pengamatan Kuantitatif.....	25
4.1.2 Pengamatan Kualitatif.....	32
4.2 Pembahasan.....	48
4.2.1 Pengamatan Kuantitatif.....	48
4.2.2 Pengamatan Kualitatif.....	53
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>55</b>
5.1 Simpulan.....	55
5.2 Saran.....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Notasi faktor taraf kombinasi perlakuan.....	19
<b>Tabel 2.</b> Nilai uji BNT taraf 5% pada parameter persentase planlet kering tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	26
<b>Tabel 3.</b> Nilai uji BNT taraf 5% pada parameter persentase tinggi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	27
<b>Tabel 4.</b> Nilai uji BNT taraf 5% pada parameter pada jumlah dan panjang akar planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	28
<b>Tabel 5.</b> Nilai uji BNT taraf 5% pada berat basah planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	29
<b>Tabel 6.</b> Nilai uji BNT taraf 5% pada berat kering planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	30
<b>Tabel 7.</b> Nilai uji BNT taraf 5% pada kadar air relatif planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	30
<b>Tabel 8.</b> Nilai ISK pada planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.).....	31
<b>Tabel 9.</b> Respon varietas terhadap cekaman kekeringan.....	32
<b>Tabel 10.</b> MANOVA persentase planlet kering dan tinggi planlet selama 5 MSA.....	65
<b>Tabel 11.</b> MANOVA jumlah akar, panjang akar, berat basah, berat kering, dan kadar air relatif planlet.....	65

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Rumpun tebu.....	7
<b>Gambar 2.</b> Morfologi tebu.....	9
<b>Gambar 3.</b> Struktur kimia senyawa <i>Polyethilen Glycol</i> (PEG) 6000.....	16
<b>Gambar 4.</b> Tata letak percobaan.....	19
<b>Gambar 5.</b> Diagram alir penelitian.....	20
<b>Gambar 6.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GMP5 dengan konsentrasi 0%.....	33
<b>Gambar 7.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GMP5 dengan konsentrasi 20%.....	33
<b>Gambar 8.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GMP2 dengan konsentrasi 0%.....	35
<b>Gambar 9.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GMP2 dengan konsentrasi 20%.....	35
<b>Gambar 10.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GM1168 dengan konsentrasi 0%.....	37
<b>Gambar 11.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GM1168 dengan konsentrasi 20%.....	37
<b>Gambar 12.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas PSJT941 dengan konsentrasi 0%.....	39
<b>Gambar 13.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas PSJT941 dengan konsentrasi 20%.....	39
<b>Gambar 14.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas CENING dengan konsentrasi 0%.....	41
<b>Gambar 15.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas CENING dengan konsentrasi 20%.....	41
<b>Gambar 16.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GMP3 dengan konsentrasi 0%.....	43
<b>Gambar 17.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GMP3 dengan konsentrasi 20%.....	43
<b>Gambar 18.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GM882 dengan konsentrasi 0%.....	45
<b>Gambar 19.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GM882 dengan konsentrasi 20%.....	45
<b>Gambar 20.</b> Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GM509 dengan konsentrasi 0%.....	47

<b>Gambar 21.</b>	Perubahan morfologi planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) varietas GM509 dengan konsentrasi 20%.....	47
<b>Gambar 22.</b>	Sterilisasi alat.....	66
<b>Gambar 23.</b>	Pembuatan media MS cair.....	66
<b>Gambar 24.</b>	Pembuatan larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 20%.....	66
<b>Gambar 25.</b>	Sterilisasi PEG 6000 dengan <i>syringe filter</i> di dalam BSC.....	66
<b>Gambar 26.</b>	Ruang isolasi.....	67
<b>Gambar 27.</b>	Ruang inkubator.....	67
<b>Gambar 28.</b>	Planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	67
<b>Gambar 29.</b>	Subkultur planlet tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.).....	67
<b>Gambar 30.</b>	Planlet tebu yang telah dikultur.....	68
<b>Gambar 31.</b>	Akar planlet tebu.....	68
<b>Gambar 32.</b>	Menimbang berat basah planlet tebu.....	68
<b>Gambar 33.</b>	Planlet tebu yang siap di oven.....	68
<b>Gambar 34.</b>	Planlet tebu yang telah di oven.....	68

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) adalah tanaman yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Tebu dimanfaatkan menjadi bahan baku utama dalam produksi gula. Pada bidang industri tebu juga dimanfaatkan menjadi Bahan Bakar Nabati (BBN) seperti etanol, asam amino, asam organik, dan bahan pangan (Sugiharto dkk., 2014).

Permintaan gula di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya. Hal ini berbanding lurus dengan bertambahnya jumlah penduduk, perbaikan perekonomian, dan berkembangnya industri makanan dan minuman (Yusuf dan Aulia, 2010). Pada tahun 2021, Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan produksi gula nasional sebesar 2,35 juta ton yang terdiri dari produksi pabrik gula BUMN sebesar 1,06 juta ton dan pabrik gula swasta sebesar 1,29 juta ton. Sementara itu, kebutuhan gula tahun 2022 mencapai sekitar 6,48 juta ton, terdiri dari 3,21 juta ton Gula Kristal Putih (GKP) dan 3,27 juta ton Gula Kristal Rafinasi (GKR). Saat ini, Indonesia belum mampu untuk memenuhi kebutuhan gula nasional sehingga harus ditopang dengan mengandalkan impor. Impor gula Indonesia senilai US\$2,38 miliar dengan volume 5,45 juta ton pada 2021. Nilai impor gula ke dalam negeri naik 23,05% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebesar US\$1,94 juta (Kemenperin, 2022).

Rendahnya produktivitas tebu di Indonesia disebabkan oleh penyiapan bibit dan kualitas bibit tebu yang kurang tepat dalam budidaya tebu (Putri dkk., 2013). Budidaya tebu memerlukan asupan air yang tepat dan sesuai dengan fase pertumbuhannya yaitu perkecambahan, pertunasan, pertumbuhan

tanaman (pemanjangan batang), dan pemasakan (masa siap panen) (Pawirosemadi, 2011). Kebutuhan asupan air bagi tanaman tebu pada umur 1-12 bulan, besarnya antara 14.82-140.5 mm. Hal tersebut dapat terpenuhi apabila kadar air tanah berada pada titik kapasitas lapang.

Fase pertumbuhan tebu yang sangat penting dan kritis terhadap kekeringan yaitu fase pemanjangan batang yang merupakan masa vegetatif aktif yaitu usia 4-9 bulan. Kekurangan air pada fase tersebut akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tebu seperti diameter batang kecil dan jarak antar ruas kecil sehingga tinggi tanaman tumbuh tidak optimal. Sedangkan, pada fase pemasakan tebu yang merupakan masa siap panen yaitu usia 12 bulan memerlukan air yang lebih sedikit karena kelebihan air akan menyebabkan rendemen tebu turun (Shomeili and Bahrani, 2013).

Kekeringan merupakan suatu kondisi kekurangan pasokan air di suatu daerah dalam jangka waktu yang lama. Kondisi ini disebabkan oleh perubahan iklim yang mengakibatkan rendahnya curah hujan secara terus menerus, atau tidak turun hujan dalam jangka waktu yang lama. Musim kemarau panjang dapat menyebabkan kekeringan. Hal ini terjadi karena cadangan air tanah habis akibat penguapan (evaporasi), transpirasi, atau penggunaan lain oleh manusia secara terus menerus (Jamil dan Sujinah, 2016).

Cekaman kekeringan pada tanaman merupakan satuan yang menggambarkan keadaan dimana kebutuhan air tanaman tidak dapat terpenuhi karena mengalami defisit air akibat proses penguapan dari jaringan tanaman yang melebihi kemampuan tanaman untuk menyerap air (Winarsih, 2015).

Cekaman kekeringan memiliki dampak pada tebu secara keseluruhan, baik secara morfologis maupun fisiologis. Respon morfologi dan fisiologi tebu bervariasi berdasarkan genotipe, durasi cekaman, dan intensitas cekaman. Respon cekaman kekeringan yang umum terjadi penggulungan daun, penutupan stomata, penghambatan pertumbuhan batang, penghambatan pertumbuhan daun, penebaran daun dan penurunan luas daun (Inman-Bamber *et al.*, 2012).

Varietas yang mengalami cekaman kekeringan mampu beradaptasi dengan penyesuaian morfologi (Winkel dkk., 2014). Mekanisme morfologis tanaman untuk menghindari dari cekaman kekeringan adalah dengan memanjangkan akarnya untuk mencari sumber air yang relatif jauh dari permukaan tanah pada saat terjadi cekaman kekeringan dan meningkatkan jumlah akar untuk memperluas cakupan air sehingga dapat tetap disalurkan ke daun untuk proses fotosintesis (Miro dan Ismail, 2013). Pertumbuhan dan perkembangan akar dapat terpengaruh oleh cekaman kekeringan tetapi pengaruhnya relatif lebih kecil dibandingkan batang ataupun daun. Pada tanah yang kering mobilitas nutrisi ke tanaman akan sangat berkurang karena pori-pori tanah terenuhi oleh udara sehingga nutrisi dalam tanah tidak langsung terserap oleh akar (Smit and Singels, 2006). Kekurangan air menyebabkan turunnya turgiditas sehingga menghambat pembelahan dan pemanjangan sel yang mengakibatkan tinggi tanaman terhambat (Maura, 2020).

PT Gunung Madu Plantations (GMP) merupakan sebuah perusahaan gula dan perkebunan tebu yang menanam tebu di lahan marginal. Maka dari itu, penggunaan varietas yang toleran terhadap kekeringan dalam jangka panjang akan lebih menguntungkan daripada varietas yang tidak toleran, sehingga dibutuhkan teknologi untuk menghasilkan varietas yang bisa beradaptasi di lahan dengan keterbatasan air (Hartati dkk., 2018). Seleksi tanaman secara *in vitro* dilakukan untuk mendapatkan tebu unggul yang toleran terhadap cekaman kekeringan dalam jumlah banyak dan mampu menginduksi keragaman somaklonal. Selain itu, agen penyeleksi (*selective agent*) diperlukan untuk melakukan seleksi sel atau jaringan varian dengan sifat toleran diantara sel atau jaringan yang peka terhadap cekaman kekeringan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa cara untuk mengetahui varietas yang mampu beradaptasi dengan cekaman kekeringan salah satunya menggunakan PEG 6000 yang banyak digunakan sebagai larutan osmotik untuk mendeteksi toleransi kekeringan. PEG 6000 dapat menurunkan potensial osmotik larutan melalui aktivitas matriks sub-unit

etilena oksida yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen. Pada konsentrasi tertentu, PEG 6000 dapat menginduksi kondisi kekurangan air seperti yang terjadi pada tanah kering (Mirbahar et al., 2013). PEG 6000 sebagai agen penyeleksi memiliki keunggulan yaitu tidak memiliki sifat toksik terhadap tanaman, tidak dapat diserap oleh akar, dan menurunkan potensial osmotik larutan secara homogen (Verslues et al., 1998). Pada kondisi kapasitas lapang, tanah memiliki potensial osmotik -0.33 bar sedangkan dalam kondisi titik kelembaban kritis mencapai potensial osmotik -15 bar. Penggunaan PEG 6000 dengan konsentrasi 20-25% setara dengan -6.7 sampai -9.9 bar, sehingga mampu membedakan genotipe yang toleran dan peka terhadap cekaman kekeringan. Semakin kuat suatu varietas menghadapi cekaman potensial osmotik maka semakin tahan varietas tadi terhadap cekaman kekeringan (Meutia dkk., 2010).

Varietas unggul tebu yang toleran terhadap cekaman kekeringan mempunyai produktivitas tinggi. Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis mengajukan usulan proposal penelitian tentang **“Skrining *In Vitro* Varietas Komersial Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Toleran Cekaman Kekeringan dengan Induksi *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 di PT Gunung Madu Plantations”**

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui varietas komersial tebu unggul dan toleran terhadap cekaman kekeringan dengan larutan PEG 6000 secara *in vitro*.
2. Mengetahui respon morfologi beberapa varietas komersial tebu dengan penambahan larutan PEG 6000 secara *in vitro*



### 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui potensi varietas tebu unggul dan toleran terhadap cekaman kekeringan dengan larutan PEG 6000 secara *in vitro*.
2. Dapat dijadikan dasar penelitian untuk seleksi *in vitro* pada tebu dalam upaya mendapatkan varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan.
3. Memberikan informasi ilmiah bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya tentang pertumbuhan tebu yang diinduksi PEG 6000 pada cekaman kekeringan secara *in vitro*.

### 1.4 Kerangka Teori

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan komoditas penting sebagai bahan baku utama dalam produksi gula. Permintaan gula selalu meningkat setiap tahunnya, namun saat ini Indonesia belum mampu untuk memenuhi kebutuhan gula nasional tersebut. Hal ini disebabkan oleh rendahnya produktivitas tebu selama beberapa tahun terakhir yang diakibatkan oleh perubahan iklim salah satunya yaitu cekaman kekeringan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan agen seleksi berupa *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 secara *in vitro* untuk mengetahui varietas tebu unggul yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Penambahan larutan PEG 6000 dengan metode *in vitro* dapat menurunkan potensial osmotik larutan melalui aktivitas matriks sub-unit etilena oksida yang mampu mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen. Konsentrasi PEG 6000 yang digunakan adalah 20% karena penggunaan PEG 6000 dengan konsentrasi 20-25% dapat menginduksi kondisi kekurangan air seperti yang terjadi pada tanah kering. PT Gunung Madu Plantations (GMP) merupakan sebuah perusahaan gula dan perkebunan tebu yang menanam tebu di lahan marginal. Oleh sebab itu, penelitian ini diharapkan memperoleh varietas komersial tebu yang unggul dan peka terhadap cekaman kekeringan untuk meningkatkan produksi gula di perkebunan PT Gunung Madu Plantations di Indonesia.

## 1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat varietas komersial tebu (*Saccharum officinarum* L.) unggul dan toleran terhadap kekeringan dengan penambahan larutan PEG 6000 secara *in vitro*
2. Mendapatkan indikator morfologi beberapa varietas komersial tebu (*Saccharum officinarum* L.) unggul dan toleran terhadap kekeringan dengan penambahan larutan PEG 6000 secara *in vitro*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

#### 2.1.1 Klasifikasi

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman budidaya yang tergolong ke dalam famili rerumputan (Graminieae). Klasifikasi ilmiah dari tebu menurut (Steenis, 2006) sebagai berikut.

Kingdom : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Class : Liliopsida  
Ordo : Graminales  
Familia : Graminieae  
Genus : *Saccharum*  
Spesies : *Saccharum officinarum* L.

Secara lengkap rumpun tebu ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Rumpun tebu (dokumentasi pribadi, 2022)

## 2.1.2 Morfologi

### a. Akar

Tebu termasuk tanaman yang memiliki akar serabut. Akar tebu dapat dibedakan menjadi dua, yaitu akar stek dan akar tunas. Akar stek merupakan akar bibit yang memiliki masa hidup tidak lama. Akar ini tumbuh pada cincin akar dari stek batang. Sedangkan, akar tunas merupakan pengganti akar bibit. Pertumbuhan akar tebu tegak lurus ke bawah dan mendatar dekat permukaan tanah (Steenis, 2006). Pertumbuhan akar akan mengalami perlambatan ketika suhu tanah dibawah 18°C dan akan meningkat secara progresif pada suhu optimum 35°C (James, 2004).

### b. Batang

Batang tebu berasal dari mata tunas yang tumbuh keluar dan berkembang membentuk rumpun. Batang tebu berdiri lurus, tidak memiliki cabang, dengan tinggi 2-5 m dan diameter batang berkisar antara 3-5 cm. Batang tebu memiliki ruas yang dibatasi oleh buku-buku (Indrawanto dkk., 2010). Batang tebu mengandung serat dan kulit batang sebesar 12,5% dan nira sebesar 82,5%, yang terdiri dari gula, mineral, dan bahan-bahan non gula lainnya (Goutara dan Wijandi, 1985). Menurut Soerjadi (1979), komposisi batang tebu terdiri dari monosakarida 0,5%-1,5%, sukrosa 11%-19%, zat organik abu 0,5%-1,5%, sabut (selulosa, pentosan) 11%-19%, asam organik 0,15%, bahan lain lilin, zat warna, ikatan N, dan air 65%-75%.

### c. Daun

Daun pada tebu termasuk daun tidak lengkap, yang hanya terdiri dari helaian daun dan pelepah daun, serta tidak dilengkapi oleh tangkai daun (James, 2004). Tebu memiliki daun yang berbentuk busur panah yang mirip dengan pita yang berseling kanan dan berseling kiri. Tepi daun berbulu keras dan terkadang bergelombang (Indrawanto dkk., 2010).

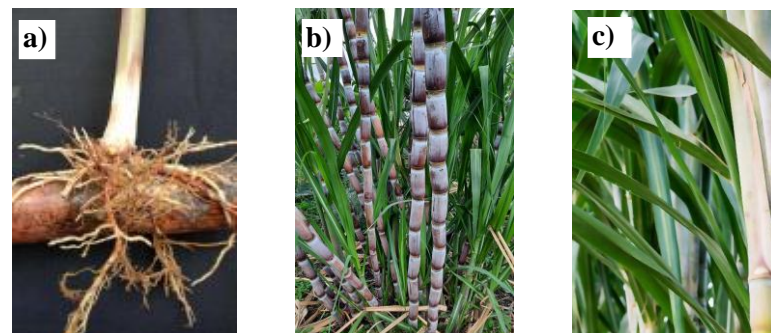
**d. Bunga**

Tebu memiliki bunga majemuk dengan panjang berkisar antara 50 cm hingga 80 cm. Bunga pada tebu juga memiliki benang sari, putik dengan dua kepala putik serta bakal biji (Indrawanto dkk., 2010).

**e. Buah dan Biji**

Tebu termasuk monokotil atau biji berkeping satu. Tebu memiliki buah seperti padi yang memiliki satu biji dengan besar lembaga 1/3 dari panjang bijinya (Indrawanto dkk., 2010).

Secara lengkap morfologi tebu ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Morfologi tebu (a) akar; (b) batang; dan (c) daun (dokumentasi pribadi, 2022)

**2.1.3 Fase Pertumbuhan**

Fase pertumbuhan pada tebu memerlukan asupan air yang berbeda-beda. Menurut Pawirosemadi (2011) tebu memiliki beberapa fase pertumbuhan sebagai berikut.

**a. Fase perkecambahan**

Fase ini dimulai dari mata tunas yang akan membentuk taji dan tunas mulai muncul pada minggu pertama, tinggi taji akan mencapai 12 cm pada minggu kedua. Pada minggu ketiga tinggi tunas 20—25 cm dan daun mulai terbuka. Pada minggu keempat tinggi tunas  $\pm$ 50 cm dan mulai terbentuk 4 helai daun.

**b. Fase pertunasan**

Tebu akan memiliki tunas pada usia 5 minggu sampai dengan 3,5 bulan tergantung pada varietas dan lingkungan. Fase ini merupakan fase awal dalam memperoleh jumlah batang untuk mencapai produktivitas tinggi. Jumlah anakan tertinggi terjadi pada usia 3-5 bulan dan setelah itu akan mati sebanyak 40-50% yang disebabkan karena terjadinya persaingan sinar matahari, air, dan sebagainya.

**c. Fase pertumbuhan tanaman (pemanjangan batang)**

Fase pemanjangan batang merupakan fase pertumbuhan tebu yang sangat penting dan kritis terhadap kekeringan (Ngamhui *et al.*, 2012). Fase ini merupakan masa vegetatif aktif yang memerlukan kebutuhan air lebih besar karena kekurangan air akan menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tebu seperti diameter batang kecil dan jarak antar ruas kecil sehingga tinggi tanaman tidak optimal.

Peningkatan volume tanaman bobot maupun ukuran dan pemanjangan batang akan terjadi pada usia 4-9 bulan. Kecepatan pembentukan ruas pada batang adalah 3-4 ruas/bulan. Pemanjangan batang tebu akan semakin melambat seiring usia tebu yang semakin tua. Pada usia 9-12 bulan saat tebu berbunga artinya pertumbuhan tebu untuk menambah ruas batang akan terhenti.

**d. Fase pemasakan**

Fase ini terjadi saat mulai berhentinya fase vegetatif dan terjadi peningkatan jumlah sukrosa pada batang tebu yang dapat diolah menjadi gula.

Laju pertumbuhan tebu dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan yaitu ketersediaan substrat, respirasi, ketersediaan oksigen, suhu, dan umur tumbuhan (Dwidjoseputro, 1994). Kondisi kekeringan dapat menyebabkan penurunan panjang batang, berat batang, berat tajuk,

panjang buku, panjang daun, dan indeks luas daun (Shomeili and Bahrani, 2013).

#### **2.1.4 Distribusi dan Habitat**

Tebu merupakan tanaman perdu yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula yang tumbuh di daerah yang memiliki iklim tropis dengan suhu 30-32°C, tetapi tanaman ini masih dapat tumbuh di daerah subtropik. Tebu dikenal sebagai emas putih oleh bangsa Persia, Cina, India, dan kemudian orang Eropa beberapa abad yang lalu. Budidaya tebu di Indonesia banyak terdapat di daerah Pulau Jawa dan Sumatra.

#### **2.1.5 Produksi Tebu**

Kementerian Pertanian (Kementan) memperkirakan produksi tebu secara nasional sebesar 2,36 juta ton pada 2021. Jumlah tersebut meningkat 2,58% dari tahun lalu yang sebanyak 2,13 juta ton. Jawa Timur diproyeksikan menjadi provinsi penghasil tebu terbesar pada 2021, yakni 1,13 juta ton. Jumlah itu naik 15,73% dibandingkan pada 2020 yang mencapai 978,9 ribu ton. Lampung berada di posisi kedua dengan proyeksi produksi tebu mencapai 764,5 ribu ton. Setelahnya ada Jawa Tengah dengan produksi tebu diperkirakan sebesar 192 ribu ton. Kementan juga memperkirakan luas areal tebu di Indonesia mencapai 443.501 hektare (ha) pada 2021. Angkanya meningkat 2,3% dibandingkan tahun lalu yang seluas 432.926 ha. Sementara, produktivitas tebu nasional diproyeksikan sebesar 5.367 kilogram (kg)/ha pada 2021. Jumlah ini naik 5,59% dibandingkan pada 2020 yang mencapai 5.067 kg/ha (Dihni, 2021).

#### **2.2 Gejala Kekeringan pada Tebu (*Saccharum officinarum* L.)**

Tebu membutuhkan air dalam jumlah yang banyak karena tebu memiliki biomassa yang tinggi. Kondisi lahan yang optimum untuk perkembangan tebu adalah wilayah dengan curah hujan 1.800-2.500 mm. Kapasitas air dalam tanah minimal 50% kapasitas lapang pada awal tanam, dan 80% pada fase

pemanjangan batang (Riajaya, 2016). Tebu menyerap air  $75\pm 85\%$  dari lapisan atas tanah  $0\pm 66$  cm, dan  $10\pm 15\%$  pada lapisan bawah tanah  $66\pm 100$  cm.

Cekaman kekeringan merupakan satuan yang menggambarkan keadaan dimana kebutuhan air tanaman tidak dapat terpenuhi, sehingga tanaman tidak dapat melakukan proses pertumbuhan dan perkembangan secara optimal yang mengakibatkan produksi menurun. Kondisi kekeringan dapat mengakibatkan pengurangan jumlah daun, menurunkan berat kering daun, batang, dan akar pada tanaman. Menurut Hidayati dkk. (2017) tinggi tanaman, diameter batang, lebar tajuk, dan daun menentukan vigor tanaman. Vigor yang baik dapat membuat tanaman mampu bertahan saat menghadapi cekaman kekeringan. Sedangkan pada sel dapat menyebabkan perubahan tekanan turgor, tekanan osmosis, dan potensial air serta mengakibatkan penutupan stomata yang berpengaruh pada proses fotosintesis (Basra *et al.*, 1999). Jika kondisi kekeringan berlangsung lama dapat menyebabkan sel mengkerut sehingga terjadi hambatan mekanis pada membran. Dehidrasi menyebabkan penurunan volume sel dan meningkatnya kekentalan cairan sel (Mahajan and Tuteja, 2005).

### **2.3 Mekanisme Toleransi Cekaman Kekeringan**

Saat mengalami kekeringan tanaman memiliki mekanisme untuk menahan atau beradaptasi terhadap cekaman tersebut melalui akumulasi senyawa osmoprotektan, yang berperan dalam mekanisme mitigasi dari pengaruh negatif kekeringan (Silva *et al.*, 2011). Kekurangan air mengakibatkan proses fisiologis maupun morfologis tidak normal, yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat atau terhenti. Menurut (Jamil dan Sujinah, 2016), mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan adalah sebagai berikut.

1. Lolos dari kekeringan (*drought escape* atau *escaping*), tanaman mampu mengatur plastisitas pertumbuhan atau menyelesaikan daur hidupnya sebelum mengalami kekeringan. Mekanisme morfofisiologis tanaman untuk menghindari dari cekaman kekeringan adalah dengan memanjangkan



akarnya untuk mencari sumber air yang relatif jauh dari permukaan tanah pada saat terjadi cekaman kekeringan (Abdullah *et al.*, 2010).

2. Ketahanan terhadap kekeringan (*actual drought resistance*) dibagi menjadi dua, yaitu:
  - a. Mekanisme pengelakan (*drought avoidance*) yaitu kemampuan tanaman untuk mempertahankan potensial air sel agar tetap tinggi, selaras dengan semakin meningkatnya cekaman kekeringan, sehingga turgiditas sel tetap tinggi dengan cara mengurangi kehilangan air atau meningkatkan penyerapan air. Cara mengurangi kehilangan air adalah dengan penggulungan daun untuk mempertahankan potensial air daun tetap tinggi dan cara meningkatkan penyerapan air adalah dengan memperdalam sistem perakaran (Tubur *et al.*, 2012).
  - b. Mekanisme toleransi (*drought tolerance*) adalah kemampuan tanaman menjaga dan mempertahankan potensial air sel agar tetap tinggi dan selaras dengan meningkatnya cekaman kekeringan, sehingga turgiditas sel tetap tinggi (Anjum *et al.*, 2012).
    - Toleransi dengan potensial air jaringan yang tinggi (*dehydration avoidance*) yaitu kemampuan tanaman untuk tetap menjaga potensial jaringan dengan cara meningkatkan penyerapan air atau menekan kehilangan air. Tanaman memiliki kemampuan untuk meningkatkan sistem perakaran dan menurunkan hantaran epidermis dengan regulasi stomata, pembentukan lapisan lilin, bulu yang tebal, dan penurunan permukaan evapotranspirasi melalui penyempitan daun dan pengguguran daun tua (Daszkowska-Golec and Szarejko, 2013; Chaves *et al.*, 2003).
    - Toleransi dengan potensial air jaringan yang rendah (*dehydration tolerance*) yaitu kemampuan tanaman untuk menjaga tekanan turgor sel dengan menggunakan strategi biokimia dan morfologi melalui akumulasi larutan seperti gula dan asam amino atau dengan meningkatkan elastisitas sel untuk menurunkan potensial air dan melindungi sel-sel yang rusak (Martinez *et al.* 2007).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rinanto (2010) pada 14 genotipe tebu dengan perlakuan cekaman kekeringan menunjukkan respon yang beragam terhadap kekeringan. Respon tebu terhadap kekeringan ditunjukkan dengan gejala daun menggulung yang berguna untuk mengurangi transpirasi dan serapan sinar matahari dengan menurunkan kadar klorofil serta proses pemanjangan akar. Menurut Olivier *et al.* (2013) perlakuan defisit irigasi 50% menurunkan fraksi heksosa, hasil biomas, hasil etanol, efisiensi penggunaan air, dan radiasi, serta perubahan kandungan lignin dan selulosa.

Mastur (2016) menyatakan bahwa respon cepat tanaman terhadap kekeringan yaitu penutupan stomata. Kemudian, dalam jangka panjang akan mulai terjadi perubahan pertumbuhan terhadap meningkatnya pertumbuhan akar.

Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan antara lain dengan memanjangkan akarnya untuk mencari sumber air pada saat terjadi cekaman kekeringan.

Tanaman menghadapi cekaman kekeringan memiliki ukuran yang lebih kecil daripada tanaman yang tumbuh normal. Cekaman kekeringan juga mempengaruhi setiap aspek pertumbuhan dan metabolisme tumbuhan seperti integritas membran, kandungan pigmen, keseimbangan osmotik, aktivitas fotosintesis, penurunan potensial air protoplasma, penurunan pertumbuhan, dan penurunan diameter batang (Sinay, 2015).

#### **2.4 Skrining Ketahanan Kekeringan dengan PEG 6000 secara *In Vitro***

Perakitan varietas tebu toleran kekeringan bisa dilakukan dengan menggunakan metode konvensional (hibridisasi), atau inkonvensional menggunakan pemuliaan mutasi, pemuliaan *in vitro*, rekayasa genetika atau gabungan dari metode-metode tersebut. Sedangkan, metode konvensional yang sering digunakan adalah persilangan (Pan and Xu, 2016).

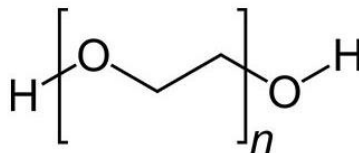
Teknik kultur jaringan merupakan salah satu metode untuk mengatasi masalah produksi bibit tanaman. Aplikasi teknik ini dapat digunakan pada tanaman hortikultura, pangan, dan industri terutama pada penyediaan bibit secara

massal dengan cepat, murah, dan bebas patogen (Behera and Sahoo, 2009). Keuntungan penyediaan bibit menggunakan kultur jaringan yaitu diperoleh bibit tanaman yang unggul dalam jumlah banyak dan seragam, serta diperoleh biakan steril (*mother stock*) yang dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbanyak selanjutnya (Lestari, 2011).

Seleksi tanaman secara *in vitro* dilakukan untuk mendapatkan hasil tebu yang toleran terhadap cekaman kekeringan, maka dari itu diperlukan benih unggul dengan jumlah banyak dan dapat menginduksi keragaman somaklonal. Selain itu, agen penyeleksi (*selective agent*) dibutuhkan untuk melakukan seleksi sel atau jaringan varian dengan sifat toleran diantara sel atau jaringan yang peka terhadap cekaman kekeringan, antara lain PEG, Manitol, Sorbitol, dan NaCl (Gulati dan Jaiwal, 1993).

Senyawa *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 adalah senyawa yang mampu menurunkan potensial osmotik larutan melalui aktivitas matriks sub-unit etilena oksida yang dapat mengikat molekul air dengan ikatan hidrogen. Senyawa dengan rumus kimia  $(C_2H_4O)_N + 1H_2O$  dan rumus struktur  $HOCH_2-(CH_2OCH_2)_NCH_2OH$ . PEG 6000 merupakan senyawa polimer berantai panjang, tidak berubah (inert) dengan berat molekul antara 200-9500 Da. PEG 6000 disebut juga makrogol yang merupakan polimer sintetik dari oksietilen dengan rumus struktur  $H(OCH_2CH_2)_nOH$ , dimana  $n$  adalah jumlah rata-rata gugus oksietilen. PEG umumnya memiliki bobot molekul antara 200–300.000 (Perdana, 2010). PEG merupakan polieter asiklik yang mengandung gugus alkohol (OH) pada kedua ujungnya. Walaupun gugus OH bukan atom yang stabil tetapi gugus ini mampu membentuk ikatan koordinatan dengan ion logam dan menghasilkan senyawa kompleks yang stabil. Kumpulan OH ini memiliki fungsi ganda seperti molekul air karena dapat menstabilkan dengan saling berinteraksi dengan kation secara berkoordinatan. Selain itu, juga mampu berikatan dengan anion melalui ikatan hidrogen sehingga bersifat nukleofilik. Adanya reaksi ini menghalangi anion berinteraksi terlalu kuat dengan ion logam sehingga PEG disebut ligan fungsi berganda. Jenis rantai

panjang PEG yang biasa dikenal adalah trietilen glikol (EO3) sampai heptaetilen glikol (EO7) (Setyaningrum, 2011). Secara lengkap struktur kimia senyawa *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 ditampilkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Struktur kimia senyawa *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 (Setyorini, 2018).

Semakin kuat suatu varietas menghadapi cekaman potensial osmotik maka semakin tahan varietas tersebut terhadap cekaman kekeringan. Pada konsentrasi tertentu, PEG 6000 dapat menginduksi kondisi kekurangan air sebagaimana yang terjadi pada tanah kering (Mirbahar *et al.*, 2013). Ukuran molekul dan konsentrasi PEG dalam larutan menentukan besarnya potensial osmotik larutan yang terjadi. Larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 5% memiliki potensial osmotik -0,13 MPa (1,26 bar), sedangkan pada konsentrasi 20% memiliki potensial osmotik -0,71 MPa (7,06 bar). PEG 6000 sebagai agen penyeleksi memiliki kelebihan daripada manitol, sorbitol, maupun NaCl karena tidak memiliki sifat toksik terhadap tanaman, tidak dapat diserap oleh akar, dan menurunkan potensial osmotik larutan secara homogen (Verslues *et al.*, 1998).

Berdasarkan hasil penelitian Sari (2022) perubahan morfologi planlet tebu yang diamati setiap 1-5 Minggu Setelah Aplikasi (MSA) dengan menggunakan PEG 6000 dengan berbagai konsentrasi yaitu 15%, 20%, dan 25%. Planlet tidak menunjukkan perubahan morfologi secara makroskopis pada hari ke-7. Namun seiring dengan lamanya waktu penanaman planlet dalam media, maka semakin menunjukkan perubahan morfologi planlet tebu tercekam kekeringan, yaitu ditandai perubahan warna daun dan batang, dan diperoleh dosis yang optimum untuk cekaman kekeringan sebesar 20% yang diamati selama 5 MSA.

Pengetahuan dan penguasaan sistem regenerasi dari tiap-tiap varietas tebu secara *in vitro* sangat diperlukan karena sangat menentukan dalam program peningkatan produktivitas tebu melalui pemanfaatan bioteknologi, baik untuk keperluan perbanyakan, perbaikan varietas, maupun transformasi gen.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Mei-November 2022 di Laboratorium Kultur Jaringan, Departemen *Research and Development*, PT Gunung Madu Plantations (GMP), di Km 90 Terbanggi Besar, Gunung Batin Udik, Terusan Nunyai, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik, *autoclave*, oven, pinset, gunting, pisau, pipet tetes, tabung reaksi, *beaker glass*, erlenmeyer, *syringe filter* 0,45  $\mu\text{m}$ , spuit 10 mL, *magnetic stirrer*, *hot plate*, inkubator, *Biological Safety Cabinet* (BSC), bunsen, cawan petri, kaca arloji, batang pengaduk, *flexi pump*, pH meter, dan labu ukur 100 mL.

Bahan yang digunakan yaitu planlet tebu varietas GMP5, GMP2, GM1168, PSJT941, CENING, GMP3, GM882, dan GM509, media *Murashige Skoog* (MS) cair, larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 20%, HgCl 0,05%, alkohol 70%, ZPT (alami dan buatan), akuades, kertas buram, karet, dan plastik.

#### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian faktorial pola 8x2 menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor pertama yaitu planlet dari 8 varietas komersial tanaman tebu. Faktor kedua yaitu penambahan larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 20% dan dibandingkan dengan kontrol (0%), sehingga diperoleh 16 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga diperoleh 48 satuan percobaan. Masing-masing

satuan percobaan diperlukan 3 tabung reaksi berisi planlet, sehingga seluruh pelakuan 8x2x3 unit percobaan. Notasi faktor taraf kombinasi perlakuan dapat dilihat pada **Tabel 1** dan tata letak percobaan dapat dilihat pada **Gambar 4**.

**Tabel 1.** Notasi faktor taraf kombinasi perlakuan

Faktor	Varietas (V)								
	Taraf	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
Konsentrasi (K)	K1	V1K1	V2K1	V3K1	V4K1	V5K1	V6K1	V7K1	V8K1
	K2	V1K2	V2K2	V3K2	V4K2	V5K2	V6K2	V7K2	V8K2



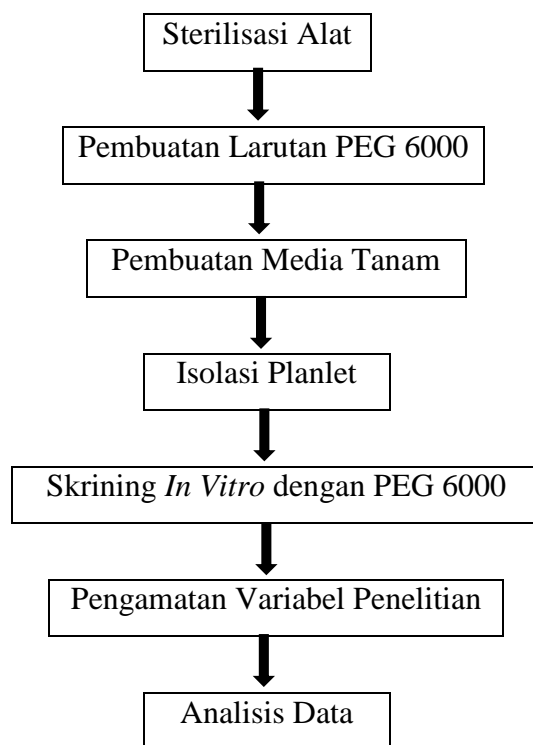
**Gambar 4.** Tata letak percobaan

Keterangan:

V	=	Varietas	V6	=	Varietas GMP3
K	=	Konsentrasi	V7	=	Varietas GM882
V1	=	Varietas GMP5	V8	=	Varietas GM509
V2	=	Varietas GMP2	K1	=	Konsentrasi 0%
V3	=	Varietas GM1168	K2	=	Konsentrasi 20%
V4	=	Varietas PSJT41	U1-3	=	Ulangan
V5	=	Varietas CENING			

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut.



**Gambar 5.** Diagram alir penelitian

### 3.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian ini sebagai berikut:

#### 1. Sterilisasi Alat

Alat yang akan digunakan terlebih dahulu dicuci menggunakan detergen cair, dan dibilas dengan air mengalir hingga bersih kemudian ditiriskan. Alat tersebut lalu dibungkus, alat gelas dibungkus dengan menggunakan kertas, sedangkan alat diseksi seperti pinset dibalut dengan aluminum foil dan dibungkus dengan plastik tahan panas. Alat disterilkan dengan menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C pada tekanan 1 Psi selama 20 menit. Setelah itu, alat tersebut dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 3 jam. (Sari, 2022).



## 2. Pembuatan Larutan PEG 6000

Pembuatan larutan PEG 6000 dengan konsentrasi 20% adalah sebanyak 20 gram PEG dilarutkan dalam 100 mL akuades. Kemudian, larutan PEG disterilisasi dengan menggunakan *syringe filter* 0,45  $\mu\text{m}$  di dalam *Biological Safety Cabinet* (BSC).

## 3. Pembuatan Media

Pembuatan media diawali dengan menyiapkan bahan dengan komposisi media  $\frac{1}{2}$  MS cair ditambah dengan 2 ppm IBA (*indolebutiric acid*) dan air kelapa dan dimasukkan ke dalam *beaker glass*. Kemudian, ditambahkan gula dan akuades sesuai dengan volume yang diperlukan. Larutan dihomogenkan dan diatur pH media, pH optimum berkisar antara 5,7-5,8. Larutan penyangga untuk mengontrol pH adalah NaOH (jika larutan terlalu asam) dan HCl (jika larutan terlalu basa). Setelah pH larutan sesuai, larutan dituang ke dalam erlenmeyer, media dimasak menggunakan *autoclave* pada suhu 110°C selama 15 menit, kemudian media di masukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 10 mL/tabung dan di sterilisasi dengan *autoclave* dengan suhu 121°C selama 20 menit, media disimpan pada suhu 18-25°C di ruang media.

## 4. Skrining *In Vitro* dengan PEG 6000

Penambahan larutan PEG 6000 yang telah disterilkan ke media  $\frac{1}{2}$  MS cair dilakukan pada ruang isolasi di dalam dalam *Biological Safety Cabinet* (BSC). Planlet yang digunakan sebagai bahan penelitian di skrining dengan menambahkan PEG dengan konsentrasi 20% dan 0% (kontrol) sebanyak 5 mL/tabung dengan media tanam sebanyak 10 mL. Setiap satu perlakuan diberi ulangan sebanyak 3 kali. Setelah selesai, disimpan pada suhu 21°C selama 5 Minggu Setelah Aplikasi (MSA).

### 3.6 Parameter Pengamatan

Variabel yang diamati dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 macam, yaitu secara kuantitatif dan kualitatif.

#### 1. Pengamatan Kuantitatif

##### a. Persentase Planlet Kering

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Sari (2022) pengamatan mengenai persentase planlet kering dapat dilihat pada planlet kering akan berwarna kuning dan planlet hidup akan berwarna hijau.

Pengamatan tersebut dilakukan selama 5 minggu selama penelitian berlangsung. Maka untuk mengetahui persentase planlet kering dengan penambahan PEG 6000 dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ PK} = \frac{\text{Jumlah planlet kering}}{\text{Jumlah seluruh planlet}} \times 100\%$$

##### b. Tinggi Planlet

Tinggi planlet dapat diukur dengan menggunakan penggaris, pengukuran dimulai dari tunas pada permukaan media sampai ujung tumbuh tunas tanpa mengeluarkan planlet dari dalam botol kultur. Pengukuran panjang tunas dilakukan pada usia 1-5 MSA.

##### c. Jumlah dan Panjang Akar

Pengukuran untuk mengetahui panjang akar dilakukan pada akhir pengamatan dengan cara mengukur akar mulai dari pangkal akar sampai ujung akar pokok, yang dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm) dan kemudian jumlah akar dihitung pada masing-masing media.

##### d. Berat Basah

Pengukuran ini dilakukan pada akhir pengamatan menggunakan neraca analitik. Tanaman yang sudah dibersihkan diukur berat semua bagian tanaman seperti akar, batang, dan daun yang terdapat di setiap satuan percobaan (Sari, 2022).

**e. Berat Kering**

Pengukuran ini dilakukan pada akhir pengamatan menggunakan neraca analitik. Setiap tanaman yang telah dibersihkan, dibungkus dengan kertas, keringkan dengan oven pada suhu 110°C selama 3 jam (Sari, 2022).

**f. Kadar Air Relatif**

Kadar air relatif diukur setelah mendapatkan hasil dari berat basah dan berat kering dengan rumus:

$$\text{Kadar air relatif} = \frac{\text{Berat Basah} - \text{Berat Kering}}{\text{Berat Basah}} \times 100\%$$

**g. Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK)**

Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK) menunjukkan kepekaan terhadap perlakuan cekaman dibanding kontrol. Nilai ISK yang semakin rendah, menunjukkan tingkat toleransi yang semakin tinggi terhadap perlakuan cekaman. Menurut (Fisher and Maurer, 1978) untuk mendapatkan nilai indeks sensitivitas kekeringan yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{ISK} = \frac{1 - Y_p/Y}{1 - X_p/X}$$

Keterangan:

- $Y_p$  = Jumlah planlet hidup pada satu genotipe yang diinduksi PEG 6000 dengan konsentrasi 20%
- $Y$  = Jumlah planlet hidup pada satu genotipe yang tidak diinduksi PEG 6000 (kontrol)
- $X_p$  = Rerata jumlah planlet hidup pada semua genotipe yang diinduksi PEG 6000 dengan konsentrasi 20%
- $X$  = Rerata jumlah planlet hidup pada semua genotipe yang tidak diinduksi PEG 6000 (kontrol)

Menurut Clarke (1984), suatu varietas digolongkan sebagai varietas toleran kekeringan apabila memiliki nilai ISK sebagai berikut:

$ISK < 0,5$  = Toleran kekeringan

$0,5 < ISK < 1$  = Cukup toleran kekeringan

$ISK \geq 1$  = Tidak toleran kekeringan

## 2. Pengamatan Kualitatif

Pengamatan kualitatif dilakukan dengan mengamati perubahan morfologi planlet yang terlihat dari perubahan warna daun dan batang setiap 1 Minggu Setelah Aplikasi (MSA) selama 5 minggu (Sari, 2022).

### 3.7 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis secara kualitatif (deskripsi) dan kuantitatif (uji statistik). Pengamatan secara kualitatif dilakukan dengan mendeskripsikan perbedaan perubahan morfologi planlet antara planlet kontrol (0%) dan planlet perlakuan (20%). Pengamatan secara kuantitatif dilakukan dengan metode *one way Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA). Analisis ragam dilakukan pada taraf nyata 5% dan uji lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% melalui aplikasi IBM SPSS Statistik 25.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Planlet tebu (*Saccharum officinarum* L.) varietas CENING, GMP2, dan GMP5 bersifat toleran; GM509, GMP3, GM882, dan PSJT941 bersifat cukup toleran; sedangkan GM1168 bersifat tidak toleran terhadap cekaman kekeringan dengan larutan PEG 6000 konsentrasi 20% dari berbagai parameter.
2. Pertumbuhan planlet tebu (*Saccharum officinarum* L.) dengan perlakuan PEG 6000 konsentrasi 20% terhambat, hal ini ditandai dengan adanya penambahan jumlah planlet kering pada setiap varietas selama 5 MSA serta terhambatnya pertumbuhan tinggi planlet, jumlah akar, dan panjang akar.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian selanjutnya pada varietas toleran secara *ex vitro* dengan menggunakan planlet yang seragam pada setiap parameter yang akan diamati.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. A., M. H. Ammar, and A. T. Badawi. 2010. Screening Rice Genotypes for Drought Resistance in Egypt. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2(7): 205-215.
- Afa, L., Purwoko, B.S., Junaedi, A., Haridjaja, O., dan Dewi, I.S. 2013. Deteksi Dini Toleransi Padi Hibrida terhadap Kekeringan menggunakan PEG 6000. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 41: 9-15.
- Akbar, M.R., Purwoko, B.S., Dewi, I.S., dan Suwarno, D.W. 2018. Penentuan Indeks Seleksi Toleransi Kekeringan pada Fase Perkecambahan Padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Biologi*. 14(2): 50-54.
- Anjum, S. A., X. Y. Xie., L. C.Wang., M. F. Salem., C. Man., and W. Lei. 2011. Morphological, Physiological, and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress. *African Journal of Agricultural Research*. 6(9): 2026–2032.
- Behera, K. K., and Sahoo, S. 2009. Rapid In Vitro Micropropagation of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L. cv-Nayana) Through Callus Culture. *Nature and science*. 7(4): 1-10.
- Basra, S. M. A., Ahmad, N., and Khaliq, A. 1999. Water Relation Studies in Water Stressed Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*. 1: 1-4.
- Budi, U.S. 2000. Studi Parameter Genetik Hasil Serat dan Komponennya pada Plasma Nutfah Rosella. *Jurnal Pertanian Tropika*. 8(1): 82-87.
- Campbell, N.A., Reece, J.B., and Mitchell, L.G. 2003. *Biologi Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.

- Chaves, M. M., Maroco, J. P., and Pereira, J. S. 2003. Understanding Plant Responses to Drought from Genes to The Whole Plant. *Functional Plant Biology*. 30(3): 239-264.
- Daszkowska-Golec, A., and Szarejko, I. 2013. The molecular basis of ABA-mediated plant response to drought. *Abiotic Stress: Plant Responses and Applications in Agriculture*. 103-133.
- Desti, Y. 2017. Pengaruh Cekaman Air terhadap Kandungan Protein Kacang Kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*. Universitas Ahmad Dahlan. Yogyakarta. 111-122.
- Dihni, V. A. 2021. *Kementan Perkiraan Produksi Tebu RI 2,36 Juta Ton pada 2021*. [https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/10/02/kementan-perkiraan-produksi-tebu-ri-236-juta-ton-pada-2021#:~:text=Kementan%20juga%20memperkirakan%20luas%20areal,kg\)%2Fha%20pada%202021](https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/10/02/kementan-perkiraan-produksi-tebu-ri-236-juta-ton-pada-2021#:~:text=Kementan%20juga%20memperkirakan%20luas%20areal,kg)%2Fha%20pada%202021). Diakses pada 17 April 2022.
- Dwidjoseputro. 1994. Perkembangan Pemuliaan Mutasi Tanaman Hias di Indonesia. *Journal of Advancements of Mutation Breeding on Ornamental Plant in Indonesia*. 67-72.
- Fischer R, Maurer R. 1978. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivars. I. Grain Yield Responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29: 897-912.
- George. E. F., Sherington, P.H., and Jones, G.R. 2008. *Plant Propagation by Tissue Culture*. Eastern Press Exegetic Ltd. England.
- Goutara dan S. Wijandi. 1985. *Dasar Pengolahan Gula 1*. Agro Industri Press. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. *Fatemeta*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gulati, Anju and Pawan K. Jaiwal. 1993. Selection and Characterization of Mannitol-Tolerant Callus Lines of *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*. 34(1): 35-41.
- Guo, R., Hao, W., and Gong, D. 2012. Effect of Water Stres on Germination and Growth of Linseed Seedling (*Linum usitatissium* L.) Photosynthetic

Efficiency and Accumulation of Metabolites. *Journal of Agricultural Science*. 4(10): 253-265.

Hartati, R. S., Suhesti, S., Yunita, R., dan Syafaruddin, S. 2018. Induksi Mutasi dengan Kolkisin dan Seleksi *In Vitro* Tebu Toleran Kekeringan menggunakan *Polyethylene Glycol*. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 24(2): 93-104.

Hemon, F. (2018). Pertumbuhan Tanaman Kacang Tanah Hasil Seleksi *In Vitro* pada Media *Polietilena Glikol* terhadap Cekaman Larutan *Polietilena Glikol*. *CROP AGRO. Jurnal Ilmiah Budidaya*. 2(1): 1-7.

Husni, A., Hutami, M.S., Kasmiatin, dan Mariska, I. 2002. Seleksi *In Vitro* Kedelai untuk Meningkatkan Sifat Toleransi Kekeringan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 23(2): 93-100.

Indrawanto, C., Purwono, S., Syakir, M., dan Rumini, W. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. ESKA Media. Jakarta.

Indraswati, D.S., Zulkifli., dan Handayani, T.T. 2015. Uji Ketahanan Pada Kecambah Padi Gogo (*Oryza sativa* L.) terhadap Cekaman Kekeringan yang diinduksi oleh *Polietilen Glikol* 6000. *Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan Polinela*. 16-24.

Inman-Bamber, N. G., Lakshmanan, P., and Park, S. 2012. Sugarcane for Water-Limited Environments: Theoretical Assessment of Suitable Traits. *Field Crops Research*. 134: 95-104.

Irawan, K. A., Setyo, B., dan Suhaili, S. 2023. Keragaman Morfologi Pertumbuhan 7 Klon dan 2 Varietas Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di PT Perkebunan Nusantara X Ploso Klaten-Kediri. *Gema Agro*. 28(1): 42-51.

Irsam., Samsudin, S., dan Adelina, E. 2016. Respon Perkecambahan Beberapa Kultivar Padi Gogo pada Tekanan Osmosis PEG (*Polyethylene Glycol*) yang Berbeda. *Jurnal Agroteknologi dan Bisnis*. 4(3): 235-243.

James, G. 2004. *Sugarcane*. Blackwell Publication Company. Oxford.



- Jamil, A., dan Sujinah. 2016. Mekanisme Respon Tanaman Padi terhadap Cekaman Kekeringan dan Varietas Toleran. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*. 11(1): 2.
- Jamsari, J., Danis, R., Manti, I., dan Renfiyeni, R. (2019). Respon Diferensial Fisiologis Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*) pada Kondisi Cekaman Kekurangan Air. *Jurnal Agrista*. 23(2): 100-111.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2022. *Tekan Gap Kebutuhan Gula Konsumsi, Kemenperin: Produksi Terus Digenjot*. <https://kemenperin.go.id/artikel/23444/Tekan-Gap-Kebutuhan-Gula-Konsumsi,-Kemenperin:-Produksi-Terus-Digenjot-#:~:text=Pada%20tahun%202021%2C%20produksi%20gula,3%2C27%20juta%20ton%20GKR>. Diakses pada 7 November 2022.
- Khadimi, A.A., Alhasnawi, A.N., Ishak, A., Ashraf, M.F., Mohamad, A., Yusoff W.M.W., dan Zarin, C.R.C.M. 2016. Gamma Radiosensitivity Study on MRQ74 and MR269, Two Elite Varieties of Rice (*Oryza sativa* L.). *Life Science Journal*. 13(2): 85-91.
- Lakitan, B. 2013. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Rajawali Press. Jakarta.
- Lestari, E.G. 2011. Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakkan Tanaman Melalui Kultur Jaringan. *Jurnal AgroBiogen*. 7(1): 63-68.
- Mahajan, S and Tuteja, N. 2005. Cold, Salinity, and Drought Stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444: 139-158.
- Martinez, J. P., H. Silva, J. F. Ledent, and M. Pinto. 2007. Effect of Drought Stress on The Osmotic Adjustment, Cell Wall Elasticity and Cell Volume of Six Cultivars of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*. 26(1): 30-38.
- Mastur, M. 2016. Respon Fisiologis Tanaman Tebu terhadap Kekeringan. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat, dan Minyak Industri*. 8(2): 98-111.
- Maura, T.F. 2020. Kajian Efek *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 pada Pertumbuhan Planlet Bayam Merah (*Alternanthera amoena* Voss.) terhadap Cekaman Kekeringan Secara *In Vitro*. *Skripsi*. Universitas Lampung.

- Medeiros, D. B., Silva, E. C. D., Nogueira, R. J. M. C., Teixeira, M. M., and Buckeridge, M. S. 2013. Physiological Limitations in Two Sugarcane Varieties Under Water Suppression and After Recovering. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 25(3): 213-222.
- Meutia, S.A., Anwar, A., Suliansyah, I. 2010. Uji Toleransi Beberapa Genotipe Padi Lokal (*Oryza sativa* L.) Sumatera Barat terhadap cekaman kekeringan. *Jerami*. 3(2): 71-81.
- Mirbahar, A. A., Saeed, R., dan Markhand, G. S. 2013. Effect of *Polyethylene Glycol-6000* on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed Germination . *International Jurnal Bioscientist and Biotechnology*. 10(3): 401-405.
- Miro, B., dan Ismail, A. M. 2013. Tolerance of Anaerobic Conditions Caused by Flooding During Germination and Early Growth in Rice (*Oryza sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*. 4(269): 1-18.
- Murningsih, T., Yulita, K. S., Bora, C. Y., dan Arsa, I. A. (2015). Respon Tanaman Jagung Varietas Lokal NTT Umur Sangat Genjah (Pena Tunu'ana') terhadap Cekaman Kekeringan. *Berita Biologi*. 14(1): 49-55.
- Ngamhui, N., Akkasaeng, C., Zhu Y.J., Tantisuwichwong, N., Roytrakul, S., and Sansayawichay, T. 2012. Differentially Expressed Proteins in Sugarcane Leaves in Response to Water Deficit Stress. *Plant Omics Journal*. 5(4): 365-371.
- Nio, S.A., dan Banyo. 2011. *Evaluasi Indikator Toleransi Terhadap Cekaman Kekeringan pada Varietas Padi yang dibudidayakan di Sulawesi Utara*. Fakultas MIPA UNSRAT. Manado.
- Olivier, F.C. Singel, A. dan Eksteen, AB. 2013. Resource Use Efficiency and Drought Sensitivity of Sugarcane for Bioenergy Production Compared to Other Crops: Preliminary Findings. *Proceedings of South Africa Sugar Technologist Association*. (86): 160-164.
- Pawirosemadi, M. 2011. *Dasar-Dasar Teknologi Budidaya Tebu dan Pengolahan Hasilnya*. Universitas Negeri Malang. UM Pres. Malang. 39-545.

- Perdana, F. A. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Partikel Nano Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dengan Template PEG-1000. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Putri, A. D., Sudiarso, S., dan Islami, T. (2013). Pengaruh komposisi media tanam pada teknik bud chip tiga varietas tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1): 16-23.
- Riajaya, P.D. 2016. *Kebutuhan Air Tanaman Tebu*. <https://repository.pertanian.go.id/items/d1b821cd-7cf1-4e14-ada5-04cc960c27a5/full>. Diakses pada 18 September 2022.
- Rinanto, Y. 2010. Aktivitas *Sucrose Phosphate Synthase* Kultivar Lada (*Piper nigrum* L.) Toleran dan Sensitif Selama Cekaman Kekeringan. *Jurnal Pendidikan*. 1(8): 451-455.
- Sari, H. E. 2022. “Uji Dosis *Polyethilen Glycol* (PEG) 6000 untuk Skrining Ketahanan Kekeringan pada Planlet Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Secara *In Vitro*”. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Setyaningrum, Mega Virleenda. 2011. Peningkatan Fluoresensi pada Komposit Europium Trietilena Glikol Pikrat/Polimetilmetakrilat untuk Aplikasi Fotosensor. *Skripsi*. FT UI Jakarta. Jakarta.
- Setyorini, M. 2018. Pengaruh Pemberian PEG (*Polyethylene Glycol*) 6000 terhadap Induksi Kalus dan Kandungan Metabolit Sekunder Tanaman Adas (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Shomeili, M., and Bahrani 2013. Effect of Irrigation and Nitrogen on Sugarcane Yield, Water Use Efficiency, Soil Moisture Depletion and Nitrogen Uptake in Iran, *Proc. Intl. Soc. Sugar Cane Technol.* 28: 1-10.
- 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.

- Siregar, M., Refnizuida, dan Lubis, N. 2018. Potensi Pemanfaatan Jenis Media Tanam terhadap Perkecambahannya Beberapa Varietas Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Journal of Animal Science and Agronomy*. 3(1): 11-14.
- Smit, M. A., and Singels, A. 2006. The Response of Sugarcane Canopy Development to Water Stress. *Field Crops Research*. 98(2-3): 91–97.
- Soejardi. 1979. *Peranan Komponen Batang Tebu dalam Pabrikasi Gula*. Lembaga Pendidikan Perkebunan Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sugiharto, B., Dewanti, P., dan Ermawati, N. 2014. Perakitan Varietas Tebu Produksi Gula Tinggi melalui Rekayasa Genetik Peningkatan Sintesis dan Transport Sukrosa 1. *Rangkuman Laporan Hibah Bersaing*. Riset Dikti. Jakarta. p. 9.
- Sutjahjo, S.H., Kadir, A., dan Mariska, I. 2007. Efektivitas *Polietilen Glikol* Sebagai Bahan Penyeleksi Kalus Nilam yang Diradiasi Sinar Gamma untuk Toleransi terhadap Cekaman Kekeringan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 9(1): 48-57.
- Tubur, H.W., M.A. Chozin, E. Santosa, dan A. Junaedi. 2012. Respon Agronomi Varietas Padi terhadap Periode Kekeringan pada Sistem Sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 40(3): 167-173.
- Van Steenis, C. G. G. J., Hamzah, A., and Toha, M. 2006. *Mountain flora of Java*. Brill.
- Verslues, P. E., Ober, E. S., and Sharp, R. E. 1998. Root Growth and Oxygen Relations at Low Water Potentials. Impact of Oxygen Availability in Polyethylene Glycol Solutions. *Plant Physiology*. 116(4): 1403–1412.
- Widoretno, W. 2003. Metode Induksi Pembentukan Embriosomatik dari Kotiledon dan Regenerasi Planlet Kedelai secara *In Vitro*. *Jurnal Keanekaragaman Hayati*. 10(1): 19-24.
- Winarsih, S. 2015. *Dampak Kemarau Terhadap Produksi dan Produktivitas Tebu Tahun 2015 dan Tahun 2016*. Yogyakarta.

Winkel, A., Pedersen, O., Ella, E., Ismail, A. M., and Colmer, T. D. 2014. Gas Film Retention and Underwater Photosynthesis During Field Submergence of Four Contrasting Rice Genotypes. *Journal of Experimental Botany*. 65(12): 3225-3233.

Yusuf, Y., dan Aulia, A. F. 2010. Permintaan Gula Pasir di Indonesia. *Jurnal Ekonomi*. 18(03): 8806.

Zhou, Q., Li, B., Zhao, J., Pan, W., Xu, J., and Chen, S. 2016. IGF-I Induces Adipose Derived Mesenchymal Cell Chondrogenic Differentiation In Vitro and Enhances Chondrogenesis in Vivo. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Animal*. 52(3): 356-364.