SKRINING VARIETAS TEBU (*Saccharum oficinarum* L.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN DAN GENANGAN PADA SKALA *GREEN HOUSE*

Skripsi

Oleh

ALCHAVES NUGRAHA PUTRA
2017061005

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024

ABSTRAK

SKRINING VARIETAS TEBU (*Saccharum officinarum* L.*)* TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN DAN GENANGAN PADA SKALA *GREEN HOUSE*

Oleh
ALCHAVES NUGRAHA PUTRA

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu jenis tanaman rumput yang sengaja ditanam karena kemampuannya menghasilkan gula. Penurunan produktivitas tebu semakin menurun, keberadaan lahan marjinal baik di wilayah gersang dan tergenang air, menjadi salah satu faktor penyebab terbatasnya produksi gula dalam negeri. Skrining atau seleksi secara *green house* salah satu cara dalam menghasilkan tanaman yang tahan terhadap cekaman lingkungan dengan cara pemberian taraf air yang berbeda. Penelitian ini dilaksanakan di *green house* PT. Gunung Madu Plantations dan Laboratorium Botani, Fakultas MIPA Universitas Lampung pada bulan Februari–Juli 2023. Rancangan yang digunakan yaitu RAKL dua faktor, faktor pertama yaitu taraf kekeringan varietas tebu yang digunakan (GMP 3,RGM01-1686, RGM06-654) faktor kedua yaitu kadar air yang terdiri dari tiga taraf air yaitu (100%, 50%, dan 0%). Pada taraf genangan terdiri atas 3 varietas komersil tebu (GP11, GMP6, RGM01-1686) dan perlakuan lama genangan yaitu umur (1 bulan, 2 bulan, 3 bulan, dan 5 bulan). Data yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis ragam dilakukan menggunakan *Multivariate Analysis of Varian* (MANOVA), jika hasil MANOVA signifikan maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Melalui aplikasi IBM SPSS *Statistics* 24. Analisis klaster menggunakan *software* MVSP dengan metode *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average* (UPGMA) untuk mengelompokan aksesi berdasarkan kemiripan karakter morfologis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terhadap kadar air berbeda akan diperoleh varietas yang toleran terhadap cekaman kekringan yaitu RGM01-1686 kemudian diikuti GMP3 dan RGM06-654. Sedangkan varietas toleran terhadap cekaman genangan yaitu GMP6 diikuti RGM01-1686 dan GP11.

Kata Kunci : Tebu, *green house*, cekaman, kekeringan, genangan, kadar air.

SKRINING VARIETAS TEBU (*Saccharum oficinarum* L.) TERHADAP CEKAMAN KEKERINGAN DAN GENANGAN PADA SKALA *GREEN HOUSE*

Oleh

ALCHAVES NUGRAHA PUTRA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS LAMPUNG

2024

Judul Skripsi	**: Skrining Varietas Tebu (*Saccharum oficinarum* L.) Terhadap Cekaman Kekeringan Dan Genangan Pada Skala *Green House***
Nama Mahasiswa	: Alchaves Nugraha Putra
NPM	: 2017061005
Jurusan	: Biologi
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc.	**Endah Susiyanti, S.P. M.P**
NIP. 198109092014041001	NIP. 4752

Ketua Jurusan Biologi FMIPA

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

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

Penguji

Bukan Pembimbing : **Drs. Suratman Umar M.Sc.** .....

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Maret 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alchaves Nugraha Putra

NPM : 2017061005

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

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

Bandar Lampung, 05 April 2024

Yang menyatakan,

Alchaves Nugraha Putra

NPM. 2017061005

RIWAYAT HIDUP

Alchaves Nugraha Putra, atau akrab disapa chaves, lahir di Bandar Lampung, 23 Mei 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Heri Nugroho dan Ibu Evi Yulianti.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK Ismaria pada tahun 2007 dan melanjutkan pendidikan dasar di SD N 1 Rajabasa Raya tahun 2008-2014 dan melanjutkan jenjang pendidikannya di SMP N 3 Natar dan selesai pada tahun 2017. Penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di SMA N 1 Natar tahun 2017-2020. Setelah itu penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) angkatan 2020.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten pada mata kuliah Mikrobiologi Umum FMIPA Unila, dan Mikroteknik Biologi FMIPA Unila. Selain itu, peneliti juga aktif mengikuti organisasi seperti Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai Kepala Bidang Sains Dan Teknologi.

Selama menjadi mahasiswa, penulis menerima beasiswa Karya Salema Empat (KSE). Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Lab. Proteomik Pusat Riset Molekul Hayati, Universitas Airlangga pada bulan Januari - Februari 2023
dengan judul **“ Uji Potensi Bakteri *Burkholderia sp* & *Bacillus megaterium* Sebagai Penghasil Crude Antimicrobial *Compounds* Dan Pelarut Fosfat”**

dan melakukan penelitian mengenai **“Skrining Varietas Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Terhadap Cekaman Kekeringan Dan Genangan Pada Skala *Green House*”** Di PT. Gunung Madu Plantations serta melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Putra Daerah di Desa Kalisari Kec. Kalirejo, Kab. Lampung Tengah, pada Agustus – September 2023.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap syukur kehadirat Allah SWT yang maha kuasa, saya persembahkan karya kecil ini dengan kesungguhan hati sebagai tanda cinta kepada:

Dua orang yang paling berharga bagi hidup saya, Bapak Heri Nugroho dan Ibu Evi Yulianti. Serta Nenek Yati Rusdiati, dan adik Tasya Nugraha Putri yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, seerta melindungi saya dengan do'a yang ibu dan bapak panjatkan setiap saat hingga langkah saya selalu di ringankan dan dimudahkan hingga saat ini;

Dosen-dosen yang telah menjadi orang tua kedua di kampus yang tak bosan memberikan dan mengajarkan saya ilmu serta bimbingan dengan tulus dan ikhlas hingga saya berhasil mengantungi gelar sarjana;

Sahabat dan teman-teman Biologi angkatan 2020 yang telah berjuang bersama dari awal menjadi mahasiswa baru, mengalami pengkaderan bersama sampai saat ini dan seterusnya yang selalu memberi mendukung serta pelajaran dalam setiap perjalanan hidup saya di bangku perkuliahan;

Almamater tercinta yang menjadi kebanggan saya dimanapun saya berada,
Universitas Lampung

MOTTO

If Not Now, Then When?

(Penulis)

"Jika kau menungguku untuk menyerah, kau akan menungguku selamanya."

(Naruto Uzumaki)

“Allah tidak membebani seseorang, kecuali menurut kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah : 286)

"Jika Kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

SANWACANA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji syukur saya haturkan ke hadirat Allah azza wajalla yang telah melimpahkan nikmat, rahmat, hidayah, serta pertolongan-Nya kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **"Skrining Varietas Tebu (*Saccharum oficinarum* L.) Terhadap Cekaman Kekeringan Dan Genangan Pada Skala *Green House* "** dibuat sebagai bentuk pertanggungjawaban penulis selama menempuh pendidikan S1 dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari dengan sepenuh hati karena berkat ridho Allah SWT yang diiringi dengan doa dan usaha, penulis dapat menyelesaikan penelitian yang telah dilakukan. Penulis juga menyadari bahwa selama proses penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Proses penyusunan skripsi ini tentu tidak luput dari pengarahan, kritik, saran, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak sehingga dapat terselesaikan pada waktu yang tepat. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih kepada:

1 Kedua orang tua, Bapak Heri Nugroho dan Ibu Evi Yulianti, serta Nenek Yati Rusdiyati. yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta do'a yang tulus, ikhlas, dan tak pernah putus di setiap sujud sehingga menemani perjalanan hidup penulis hingga saat ini;
2 Bapak Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc., selaku Pembimbing I atas waktu dan tenaganya yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan, serta masukan kepada penulis dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini;

3 Ibu Endah Susiyanti, S.P., M.P., selaku Pembimbing II yang telah memberikan arahan, masukan, kritik, dan saran kepada penulis selama melaksanakan penelitian di PT. Gunung Madu Plantations dan penyusunan skripsi ini;

4 Bapak Drs. Suratman Umar M.Sc., selaku Pembahas yang telah memberikan masukan, kritik, saran, kepada penulis demi kesempurnaan dalam penelitian maupun penyusunan skripsi ini, serta memberi berbagai macam motivasi dan pembelajaran hidup;

5 Ibu Dra. Endang Linirin Widiastuti PhD., selaku dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan saran dan bimbingan selama penulis mengemban pendidikan di bangku perkuliahan;

6 Seluruh Dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat di bangku perkuliahan dan mengantarkan saya mencapai gelar sarjana;

7 Bapak Dr. Jani Master S.Si., M.Si., selaku ketua jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung;

8 Ibu Gina D.Pratami S.Si., M.Si., selaku Kepala Program Studi Biologi Terapan FMIPA Universitas Lampung;

9 Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung;

10 Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM., ASEAN Eng., selaku Rektor Universitas Lampung;

11 Bapak Alhuda Niftakul Ahyar, S.Si., dan Bapak Fajar fahmi Amrullah A.Md. yang telah membantu, memberi saran, masukan, kritik, dan motivasi kepada penulis selama melaksanakan penelitian di PT. Gunung Madu Plantations;

12 PT. Gunung Madu Plantations yang telah memberikan kesempatan penelitian kepada penulis;

13 Carolina Angelia Inka L, Helmi Setiani, Heni Erlita Sari, S.Si., dan V. Dwi Anggita Sari, S.Si., selaku rekan seperjuangan selama menjalankan penelitian yang telah membantu, mendukung, memberikan motivasi, berbagi keluh-kesah, dan menghibur penulis;

14 Karyawan dan teman-teman *Green House*, serta Lapangan yang telah banyak membantu dan berbagi cerita selama penelitian di PT. Gunung Madu Plantations (GMP).
15 Teman-teman KKN Kalisari (Bima, Bila, Mega, Emay, dan Nanda) atas kebersamaan dan pengalaman ketika terjun ke masyarakat;
16 Teman-teman seperjuangan Biologi Angkatan 2020 yang namanya tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih untuk rasa kekeluargaan yang terjalin selama ini;
17 Orang-orang yang tidak bisa disebutkan namanya, yang telah memberikan pengalaman dan pelajaran hidup serta memotivasi penulis untuk menjadi pribadi yang lebih baik lagi di masa depan;
18 Almamaterku, Universitas Lampung.

Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat, kasih sayang, dan kebahagiaan kepada semua yang telah membantu penulis menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa ini jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca. Akhirnya, dengan mengucap Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan skripsi pada waktu yang tepat.

Bandar Lampung, 05 April 2024
Penulis,

Alchaves Nugraha Putra

DAFTAR ISI

Halaman

SAMPUL DEPAN i

ABSTRAK ii

HALAMAN JUDUL DALAM iii

HALAMAN PERSETUJUAN iv

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI vi

RIWAYAT HIDUP vii

PERSEMBAHAN ix

MOTTO x

SANWACANA xi

DAFTAR ISI xiv

DAFTAR TABEL xvii

DAFTAR GAMBAR xx

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Penelitian 5

1.3 Manfaat Penelitian 5

1.4 Kerangka Teoritis 6

1.5 Hipotesis Penelitian 7

II. TINJAUAN PUSTAKA 8

2.1 Tebu 8

2.1.1 Klasifikasi 8

2.1.2 Botani 9

2.1.3 Habitat 13

2.2 Varietas Tebu 13

2.3 Cekaman Lingkungan 18

2.3.1 Cekaman Kekeringan 19

2.3.2 Cekaman Genangan 20
2.4 Karakter Morfologis 20
2.5 Karakter Fisiologis 21

III. METODE PENELITIAN 24
3.1 Waktu dan Tempat 24
3.2 Alat dan Bahan 24
3.3 Rancangan Penelitian 25
3.4 Diagram Alir Penelitian 26
3.5 Prosedur Penelitian 27
3.5.1 Persiapan Sampel 27
3.5.2 Penggunaan Bibit 27
3.5.3 Penanaman Bibit 27
3.5.4 Penyiraman 28
3.6 Pengamatan Parameter Uji 29
3.6.1 Karakter Morfologis 29
3.6.2 Karakter Fisiologis 34
3.6.2.1 Uji Klorofil 34
3.6.2.2 Uji Karbohidrat 35
3.6.2.3 Uji Prolin 35
3.7 Analisis Data 36

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Hasil 37
4.1.1 Karakter Morfologis Tinggi Tanaman 37
4.1.2 Jumlah Daun 39
4.1.3 Jumlah Daun Menggulung 42
4.1.4 Jumlah Daun Menguning 43
4.1.5 Jumlah Anakan 44
4.1.6 Pengamatan Akar 45
4.1.7 Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK) 47
4.1.8 Uji Analisis Korelasi *Pearson* 47
4.1.9 Uji Klorofil 48
4.1.9.1 Klorofil *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) 49
4.1.9.2 Klorofil dengan Spektrofotometer UV-Vis 50
4.1.10 Uji Karbohidrat 52
4.1.11 Uji Prolin 53
4.1.12 Analisis Data *Multivariate Statistical Package* (MVSP) 54
4.2 Pembahasan 58
4.2.1 Tinggi Tanaman 58
4.2.2 Jumlah Daun 59
4.2.3 Jumlah Daun Menggulung 60

4.2.4 Jumlah Daun Menguning 61
4.2.5 Jumlah Anakan 62
4.2.6 Pengamatan Akar 63
4.2.7 Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK) 63
4.1.8 Uji Klorofil 64
4.2.9 Uji Karbohidrat 65
4.2.10 Uji Prolin 66
4.2.11 Hubungan Fenetik Varietas Tebu Berdasarkan Karakter Morfologis 68

V. KESIMPULAN 71
5.1 Kesimpulan 71
5.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA 72

LAMPIRAN 83

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Standar Nilai Kerapatan Jarak Antar Akar 32
Tabel 2. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter tinggi tanaman cekaman kekeringan. 38
Tabel 3. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter persentase tinggi tanaman cekaman genangan.....39
Tabel 4. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter jumlah daun hijau cekaman kekeringan 40
Tabel 5. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter jumlah daun hijau cekaman genangan.....41
Tabel 6. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter jumlah daun menggulung 42
Tabel 7. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter jumlah daun menguning 43
Tabel 8. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter jumlah anakan cekaman kekeringan 44
Tabel 9. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter jumlah anakan cekaman genangan.....45
Tabel 10. Nilai Uji BNT taraf 5% pada parameter panjang akar dan volume akar.. 46
Tabel 11. Nilai Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK) varietas tebu di PT.Gunung Madu Plantations.....47
Tabel 12. Korelasi antar karakter mofologis cekaman kekeringan 48
Tabel 13. Korelasi antar karakter mofologis cekaman genangan.....49

Tabel 14. Rata-rata kadar klorofil dengan *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) pada minggu ke-10 MSA 50
Tabel 15. Rata-rata kadar klorofil dengan Spektrofotometer UV-Vis pada minggu ke-10 MSA 51
Tabel 16. Rata-rata kadar karbohidrat dengan pada minggu ke-10 MSA.....52
Tabel 17. Rata-rata kadar prolin pada minggu ke-10 MSA. 53
Tabel 18. Skoring karakter morfologis varietas tebu cekaman kekeringan. 54
Tabel 19. Skoring karakter morfologis varietas tebu cekaman genangan.....55
Tabel 20. Karakteristik morfologis dan skoring varietas tebu toleran kekeringan55
Tabel 21. Karakteristik morfologis dan skoring varietas tebu toleran genanagan 55
Tabel 22. Nilai uji manova pada parameter tinggi tanaman tebu cekaman kekeringan 83
Tabel 23. Nilai uji manova pada parameter tinggi tanaman tebu cekaman genangan.....83
Tabel 24. Nilai uji manova pada parameter jumlah daun hijau cekaman kekeringan 84
Tabel 25. Nilai manova pada parameter jumlah daun hijau cekaman genangan.....84
Tabel 26. Nilai uji manova pada parameter jumlah daun menggulung cekaman kekeringan 85
Tabel 27. Nilai uji manova pada parameter jumlah daun menguning cekaman genangan.....85
Tabel 28. Nilai uji manova jumlah anakan varietas tebu pada 9 MSA, dam 10 MSA cekaman kekeringan.....86
Tabel 29. Nilai uji manova jumlah anakan varietas tebu cekaman genangan 86
Tabel 30. Nilai uji manova panjang akar dan volume akar cekaman kekeringan 86
Tabel 31. Nilai uji manova klorofil dengan *Soil Plant Analysis Development (*SPAD) 86
Tabel 32. Nilai uji manova pada klorofil dengan Spektrofotometer Uv-Vis 87
Tabel 33. Nilai uji manova analisis karbohidrat 87
Tabel 34. Nilai uji manova analisis prolin 87
Tabel 35. Hasil uji manova taraf 5% cekaman kekeringan.....88

Tabel 36. Hasil uji manova taraf 5% cekaman genangan 89
Tabel 37. Indeks similiaritas dengan MVSP varietas cekaman kekeringan 91
Tabel 38. Indeks similiaritas dengan MVSP varietas cekaman genangan 91
Tabel 39. Kerapatan jarak antar akar varietas tebu PT.GMP 97

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Morfologi tebu.....10

Gambar 2. Diagram Alur Penelitian.....26

Gambar 3. Dendogram kekerabatan fenetik varietas tebu toleran cekaman kekeringan menggunakan *Grow General Similiarity Coefficient*.....56

Gambar 4. Dendogram kekerabatan fenetik varietas tebu toleran cekaman genangan menggunakan *Grow General Similiarity Coefficient* 56

Gambar 5. Analisis PCA varietas tebu toleran cekaman kekeringan menggunakan *Euclideian Distance Algorithm* 57

Gambar 6. Analisis PCA varietas tebu toleran cekaman genangan menggunakan *Euclideian Distance Algorithm*.....57

Gambar 7. Tinggi Tanaman Tebu Minggu ke-1-10 MSA.....95

Gambar 8. Tinggi Tanaman Tebu Minggu ke-4, 8, 12 dan 20 MSA 96

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu jenis tanaman rumput yang sengaja ditanam karena kemampuannya menghasilkan gula. Permintaan akan tanaman ini terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk, tetapi lonjakan konsumsi gula tersebut belum diimbangi oleh produksi gula dalam negeri (Tri dan Nopiyanto, 2020).

Tebu menjadi komoditas pertanian penting yang memerlukan pelestarian karena perannya yang penting dalam menjamin keberlanjutan jangka panjang. Berkurangnya produksi bahan mentah gula ini menimbulkan penurunan signifikan terhadap nilai strategisnya. Produksi gula yang ada saat ini belum cukup untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, apalagi memenuhi kebutuhan sektor makanan dan minuman. Kebutuhan gula konsumsi saat ini sebesar 3,2 juta ton, sedangkan produksi pada tahun 2021 sebesar 2,35 juta ton sehingga terjadi kekurangan sebesar 850 ribu ton. Menurut Direktur Jenderal Perkebunan (2022), jika dimasukkan kebutuhan gula industri sebesar 4,1 juta ton, maka kebutuhan gula secara keseluruhan adalah 7,3 juta ton. Akibatnya defisit mencapai 4,9 juta ton. Kendala yang sering dihadapi akibat rendahnya produksi gula dalam negeri berasal dari berbagai aspek budidaya tebu, meliputi penyiapan benih, kualitas benih, dan pemilihan varietas tebu. Pemilihan kultivar tebu harus disesuaikan dengan lokasi geografis atau jenis tanah tertentu tempat tanaman tersebut akan dibudidayakan, karena tebu menunjukkan karakteristik ekolokasi (Adinugraha *et al*., 2016).

Keberadaan lahan marjinal, baik di wilayah gersang dan tergenang air, menjadi salah satu faktor penyebab terbatasnya produksi gula dalam negeri. Budidaya tebu di lahan marjinal atau gersang merupakan alternatif yang layak untuk perluasan produksi tebu karena keterbatasan yang disebabkan oleh terbatasnya ketersediaan lahan irigasi dan kebutuhan untuk mengurangi persaingan dengan tanaman lain. Menurut Pertanian (2022), luas budidaya tebu di Indonesia saat ini mencapai 488.982 hektar. Menurut Komunitas Gula Nusantara (2022), dibutuhkan minimal 2,85 juta ton gula untuk memenuhi konsumsi gula. Namun produksi gula dalam negeri saat ini lebih rendah yaitu 2,405 juta ton. Salah satu pendekatan potensial untuk mengatasi kekurangan ini adalah dengan memanfaatkan lahan marjinal untuk budidaya tebu.

Ruminta dkk. (2018) menegaskan bahwa fenomena perubahan iklim yang sedang berlangsung telah mengakibatkan peningkatan suhu global, perubahan distribusi curah hujan, dan peningkatan kejadian cuaca buruk. Fenomena meningkatnya iklim ekstrim ditandai dengan adanya cekaman akibat kekeringan yang berpotensi mengganggu proses fisiologis dan menghambat perkembangan tanaman. Kondisi cuaca ekstrim seperti fenomena *El-Nino* (berdasarkan nilai ONI; *Oceanic Nino Index* pada daerah Nino 3.4 di Samudera Pasifik) akibat dampak pemanasasan global yang terus terjadi hingga saat ini telah berdampak hingga skala lokal; diantaranya terhadap ketersediaan air di suatu wilayah; termasuk pada lahan pertanian. Di wilayah Indonesia secara umum, fenomena *El-Nino* (kekeringan) telah berdampak terhadap penurunan produksi pertanian khususnya tanaman pangan akibat berkurangnya ketersediaan air tanah (Laimeheriwa *et al*., 2019).

Industri gula nasional menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah penurunan produktivitas yang cukup signifikan. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi produktivitas tebu adalah cekaman abiotik, khususnya kekeringan. Stres kekeringan mengacu pada keadaan di mana kandungan air tanah tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman yang optimal.

Menurut Hasanah dkk. (2015), kondisi ini menghambat kemampuan tanaman dalam menjalani proses pertumbuhan dan perkembangan secara efektif. Cekaman kekeringan merupakan kondisi cekaman abiotik umum yang sering terjadi pada tanaman, menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan potensi kematian akibat gangguan pada proses fisiologis tanaman. Air merupakan unsur penting dalam proses metabolisme tanaman. Air diketahui memiliki berbagai fungsi krusial pada tumbuhan. Berfungsi untuk menjaga tekanan turgor, mengatur suhu tanam an, berperan sebagai reagen dalam proses fotosintesis, dan berfungsi sebagai penyusun protoplasma (Yuniarsih, 2017).

Tanaman yang mengalami kekeringan berkepanjangan akan mengalami perubahan morfologis, anatomi, fisiologis, dan biokimia sehingga berpotensi menimbulkan kematian (Suharti *et al*., 2017). Untuk memitigasi dampak buruk cekaman kekeringan terhadap hasil panen, penerapan varietas toleran kekeringan telah muncul sebagai solusi teknologi yang layak dan ekonomis. Terjadinya curah hujan yang tinggi mengakibatkan tergenangnya wilayah pertanian yang kelebihan air. Adanya air yang berlebihan akibat kondisi drainase lahan yang tidak memadai dapat menyebabkan terbentuknya genangan air sehingga timbul fenomena yang disebut cekaman genangan yang berdampak pada pertumbuhan tanaman. Fenomena genangan merupakan gangguan alami yang mempunyai dampak signifikan terhadap produksi tanaman global (Serres and Voesenek, 2008; Colmer and Voesenek, 2009).

Selama tahap awal perkembangan tanaman, masing-masing tanaman menunjukkan tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap kondisi stres akibat banjir. Banjir dapat menyebabkan dampak buruk dan kematian pada spesies tanaman yang memiliki toleransi terbatas (Gomathi *et al.,* 2014). Tebu mempunyai kapasitas yang terbatas dalam menahan dampak buruk cekaman genangan air. Toleransi tanaman terhadap cekaman dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti tahap pertumbuhan, kadar air, dan lama paparan. hasil tebu berkurang 15-45 % akibat tekanan akibat banjir. (Gomathi *et al.,* 2014).

Menurut Mickelbart *et al.*, (2015), varietas toleran menunjukkan pembentukan jaringan aerenkim dan mendorong pertumbuhan sebagai cara untuk mengurangi cekaman, sedangkan varietas sensitif berhenti tumbuh dan akhirnya musnah. Menurut Avivi dkk. (2016), PS 881 dan PS 862 merupakan varietas tebu Indonesia yang menunjukkan toleransi terhadap cekaman banjir. Varietas ini merespon cekaman banjir dengan meningkatkan jumlah stomata, dan kepadatan akar sehingga menurunkan kandungan klorofil dan protein.

Tanaman yang mengalami cekaman kekeringan akan berusaha melakukan adaptasi fisiologis sebagai cara untuk menjamin kelangsungan hidupnya. Prolin adalah variabel yang digunakan untuk menilai kapasitas tanaman beradaptasi terhadap cekaman akibat kekeringan. Terdapat korelasi positif antara kadar prolin dan stres tanaman akibat kekeringan. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Idris dkk. (2023), mengamati bahwa cekaman kekeringan menyebabkan kerusakan sel pada tanaman. Sebagai respon untuk mengurangi dampak buruk dari kerusakan ini, tanaman menunjukkan peningkatan akumulasi prolin. Menurut Havrlentova *et al.*, (2021), prolin berfungsi sebagai osmoprotektan pada sel tumbuhan pada masa cekaman, khususnya pada saat cekaman kekeringan. Serangkaian percobaan dilakukan di lingkungan rumah kaca yang terkendali untuk mengevaluasi kinerja berbagai kultivar tebu yang tersedia secara komersial, berdasarkan temuan penelitian sebelumnya (Rajagukguk, 2022). Meski demikian, penelitian ini hanya fokus pada kajian cekaman kekeringan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melakukan penyaringan komprehensif terhadap "**Skrining Varietas Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Terhadap Cekaman Kekeringan dan Genangan Pada Skala *Green House***". Upaya penelitian selanjutnya ini bertujuan untuk mengidentifikasi galur tebu paling tangguh yang menunjukkan ketahanan terhadap stres di lingkungan kering dan hujan lebat.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui respon varietas tebu berdasarkan karakter morfologis tinggi tanaman, jumlah daun, daun menggulung, jumlah anakan, volume akar, panjang akar, kerapatan akar serta meningkatkan kadar karbohidrat, kadar klorofil, kadar prolin pada perbedaan persentase kadar air terhadap cekaman kekeringan.
2. Memperoleh varietas tebu unggul yang toleran terhadap cekaman kekeringan dan genangan.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh kadar air pada varietas tebu unggul berdasarkan karakter morfologis tinggi tanaman, jumlah daun, daun menggulung, jumlah anakan, volume akar, panjang akar, kerapatan akar dan meningkatkan kadar karbohidrat, kadar klorofil, kadar prolin.
2. Sebagai dasar penelitian dalam seleksi varietas tebu unggul pada skala *green house* untuk mendapatkan varietas yang toleran tehadap cekaman kekeringan dan genangan.

1.4 Kerangka Teoritis

PT. Gunung Madu Plantations merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri dan perkebunan tebu yang berada di provinsi Lampung. Kebutuhan tebu di pasaran terus meningkat karena arah dan target Indonesia sebagai negara swasembada gula. Merespon kebutuhan gula yang terus meningkat, Pemerintah Indonesia sejak lama telah mencanangkan Program Swasembada Gula untuk memenuhi kebutuhan gula nasional. Sampai tahun giling 2019, rencana swasembada dengan semua program kegiatan pendukungnya, belum menunjukkan hasil yang signifikan.

Oleh sebab itu, pengaruh faktor-faktor yang memengaruhi penurunan kinerja atas pergulaan nasional tampaknya perlu dilakukan secara mendalam dan komprehensif. Daya saing komoditas gula terhadap komoditas lain dan daya saing industri gula perlu dipetakan untuk seluruh wilayah di Indonesia. Upaya peningkatan yang dilakukan untuk memproduksi tebu sampai saat ini belum terpenuhi secara maksimal. Curah hujan berlebih yang didapatkan tebu pada masa awal penanaman *bud chips* dapat mengakibatkan tanaman mengalami pembusukan dan pertumbuhan yang tidak stabil.

Indonesia juga memiliki musim kemarau di setiap tahunnya, sehingga mengakibatkan kurangnya pasokan air pada tanaman tebu yang membuat produktivitasnya menurun. Perubahan iklim saat ini telah membuat tanaman pangan dan hotikultural banyak yang mengalami kerugian. Keadaan cuaca yang tidak menentu menyebabkan musim tanam dan panen tak menentu. Bagi yang mengalami tentu sulit untuk melakukan prediksi cuaca yang tidak menentu. Sulit melakukan prediksi cuaca dalam masa tanam. Maka, *green house* digunakan untuk mengendalikan kondisi iklim yang tidak menentu.

Green house merupakan salah satu bangunan untuk tanaman yang dibangun untuk mempertahankan lingkungan tumbuh sehingga dapat menghasilkan tanaman yang berkualitas dan berdaya hasil yang tinggi. Setiap varietas tebu mempunyai karakter berbeda-beda baik susunan genetik dan lingkungan. Perbedaan karater dan sifat varietas dapat menjadi indikator varietas tebu dalam penentuan varietas unggul yang sesuai untuk lahan produksi. Untuk itu permasalahan tersebut dapat diatasi dengan penentuan varietas unggul yang toleran terhadap cekaman kekeringan dan cekaman genangan dilakukan dengan melakukan skrining pada skala *green house*.

1.5 Hipotesis Penelitian

Adapun Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlakuan cekaman kekeringan dan genangan dapat berpengaruh terhadap karakter morfologis.
2. Perlakuan kadar air dapat memberikan efek terhadap kekurangan air dan meningkatkan kadar klorofil, karbohidrat, dan prolin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tebu

2.1.1 Klasifikasi

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) adalah suatu jenis tanaman graminae yang dibudidayakan menjadi tanaman yang menghasilkan gula. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, maka mengakibatkan semakin meningkatnya kebutuhan pada tanaman tebu yang menjadi produk gula (Tri dan Nopiyanto, 2020). Klasifikasi tebu menurut Cronquist (1988) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae
Sub Kingdom : Tracheobionta
Super Divisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Sub Kelas : Commelinidae
Ordo : Poales
Famili : Graminae
Genus : *Saccharum*
Spesies : *Saccharum officinarum* L.

2.1.2 Botani

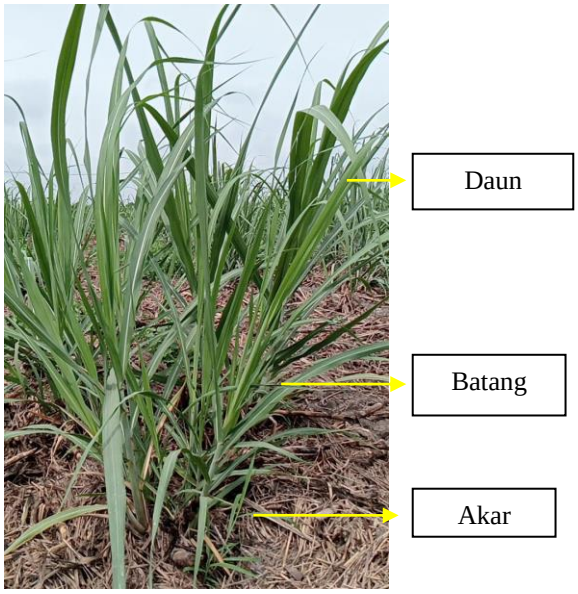
Pengetahuan tentang anatomi morfologis tebu sangat relevan dalam memahami karakteristik fisik tumbuhan ini, termasuk tinggi tanaman, bentuk daun, batang, serta akar. Tebu adalah tanaman yang mempunyai banyak manfaat, salah satunya sukrosa yang terdapat pada batang tebu yang dimanfaatkan untuk menghasilkan kristal gula (Paramitadevi dan Nofriana, 2017). Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang morfologi tumbuhan tebu menjadi kunci dalam pengelolaan dan peningkatan hasil panen gula.

Akar serabut tanaman tebu dapat tumbuh hingga panjang 1 m. Akar menopang kira-kira setengah berat tanaman di atas 20 cm, dan separuh lainnya di atas 60 cm. Jika massa akar utama memiliki cukup air, akar tebu dapat tumbuh menjadi tanah dengan potensial air -15 sampai -20 bar. Kelembaban tanah, suhu tanah, dan jumlah tanah yang tersedia untuk perkembangan akar merupakan faktor-faktor dalam perkembangannya. Di bawah 18°C, perkembangan akar sangat lamban tetapi kecepatannya terus meningkat hingga mencapai puncaknya sekitar 35°C menemukan bahwa ketika suhu tanah naik, pertumbuhan akar juga melambat (James, 2004).

Tanaman tebu memiliki batang yang padat tidak memiliki cabang, dan di penampang tanaman tebu ada suatu lingkaran yaitu berupa ruas yang dibatasi buku-buku. Buku-buku ditempatkan pada interval 15-25 cm, mereka lebih dekat satu sama lain di batang atas di mana pemanjangan terjadi. Diameter batang tebu berkisar diantara 2,5 cm hingga 5 cm, dan warna serta kekerasannya akan berfluktuasi tergantung varietasnya. Batang tebu muda biasanya memiliki lapisan tebal berupa lapisan lilin yang berwarna abu-abu kebiruan (James, 2004).

Daun tebu adalah jenis daun tulang sejajar dengan selebaran seperti buku dan pita yang melekat pada batang. Bilah daun bergantian diatur pada halaman untuk melindungi mata tanaman yang sedang berkembang. Seiring waktu, daun yang menempel pada ruas akan menua, mengering, dan layu, memperlihatkan akar tebu yang kasar dan menonjol. Setiap varietas tebu memiliki ukuran daun yang sedikit berbeda, namun rata-rata setiap daun memiliki panjang sekitar 1 m dan lebar 7 cm. Daun tebu memiliki bulu punggung dan sepasang telinga daun di pangkal pelepah. Bulu punggung dan telinga daun tebu digunakan sebagai karakter morfologis karena bervariasi dari varietas ke varietas (Nuraini, 2022).

Bunga tebu dapat tumbuh hingga panjang 50–80 cm. Cabang berbunga mulai sebagai karangan bunga dan berkembang menjadi kelompok dua bintik yang panjangnya 3-4 mm pada tahap selanjutnya. Benang sari memiliki putik yang berisi dua stigma dan bakal biji (Indrawanto *et al*., 2010).



Gambar 1. Morfologi tebu
(Dokumentasi Pribadi, 2023)

a. Akar

Tebu termasuk tanaman yang berakar serabut dan memiliki 2 macam akar, yaitu akar stek (*sett roots*) dan akar tunas (*shoot roots*). Akar stek atau yang disebut sebagai akar bibit merupakan akar yang berasal dari cincin akar pada stek batang dan berfungsi untuk transportasi air serta nutrisi. Setelah beberapa hari akan muncul akar tunas. Akar tunas sendiri merupakan akar yang berfungsi untuk menyangga tumbuhnya batang, muncul pada bagian pangkal tunas,dan menggantikan tugas pokok dari akar stek. Akar dari ruas terbawah akan menghujam ke bawah, sedangkan akar dari ruas bagian atasnya akan tumbuh mencuat ke permukaan tanah. Hal inilah yang menyebabkan akar tunas mampu menyangga tebu (Hapsoro, 2019). Secara visual akar stek biasanya berwarna putih kecokelatan, tipis, bercabang banyak dan aktif selama periode tertentu. Sedangkan akar tunas berwarna putih kekuningan, tumbuh pada batang, dan memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan akar stek (Nuraini, 2022).

b. Batang

Tebu merupakan tanaman monokotil yang mempunyai batang berbentuk silinder tegak. Berbeda dengan batang kelas rumput-rumputan lainnya, tebu memiliki batang yang lurus, tidak bercabang, beruas-ruas, dan berbuku-buku. Pada setiap buku-buku terdapat mata tunas dan cincin bakal akar. Batang tebu memiliki diameter sekitar 3-5 cm dengan tinggi tanaman antara 2-5 meter tergantung dari varietas tebu karena setiap varietas memiki karakter diameter ruas dan tinggi batang yang berbeda (Indrawanto *et al.*, 2010). Bentuk ruas diantara buku-buku tebu berbeda-beda, antara lain silindris, cembung seperti tong, kerucut, cekung di kedua sisi, atau cekung sejajar dengan arah selang–seling. Warna batang tebu sangat beragam, tergantung dari varietasnya. Kebanyakan batang tebu berwarna hijau, hijau kekuningan, kuning hijau kemerahan, hijau keunguan, dan hijau kehitaman.

c. Daun

Daun tebu termasuk golongan daun tulang sejajar yang menempel pada buku-buku batang dan helaiannya berbentuk pita. Pelepah daunnya tersusun berselang-seling pada buku-buku untuk menutupi mata tunas muda. Daun yang menempel pada ruas akan semakin tua dan mengering, sehingga memperlihatkan batang tebu yang beruas dan berbuku buku di bagian bawah. Daunnya berukuran ±1 m dengan lebar 5-7 cm, ukuran dan lebar daun pada masing-masing varietas tebu berbeda. Di setiap pelepah daun tebu, terdapat telinga daun yang berada di kanan kiri pangkal pelepah daun dan juga bulu bidang punggung. Bulu bidang punggung dan telinga daun memiliki ciri yang berbeda antar varietas, sehingga hal ini dijadikan sebagai karakter morfologis dari tebu (Nuraini, 2022).

d. Bunga

Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50-80 cm. Cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3-4 mm. Terdapat pula benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji (Nurcahyo *et al.,* 2018).

2.1.3 Habitat

Pemberian air pada tanaman sangat penting, menurut Gardner *et al.,* (l985), peranan air bagi pertumbuhan tanaman adalah sebagai penyusun utama jaringan tanaman, pelarut dan medium bagi reaksi metabolisme sel, medium untuk transpor zat terlarut, medium yang memberikan turgor pada sel tanaman, bahan baku untuk fotosintesis, proses hidrolisis dan reaksi kimia lain serta evaporasi air untuk mendinginkan permukaan tanaman. Tebu membutuhkan kadar air sebanyak 50% , tidak terlalu basah atau kering. Tebu lebih menyukai tanah aluvial, grumosol, latosol, dan regusol dengan kisaran pH 6-7,5, tetapi dapat tumbuh pada ta nah dengan kisaran pH 4,5–8,5. Suhu optimal untuk pertumbuhan tebu berkisar antara 24°C-34°C, dan tanaman dapat bertahan hidup di lahan marjinal dengan curah hujan tahunan 1.000 hingga 1.300 mm selama setidaknya tiga bulan kering (Simamora *et al.,* 2022).

2.2 Varietas Tebu

Setiap varietas tebu memiliki laju pertumbuhan dan hasil yang berbeda ketika ditanam, peningkatan produktivitas tebu dapat dilakukan dengan perbaikan pengelolaan tanaman antara lain dengan penataan varietas sesuai tipologi lahan agar diperoleh tingkat produktivitas yang optimum. Varietas tebu yang dilepas mempunyai karakter tipe kemasakan (awal, awal tengah,

tengah, dan tengah lambat) dan kesesuaian dengan tipologi lahan yaitu pada lahan bertekstur berat atau ringan, pada lahan tadah hujan atau beririgasi, dan berdrainase jelek atau lancar. Dengan demikian pemilihan varietas tebu seharusnya disesuaikan dengan tipologi lahan dan panen pada masa yang optimum untuk memperoleh rendemen tinggi (Riajaya dan Kadarwati, 2018).

Areal perkebunan tebu PT. GMP terletak antara 105° 14' 12" BT - 105° 19' 34" BT dan 4° 40' 03" LS - 4° 48' 17" LS. ketinggian lahan antara 25-35 meter dari permukaan laut dengan keadaan topografi yang beragam. Areal kebun divisi I,II, dan V pada umumnya datar, sedangkan areal kebu divisi III, IV, VI, dan VII bergelombang dengan kemiringan 3-30%. Secara keseluruhan areal perkebunan banyak yang terpotong sungai kecil atau rawa dengan luas yang beragam (Gunung Madu Plantations, 2015). Luas areal GMP yang dikelola 36.000 ha, dengan luas kebun produksi sekitar 25.000 ha. Sisa lahan di luar kebun produksi merupakan jalan, sungai-sungai, kawasan konservasi, bangunan pabrik, perkantoran dan permukiman karyawan. Selain itu ada sekitar 4.000 ha areal tebu rakyat yang bermitra dengan PT GMP. Luas areal tebu rakyat ini masih akan terus berkembang. Topografi wilayah pada umumnya datar. Sepanjang bentang darat dijumpai adanya lebung yang potensial. Sebagai tandon air dan beberapa sungai cukup besar melintas di wilayah timur. Jenis tanah termasuk ultisol (podsolik merah kuning) dengan lapisan top soil sangat tipis. Sifat fisik dan kimia tanah mengharuskan diterapkannya teknologi budidaya yang tepat dan bijaksana (Gunung Madu Plantations, 2015).

Curah hujan tahunan sekitar 2.700 mm. Musim tebang dan giling dilaksanakan dari bulan April - Oktober, bersamaan dengan periode yang relatif kering. Musim tebang dan giling pertama dilaksanakan tahun 1978. Pabrik mengikuti proses sulfitasi ganda untuk menghasilakan gula.

Kapasitas giling terpasang mula-mula sebesar 4.000 TCD (ton tebu per hari), kemudian mulai tahun 1994 diperbesar secara bertahap menjadi 12.000 TCD. Sejak 2007 mulai dikembangkan lagi menuju 16.000 TCD (Gunung Madu Plantations, 2015).

Sejarah pengembangan varietas unggul tebu di GMP dimulai pada tahun 1975 sampai saat ini.

1. 1975–1979 : Menanam varietas apa saja yang 'terkenal'.
2. 1979–1986 : Menyeleksi & menanam varietas komersial dari berbagai tempat.
3. 1987–1989 : Menyeleksi dan menanam 100 jenis angka (100 klon terakhir yang lolos seleksi P3GI).
4. 1990–1992 : Menerima biji hasil persilangan P3GI, menyemaikan, menyeleksi & menanam.
5. 1994–2012 : R & D GMP melakukan persilangan, menyemaikan, menyeleksi & menanam (swadaya) (Susiyanti, 2014).

Tebu produksi dikelompokkan ke dalam kelompok varietas untuk panen awal, tengahan, dan akhir. Tebu produksi terdiri atas 8–10 varietas utama, masing-masing varietas utama maksimum yang terbanyak ditanam 15% dari total luas tanaman. Berdasarkan pengalaman, penanaman satu varietas pada areal yang sangat luas mengakibatkan terjadinya serangan hama dan penyakit yang sangat parah, yang menyebabkan produktivitas menurun, misalnya endemik *leaf scorch* pada tahun 1986 dan kutu perisai pada tahun 2002. Pada tahun 2012, sekitar 75% tebu produksi GMP merupakan varietas-varietas hasil persilangan sendiri. Usaha persilangan dan seleksi ini diharapkan dapat menghasilkan varietas unggul yang sesuai dengan kondisi lingkungan GMP (Susiyanti, 2014).

Varietas di GMP umumnya hanya dapat mempertahankan produktivitas tinggi tidak lebih dari 5 tahun. Beberapa hal yang menyebabkan singkatnya umur pakai varietas antara lain keterbatasan material seleksi dan stok tetua, varietas-varietas komersial GMP mungkin berasal dari latar belakang genetik yang sempit, terbatasnya kombinasi parental (persilangan) karena

tetua potensial/sasaran tidak berbunga, prosedur seleksi belum memadai (*premature release*, dll.), pemahaman dan pengalaman tentang pemuliaan dan perbaikan genetik tanaman tebu belum memadai, dinamika lingkungan belum sepenuhnya terkuasai dan terkendalikan misalnya serangan hama dan penyakit, cekaman kekeringan, dll (Susiyanti, 2014). Kebun koleksi GMP terdiri atas ± 500 varietas introduksi dan ± 200 varietas hasil persilangan sendiri. Pengelolaan kebun koleksi dilakukan antara lain dengan membangun dan memelihara dengan baik karena merupakan pendukung inti program pemuliaan tanaman, menghimpun informasi dari semua varietas yang ada di kebun koleksi (data rinci karakterisasi), dan karakterisasi secara morfologis (dendrogram) (Susiyanti, 2014). Varietas tebu saat ini yang sedang dikembangkan di PT.GMP yaitu terdapat 5 varietas dengan harapan mendapatkan varietas yang tahan pada kondisi kekeringan dan genangan diantaranya :

1. **Varietas GMP3**

   GMP3 merupakan salah satu varietas tebu GMP yang sudah tersertifikasi secara nasional. Berdasarkan karakter morfologinya, GMP3 memiliki susunan ruas yang lurus, dengan bentuk ruas silindris. Cincin akarnya tidak sampai di atas mata. Daun GMP3 berwarna hijau, memiliki lebar daun sedang (4-5 cm), lengkung helai daunnya $<^1/_3$ daun dan panjang telinga daun sedang, yaitu mencapai 2-3 kali lebarnya.

   Dibandingkan dengan varietas lain, GMP3 memiliki diameter ruas sedang yaitu mencapai 2,5-3 cm dengan warna batang hijau kekuningan. Ciri khas yang dimiliki oleh varietas ini yaitu memiliki bulu bidang punggung yang lebat dan tegak, serta lebarnya mencapai $<^1/_4$ lebar pelepah daun. Pelepah daunnya sendiri berwarna hijau dan memiliki sifat lepas (pelepah kering) yang mudah (Nuraini, 2022).

2. Varietas GMP6

Varietas GMP6 termasuk varietas yang sudah tersertifikasi secara nasional. Secara morfologis GMP6 memiliki ciri daun yang berwarna hijau, dengan lebar (>5 cm), lengkung helai daun yang $^1/_3$-$^1/_2$ daun, dan memiliki panjang telinga daun sedang, yaitu mencapai 2-3 kali lebar. Sama seperti GMP5, GMP6 memiliki tidak memiliki bulu bidang punggung. Warna batang GMP6 berwarna ungu, dengan diameter batang mencapai 2,5-3 cm (sedang), susunan ruasnya zig zag, dan berbentuk silindris (Nuraini, 2022).

3. Varietas GP11

Varietas GP11 secara morfologis memiliki ciri yang tidak jauh berbeda dengan varietas lainnya. Varietas ini memiliki daun berwarna hijau, memiliki lebar daun sedang (4-5 cm), lengkung helai daunnya $<^1/_3$ daun dan bertelinga daun sama atau lebih dari tiga kali lebarnya (kuat). Telinga daunnya berkedudukan tegak. Sama seperti GMP7, varietas GP 11 tidak memiliki bulu bidang punggung. Warna batangnya hijau kekuningan, dengan ruas yang bersusun lurus dan berbentuk silindris. Penampang melintang ruasnya adalah bulat dan panjang ruas varietas ini termasuk pendek, yakni hanya mencapai <13 cm (Nuraini, 2022).

4. Varietas RGM01-1686

Varietas RGM01-1686 merupakan varietas yang masih dalam tahap pengembangan rakitan gunung madu, varietas ini memiliki daun berwarna hijau, memiliki lebar daun besar (>5 cm), memiliki diameter ruas sedang yaitu mencapai 2,5-3 cm dengan warna batang hijau kekuningan.

5. Varietas RGM06-654

Varietas RGM06-654 merupakan varietas yang masih dalam tahap pengembangan rakitan gunung madu. Varietas ini memiliki daun berwarna hijau, memiliki lebar daun sedang (4-5 cm), susunan ruas lurus, dan berbentuk silindris. Diameter batang GMP5 mencapai 2,5-3 cm.

2.3 Cekaman Lingkungan

Setiap tanaman memerlukan kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Kondisi lingkungan tempat tanaman berada selalu mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi mungkin saja masih berada dalam batas toleransi tanaman tersebut. Cekaman (*stress*) lingkungan adalah kondisi lingkungan yang memberikan tekanan pada tanaman dan mengakibatkan respon tanaman terhadap faktor lingkungan tertentu lebih rendah daripada respon optimumnya pada kondisi normal, Cekaman lingkungan dapat berupa faktor biotik dan faktor abiotik (Alif *et al*., 2023).

Cekaman biotik merupakan cekaman akibat organisme lain yang berbagi lingkungan dan berinteraksi dengan tanaman seperti jamur, bakteri, oomycetes, nematoda dan herbivora. Penurunan kualitas tanah dari berbagai faktor, faktor eksternal adalah iklim setempat yang dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah. Intensitas sinar matahari, curah hujan, kelembaban kecepatan angin dan sebagainya dapat memberikan pengaruh yang baik dan sebaliknya. Selain itu interaksi antara berbagai komponen yang telah disebutkan akan memberikan pengaruh yang spesifik terhadap kesuburan tanah (Soekamto dan Fahrizal, 2019). Faktor cekaman abiotik meliputi lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti radiasi, salinitas, garam, banjir, kekeringan, suhu ekstrim, logam berat (Mosa *et al.,* 2017; Sardhara and Mehta, 2018).

2.3.1 Cekaman Kekeringan

Seiring dengan fenomena perubahan iklim global, dengan dampak ikutan berupa peningkatan frekuensi kekeringan akibat *El-Nino* akan berefek negatif terhadap pertumbuhan dan proses fisiologis (Cha-um *et al.,* 2013) serta produktivitas kelapa sawit. (Darlan *et al.,* 2016) menemukan bahwa terjadi penurunan produksi akibat kekeringan yang disebabkan *El-Nino* dapat mencapai 30-60% dibandingkan produktivitas normal tanaman. Salah satu gangguan yang terjadi pada tanaman akibat cekaman kekeringan adalah terhambatnya penyerapan unsur hara dari dalam tanah menuju jaringan tanaman yang nantinya akan juga berdampak terhadap pertumbuhan. Menurunnya serapan hara saat cekaman kekeringan disebabkan oleh penurunan kadar air tanah sehingga menurunkan jumlah hara yang terdifusi dari matriks tanah menuju permukaan serapan akar (Waraich *et al.,* 2011; Akhtar dan Nazir, 2013; Kheradmand *et al.*, 2014). Cekaman kekeringan menyebabkan gangguan penyerapan N dan P oleh tanaman (He and Djikstra, 2014; Bista *et al.*, 2018).

Chaves *et al.,* (2003) menjelaskan penutupan stomata dan hambatan pertumbuhan daun sebagai respon paling awal kekeringan yang akan melindungi tanaman dari kehilangan air berlanjut yang dapat menyebabkan kematian. Cepat atau lambat kekeringan akan menimbulkan dehidrasi akar atau pucuk pembukaan dan penutupan stomata merupakan akibat perubahan tekanan turgor dan permeabilitas membran. Kandungan karbohidrat daun dan akar tebu dapat meningkat sebagai respon terhadap cekaman kekeringan, hanya akan turun lagi setelah diairi. Menanggapi cekaman kekeringan, tanaman bereaksi dengan berbagai cara, termasuk dengan menggulung daunnya untuk mengurangi transpirasi dan penyerapan sinar matahari, dengan menumbuhkan akar yang lebih dalam, dan dengan memproduksi lebih sedikit klorofil (Rinanto, 2010).

2.3.2 Cekaman Genangan

Saat hujan deras, sawah akan tergenang air dan menimbulkan masalah bagi petani. Tanaman dapat mengalami cekaman genangan air karena terlalu jenuh dan drainase yang tidak memadai. Ini masalah global karena merupakan bencana alam yang mengacaukan panen di mana-mana (Serres and Voesenek, 2008; Colmer and Voesenek, 2009). Tanaman yang tergenang akan mengalami kerusakan sehingga tidak dapat berkembang dengan baik (Susilawati *et al.*, 2012). Tanaman tebu yang mengalami cekaman genangan air, seperti yang dinyatakan oleh Zhao and Li (2015), dapat menurunkan produksi. Daun tebu yang terendam dalam waktu lama biasanya menunjukkan klorosis, hambatan pertumbuhan, dan bahkan kematian jaringan (Rachmawati dan Retnaningrum, 2013).

2.4 Karakter Morfologis

Beberapa varietas tebu merespon cekaman air dengan mengubah morfologisnya, ketika cekaman air menyebabkan kerusakan akar tanaman merespon dengan memproduksi lebih banyak akar dalam upaya memaksimalkan pengikatan unsur hara sehingga unsur hara tetap dapat diangkut ke daun. Tumbuhan bereaksi terhadap cekaman kekeringan dan genangan dengan menggunakan filter air (Winkel *et al*., 2014).

Pengenalan adalah langkah awal dalam mengidentifikasi ciri-ciri suatu organisme, yang dapat berupa hal-hal seperti penampilan, struktur, dan perilakunya dalam hubungannya dengan organisme lain (Ubaidillah, 2018). Selain itu, metode ini merupakan cara tercepat untuk menunjukkan betapa beragamnya tanaman, dan dapat digunakan sebagai sistem acuan umum untuk menggabungkan pernyataan data dari disiplin lain (Rahayu dan Handayani, 2008).

Karakter morfologis mudah dilihat sehingga variasinya dapat dinilai dengan cepat jika dibandingkan dengan karakter-karakter lainnya. Menurut Stace (1989) pembatasan takson yang baik dilakukan dengan menggunakan karakter-karakter yang mudah dilihat, dan bukan oleh karakter - karakter yang tersembunyi. Karakter morfologis mempunyai peran penting di dalam sistematika, sebab banyak pendekatan yang dipakai dalam menyusun sistem klasifikasi, namun semuanya berpangkal pada karakter morfologis (Davis and Heywood 1963).

2.5 Karakter Fisiologis

Uji karbohidrat, klorofil dan prolin mengungkapkan bagaimana tanaman bereaksi terhadap tekanan lingkungan seperti kekeringan dan banjir. Peningkatan kandungan klorofil merupakan dua karakteristik fisiologis yang terkait dengan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Putri *et al.*, 2022). Senyawa yang terlibat dalam penyesuaian osmotik diakumulasikan oleh tanaman di bawah tekanan kekeringan. Menurut penelitian Lakitan (1993), metabolit prolin dapat digunakan sebagai tolak ukur kemampuan tanaman untuk bertahan pada kondisi kering.

1. Kadar Klorofil

Pengukuran karakter fisiologis seperti kandungan klorofil, merupakan salah satu pendekatan untuk mempelajari pengaruh kekurangan air terhadap pertumbuhan dan hasil produksi karena parameter ini berkaitan dengan laju fotosintesis (Li *et al*., 2006). Kekurangan air dari tingkat paling ringan sampai paling berat mempengaruhi proses biokimia yang berlangsung dalam sel. Kekurangan air akan menurunkan laju fotosintesis (Banyo dkk., 2013). Klorofil disintesis di daun dan berperan untuk menangkap cahaya matahari yang jumlahnya berbeda tiap spesies. Sintesis klorofil dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cahaya, gula atau karbohidrat, temperatur, faktor genetik, unsur-unsur hara seperti N, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S dan O (Hendriyani dan Setiari, 2009).

Klorofil disintesis dengan cara fotoreduksi protoklorofilid menjadi klorofilid a, yang diikuti oleh esterifikasi fitol membentuk klorofil a. Klorofil a juga terdapat pada daun dengan warna merah kecoklatan tetapi dengan jumlah sedikit. Selanjutnya xantofil dibentuk melalui penggabungan molekul oksigen dengan karoten yang menyebabkan daun berubah warna menjadi hijau kekuningan. Sintesis klorofil a dari klorofilid a tidak membutuhkan cahaya (Pandey and Sinha, 1979). Sintesis klorofil sangat dipengaruhi juga oleh air, klorofil akan meningkat saat hujan dan akan menurun saat keadaan tanah gersang. Kadar air pada daun berperan dalam mempertahankan jumlah maksimum kadar klorofil (Homayoun *et al*., 2011).

Respon tanaman terhadap kekurangan air menyebabkan terjadinya penurunan kandungan klorofil pada daun. Penurunan konsentrasi klorofil pada daun karena adanya respon fisiologis tanaman yang mengalami kekurangan air. Respon fisiologis tersebut terdiri dari pembentukkan klorofil yang terhambat, penurunan enzim dan terhambatnya penyerapan unsur hara seperti nitrogen serta magnesium yang sangat dibutuhkan tanaman dalam sintesis klorofil (Banyo, 2013).

2. Kandungan Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa organik yang terbentuk atas molekul komplek dan molekul sederhana yang tersusun atas molekul karbon, hidrogen dan oksigen. Karbohidrat merupakan salah satu hasil alam yang memiliki banyak fungsi penting pada tanaman dan hewan. Pada proses fotosintesa, tanaman merubah karbondioksida menjadi karbohidrat (Qalsum *et al.,* 2017). Perubahan itu dalam bentuk, selulosa, pati, dan gula (Setiyono, 2011). Karbohidrat merupakan golongan senyawa yang dapat dihidrolisis menjadi polisakarida aldehid dan keton. Karbohidrat dalam tanaman berupa amilum atau pati (Fressenden, 1997). Karbohidrat golongan monosakarida dan disakarida memiliki sifat mereduksi, sifat ini disebabkan oleh adanya gugus keton. Kadar karbohidrat diukur dengan menggunakan metode fenol sulfat,

metode ini memiliki prinsip yaitu gula sederhana dan oligosakarida dapat bereaksi dengan fenol dalam asam sulfat pekat menghasilkan warna jingga kekuningan yang stabil (Qalsum *et al.*, 2017).

3. Kadar Prolin

Prolin adalah asam amino yang bertambah lebih cepat dibandingkan asam amino lainnya dalam jaringan tumbuhan pada kondisi kekeringan atau kadar garam tinggi. Akumulasi prolin yang terjadi karena dehidrasi yang disebabkan oleh kekurangan air (potensial air yang rendah) atau meningkatnya tekanan osmotik adalah informasi yang berkaitan dengan peranan prolin sebagai agen osmoregulator pada tumbuhan yang mengalami cekaman abiotik (Heuer, 1999).

Prolin merupakan senyawa yang dihasilkan tanaman sebagai respon cekaman kekeringan. Prolin berfungsi sebagai osmoregulator, melindungi membran dan protein terhadap tingginya konsentrasi ion-ion organik serta suhu ekstrim. Saat terjadi cekaman, indikator utama kelayuan dan penurunan pertumbuhan ditandai dengan penumpukan kadar prolin yang tinggi pada akar tanaman (Miriem, 2020). Cekaman kekeringan salah satu yang dapat meningkatkan kadar produksi prolin dalam tanaman. Menurut Palupi dkk., (2008) tanaman yang toleran terhadap cekaman kekeringan memiliki akumulasi prolin yang lebih tinggi daripada tanaman yang peka terhadap cekaman kekeringan. Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan dengan ketahanan terhadap cekaman kekeringan. Kandungan prolin yang melimpah menjadi indikator toleransi cekaman kekeringan, karena prolin berfungsi sebagai penyimpan senyawa nitrogen, osmoregulator dan protektor enzim tertentu. Banyak penelitian yang menyatakan bahwa prolin adalah indikator ketahanan tumbuhan terhadap cekaman kekeringan. Salah satu penelitian tersebut adalah hasil penelitian Rinanto (2010), pada penelitian terhadap 14 genotip tebu yang diberi perlakuan cekaman kekeringan menunjukkan adanya kenaikan kandungan prolin dan sukrosa.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari - Juli 2023. Analisis morfologis meliputi penanaman, pemeliharaan dan pengamatan agronomis dilakukan di *green house* PT. Gunung Madu Plantations, Gunung Batin Baru, Lampung Tengah. Sedangkan analisis fisiologis meliputi analisis karbohidrat, klorofil, dan prolin dilakukan di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat yang digunakan pada penelitian secara morfologis yaitu gembor, penggaris, timbangan, sekop, jangka sorong, oven, polybag, ember, meteran, kamera, kertas label, spidol. Bahan yang digunakan yaitu *bud chips* varietas tebu, air, media tanah *top soil*, blotong, pasir (2:1:1) sebanyak 10 kg.

3.2.2 Sedangkan alat yang digunakan pada analisis secara fisiologis yaitu spektrofotometer UV-Vis, klorofilmeter *Soil Plant Analysis Development* (SPAD), centrifuge, mikroskop, neraca analitik, waterbath, labu ukur, mortar, kuvet. Bahan yang digunakan yaitu kertas saring *Whatman* No.1, Etanol 95%, Akuades, Asam Sulfat, Asam Sulfosalisilat 3% 100 ml, Asetat Glasial 500 ml, Toluene, Ninhidrin.

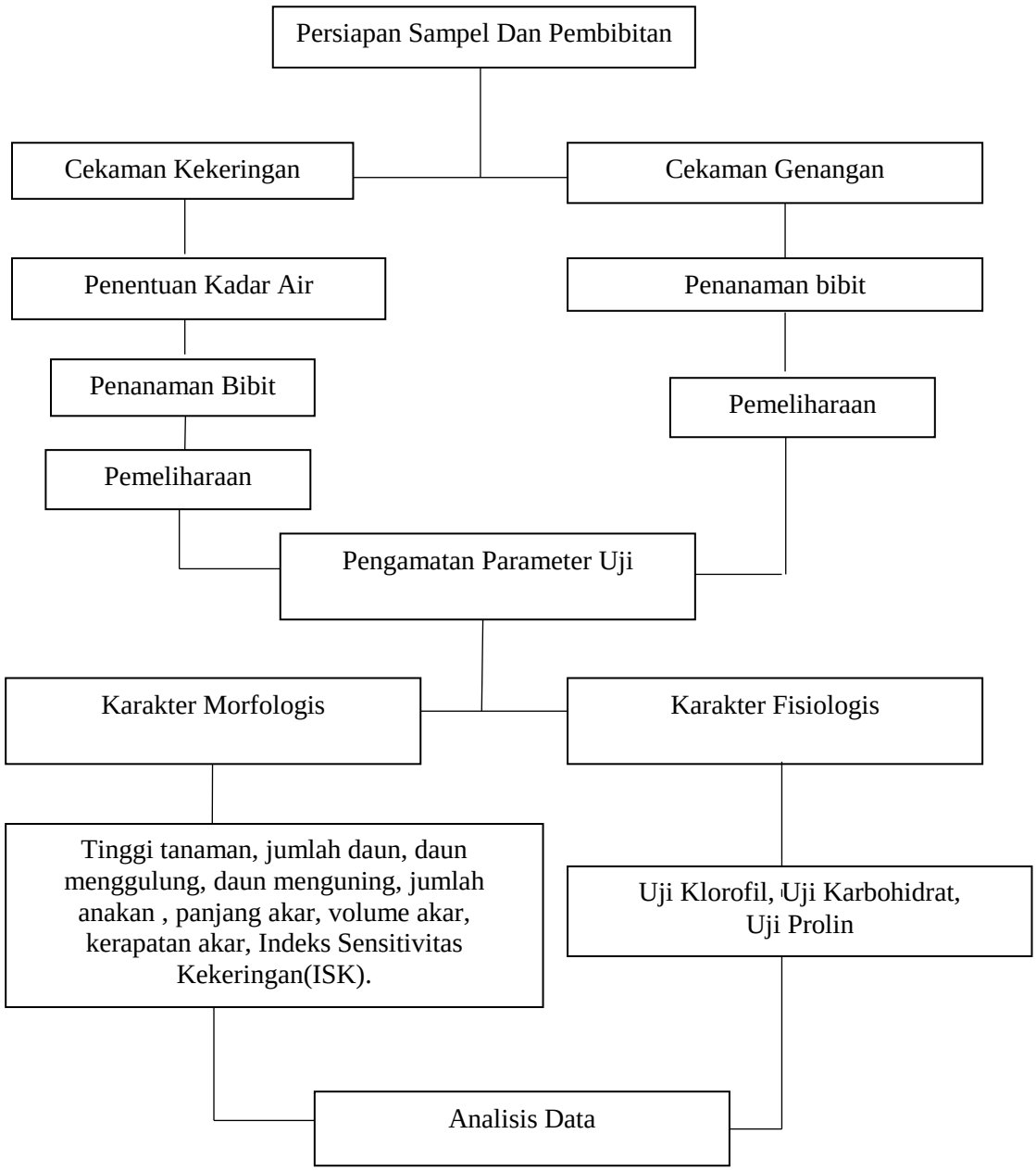
3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktorial terdiri dari 2 faktor dengan taraf kekeringan dua variabel yaitu 3 varietas komresil tebu (GMP3, RGM01-1686, RGM 06-654) dan perlakuan kekeringan pada kadar air tanah (100%, 50%, dan 0%). Tiap perlakuan diulang 3 kali dan tiap unit percobaan terdiri atas 3 polybag.

Sedangkan pada taraf genangan dua variabel terdiri atas 3 varietas komersil tebu (GP11, GMP6, RGM01-1686) dan perlakuan taraf penggenangan yaitu umur (1 bulan, 2 bulan, 3 bulan dan 5 bulan) penggenangan dilakukan dialur yang telah disediakan. Pemeliharaan tanaman tebu dilakukan dengan cara menyiram tebu setiap hari dan membersihkan gulma. Total jumlah sampel sebanyak masing-masing perlakuan 81 polybag pada perlakuan kekeringan dan genangan.

3.4 Diagram Alur Penelitian

Tahapan Penelitian disajikan dalam bentuk alir seperti yang tercantum di **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan merupakan 5 varietas tebu (GMP3, RGM01-1686, RGM06-654, GP11, GMP6) yang disediakan dalam bentuk *bud chips*. *Bud chips* diambil pada batang tebu yang berusia 5 - 6 bulan memiliki ruas yang sama, dan diambil mata tunas pada bagian pucuk. Batang tebu dipotong-potong berukuran 5 cm dengan satu mata tunas terletak ditengah-tengah dari panjang stek. Kemudian *bud chips* disemai terlebih dahulu selama dua minggu sebelum ditanam. Setelah itu *bud chips* yang telah berumur dua minggu ditanam dalam media yang telah disediakan.

3.5.2 Penggunaan Bibit

Bibit yang digunakan berupa stek satu mata tunas (*bud chips*) yang berumur 5 bulan yang berasal dari 5 varietas tebu komersial, antara lain GMP3, GMP6, RGM01-1686, RGM06-654, GP11. Mata tunas yang digunakan sebagai bibit adalah mata tunas yang berada pada batang pucuk ruas ke-15 sampai 18. Batang tebu dipotong dengan posisi mata tunas berada di tengah-tengah dengan panjang ±5 cm.

3.5.3 Penanaman Bibit

Pada setiap polybag diisi tanah topsoil sebanyak 10 kg. *Bud chips* ditanam dalam media tersebut, setelah itu ditambahkan air sesuai dengan perlakuan. Kemudian 6 varietas bibit *bud chips* yang di telah berumur dua minggu ditanam di polybag, setelah itu ditambahkan air sesuai dengan perlakuan. Komposisi media tanam yaitu tanah *top soil*. Masing-masing polybag diberi air dan label sebagai penanda setiap varietas yang ada.

3.5.4 Penyiraman

Penyiraman tanaman tebu dilakukan setiap hari menggunakan volume air yang sesuai dengan perlakuan sehingga kondisi tanah tetap seperti perlakuan yang diberikan. Menurut Rahmawati (2007), kadar air (KA) diukur berdasarkan rumus dibawah ini :

$$\text{Kadar Air (KA)} : \frac{\text{Bobot Basah} - \text{Bobot Kering}}{\text{Bobot Kering}} \times 100$$

Diketahui :

Diameter polybag = 20 cm

Tinggi polybag = 20 cm

$\text{Volume} = \pi \times (10\text{cm})^2 \times 20\text{ cm}$

$= 3{,}14 \times (10\text{cm})^2 \times 20\text{ cm} = 6{,}280\text{ cm}^3$

$$\frac{\text{Berat tanah kering mutlak}}{\text{Volume polybag}} = \text{bobot isi tanah}$$

$$\frac{\text{Berat tanah kering mutlak}}{6.280\text{ cm}^3} = 1{,}3\text{ g/cm}^3$$

$\text{Berat tanah kering mutlak} = 6{,}280\text{ cm}^3 \times 1{,}3\text{ g/cm}^3$

$= 8{,}164$ gram

Jika kadar air 23% maka berat tanah yaitu :

$$\frac{(100 + 23)\% \times 8{,}164\text{ gr}}{100\ \%} = 10{,}041{,}72\text{ gr}$$

Air kapasitas lapang = 45%

Berat air tanah = 23%

$$\frac{(\text{Air kapasitas lapang} - \text{air tersedia tanah})\ \% \times \text{Berat kering mutlak}}{100\%}$$

$$= \frac{(45\text{-}23)\% \times 8{,}164\text{ gr}}{100\ \%} = 1{,}796{,}08\text{ gr}$$

Massa jenis air = 1gr/cm^3

Volume air = $\frac{\text{bobot air}}{\text{massa jenis air}} = \frac{1{,}796{,}08\ \text{gr}}{1\text{gr/cm}^3} = 1.796.08\ cm^3 / 1.8\ l$

Kebutuhan jumlah kadar air yang diperlukan untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut :

100% = 1,8 l

50 % = 850 ml

0 % = 0 ml

3.6 Variabel Pengamatan

3.6.1 Karakter Morfologis

Pengamatan rutin setiap minggunya sejak tanaman tebu berumur 2 minggu setelah aplikasi (MSA). Pengamatan ini melibatkan penilaian pertumbuhan tanaman, kondisi daun, jumlah anakan, jumlah daun menggulung, panjang akar, volume akar, kerapatan akar serta indeks sensitivitas kekeringan. Selama periode pengamatan, mencatat kondisi cuaca dan lingkungan sekitar, seperti suhu udara, dan kelembaban tanah. Variabel pengamatan ini menjadi landasan untuk mengidentifikasi varietas tebu yang unggul terhadap kondisi cekaman kekeringan dan genangan.

a. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman merupakan parameter dalam memahami pertumbuhan dan perkembangan tanaman tebu. Proses ini dilakukan dengan mengukur jarak dari permukaan tanah hingga mencapai titik tumbuh daun pertama yang telah terbuka sempurna. Untuk memastikan akurasi pengukuran, metode ini melibatkan penggunaan alat penggaris atau meteran pada tanaman sampel tebu. Pendekatan ini telah dilakukan oleh Syavitri *et al.,* (2019) dalam penelitian mereka. Pengukuran tinggi tanaman menjadi aspek penting dalam pemantauan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, memberikan informasi yang esensial dalam analisis perkembangan tanaman tebu.

b. Jumlah Daun Hijau

Pengamatan jumlah daun pada tanaman dilakukan dengan menghitung daun hijau segar. Metode penghitungan ini mencakup semua daun tanaman yang telah terbentuk sempurna, dan dilakukan dengan memastikan bahwa kondisi daun yang dihitung adalah sekitar 70% masih dalam keadaan hijau hingga akhir periode penelitian (Isnaini *et al.,* 2015). pengamatan ini tidak hanya memberikan gambaran akurat tentang jumlah daun, tetapi juga mempertimbangkan faktor vital, seperti ketersediaan klorofil pada daun yang masih hijau.

c. Jumlah Daun Menguning

Daun menguning pada tanaman tebu merupakan respon pertahanan yang dilakukan tanaman untuk mempertahankan dirinya dari cekaman. Tanaman yang berada dalam kondisi terendam dalam waktu yang cukup lama akan menyebabkan tanaman mengalami penurunan jumlah klorofil (Wibisono, 2017). Penggenangan dalam periode panjang menyebabkan perubahan morfologi akar, sehingga penyerapan unsur-unsur hara akan terganggu dan tanaman akan mengalami kekurangan unsur-unsur hara serta daun tanaman mulai menguning. Daun yang menguning disebabkan oleh rusaknya klorofil atau disebabkan terhambatnya pembentukan klorofil akibat terganggunya aktivitas sel (Warjianto, 2014).

d. Jumlah Daun Menggulung

Daun menggulung pada tanaman tebu merupakan strategi pertahanan yang diaktifkan sebagai respon terhadap kondisi lingkungan yang tidak mendukung. Khususnya daun tebu cenderung menggulung sebagai respon terhadap kekeringan, menunjukkan adaptasi yang dilakukan tanaman untuk kekurangan air. Gejala ini mencakup penutupan daun untuk mengurangi transpirasi dan menghindari hilangnya air.

Mastur (2016) menjelaskan bahwa tanaman tebu menunjukkan respon terhadap kekeringan dengan menggulungnya daun, yang memberikan penurunan pada luas daun, pemanjangan akar, dan penurunan kadar klorofil sebagai bagian dari strategi adaptasi. Pengamatan dilakukan dengan cara menghitung jumlah daun yang menggulung hingga akhir penelitian.

e. Jumlah Anakan

Pertumbuhan anakan merupakan proses penting dalam siklus hidup tanaman tebu, di mana mata tunas pada batang yang berada di bawah tanah berkembang menjadi tanaman baru. Optimalnya pembentukan anakan dimulai ketika tanaman tebu mencapai usia sekitar 8-12 minggu setelah tanam (Naffisah *et al.*,2023). Untuk mengukur dan memantau pertumbuhan anakan secara efektif, pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah anakan secara manual. Metode ini melibatkan penghitungan jumlah anakan pada bagian rumpun sampel tanaman tebu, seperti yang dijelaskan oleh (Muliandari *et al.*, 2021). Data mengenai jumlah anakan ini memberikan informasi dalam mengevaluasi kesehatan dan perkembangan tanaman tebu, serta dapat menjadi dasar penting dalam strategi pemeliharaan dan penelitian pertanian yang berfokus pada tanaman ini.

f. Panjang Akar

Pengamatan panjang akar dilakukan dengan cara membongkar tanaman sampel. Proses ini melibatkan pengambilan akar dari media tanam, kemudian akar tersebut dibersihkan secara hati-hati dan didiamkan untuk dikeringkan dengan alami. Setelah itu, pengukuran dilakukan secara teliti mulai dari pangkal akar hingga ujung akar terpanjang.

Untuk memastikan ketelitian pengukuran, alat bantu seperti penggaris digunakan sesuai dengan metode yang telah dijelaskan dalam penelitian sebelumnya (Rahmawati *et al.,* 2019).

g. Volume Akar

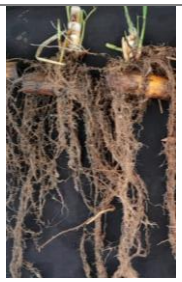
Pengamatan volume akar dilakukan dengan dengan metode memasukkan akar ke dalam gelas ukur yang sebelumnya telah diisi air. Langkah awal melibatkan penempatan akar ke dalam gelas ukur, dan setelahnya dicatat selisih volume air yang muncul. Volume tersebut kemudian diukur dengan satuan mililiter (ml), memberikan indikasi yang jelas tentang kapasitas ruang yang diisi oleh akar tanaman. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menyayat polybag yang mengelilingi akar tanaman, dan selanjutnya tanaman disiram hingga tanah yang melekat pada akar hilang. Metode ini, sebagaimana dijelaskan oleh Lushyharti dan Mustamir (2020), memberikan gambaran yang akurat mengenai volume akar tanaman.

g. Kerapatan Akar

Standar nilai kerapatan jarak antar akar dilakukan pengamatan secara kualitatif dijadikan ukuran dengan menggunakan skala angka penilaian yaitu :

Tabel 1. Standar Nilai Kerapatan Jarak Antar Akar

No.	Nilai Kategori	Jarak Antar Akar	Gambar	Keterangan
1	1	Tidak rapat		Memiliki bentuk akar yang kecil, jumlah akar sedikit, panjang akar < 14 cm

2	2	Sedikit rapat		Memiliki bentuk akar kecil dan jarak antar akar sedikit rapat, panjang akar >18 cm.
3	3	Sedang		Memiliki bentuk akar sedang, panjang akar > 30 cm.
4	4	Rapat		Memiliki bentuk akar rapat, panjang akar > 40 cm.
5	5	Sangat rapat		Memiliki bentuk akar sangat rapat, panjang akar > 50 cm.

h. Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK)

Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK) dihitung dengan rumus yang disusun oleh Fischer and Maurer (1978) dalam (Clarke *et al.,* 1984) sebagai berikut :

$$\text{Indeks Sensitivitas Kekeringan (ISK)} = \frac{(1-Yc/Yo)}{(1-Xc/Xo)}$$

Yc = rata-rata tanaman yang mendapat kondisi cekaman kekeringan

Yo = rata-rata tanaman yang tidak mendapat kondisi cekaman kekeringan

Xc = rata-rata tanaman seluruh varietas yang mendapat kondisi cekaman kekeringan

Xo = rata-rata tanaman seluruh varietas yang mendapat kondisi cekaman kekeringan

Kategori kerentanan kekeringan menurut (Clarke *et al*.,1984) sebagai berikut:

S < 0,5 = Toleran kekeringan

0,5 < S < 1,0 = Moderat

S > 1,0 = Tidak toleran kekeringan

3.6.2 Karakter Fisiologis

3.6.2.1 Uji Klorofil

Tahapan uji klorofil dilakukan dengan 2 metode menggunakan klorofilmeter *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) dan Spektrofotometer UV-Vis. Tahapan menggunakan Klorofilmeter *Soil Plant Analysis Development* (SPAD) mengukur nilai klorofil. Sampel berupa daun ketiga pada cincin pertama diambil sampelnya antara pukul 08.00 - 10.00 WIB. Kemudian gunakan tisu untuk menyeka sampel daun. Setelah klorofilmeter telah dikalibrasi, kepala klorofilmeter ditempelkan pada daun. Konsentrasi klorofil ditentukan dengan mengukur sampel daun ulangan 3 kali yaitu pada pangkal daun, di tengah, dan ujung daun. Pembacaan klorofilmeter harus didokumentasikan (Syafii *et al*., 2021).

Sedangkan uji menggunakan Spektrofotometer UV-Vis mengikuti metode (Nio, 2017). Sampel berupa daun sebanyak 1 g pada tiap perlakuan dihaluskan dengan *mortar* dan *pestle,* selanjutnya diekstraksi dengan menambahkan 50 ml etanol 95% sampai semua klorofil larut. Setelah ekstrak disaring, filtratnya ditampung dalam labu ukur 100 ml serta ditambahkan etanol 95% sampai mencapai volume 100 ml. Kandungan klorofil diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada A 649 dan 665 nm. Kandungan Klorofil total dihitung dengan rumus berikut :

Klorofil total (mg/L) =20,0 OD649 + 6,1 OD665

Keterangan OD = Optical density.

3.6.2.2 Uji Karbohidrat

Analisis kandungan karbohidrat terlarut total dilakukan dengan metode fenol-sulfur (Dubois *et al*., 1956). Sampel daun diambil dan ditimbang sebanyak 0,1 gram, kemudian ditumbuk dengan mortar lalu diberi 100 ml akuades, disaring dengan kertas saring *Whatman* no. 1 lalu dimasukkan kedalam tabung reaksi. Filtrat diambil sebanyak 1 ml dan ditambahkan 1 ml H_2SO_4, selanjutnya ditambahkan fenol sebanyak 2 ml. Berikutnya filtrat dimasukkan kedalam kuvet dan dibaca pada panjang gelombang 490 nm.

3.6.2.3 Uji Prolin

Prolin dianalisis menggunakan metode (Bates *et al.,*1973). Sampel yang, digunakan daun yang berkembang penuh (mutan dan kontrol). prosedur ini 9 ml asam sulfosalisilat 3% dihomogenisasi dengan 3 g daun yang dihancurkan. Supernatan diseimbangkan dengan asam sulfosalisilat hingga volume 10 ml dan disentrifugasi pada 5000 rpm selama lima menit sebelum dipisahkan dari larutan. 2 ml supernatan dicampur dengan 2 ml larutan ninhidrin dan asam asetat glasial, kemudian dipanaskan pada suhu 100^{o}c selama 60 menit. Campuran reaksi ini direndam dalam penangas es selama lima menit. Untuk membentuk kromoform, produk reaksi diekstraksi dengan 4 ml toluena dan diaduk selama 15-20 detik. Kromoform yang mengandung toluena didistilasi pada suhu kamar. Absorbansi kromoform yang terbentuk diukur menggunakan spektrofotometer pada 520 nm. Toluene digunakan sebagai larutan kontrol (blanko) (Sari *et al*., 2016).

Konsentrasi prolin dihitung dengan rumus berikut :

$$\mu\text{mol prolin/g daun} = \frac{\mu\text{g prolin/ml (ppm) x vol.toluene/115.5}\mu\text{g prolin}}{\text{massa sampel/5}}$$

3.7 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dibagi menjadi dua sebagai berikut:

1. Analisis ragam dilakukan menggunakan metode statistika *Multivariate Analysis of Varian* (MANOVA) pada taraf nyata 5%, jika hasil MANOVA signifikan maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. melalui aplikasi IBM SPSS Statistics 24 (Syavitri *et al*., 2019).

2. Analisis karakter morfologis dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan antar karakter kualitatif dan kuantitatif. Selanjutnya dilakukan analisis hubungan kekerabatan menggunakan data morfologis yang dikarakterisasi secara kualitatif dengan cara skoring dari data deskriptif menjadi data biner. Hasil analisis berupa pengelompokkan antar varietas digambarkan dalam bentuk dendogram menggunakan software *Multivariate Statistical Package* (MVSP) versi 3.2 dan jarak genetik dalam analisis klaster menggunakan metode *Unweighted Pair-Group With Arithmetic Average* (UPGMA). Selanjutnya untuk menentukan karakter kualitatif dan karakter kuantitatif yang berpengaruh pada pengelompokkan antar varietas digunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) (Windiyani *et al*., 2022).

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perlakuan perbedaan persentase kadar air memiliki pengaruh yang bervariasi terhadap cekaman kekeringan serta respon varietas tebu berdasarkan karakter morfologis tinggi tanaman, jumlah daun, daun menggulung, jumlah anakan, volume akar, panjang akar, kerapatan akar dan meningkatkan kadar klorofil, kadar karbohidrat, kadar prolin.

2. Varietas RGM01-1686 menjadi varietas yang toleran terhadap cekaman kekeringan kemudian diikuti GMP3 dan RGM06-654. Sedangkan varietas toleran terhadap cekaman genangan yaitu GMP6 diikuti RGM01-1686 dan GP11.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah perlu kaji lebih lanjut terhadap varietas tahan terhadap cekaman genangan dalam parameter panjang akar, volume akar, kerapatan akar dan uji secara fisiologis.

DAFTAR PUSTAKA

Achmad, S. R., dan Putra, R. C.2016. Pengelolaan lengas tanah dan laju pertumbuhan tanaman karet belum menghasilkan pada musim kemarau dan penghujan. *Warta Perkaretan*, *35*(1), 1-10.

Adinugraha, I., Agung, N., dan Karuniawan, P. W. 2016. Pengaruh Asal Bibit *Bud Chip* Terhadap Fase Vegetatif Tiga Varietas Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(6), 468-477.

Adisyahputra, A., Sudarsono, S., dan Setiawan, K. 2011. Pewarisan sifat densitas stomata dan laju kehilangan air daun *(rate leaf water loss)* pada kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Natur Indonesia*, *14*(1), 73-89.

Akbar, M. R., Purwoko, B. S., Dewi, I. S., dan Suwarno, W. B. 2018. Penentuan indeks seleksi toleransi kekeringan galur dihaploid padi sawah tadah hujan pada fase perkecambahan. *Jurnal Agronomi Indonesia*, *46*(2), 133-139.

Akhtar, I and N.Nazir. 2013. Effect of waterlogging and drought stress in plants. Int J *Water Res Environ Sci*. 2, 34–40.

Al-Khayri, J. M., Rashmi, R., Toppo, V., Chole, P. B., Banadka, A., Sudheer, W. N., and Rezk, A. A. S. 2023. Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolites*, 13(6), 716.

Alzahrani, D. A., Albokhari, E. J., and Khoj, A. 2021. Taxonomic studies on some members of the genus Abutilon Mill.(*Malvaceae*). *American Journal of Plant Sciences*, 12(02), 199-200.

Alif, A. A., Gusmiaty, G., Akzad, M. B., Rahim, I., dan Larekeng, S. H. 2023. Isolasi Cendawan Rhizosfer Pelarut Fosfat Pada Jabon Merah *(Neolamarckia Macrophylla)* Provenans Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan. *Jurnal Galung Tropika*, 12(1), 109–118.

Amzeri AK, Badami, Pawana G, Alfiansyah M, Daryono BS. 2021. Phenotypic and genetic diversity of watermelon *(Citrullus lanatus)* in East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journpal of Biological Diversity* 22 (11), 5223-5230

Annisa M. 2023. Penyebab dan Mengatasi Daun Berubah Warna Menjadi Kuning.*Fakutlas Pertanian* UMSU. https://faperta.umsu.ac.id. Diakses pada 20 November 2023 pukul 10.00 WIB.

Apriscia, C. Y., Barunawati, N., dan Wicaksono, K. P. 2018. Pengaruh pemberian pupuk kompos limbah domestik terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) asal bibit bud chip. *Journal of Agricultural Science*, 1(2).

Armita, D., Wahdaniyah, W., Hafsan, H., dan Al Amanah, H. 2022. Diagnosis visual masalah unsur hara esensial pada berbagai jenis tanaman. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, *16*(1), 139-150.

Arini, S. F. M. 2017. Karakter Morfologi Varietas Tebu Pada Beberapa Kondisi Cekaman Air. *Agritrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 15(1).

Arogundade OO, and Adedeji O. 2019. Numerical taxonomic studies of some members from four tribes of the family Araceae in southwestern Nigeria. *Journal of Biological Studies* 2 (1), 9-24.

Avivi S., S. Soeparjono, dan D. P. Restanto. 2016. *Identifikasi Marka Morfologi,Fisiologi, dan Molekuler Untuk Seleksi Tebu Tahan Genangan*. Penelitian Tim Pasca Sarjana. Universitas Jember. Jember.

Banyo, Y. E., Song, N., Siahaan, P., dan Tangapo, A. M. 2013. Konsentrasi klorofil daun padi pada saat kekurangan air yang diinduksi dengan polietilen glikol. *Jurnal Ilmiah Sains*. 13(1), 1-8.

Bates, L. S., Waldren, R. A., and Teare, I. D. 1973. Rapid Determination of Free Proline For Water-Stress Studies. *Plant and soil*. 39, 205-207.

Bista, D.R., S.A. Heckathorn., D.M. Jayawardena., S. Mishra and J.K. Bolt. 2018. Effects of drought on nutrient uptake and the levels of nutrientuptake proteins in roots of drought-sensitive and tolerant grasses. *Plants*. 7, 28.

Biswal, AK, Pattanayak, GK Pandey, SS, Leelavathi, S, Reddy, VS Govindjee, and Tripathy, BC 2012, Light intensity-dependent modulation of chlorophyll b biosynthesis and photosynthesis by over-expression of chlorophyllide a oxigenase in tobacco, *Plant Physiology*, 159:433 ±449.

Campbell NA, Reece JB, Urry LA, Cain MA, Wasserman SA, Minorsky PV, Jackson RB.2012. *Biologi Jilid 2 (Terjemahan) Edisi ke-8*. Erlangga. Jakarta

Cha-um, S., Samphumphuang, T., and Kirdmanee, C. 2013. Glycinebetaine alleviates water deficit stress in indica rice using proline accumulation, photosynthetic efficiencies, growth performances and yield attributes. *Australian Journal of Crop Science*, *7*(2), 213-218.

Chaves, MM, Maroco, JP and Pereira, JS 2003, Understanding plant responses to droughtfrom genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*. 30, 239±264

Clarke, J. D., Hayes, B. P., Hunt, S. P., and Roberts, A. L. A. N. 1984. Sensory physiology, anatomy and immunohistochemistry of Rohon- Beard neurones in embryos of Xenopus laevis. *The Journal of Physiology*, 348(1), 511-525.

Colmer, TD, and LACJ Voesenek. 2009. Flooding tolerance: suites plant traits in variable environments. *Functional Plant Biology*. 36(8), 665-681.

Cronquist, A. 1988. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. New York Botanical Garden, Bronx.

Darlan, N.H., I. Pradiko, Winarna, and H.H. Siregar. 2016. Dampak el nino 2015 terhadap performa tanaman kelapa sawit di Sumatera bagian tengah dan selatan. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 40(2), 113-120.

Davis PH ,VH Heywood. 1963. *Principles of Angiosperm Taxonomy* 144(3618)., Edinburg and London. pp.558

Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, Fred. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry* 1956, 28 (3), pp.350–356

Ezward, C., Efendi, S., dan Makmun, J. 2018. Pengaruh frekuensi irigasi terhadap pertumbuhan dan hasil padi *(Oryza sativa* L.*). Jurnal Agroteknologi Universitas Andalas*, 1(1), 17-24.

Fang, Y and Xiong, L. 2015. *General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants*. Cellular and Molecular Life Sciences, 72(4), 673-689.

Felania, C. 2017. *Pengaruh ketersediaan air terhadap pertumbuhan kacang hijau (Phaceolus radiatus*). Seminar Nasional Pendidikan Biologi (pp. 131-138).

Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought Resistance in Spring Wheat Cultivar: I. Grain Yield Response. *Australian Journal of Agricultural Research*. (29), 897-912.

Fressenden, R. J. 1997. *Plant and Introduction to Modern Botany.* Macmillan Publishing Co., Inc. New York.

Gardner, F.P, R.B. Pearce dan R.I. Mitchell. 1991. *Fisiologi tanaman budidaya*. UI press. Jakarta

Genesiska, G., Mulyono, M., dan Yufantari, A. I. 2021. Pengaruh jenis tanah terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) varietas Pulut Sulawesi. *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, 5(2), 107-117.

Gomathi, R.G., P.N. Rao, A. Chandran, K. Selvi. 2014. Adaptive responses of sugarcane to waterlogging stress: *Sugar Tech.* 17, 325-338.

Gunung Madu Plantations. 2015. Gambaran Umum PT GMP. http://www.gunungmadu.co.id. Diakses pada 20 Desember 2023 pukul 19.00 WIB.

Hapsoro, Dwi. 2019. *Kultur In Vitro Tanaman Tebu dan Manfaatnya Untuk Mutagenesis dengan Sinar Gamma*. AURA : Anugerah Utama Raharja. Bandar Lampung, Lampung. hal.13-14

Hartatie, D., I. Harlianingtyas, F. Supriyadi. 2020. *Pengaruh curah hujan dan pemupukan terhadap rendemen tebu di pg asembagus situbondo.* hal. 47- 48

Harjanti, R. A. 2014. Pengaruh takaran pupuk nitrogen dan silika terhadap pertumbuhan awal (*Saccharum officinarum* L.) pada inceptisol. *Vegetalika*. 3 (2), 35-44

Haryono, K., dan Basuki, B. 2021. Respon varietas tebu unggul baru terhadap pemberian nano silika dan cekaman kekeringan. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, *21*(2), 91-98.

Hasanah, N. A. I., Setiawan, B. I., Arif, C.,dan Widodo, S. 2015. Evaluasi koefisien tanaman padi pada berbagai perlakuan muka air. *Jurnal Irigasi, 10*(2), 57- 68.

Havrlentová M, Kraic J, Gregusová V, and Kovácsová B. 2021. Drought stress in cereals – A review. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 67(2), 47–60.

He, M and F.A. Dijkstra. 2014. Drought effect on plant nitrogen and phosphorus: a metaanalysis. *New Phytologist.* 204, 924–931

Hemon, A. F. 2017. Pertumbuhan dan hasil kacang tanah yang diberi rhizobium pada cekaman kekeringan. *AGROTEKSOS*, *25*(1), 1-10.

Hendriyani, I. S dan N. Setiari. 2009. Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) pada Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. *J.* Sains *&* *Mat*. 17(3), 145-150.

Heuer, B. 1999. *Osmoregulatory role of proline in plants exposed to environmental stresses*. Handbook of plant and crop stress, *2*, 675-695.

Homayoun, H., Daliri, M. S., and Mehrabi, P. 2011. Effect of drought stress on leaf I. Grain Yield Response. *Australian Journal of Agricultural Research*. (29), 897-912.

Hutomo, P., dan Mahfudz, S. L. 2015. *Pengaruh pupuk hijau Tithonia diversifolia terhadap* pertumbuhan *dan hasil tanaman* jagung (*Zea mays L*.) (Doctoral dissertation, Tadulako University).

Idris, Fefirenta AD, Sari VK, and Sudiana IM. 2023. Arbuscular mycorrhizal fungi induced different proline accumulations in two sorghum accessions in a response to drought stress. *Agriculture (Poľnohospodárstvo).*68 (3), 127- 142

Indrawanto, C., Purwono, Siswanto, Syakir, M., dan Rumini, W. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Jakarta. 21(1), 5-12.

Isnaini, J. L., Sun niati, S., dan Asmawati, A. 2015. Pertumbuhan setek tanaman tebu *(saccharum officinarum L.)* Pada berbagai konsentrasi larutan pupuk organik cair. *Agrokompleks*, 14(1), 46–49.

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). *In Cocos* (Vol. 2, No. 2).

James, C. 2004. *Global status of commercialized biotech/GM crops*: 2004. *ISAAA briefs*, *32*, 1-12.

Kerepesi, I., and G. Galiba. 2000. Osmotic and Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings. *Crop Science* 40(2000), 482-487

Kheradmand, M.A., Shahmoradzadeh., S. Fahraji., E. Fatahi, and M.M. Raoofi. 2014. Effect of water stress on oil yield and some characteristics of Brassica napus. *Intl Res J Appl Basic Sci*. 8, 1447–14453.

Komunitas Gula Nusantara.2022. Perkembangan industri pabrik gula. *Jurnal Gula*. 101(7), 1–60.

Kurnia, Theresa dan Suprihati. 2013. *Proline Sebagai Penanda Ketahanan Kekeringan Dan Salinitas Pada Gandum*. Seminar Nasional Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret.1(2), 1728-1738.

Laimeheriwa, S., Pangaribuan, M.,dan Amba, M. 2019. Analisis fenomena El Nino dan dampaknya terhadap neraca air lahan di Pulau Ambon. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 15(2), 111–118.

Lakitan B, 1993. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada. Lampung

Leopold, A. C., and P. E. Kriedemann. 1975. Plant Growth and Development, *Journal of* Experimental *Botany* 26(95), 939-941

Liang, X., Zhang, L., Natarajan, S. K., and Becker, D. F. 2013. Proline mechanisms of stress survival. *Antioxidants & redox signaling*, *19*(9), 998-1011.

Li, R. H., Guo, P. G., Michael, B., Stefania, G., and Salvatore, C. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agricultural Sciences in China*, *5*(10), 751-757.

Liu, H.Y., J.Y. Li, Y. Zhao and K.K. Huang. 2007. *Influence of Drought Stress On Gas Exchance and Water Use Efficiency of Salix psammophilia Growing In Five Places*. Ari. Zone. Hal 815 – 820.

Lushyharti, A., dan Mustamir, E. 2020. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Dan Frekuensi oc Kulit Nanas Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Buncis Pada Tanah Aluvial. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 10(3).

Maisura, MA Chozin, I Lubis, A Junaedi, dan H Ehara. 2016. *Penggunaan polyethylene glycol untuk mengevaluasi tanaman padi pada fase vegetatif terhadap cekaman kekeringan*. Pages 1–8 Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian 2016. Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe

Mastur, M. 2016. *Respon Fisiologis Tanaman Tebu Terhadap Kekeringan, Physiological Re-sponses Of Sugarcane Plant To Drought.* Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri. V8 2, hal 112.

Mastur, M., Syafaruddin, S., dan Syakir, M.2015. Peran dan pengelolaan hara nitrogen pada tanaman tebu untuk peningkatan produktivitas tebu. *Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri*, *14*(2), 73-86.

Mickelbart, M. V., Hasegawa, P. M., and Bailey-Serres, J. 2015. Genetic mechanisms of abiotic stress tolerance that translate to crop yield stability. *Nature Reviews Genetics*, *16*(4), 237-251.

Miriem, S. 2020. *Mekanisme Toleransi Tanaman Pada Lahan Salin: Akumulasi Prolin.* Prosiding Seminar Nasional Biologi di Era Pandemi COVID-19. 6(1), 133-139

Mosa, K. A., Ismail, A., and Helmy, M. 2017. Plant stress tolerance: an integrated omics approach. *Springer* 8: 978

Muliandari, N., Sudiarso, S., dan Sumarni, T. 2021. Analisis pertumbuhan tanaman tebu (*saccharum officinarum* L.) akibat aplikasi vermikompos dan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, hal 73–82.

Nafisah, S., Nuraisyah, A., dan Irawan, T. B. 2023. *Respon Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tebu Terhadap Sinergitas Mikrobia dalam Meningkatkan Produksi Tanaman Tebu di Kejayan Bondowoso.* In Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture (pp. 281-287).

Naggar AMM, Shafik MM, and Musa RY.M. 2020. Genetic diversity based on morphological traits of 19 maize genotypes using Principal Component Analysis and GT Biplot. *Annual Research & Review in Biology* 35 (2), 68-85.

Nio, S. A., Pirade, M., and Ludong, D. P. M. 2019. Leaf chlorophyll content in North Sulawesi (Indonesia) local rice cultivars subjected to Polyethylene Glycol (PEG) 8000-induced water deficit at the vegetative phase. *Biodiversitas* 20(9), 2462–2467.

Nio, S.A. 2017. *Fisiologi Tumbuhan dalam Praktek.* C.V. Patra Media Grafindo.

Nio, S. A., dan Torey, P. 2013. Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada tanaman (Root morphological characters as water-deficit indicators in plants). *Jurnal Bios Logos*, *3*(1).

Nuraini, S. 2022. *Karakterisasi Perkecambahan Stek Satu Mata Tunas (Bud Chips) Tebu* (*Saccharum Oficinarum* L.) *Varietas Komersial Pada Kondisi Cekaman Kelebihan Air.* Skripsi. Biologi Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Lampung.

Nurcahyo, Y., Hidayat, N., dan Perdana, R. S. 2018. Pemodelan Sistem Pakar untuk Identifikasi Hama Penyakit Tanaman Tebu dengan Metode Dempster-Shafer. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, *2*(3), 1187-1193.

Palupi D, Daryono BS. 2021. Genetic diversity of jackfruit *(Artocarpus heterophyllus Lam.)* provenances based on morphological parameters. ABRAO *Journal of Breeding & Genetics* 53 (3), 479-498

Palupi, E. R., dan Dedywiryanto, Y. 2008. Kajian karakter ketahanan terhadap cekaman kekeringan pada beberapa genotipe bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.)*. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, *36*(1).

Pandey, S.N and Sinha, B.X. 1979. *Plant Physiology*. Vikas Publishing House. hal 215

Paramitadevi, Y. V., dan Nofriana, R. 2017. Penerapan Produksi Bersih Dalam Upaya Penurunan Timbulan Limbah Cair Di Pabrik Gula Tebu. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, *14*(2), 54-61.

Pertanian, D. J. 2022. Evaluasi Produksi Akhir Giling GKP Tahun 2022 (MT 2021/2022) Per Perusahaan Gula (Issue 3). *Agrokompleks*, 14(1), 46–49.

Pireivatlou, M.J., Qasimov, N., Maralian, H. 2010. Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines. *African Journal of Biotechnology*, 9, 36-40.

Purwanto, P., Wijonarko, B. R., dan Tarjoko, T. 2019. Perubahan karakter biokimia dan fisiologi tanaman kacang hijau pada berbagai kondisi cekaman kekeringan. *Kultivasi, 18*(1), 827-836.

Putri, A. E., Ernawiati, E., Priyambodo, P., Agustrina, R., dan Chrisnawati, L. 2022. Klorofil Sebagai Indikator Tingkat Toleransi Kekeringan Kecambah Padi Gogo Varietas Lokal Lampung, Lumbung Sewu Cantik. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 142-150

Qalsum, U., Diah, A. W. M., dan Supriadi, S. (2017). Analisis kadar karbohidrat, lemak dan protein dari tepung biji mangga (Mangifera indica L) jenis gadung. *Jurnal Akademika Kimia, 4*(4), 168-174.

Rachmawati, D., dan Retnaningrum, E. 2013. Pengaruh tinggi dan lama penggenangan terhadap pertumbuhan padi kultivar Sintanur dan dinamika populasi rhizobakteri pemfiksasi nitrogen non simbiosis. *Bionatura*, *15*(2).

Rahayu, A. Y., Haryanto, T. A. D., dan Iftitah, S. N. 2016. Pertumbuhan dan hasil padi gogo hubungannya dengan kandungan prolin dan 2-acetyl-1-pyrroline pada kondisi kadar air tanah berbeda. Kultivasi, *15*(3).

Rahayu, S. E., dan Handayani, S.2008. Keanekaragaman morfologi dan anatomi pandanus (*Pandanaceae)* di Jawa Barat. *Vis Vitalis*, *1*(2), 29-44.

Rahmawati, I. D., Purwani, K. I., dan Muhibuddin, A. 2019. Pengaruh konsentrasi pupuk P terhadap tinggi dan panjang akar *Tagetes erecta* L. terinfeksi Mikoriza yang ditanam secara hidroponik. *Jurnal Sains & Seni ITS*, 7(2), 42–46.

Rajagukguk. 2022. *Skrining Varietas Komersil Tebu Gmp (Saccharum Oficinarum L.) Toleran Terhadap Kekeringan Skala Green House.* Skripsi. Biologi Fakultas Matematika & Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.

Rana, V., Ram, S., and Nehra, K. 2017. Review proline biosynthesis and its role in abiotic stress. *Int. J. Agric. Innov. Res, 6*(3), 2319-2473.

Riajaya, P. D., dan Kadarwati, F. T. 2018. Kesesuaian Tipe Kemasakan Varietas Tebu pada Tipologi Lahan Bertekstur Berat, Tadah Hujan, dan Drainase Lancar. *Tanam Tembakau*. 8, 85-97.

Rinanto, Y 2010, Kandungan sukrosa dan prolin tebu (*Saccharum officinarum* L.) selama cekaman kekeringan, *Jurnal Biomedika*, 8(3), 9

Rohaeni, W. R., dan Susanto, U.2020. Seleksi Dan Indeks Sensitivitas Cekaman Kekeringan Galur-Galur Padi Sawah Tadah Hujan Selection And Drought Sensitivity Index Of Rainfed Rice Lines. *Jurnal Agro, 7*, 1.

Ruminta, H., dan Nurmala, T. 2018. Indikasi perubahan iklim dan dampaknya terhadap produksi padi di Indonesia (Studi kasus: Sumatera Selatan dan Malang Raya). *Jurnal Agro*, *5*(1), 48-60.

Sardhara, K., and Mehta, K.2018. Effects of abiotic and biotic stress on the plant. *Acad J Bot Sci*, *1*, 5-9.

Sari, L., Purwito, A., Sopandie, D., Purnamaningsih, R., dan Sudarmonowati, E. 2016. Karakterisasi morfologi, anatomi dan fisiologi galur mutan gandum yang ditanam di dataran rendah tropik. *Pusat Penelitian Bioteknologi*. Bogor 35(1), 47-48.

Serres, BJ, and LACJ Voesenek. 2008. *Flooding stress: acclimations and genetic diversity*. Annual Review of Plant Biology. 59, 313-339.

Setiyono, L.2011. *Pemanfaatan biji kurma (Phoenix dactylifera L.) sebagai tepung dan analisis perubahan mutunya selama penyimpanan*. Bogor: Institut Teknologi Bogorr. Hal 88-89.

Silva, MA, Sharma, V, Jifon, JL and da Silva, JAG . 2010. Assessment chlorophyll and leaf relative water content as indicator of drought tolerance on sugarcane initial growth, *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*. 27:1±8.

Simamora, Y. 2022. *Pengaruh Induksi Mutasi Kolkisin Terhadap Agronomis Varietas Tebu (Saccharum officinarum* L) [Skripsi]. FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Singh, P. K., Shrestha, J., and Kushwaha, U. K. S. 2020. Multivariate analysis of soybean genotypes. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, *3*(1), 69-76.

Soekamto, M. H., dan Fahrizal, A.2019. Upaya peningkatan kesuburan tanah pada lahan kering di Kelurahan Aimas Distrik Aimas Kabupaten Sorong. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, *1*(2), 14-23.

Stace, C. A. 1989. *Plant taxonomy and biosystematics*. Edward Arnold. London, England. 264 pp.

Stefia, E. M., dan Saputro, T. B. 2017. Analisis Morfologi dan Struktur anatomi tanaman kedelai *(Glycine max L.)* pada Kondisi Tergenang. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5-13.

Sugiyono. 2018. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta

Suharti, Gusmalawati D, Mukarlina. 2017. Struktur anatomi akar, batang dan daun Gaharu *(Aquilaria malaccensis Lamk*.) yang mengalami cekaman kekeringan. *Jurnal Protobiont* 6(2), 38-44.

Sulistyono, E., Suwarno, Lubis, I., dan Suhendar, D. 2012. Pengaruh frekuensi irigasi terhadap pertumbuhan dan produksi lima galur padi sawah. *Agrovigor*, 5(1), 1–8.

Susilawati, R. A. Suwignyo, Munandar, M. Hasmeda. 2012. Karakter agronomi dan fisiologi varietas cabai merah pada kondisi cekaman genangan. *J. Agron Indonesia* 40, 196-203.

Susiyanti, E.2014. *Pemuliaan Tanaman Tebu Dan Permasalahan Yang Dihadapi Pt Gunung Madu Plantations.* Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) hal 3-4

Syafii, M., Rozik, M.H., Torimania, A.F dan Indriana, J.N.N. 2021. Review Teknologi Simple Phenotyping sebagai Data Base Pengembangan Robot Pendeteksi dan Pemupuk Nitrogen Padi. *Rekayasa*. 14(2), 175-182

Syamsia, Idhan, A., Noerfitryani, Nadir, M., Reta, and Kadir, M. 2018. Paddy *chlorophyll concentrations in drought stress condition and endophytic fungi application.* In IOP conference series*:* earth and environmental science (Vol. 156, p. 012040). IOP Publishing.

Syavitri, D. A., Prayogo, C., dan Gunawan, S. 2019. Pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman, dan populasi bakteri pelarut kalium pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Tanah & Sumberdaya Lahan*, 6(2), 1341–1352.

Tri, S. S., dan Nopiyanto, R. 2020. Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Alami Dari Ekstrak Tauge Terhadap Pertumbuhan Pembibitan Budchip Tebu Varietas Bululawang. *Mediagro*, 16(1), 2-3.

Ubaidillah, U. 2018. *Variasi fenetik aksesi tebu (Saccharum officinarum L.) dibeberapa wilayah Indonesia berdasarkan karakter batang dan daun*. [Tesis] Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

van Delsen, M. S. N., Wattimena, A. Z., dan Saputri, S. 2017. Penggunaan metode analisis komponen utama untuk mereduksi faktor-faktor inflasi di Kota Ambon. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 11(2), 109-118.

Wahono, E., Izzati, M., & Parman, S. 2014. Interaksi antara Tingkat Ketersediaan Air dan Varietas, Terhadap Kandungan Prolin serta Pertumbuhan Tanaman Kedelai *(Glycine max L. Merr*). Jurnal Akademika Biologi, 3(3), 65-74.

Waraich, E., R. Ahmad., S. Ullah.,M.Y. Ashraf, and Ehsanullah. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian

Warjianto, 2014. Respon Pertumbuhan Bibit Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jack) Main Nursery terhadap Perlakuan Lama Genangan [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Universitas Musi Rawas. Lubuklinggau. Sumatera Selatan.

Wibisono, I. 2016. Analisis Molekuler BC2F1 Hasil Silang Balik Genotipe Padi Rawa Terpilih Dengan Metode Marker Assisted Backcrossing (MABc) [Tesis]. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya.

Widyastuti, Y., B.S. Purwoko, M. Yunus. 2016. Identifikasi toleransi kekeringan tetua padi hibrida pada fase perkecambahan menggunakan polietilen glikol (PEG) 6000. *J. Agron.* 44, 235-241.

Williams, C.N., 1970. *The Agronomy of the Major Tropical Crope*. Oxford Unbiversiity Press. London New York Melbourne. Kualalumpur. pp. 1-20.

Windiyani, I. P., Mahfut, M., Purnomo, P., & Daryono, B. S. 2022. Morphological Variations Of Superior Sugarcane Cultivars *(Saccharum Officinarum)* From Lampung, Indonesia. *Biodiversitas Journal Of Biological Diversity*, *23*(8).

Winkel, A, O Pedersen, E E lla, AM Ismail, and TD Colmer. 2014. Gas film retention and underwater photosynthesis during field submergence of four contrasting rice genotypes. *Journal of Experimental Botany*. 65(12), 3225- 3233

Yuniarsih, D. 2017. *Pengaruh cekaman air terhadap kandungan protein kacang kedelai*. In Prossiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi. Jurusan Pendidikan Biologi. Fakultas MIPA. Univrsitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Yusuf, E. Y. 2019. Pengaruh Genotip Cekaman Kekeringan Dan Tingkat Netralisasi Al Terhadap Pertumbuhan Dan Perakaran Kedelai. *Jurnal Agro Indragiri*, 4(2), 55-65.

Zhao, D., Y.R. Li. 2015. Climate change and sugarcane production: Potential impact and mitigation strategies. *Internat. J. Agron*. 2015, 1-10.