

**IDENTIFIKASI KANTONG SEMAR (*Nepenthes* sp.) DAN POTENSINYA
SEBAGAI ANTIKANKER**

(Tesis)

Oleh

DAVID ASADUDIN



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

IDENTIFIKASI KANTONG SEMAR (*Nepenthes* sp.) DAN POTENSINYA SEBAGAI ANTIKANKER

Oleh

DAVID ASADUDIN

Kantong semar (*Nepenthes* sp.) merupakan salah satu plasma nutfah Indonesia dan memiliki senyawa yang berpotensi sebagai antikanker. Provinsi Lampung, khususnya wilayah Kebun Raya Liwa di Kabupaten Lampung Barat, merupakan habitat alami bagi tumbuhan ini. Namun, identifikasi spesies serta potensi antikankernya belum banyak diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi spesies *Nepenthes* yang terdapat di Kebun Raya Liwa berdasarkan karakter morfologi, anatomi dan molekuler serta menganalisis potensinya sebagai antikanker. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biomolekuler dan MIPA Terpadu Universitas Lampung pada Oktober 2024 hingga Maret 2025. Pengamatan morfologi dilakukan secara langsung, sedangkan anatomi dan molekuler dilakukan melalui observasi laboratorium. Analisis morfologi dan anatomi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif menggunakan Principal Component Analysis (PCA), serta rekonstruksi pohon kekerabatan menggunakan metode UPGMA pada software MVSP. Analisis molekuler dilakukan dengan pembuatan rekonstruksi pohon filogenetik menggunakan software MEGA 11 dengan analisis bootstrap 1000. Studi *in silico* menggunakan metode *molecular docking*. Hasil penelitian menunjukkan kantong semar lampung memiliki karakteristik batang yang bulat dan licin, daun berbentuk lurus hingga lanset dengan warna hijau, kantong berbentuk pinggang dengan warna dari hijau sampai hijau kemerahan, stomata berbentuk ginjal dengan lebar bukaan stomata antara 0,84 μm hingga 2,78 μm , luas stomata antara 172,62 μm^2 hingga 229,74 μm^2 , kerapatan stomata berkisar 29,33 / mm^2 hingga 61,33 / mm^2 , indek stomata berada pada rentang 0,05% hingga 0,09% dan terdapat dua spesies yaitu *Nepenthes reindwardtiana* dan *Nepenthes macrovulgaris* serta menunjukkan potensi sebagai antikanker.

Kata kunci: Kantong semar (*Nepenthes* sp.), morfologi, anatomi, molekuler, *in silico*

**IDENTIFIKASI KANTONG SEMAR (*Nepenthes* sp.) DAN POTENSINYA
SEBAGAI ANTIKANKER**

Oleh

DAVID ASADUDIN

Tesis

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Penelitian : IDENTIFIKASI KANTONG SEMAR (*Nepenthes* sp.) DAN POTENSINYA SEBAGAI ANTIKANKER MENGGUNAKAN *MOLECULAR DOCKING*.

Nama Mahasiswa : David Asadudin

NPM : 2327021008

Jurusan : Magister Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si
NIP.196111251990032001

Pembimbing II

Favorisen R Lumbanraja, Ph. D
NIP.198301102008121002

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Biologi

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji:

Ketua : Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.

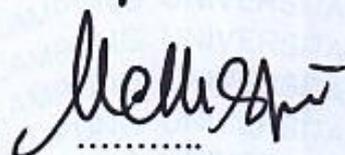


Sekretaris : Favorisen R. Lumbanraja, Ph.D.



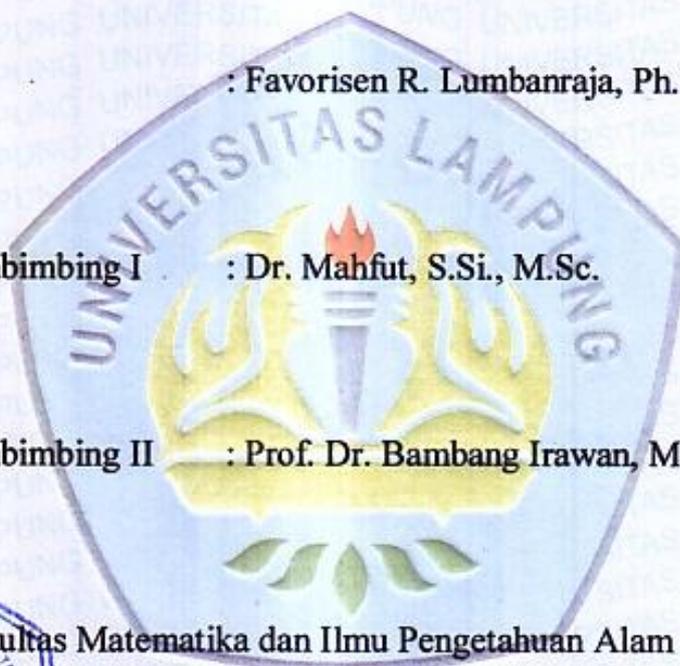
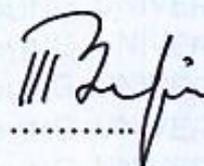
Penguji

Bukan Pembimbing I : Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc.

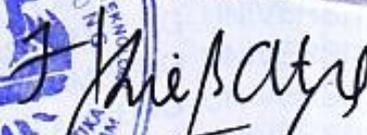


Penguji

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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam


Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005111002


Direktur Program Pascasarjana

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

Tanggal Lulus Ujian : 5 Mei 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : David Asadudin

NPM : 2327021008

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah dengan judul **“IDENTIFIKASI KANTONG SEMAR (*Nepenthes* sp.) DAN POTENSINYA SEBAGAI ANTIKANKER”** 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 hasil plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, 5 Mei 2025

Yang menyatakan



David Asadudin

NPM. 2327021008

RIWAYAT HIDUP



David Asadudin, atau akrab disapa David ketika masa kuliah dan dudin ketika masa SMA, lahir di Tanjung Kurung, 25 Desember 2000. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Sakiran Yuhandi dan Ibu Ponia.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK Maarif Bandar Sari 2006 dan melanjutkan pendidikan dasar di SDN 1 Bandar Sari tahun 2007-2013 dan melanjutkan jenjang pendidikannya di SMPN 1 Padang Ratu dan selesai pada tahun 2016. Penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di SMAN 1 Kalirejo tahun 2016-2019. Setelah itu penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) angkatan 2019 dan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada tahun 2023. Pada tahun 2023, penulis tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Magister Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten pada mata kuliah Biologi Sel, Genetika, dan Teknik Biomolekuler, Fitopatologi, Biologi FMIPA Unila. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti organisasi seperti Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) sebagai Ketua Umum periode 2021 dan wakil koordinator 2 IKAHIMBI wilayah kerja 2, anggota Paguyuban Hidroponik dan PMII Rayon MIPA Unila sebagai anggota.

Selama menjadi mahasiswa magister, penulis juga aktif sebagai pemateri pada kegiatan kewirausahaan dan menjadi ketua kelompok tani “*Celery Garden*”. Penulis juga menjadi menjadi best presenter pada Seminar Nasional Konservasi III pada tahun 2025

PERSEMBAHAN

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

Tiga orang yang paling berharga bagi hidup saya, Bapak Sakiran, Ibu Ponia dan Adik Farhan yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, motivasi, serta 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;

Istri saya Isnaini Amalia yang telah menemani suka duka saat menempuh pendidikan magister.

Sahabat dan teman-teman Biologi 19 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

“Orang Tua Segalanya”

(Penulis)

“Gaji yang besar tidak dapat membeli momen bersama keluarga”

(Ibu Penulis)

Berhati-hatilah dalam Berbicara

(Ayah Penulis)

Apapun yang terjadi pasti ada sesuatu yang baik

(Penulis)

Berpasrah dengan keadaan tidak akan merubah apapun

(Penulis)

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 “**IDENTIFIKASI KANTONG SEMAR (*Nepenthes sp.*) DAN POTENSINYA SEBAGAI ANTIKANKER**” dibuat sebagai bentuk pertanggungjawaban penulis selama menempuh pendidikan S2 dan merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.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 Sakiran dan Ibu Ponia 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. Sri Wahyuningsih, M.Si., 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 Bapak Favorisen R. Lumbanraja, Ph.D. 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 Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc. dan Prof. Bambang Irawan, M.Sc. selaku Pembahas yang telah memberikan masukan, kritik, saran, kepada penulis demi kesempurnaan dalam penelitian maupun penyusunan skripsi ini, serta Ibu yang memberi berbagai macam motivasi dan pembelajaran hidup;
- 5 Bapak Dr. Mahfut, S.Si., M.Sc. 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 mengantarkannya mencapai gelar sarjana;
- 7 Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc. selaku ketua program studi S2 Biologi FMIPA Universitas Lampung
- 8 Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku ketua jurusan Biologi 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., I.P.M. selaku Rektor Universitas Lampung
- 11 Teman-teman seperjuangan Biologi Angkatan 2019 yang namanya tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih untuk rasa kekeluargaan yang terjalin selama ini;
- 12 Teman-teman seperjuangan kepengurusan HIMBIO FMIPA Unila 2021, terima kasih untuk rasa kekeluargaan yang terjalin selama ini;
- 13 Teman-teman Kampus Mengajar 2 SDN 2 Kuripan yang selama 5 bulan menjalani kebersamaan mengabdikan;
- 14 Teman-teman KKN Desa Sinar Petir yang telah menjalani

- kebersamaan selama 40 hari dan terjun langsung ke masyarakat;
- 15 Teman-teman HIDROPONIKERS yang sudah saling berbagi ilmu untuk usaha Gondrong Hidroponik.
 - 16 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;
 - 17 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 katasempurna, 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, 5 Mei 2025

Penulis,

David Asadudin
NPM.23270210

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Manfaat Penelitian	5
1.4 Kerangka Pikir	5
1.5 Hipotesis Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kantong Semar (<i>Nepenthes</i> sp.)Tebu.....	8
2.1.1 Sejarah	8
2.1.2 Klasifikasi	9
2.1.3 Morfologi	9
2.1.4 Manfaat	11
2.2 Karakter Morfologi	11
2.3 Karakter Anatomi.....	13
2.4 Karakter Molekuler	14
2.5 Antikanker	16
2.6 Studi <i>Molecular Docking</i>	17
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Metode Penelitian.....	22
3.4 Bagan Alir Penelitian	22
3.5 Pelaksanaan Kegiatan.....	24
3.5.1 Preparasi Sampel	24
3.5.1 Pengamatan Karakter Morfologi	24

3.5.2 Pengamatan Karakter Anatomi	25
3.5.4 Pengamatan Molekuler	25
3.5.5 Studi <i>Molecular Docking</i>	29
3.6 Analisis data.....	30
3.6.1 Analisis Data Morfologi	30
3.6.2 Analisis Data Anatomi.....	31
3.6.3 Analisis Data Molekuler	31
3.6.4 Analisis Data Studi <i>Molecular Docking</i>	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Pengamatan Karakter Morfologi.....	33
4.1.1 Analisis Fenetik <i>Nepenthes</i> Berdasarkan Karakter Morfologi.....	41
4.2 Pengamatan Karakter Anatomi	45
4.3 Pengamatan Karakter Molekuler.....	51
4.3.1 Uji Kualitatif DNA Sampel <i>Nepenthes</i>	52
4.3.2 Amplifikasi DNA Sampel <i>Nepenthes</i> Menggunakan PCR.....	53
4.3.3 Analisis Filogenetik Sampel <i>Nepenthes</i>	54
4.4 Studi <i>In Silico</i> Dengan <i>Molecular Docking</i>	62
V. KESIMPULAN	68
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Morfologi Kantong Semar (<i>Nepenthes</i> sp.).....	10
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian	23
Gambar 3. Morfologi Koleksi Sampel <i>Nepenthes</i> 1 – 13.....	33
Gambar 4. Dendogram <i>Nepenthes</i> 1 – 13 Berdasarkan Karakter Morfologi	42
Gambar 5. Analisis Komponen Utama (PCA) Pada 13 Koleksi Sampel <i>Nepenthes</i> Berdasarkan Karakter Morfologi.....	43
Gambar 6. Anatomi Sampel koleksi <i>Nepenthes</i> 1 – 13.....	45
Gambar 7. Dendogram <i>Nepenthes</i> 1 – 13 Berdasarkan Karakter Anatomi.....	49
Gambar 8. Analisis Komponen Utama (PCA) Pada 13 <i>Nepenthes</i> sp. Berdasarkan Karakter Anatomi.	50
Gambar 9. Uji Kualitatif DNA	53
Gambar 10. Hasil visualisasi DNA PCR menggunakan primer ITS1 dan ITS2 ...	54
Gambar 11. Sekuen Nukleotida <i>Nepenthes</i> -3 dan <i>Nepenthes</i> -4	55
Gambar 12. Hasil Pencarian Sekuen Homolog Sampel <i>Nepenthes</i>	57
Gambar 13. Analisis <i>Alligment</i> 12 Sekuen Nukleotida <i>Nepenthes</i>	60
Gambar 14. Rekonstruksi Filogenetik Menggunakan 1000 kali Bootstrap.....	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. <i>Gantt Chart</i> Waktu Penelitian.....	20
Tabel 2. Sekuen Primer Spesifik Untuk Amplifikasi PCR.....	21
Tabel 3. Karakteristik <i>Nepenthes</i> sp.	24
Tabel 4. Komposisi Reaktan PCR.....	27
Tabel 5. Optimasi Suhu dan Waktu PCR	28
Tabel 6. Karakter Morfologi 13 Koleksi Sampel <i>Nepenthes</i> Kebun Raya Liwa	34
Tabel 7. Karakter-Karakter Yang Berperan Dalam Pengelompokan <i>Nepenthes</i>	44
Tabel 8. Data Pengamatan Karakter Stomata Pada <i>Nepenthes</i> sp.	47
Tabel 9. Karakter-Karakter Yang Berperan Dalam Pengelompokan <i>Nepenthes</i>	51
Tabel 10. Persentase Kandungan Basa Nitrogen	56
Tabel 11. <i>Nepenthes</i> yang Dibandingkan Dengan Sampel Untuk Analisis Filogenetik	58
Tabel 12. Hasil <i>docking</i> (kcal/mol) 13 senyawa pada <i>Nepenthes</i>	63
Tabel 13. Interaksi 2 Senyawa Terpilih Dengan Protein (2W3L, 7F2N, ILI0)...	65
Tabel 14. Hasil Visualisasi <i>Docking</i> 2 Senyawa Terpilih	66

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kantong semar (*Nepenthes* sp.) termasuk salah satu plasma nutfah yang banyak terdapat di Indonesia. Keberadaan kantong semar dapat dijadikan sebagai tanaman hias yang memiliki bentuk yang sangat unik dan indah. Meningkatnya kepopuleran kantong semar yang dijadikan sebagai tanaman hias ini dapat meningkatkan minat masyarakat pecinta tanaman hias untuk menangkarnya. Meningkatnya keinginan permintaan masyarakat terhadap kantong semar dapat mengakibatkan keberadaan tanaman ini semakin terancam karena perusakan habitat dan pengambilan oleh masyarakat langsung dari alam (Fanani dkk., 2015)

Amanda dkk. (2019) menjelaskan bahwa Indonesia termasuk dalam salah satu negara yang memiliki berbagai jenis kantong semar. Di Indonesia terdapat 64 jenis kantong semar dan 59 diantaranya termasuk endemik. Penyebaran kantong semar di Indonesia terdapat di pulau Sumatera (34 jenis dengan 24 di antaranya termasuk endemik), Jawa (3 jenis dengan 2 di antaranya termasuk endemik), Sulawesi (11 jenis dengan 7 di antaranya termasuk endemik), Maluku (3 jenis) dan Papua (11 jenis dengan 7 di antaranya termasuk endemik), dan Kalimantan (32 jenis).

Provinsi Lampung termasuk daerah yang sesuai untuk habitat kantong semar, tepatnya di Kabupaten Lampung Barat, Kecamatan Balik Bukit. Hal ini dikarenakan kondisi curah hujan tahunan rata-rata berkisar antara 2,500-3,000 mm, bulan basah 7-9 bulan, kisaran suhu 17-30 C, kelembaban relatif 50-80%,

dan intensitas cahaya matahari 37,9% serta memiliki ketinggian 945 mdpl (Adi dkk., 2019). Kondisi ini sangat baik dan cocok untuk pertumbuhan kantong semar, dimana kantong semar dapat hidup ditempat yang lembab dan sedikit sinar matahari. Oleh sebab itu, kantong semar dapat dibudidayakan dan di koleksi di Kebun Raya Liwa yang terletak di Kecamatan Balik Bukit, Lampung Barat.

Sampai saat ini tercatat 103 jenis Kantong semar yang sudah dipublikasikan (Firstantinovi dan Karjono, 2006). Beberapa penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan di Kebun Raya Sambas Kecamatan Subah Kabupaten Sambas yaitu *Nepenthes ampullaria* Jack, *Nepenthes reinwardtiana* Jack, *Nepenthes rafflesiana* Jack, *Nepenthes xhookeriana* dan *Nepenthes mirabilis* Druce, (Hairunnisa dkk., 2018). Penelitian serupa yang dilakukan di Desa Bukit Batu Kecamatan Sungai Kunyit ditemukan empat jenis kantong semar antara lain *Nepenthes ampullaria*, *Nepenthes bicalcarata*, *Nepenthes gracilis* dan *Nepenthes rafflesiana* (Kristianus dkk., 2018). Selanjutnya penelitian Identifikasi Jenis Kantong Semar (*Nepenthes* spp) Dalam Kawasan Taman Wisata Alam Gunung Asuansang Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas ditemukan Ada lima jenis kantong semar antara lain *Nepenthes ampullaria* Jack, *Nepenthes gracilis* Korth, *Nepenthes mirabilis* (Lour) Druce, *Nepenthes rafflesiana* Jack dan *Nepenthes echinostoma* (Mardianto dkk., 2015).

Identifikasi tanaman selama ini dilakukan secara karakter morfologi. Morfologi tumbuhan merupakan ilmu yang mempelajari susunan dan struktur luar suatu tumbuhan (Rasyid dan Widya, 2020). Hasairin (2011) menyatakan bahwa morfologi tumbuhan membahas struktur bentuk akar, batang, daun, bunga, buah dan biji pada suatu tanaman. Identifikasi yang dilakukan oleh Pranata dkk, (2019) melaporkan bahwa ada 2 jenis kantong semar di Gunung Subang, Kecamatan Cilebak, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat yaitu *N. andrianii* dan *N. mirabilis*. *N. mirabilis* memiliki bentuk batang bulat, warna kantong hijau, dan warna daun hijau, sedangkan pada *N. andrianii* memiliki bentuk batang bersudut, warna kantong merah, dan warna daun hijau. Selanjutnya pada *N. andrianii* memiliki panjang daun lebih kecil, lebar daun

dan diameter kantong lebih besar dibandingkan *N. mirabilis*. Penelitian serupa juga dilaporkan oleh Wardhani (2019) yang menyatakan terdapat 3 kantong semar di Lahan Gambut, Desa Marti Guna, Kecamatan Sintang, yaitu *N. ampullaria* Jack, *N. gracilis* Korth. dan *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Druce berdasarkan karakter morfologi.

Identifikasi juga dapat dilakukan secara anatomi. Ciri anatomi merupakan salah satu karakter yang mudah dievaluasi dalam proses evaluasi keragaman spesies. Selain itu, karakter anatomi diketahui berkaitan erat dengan keragaman genetik seperti panjang stomata, kerapatan stomata, jumlah kloroplas, dan sel penutup stomata (Damayanti dkk., 2015). Pengamatan stomata adalah bagian dari pengamatan jaringan yang ada pada tumbuhan. Pengamatan ini dilakukan terhadap struktur jaringan tumbuhan yang mana harus menggunakan mikroskop dan harus didahului dengan pembuatan preparat jaringan. Pengamatan kepada jaringan ini dapat dilakukan baik dengan menggunakan preparat awetan permanen atau preparat segar (Amintarti dkk., 2019). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Simbolon (2021) di Koleksi Kebun Raya Baturaden, Kabupaten Banyumas melaporkan bahwa kerapatan stomata tertinggi terdapat pada *Nepenthes mirabilis* dengan nilai $13,67 \pm 1,52 \mu\text{m}^2/\text{luas daun}$ sedangkan rata-rata kerapatan stomata terendah terdapat pada *Nepenthes gymnamphora* dengan nilai $6,00 \pm 1,73 \mu\text{m}^2/\text{luas daun}$ dan *Nepenthes reinwardtiana* dengan nilai $7,00 \pm 3,00 \mu\text{m}^2$. Penelitian serupa dilaporkan oleh Damayanti dkk. (2015) yang menyatakan bahwa Ukuran stomata terpanjang dimiliki oleh *Nepenthes bicalcarata* dan ukuran stomata terpendek dimiliki *Nepenthes hirsuta*. Kerapatan stomata terbanyak dimiliki oleh *Nepenthes neglecta* yaitu 272,83 stomata/ μm^2 dengan indeks stomata 22,09% dan kerapatan stomata terkecil dimiliki oleh *Nepenthes hirsuta* dengan indeks 10,63%.

Identifikasi selanjutnya dapat dilakukan secara karakter molekuler. Pada skala molekuler dilakukan melalui teknik DNA *barcoding* agar hasil lebih akurat (Virgilio *et al.*, 2012). DNA *barcoding* merupakan metode identifikasi menggunakan potongan DNA pendek yang disebut dengan *barcode*.

Keunggulan metode DNA *barcoding* adalah dapat mengidentifikasi suatu organisme meskipun spesimen tidak dalam bentuk utuh hasil pengamatan diperoleh lebih cepat, akurat, dan tidak ambigu (Hajibabaei *et al.*, 2007). Penanda molekuler untuk DNA tanaman adalah gen yang berasal dari genom kloroplas, yaitu *maturase-K* (*matK*) dan *ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase* (*rbcL*) (CBOL, 2009). *Barcode* potensial juga dapat berasal dari genom nukleus/inti, yaitu daerah *Internal Transcribed Spacer* (ITS). Penelitian yang dilakukan oleh Tambuwun dkk (2017) menyatakan bahwa sampel dari Gunung Mahawu (JTM1 dan JTM2) dan juga dari Gunung Sopotan (JTS1 dan JTS2) memiliki kemiripan 100% menggunakan primer *maturase-K* (*matK*), akan tetapi terdapat perbedaan satu basa nukleotida antara sampel dari Gunung Mahawu dan Gunung Sopotan. Pada basa nukleotida ke 697. Selanjutnya penelitian serupa yang dilakukan oleh Su'udi dkk (2022) menyatakan bahwa hasil sekuensing pada *Dendrobium linearifolium* menggunakan gen ITS2 memiliki *Query length* 417 bp.

Kantong semar juga banyak memiliki kandungan fitokimia dan bermanfaat bagi kesehatan salah satunya sebagai antikanker. Penelitian Huang dkk. (2022) menyatakan bahwa pada ekstrak akar kantong semar jenis *Sarracenia purpurea* memiliki kandungan *plumbagin* dan *stigmast-5-en-3-ol*, yang menunjukkan potensi penghambatan terhadap huDHOase atau bersifat antikanker. Selanjutnya penelitian Katja *et al.* (2021) mengemukakan senyawa *stigmast-5-en-3-ol* dan *plumbagin* (Huang *et al.* 2020) bersifat antagonis terhadap sel kanker payudara MCF-7. Untuk melihat potensi senyawa tersebut dapat digunakan menggunakan metode *molecular docking*. Pendekatan ini telah digunakan dalam penapisan kandidat obat dari senyawa bahan alam (Hardianto *et al.*, 2021). Di samping itu, metode ini juga dapat digunakan untuk menjelaskan penghambatan suatu senyawa bahan alam terhadap protein target (Hardianto *et al.*, 2019).

Berdasarkan keberadaan dan kesesuaian lingkungan hidup kantong semar di Lampung yang belum diketahui jenisnya dan belum pernah dilakukan identifikasi serta melihat potensi sebagai antikanker. Maka diperlukan

penelitian yang berjudul “Identifikasi Kantong Semar (*Nepenthes* sp.) Dan Potensinya Sebagai Antikanker menggunakan *Molecular Docking*”, untuk mengetahui jenis dan manfaatnya.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkarakterisasi kantong semar (*Nepenthes* sp.) Lampung berdasarkan karakter morfologi.
2. Mengkarakterisasi kantong semar (*Nepenthes* sp.) Lampung berdasarkan karakter anatomi.
3. Mengidentifikasi kantong semar (*Nepenthes* sp.) Lampung berdasarkan karakter molekuler menggunakan teknik DNA *barcoding*.
4. Mengetahui potensi kantong semar (*Nepenthes* sp.) sebagai antikanker menggunakan *Molecular Docking*.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik kantong semar (*Nepenthes* sp.) secara komprehensif berdasarkan karakter morfologi, anatomi, dan molekuler menggunakan teknik DNA *barcoding*.
2. Memberikan informasi ilmiah dan data kantong semar (*Nepenthes* sp.) Lampung.
3. Dapat digunakan untuk upaya konservasi kantong semar (*Nepenthes* sp.) Lampung.
4. Dapat digunakan sebagai acuan dalam pengobatan antikanker.

1.4 Kerangka Konsep

Kantong semar (*Nepenthes* sp.) termasuk salah satu tumbuhan langka di Indonesia. Keberadaan kantong semar dapat dijadikan sebagai tanaman hias yang memiliki bentuk yang sangat unik dan indah, hal tersebut meningkatkan minat masyarakat pecinta tanaman hias untuk menangkarnya.

Kantong semar juga banyak ditemukan di pulau Sumatera, dikarenakan sesuai dengan tempat hidupnya. Sampai saat ini 103 data kantong semar telah diidentifikasi dan dipublikasikan, dan masih banyak yang belum diketahui jenisnya di berbagai daerah salah satunya Kebun Raya Liwa.

Kebun Raya Liwa merupakan salah satu kebun yang berada Kecamatan Balik Bukit, Lampung Barat yang bertujuan untuk melakukan upaya konservasi salah satunya terhadap kantong semar. Kantong semar banyak tumbuh di Kebun Raya Liwa dikarenakan Kebun Raya Liwa memiliki kondisi curah hujan tahunan rata-rata berkisar antara 2.500-3.000 mm, bulan basah 7-9 bulan, kisaran suhu 17-30 °C, kelembaban relatif 50-80%, dan intensitas cahaya matahari 37,9% serta memiliki ketinggian 945 mdpl. Kondisi lingkungan tersebut cocok untuk kantong semar, sehingga dapat dijadikan tempat koleksi dan tempat budidaya kantong semar.

Sejauh ini data identifikasi dan publikasi kantong semar di Kebun Raya Liwa masih sangat sedikit, sehingga diperlukan identifikasi. Identifikasi yang telah dilakukan sebelumnya biasanya hanya dilakukan berdasarkan morfologi. Identifikasi pada tanaman dapat dilakukan secara karakter morfologi, anatomi, dan molekuler. Identifikasi karakter anatomi dapat dilakukan dengan pengamatan stomata dan identifikasi secara molekuler dapat dilakukan dengan metode DNA *barcoding*.

Kantong semar mengandung fitokimia yang bermanfaat bagi kesehatan, termasuk potensi antikanker. Senyawa *stigmast-5-en-3-ol* dan *plumbagin* yang terkandung pada kantong semar memiliki sifat antagonis terhadap sel kanker MCF-7. Metode *In Silico* digunakan untuk menilai potensi senyawa ini sebagai kandidat obat dari bahan alam dan untuk menjelaskan penghambatan senyawa terhadap protein target. Penelitian ini memanfaatkan metode *molecular docking* untuk mengeksplorasi aktivitas sitotoksik *stigmast-5-en-3 β -ol* dan *plumbagin* terhadap sel kanker.

Adanya keterbatasan data dan publikasi kantong semar dan potensinya sebagai antikanker. Maka dilakukan penelitian dengan judul "Identifikasi

Kantong Semar (*Nepenthes* sp.) dan Potensinya Sebagai Antikanker Menggunakan *Molecular Docking*”. untuk memperoleh data yang komprehensif dan mengetahui potensi sebagai pengobatan antikanker.

1.5 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kantong semar (*Nepenthes* sp.) Lampung mempunyai karakteristik morfologi spesifik.
2. Kantong semar (*Nepenthes* sp.) Lampung mempunyai karakteristik anatomi spesifik.
3. Diperoleh spesies kantong semar (*Nepenthes* sp.) di Lampung berdasarkan karakter molekuler dengan teknik DNA *barcoding*.
4. Terdapat potensi antikaker dari senyawa yang terkandung pada kantong semar (*Nepenthes* sp.) yang dideteksi menggunakan *molecular docking*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kantong Semar (*Nepenthes* sp.)

2.1.1. Sejarah

Nepenthes pertama kali ditemukan oleh Etienne de Flacourt yang merupakan seorang Gubernur koloni penjajahan Prancis di Madagaskar pada tahun 1658. Jenis kantong semar yang ditemukan ini dikenal sebagai *Nepenthes madagascariensis*. Penemuan ini kemudian dilanjutkan oleh Linnaeus yang merupakan seorang ahli botani berkebangsaan Swedia yang pertama kali memperkenalkan kantong semar dengan sebutan Pelipur Lara. Mulai sejak itu, masyarakat lebih senang menyebutnya dengan sebutan lokal seperti Kendi Setan atau Miranda Herba yang saat ini dikenal dengan *Nepenthes distillatoria* yang ditemukan pada tahun 1677. Tak lama kemudian ditemukan spesies jenis baru yang dikenal 13 sebagai *Nepenthes mirabilis* yang ditemukan oleh Rumphias seorang ahli botani Belanda pada tahun 1690 (Crawford and Parmele, 2007).

Pada tahun 1789, Sir Joseph Banks mengumumkan bahwa dia telah dapat mengembangbiakkan *Nepenthes distillatoria* di Royal Gardens At Kew. Setahun kemudian, Joao Louteira seorang pendeta Portugis membuat tulisan yang membahas mengenai *Nepenthes mirabilis* yang banyak tumbuh di Indonesia (Arimy dkk., 2017), Kemudian pada tahun 1797, Poiret yang merupakan seorang penjelajah dunia membawa *Nepenthes madagascariensis* yang merupakan spesies Madagaskar ke Eropa. Karena jarak tempuh yang sangat jauh,

hampir semua yang dibawanya mati dan hanya tersisa dua atau tiga tanaman dan kemudian dikembangkan dengan baik di Eropa. Pada tahun 1800, banyak sekali *Nepenthes* yang dikirim ke berbagai nursery di Eropa, salah satunya adalah *Nepenthes distillatoria* dari Ceylon. Kemudian sejak saat itu banyak ahli botani dan pakar tanaman yang mencoba menyilangkannya. Pada tahun 1864, dilakukan persilangan *Nepenthes* oleh Veitch Nursery yang menjadi bahan pengembangan *Nepenthes* di dunia. Pada tahun 1914 Jepang mulai menyukai hasil persilangan yang telah dilakukan bangsa Eropa, karena pada saat itu banyak persilangan yang berhasil dilakukan dan menghasilkan beragam hibrid baru dengan tampilan kantong dan warna yang mengagumkan. Tahun 1957 Dr. Kortermans menemukan *Nepenthes campanulata* dan *Nepenthes mapuluensis* di Malang, Jawa Timur, serta menemukan spesies baru yang diberi nama *Nepenthes adrianae* (Handoyo dan Maloedyn., 2006).

2.1.2. **Klasifikasi**

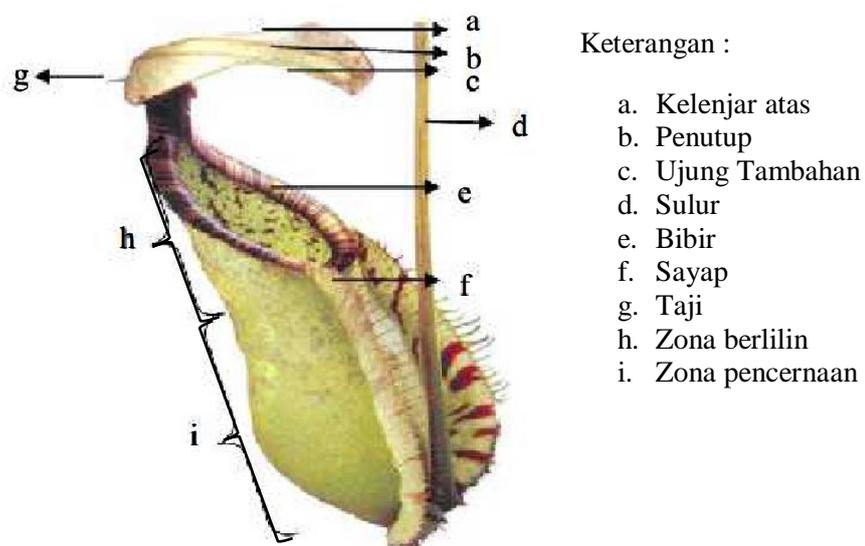
Nepenthes termasuk kedalam famili Nepenthaceae yang merupakan tanaman karnivora. Adapun klasifikasi *Nepenthes* sp. menurut Cronquist (1981) dan APG II (2003), yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisio : Magnoliophyta
 Classis : Magnoliopsida
 Ordo : Caryophyllales
 Familia : Nepenthaceae
 Genus : *Nepenthes*

2.1.3. **Morfologi**

Morfologi *Nepenthes* terdiri dari beberapa bagian utama yaitu akar, batang, daun, kantong, bunga dan buah. Daun *Nepenthes* mempunyai helaian yang panjang berwarna hijau sampai hijau

kekuningan. Batang sangat kasar dengan diameter 3-5 cm dan panjang internodus antara 3-10 cm dengan warna bervariasi yaitu hijau, merah coklat kehitaman dan ungu tua (Osunkoya *et al.*, 2007). Akarnya termasuk akar tunggang sebagaimana tanaman dikotil lainnya, yang tumbuh dari pangkal batang, memanjang, dengan akar-akar sekunder di sekitarnya (Clarke, 2001). *Nepenthes* juga memiliki kantong yang berfungsi sebagai menangkap serangga. kantong ini mempunyai warna sangat menarik yaitu hijau dengan bercak merah. Bentuk kantong *Nepenthes* spp. pada umumnya menyerupai kendi, piala, terompet ataupun periuk (Mansur, 2006). Bunga *Nepenthes* tergolong aktinomorfi, berwarna hijau atau merah, dan biasanya tersusun dalam rangkaian berupa tandan atau bulir panjangnya sekitar 16-32 cm, Panjang peduncle 12-15 cm, panjang pedicels 5-15 mm. Biji *Nepenthes* memiliki bentuk seperti serbuk (debu), sehingga dapat disebarkan angin (anemokori) pada lokasi yang sangat luas dan tumbuh terpencar-pencar (Kurata *et al.*, 2008). Secara lengkap morfologi *Nepenthes* disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Morfologi *Nepenthes* (Widhiastuti dan Saputri, 2010).

2.1.4. Manfaat

Nepenthes memiliki potensi untuk dijadikan sebagai tanaman hias. Selain berpotensi sebagai tanaman hias, tanaman *Nepenthes* juga dapat digunakan sebagai obat tradisional (Mansur, 2006). Kandungan protein di dalam kantongnya berpotensi untuk pengembangan bertani protein menggunakan tanaman endemik Indonesia (Witarto, 2006). Dalam penelitiannya Witarto (2006), berhasil mengisolasi protein dalam cairan kantong atas dan kantong bawah *Nepenthes gymnamphora* dari Taman Nasional Gunung Halimun. Dari masing-masing 800 ml cairan yang dikumpulkan dari kantong, dapat dimurnikan protein sebanyak 1 ml. Uji aktivitas terhadap protein yang telah dimurnikan menunjukkan bahwa protein itu adalah enzim protease. Enzim ini dapat digunakan untuk memecah protein pada proses pencernaan.

Nepenthes dapat juga dimanfaatkan sebagai obat batuk dan obat untuk kulit yang terbakar bagi sebagian besar masyarakat Dayak di Kalimantan. Sedangkan perasan daun atau akarnya dapat dimanfaatkan sebagai larutan penyegar (astringent), disentri, obat batuk dan demam. Secara ekologis, kantong semar dapat dimanfaatkan sebagai pengendali hama serangga dan dapat juga digunakan untuk penyerap gas kabondioksida (CO₂) (Mansur, 2006).

2.2 Karakter Morfologi

Karakter morfologi biasanya dilakukan pertama kali untuk analisa keragaman suatu tanaman. Morfologi berarti ilmu yang mempelajari bentuk-bentuk luar dari tumbuhan, khususnya tumbuhan berbiji mengenai organ-organ tubuhnya dengan segala variasinya. Menurut istilah Morfologi Tumbuhan adalah ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh tumbuhan yang dipisahkan menjadi morfologi luar dan morfologi dalam. Sejak dahulu sifat morfologi telah digunakan untuk kepentingan kemudahan

dalam ilmu Taksonomi. Karakter morfologi pada tumbuhan yang dapat diamati adalah semua organ tumbuhan meliputi akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji (Lawrence, 1964).

Keragaman bentuk dan warna kantong tanaman dapat digunakan untuk mengelompokkan antar spesies. Setiap spesies memiliki ciri morfologi yang dapat membedakan antar spesies (Selviana dkk., 2018). Simbolon (2021) menyatakan bahwa pengamatan karakter morfologi *Nepenthes* sp. dilakukan terhadap morfologi daun, batang, kantong. Pengamatan daun meliputi panjang daun, lebar daun, warna daun, tepi daun, urat daun, panjang tangkai daun, panjang kantong, diameter kantong, panjang sulur, warna kantong. Pengamatan batang meliputi panjang batang, diameter batang, dan warna batang.

Nepenthes memiliki kantong dengan bentuk dan ukuran serta warnanya yang menarik. Kantong *Nepenthes* merupakan ujung daunnya yang mengalami perubahan bentuk morfologi serta fungsinya untuk menangkap serangga atau hewan-hewan yang berukuran kecil. *Nepenthes* tumbuh merambat (liana), ada yang tumbuh di daratan (terrestrial), ada yang hidup menumpang pada ranting atau pohon besar (epifit). Bunga jantan dan bunga betinanya terpisah pada individu yang berbeda (Damayanti dkk. 2015). Keragaman morfologi juga dapat disebabkan faktor lingkungan yang turut mempengaruhi perubahan morfologi *Nepenthes* sp. Kondisi lingkungan yang berbeda mengakibatkan populasi dan karakterisasi fenotip kantong semar berubah sehingga akan terbentuk sifat-sifat yang berbeda (Selviana dkk. 2018).

Berdasarkan penelitian Wardhani (2019) diketahui *Nepenthes ampullaria* Jack. memiliki bentuk daun memanjang dengan ujung daun lancip, panjang 10.5-18 cm, dan lebar 3.4-5.8 cm, tangkai daun yang sangat pendek, atau tidak memiliki tangkai pada kantong bawah, daun duduk memeluk batang, daun tidak terlalu kaku, hanya permukaan atas yang licin, sedangkan permukaan bawah berambut. Pada *Nepenthes mirabilis* Lour Druce

umumnya memiliki batang dengan panjang lebih kurang 10 m, diameter lebih kurang 10 mm, panjang ruas daun lebih kurang 15 cm, dan bentuknya silinder. Wulandari dan Siregar (2021) melaporkan temuannya di hutan penyangga Dusun Sepan, Desa Lanjak Deras, Kecamatan Batang Lupar, Kabupaten Kapuas Hulu yaitu *Nepenthes bicalcarata* dengan ciri warna daun hijau tua, bentuk daun sudip hingga lanset, panjang daun 60 cm, lebar daun 13 cm. Panjang batang 6 cm, diameter batang 3 cm. Bentuk kantong tempayan, panjang kantong 7 cm, lebar kantong 10 cm. Warna kantong hijau muda, terdapat taring pada kantong.

2.3 Karakter Anatomi

Salah satu karakter dalam evaluasi keragaman yang mudah dievaluasi adalah ciri anatomi. Ciri anatomi dilaporkan juga berkaitan erat dengan keragaman genetik. Ciri anatomi tersebut antara lain panjang stomata, kerapatan stomata (Beck *et al.*, 2002), jumlah kloroplas pada sel penjaga stomata (Lozykoska, 2003). Stomata merupakan kombinasi dari dua sel penutup yang terdiri dari sel-sel epidermis khusus terletak di epidermis daun, terdapat pula lubang di antara dua sel penutup yang disebut dengan porus stomata (Palit, 2008).

Cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam proses fisiologi tanaman dan membukanya stomata. Tanaman akan mengalami berbagai perubahan pada tingkat morfologi, anatomi dan fisiologi agar mampu beradaptasi pada lingkungan dengan intensitas cahaya berbeda-beda. Intensitas cahaya yang rendah juga membuat ukuran stomata lebih besar dan lapisan sel epidermis tipis (Fahn, 1992). Menurut Hidayat (1995), daun pada intensitas cahaya tinggi juga akan membentuk sel palisade yang lebih panjang.

Stomata menjadi salah satu karakter pembeda pada anatomi tanaman. Haryanti (2010) mengategorikan jumlah stomata menjadi kelompok yaitu sedikit (1 – 50), cukup banyak (51 – 100), banyak (101 – 200), sangat banyak (201 – >300), tak terhingga (301 – > 700). Sedangkan menurut

Rofiah (2010), kerapatan stomata dikelompokkan menjadi tiga yaitu kerapatan rendah ($<300 \mu\text{m}^2$), kerapatan sedang ($300-500 \mu\text{m}^2$), dan kerapatan tinggi ($>500 \mu\text{m}^2$). Karakter anatomi pada *Nepenthes* yang sering diamati adalah bentuk, kerapatan stomata, panjang dan lebar sel penjaga stomata, panjang dan lebar sel epidermis, luas serta indeks stomata (Damayanti dkk., 2015).

Penelitian Damayanti dkk. (2015) melaporkan bahwa dari 5 jenis *Nepenthes* yang diteliti, ukuran stomata terpanjang dimiliki oleh *Nepenthes bicalcarata* dan ukuran stomata terpendek dimiliki *Nepenthes hirsuta*. Kerapatan stomata terbanyak dimiliki oleh *Nepenthes neglecta* yaitu 272,83 stomata/ mm^2 dengan indeks stomata 22,09% dan kerapatan stomata terkecil dimiliki oleh *Nepenthes hirsuta* dengan indeks 10,63%. Pada *Nepenthes neglecta* jumlah stomata pada permukaan atas daun lebih sedikit dari permukaan bawah hanya 0,83%. Meriko dan Abizar (2017) melaporkan bahwa dari 3 jenis *Nepenthes* yang diteliti, stomata yang paling panjang ditemukan pada *Nepenthes reinwardtiana* yaitu $123,3 \pm 20,8$ dan stomata yang paling pendek ditemukan pada *Nepenthes gracilis* yaitu $102,5 \pm 5$. Rata-rata jumlah stomata yang paling banyak ditemukan pada *Nepenthes ampullaria* yaitu $33,0 \pm 1,8$ dan rata-rata jumlah stomata yang paling sedikit ditemukan pada daun *Nepenthes reinwardtiana* yaitu $11,0 \pm 1,3$.

2.4 Karakter Molekuler

Identifikasi secara molekuler merupakan salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk mendukung penentuan hubungan kekerabatan tanaman. Penggunaan penanda molekuler memiliki beberapa keuntungan yaitu merupakan sumber informasi genetik yang potensial dan akurat pada suatu makhluk hidup, dapat ditemukan pada setiap bagian tanaman dan tidak terpaku pada umur tanaman, serta tidak terpengaruh oleh faktor luar. Identifikasi molekuler merupakan suatu langkah yang dilakukan dalam upaya pemuliaan tanaman, biologi konservasi, dan aspek ilmu tumbuhan lainnya (Syahputra dkk., 2017). Identifikasi berdasarkan karakter molekuler

salah satunya menggunakan teknik DNA *Barcoding*. DNA barcoding merupakan salah satu metode yang telah banyak berkembang untuk mempelajari, mengidentifikasi serta menganalisis keragaman genetik antar spesies secara molekuler (Kress dan Erickson 2008). Dalam menggunakan teknologi DNA barcoding terdapat dua gen standar yang telah di setujui dan direkomendasikan oleh Konsorsium Barcode of Life (CBoL). Kedua gen tersebut yaitu *ribulose-1,5-biphosphate carboxylase oxygenase* (*rbcL*) dan *maturase K* (*matK*) (Kress *et al.* 2010). Prinsip kerja DNA *barcoding* relatif sederhana meliputi beberapa tahapan yang dilakukan dengan mengisolasi dan mengamplifikasi gen menggunakan *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Sementara itu, proses ini juga memerlukan sepasang primer dari gen yang digunakan. Sehingga hasil dari proses amplifikasi biasanya memiliki ukuran pendek berkisar 600-800 base pair (bp) (Sunaryo, 2015).

Beberapa penelitian terdahulu terkait DNA barcode juga telah banyak dilakukan, di antaranya tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) (Afrianti *et al.*, 2023), genus *Stelechocarpus* (Turhadi dan Hakim, 2023), tumbuhan langka (Mursyidin, 2022), mangga kasturi (*Mangifera casturi*) (Sagala dan Sogandi, 2022), spesies *Momordica* (Kumar *et al.*, 2020, tanaman gambir (*Uncaria* sp.) (Wardi dkk., 2020), bunga soka (*Ixora*) (Anzani dkk., 2021), *Myrtaceae* (Martiansyah, 2021), tanaman anggrek *Thrixspermum* (Rohimah dkk., 2018), tanaman daluga (*Cyrtosperma* spp.) (Julianti dkk., 2015), durian (Sunaryo, 2015), tanaman tumbuhan pangi (*Pangium edule* R.) (Bangol dkk., 2014), serta gedi merah (*Abelmoschus manihot*) dan gedi hijau (*Abelmoschus moschatus*) (Fattah dkk., 2014). Hal ini menunjukkan bahwa penelitian DNA *barcoding* telah dilakukan pada berbagai jenis tanaman dari berbagai level taksa.

Bunawan *et al.* (2017) melakukan penelitian menggunakan penanda *trnL* dan ITS terhadap 11 spesies *Nepenthes* di Peninsular, Malaysia. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penanda *trnL* dan ITS dapat digunakan sebagai penanda dalam analisis kedekatan antar spesies *Nepenthes*, dengan menggunakan kajian filogenetik. *The Consortium for Barcode of Life*

(CBOL, 2009) menyatakan bahwa identifikasi tumbuhan umumnya menggunakan kloroplas DNA maturase K (*matK*) dan *ribulosa-1, 5-bisfosfat karboksilase oksigenase* (*rbcL*), serta kombinasi *matK* + *rbcL* (Hollingsworth *et al.*, 2011). Amandita *et al.* (2019) melaporkan bahwa penggunaan dua penanda plastid yaitu *matK* dan *rbcL* terbukti efisien dalam mengidentifikasi tanaman berbunga dari hutan hujan dataran rendah Sumatera hingga tingkat genus. Penelitian yang dilakukan oleh Gogoi dan Bau (2018) melaporkan bahwa hasil analisa pada genus *Nepenthes* menggunakan primer ITS muncul pada ukuran 951 bp, kemudian menggunakan primer *rbcL* muncul pada ukuran 1251 bp.

2.5 Antikanker

Penyakit kanker adalah kondisi yang ditandai oleh pertumbuhan sel yang tidak terkendali dan penyebaran sel yang abnormal di dalam tubuh (Rita dan Suirta, 2008). Berbagai jenis kanker dinamai berdasarkan jenis pertumbuhan kanker itu sendiri (Rita dan Suirta, 2008). Kanker muncul akibat kerusakan atau mutasi pada sel proto-onkogen, yang berikatan dengan protein dan mengganggu pertumbuhan sel normal (Winarsih Hery, 2007). Pada tahun 2012, kanker menjadi penyebab kematian sekitar 8,2 juta orang. Jenis kanker seperti kanker paru, hati, perut, kolorektal, dan payudara merupakan penyebab utama kematian akibat kanker setiap tahunnya (KemenKes RI, 2015). Pada tahun 2018, terdapat 17 juta kasus kanker yang menyebabkan 9,5 juta kematian di seluruh dunia (Robert *et al.*, 2019).

Salah satu metode pengobatan kanker adalah dengan menggunakan obat tradisional yang mengandung senyawa antikanker. Senyawa antikanker berfungsi dengan menghancurkan dan menyerang sel kanker, memicu apoptosis yang meningkatkan kematian sel, serta menghambat proliferasi sel, sehingga pertumbuhan sel kanker dapat terhenti. Mekanisme ini melibatkan proses apoptosis dan anti-proliferasi (Borek, 2001). Salah satu senyawa antikanker, yaitu 7,8-dihidro- α -ionon dan stigmast-5-en-3-ol yang ditemukan dalam kantong semar, menunjukkan potensi sebagai penghambat

huDHOase atau memiliki aktivitas antikanker (Huang *et al.*, 2022). Penelitian oleh Katja *et al.* (2021) mengungkapkan bahwa senyawa stigmast-5-en-3-ol dan *plumbagin* (Huang *et al.* 2020) memiliki efek antagonis terhadap sel kanker MCF-7.

2.6 Studi *Molecular Docking*

Menurut Muchtaridi (2018), analisis *in silico* adalah pendekatan berbasis komputasi yang bertujuan untuk memodelkan interaksi antara molekul ligan dan protein targetnya dalam pengujian *in vitro*. Metode ini sering digunakan untuk menghubungkan molekul obat dengan reseptornya, di mana molekul obat tersebut bisa berasal dari ekstrak tumbuhan atau senyawa sintetik yang diharapkan memiliki aktivitas farmakologis. Salah satu keuntungan dari pendekatan *In Silico* adalah kemampuannya untuk mengurangi penggunaan bahan, alat, dan hewan coba secara berlebihan, serta menekan biaya penelitian. Namun, metode ini juga memiliki kekurangan, seperti fleksibilitas protein, variasi bentuk konformasi molekul, dan pencampuran yang dapat mengurangi akurasi prediksi (Dona *et al.*, 2019)

Beberapa studi *In Silico* telah dilakukan salah satunya penelitian Ferdian dkk (2020) yang menggunakan metode *molecular docking* untuk mengevaluasi potensi biji *Nigella sativa* sebagai sumber alami antivirus COVID-19. Prinsip *molecular docking* melibatkan pengikatan substrat atau ligan pada enzim untuk membentuk konformasi kompleks. Selain itu, *docking* juga mempertimbangkan kestabilan konformasi antara enzim dan ligan yang terbentuk (Sousa *et al.*, 2006). Secara umum, *docking* dapat dilakukan dengan metode *rigid body* atau *fleksibel*. Metode fleksibel lebih unggul dibandingkan *rigid* karena ligan dapat berotasi dan bertranslasi lebih bebas. *Docking* fleksibel menjadi pilihan umum karena kompleksitas ikatan dan fleksibilitas konformasi antara ligan dan protein adalah faktor utama dalam penilaian afinitas *docking* (Sousa *et al.*, 2006 dan Gilson *et al.*, 2007).

Prinsip dasar *molecular docking* melibatkan dua komponen utama: algoritma pencarian dan fungsi penilaian. Algoritma pencarian digunakan untuk mengeksplorasi berbagai orientasi dan konformasi ligan dalam situs pengikatan protein. Fungsi penilaian digunakan untuk menghitung afinitas pengikatan berdasarkan interaksi fisikokimia antara ligan dan protein. Hasil docking menghasilkan skoring yang menunjukkan seberapa baik ligan berikatan dengan target protein, memungkinkan identifikasi senyawa yang paling potensial untuk uji lebih lanjut (Forli and Olson, 2021). *Molecular docking* telah menjadi metode yang efektif dan mampu memprediksi afinitas pengikatan ligan terhadap protein target, *molecular docking* dapat membantu dalam proses skrining virtual, mengidentifikasi senyawa yang memiliki potensi terapeutik tinggi. Selain itu, teknik ini juga dapat digunakan untuk memahami mekanisme aksi molekuler dan memandu desain obat berbasis struktur (Sliwoski *et al.*, 2014).

Molecular docking sering dipadukan dengan *Rule of Five* dalam tahap awal *drug discovery* untuk menyaring senyawa yang tidak hanya aktif secara biologis tetapi juga memiliki sifat ADME (*Absorption, Distribution, Metabolism, and Excretion*) yang baik. *Rule of Five* atau *Lipinski's Rule of Five* adalah suatu aturan empiris yang digunakan untuk memprediksi sifat farmakokinetik suatu senyawa, terutama dalam hal *oral bioavailability*. Menurut Lipinski *et al.* (1997), senyawa cenderung memiliki bioavailabilitas oral yang baik jika tidak melanggar lebih dari satu dari kriteria yaitu berat molekul ≤ 500 Dalton, $\text{LogP} \leq 5$, jumlah donor ikatan hidrogen (OH dan NH) ≤ 5 , jumlah akseptor ikatan hidrogen (N dan O) ≤ 10 (Lipinski *et al.*, 1997).

Salah satu aspek utama dalam *molecular docking* adalah prediksi interaksi ligan dengan residu-residu aktif pada protein, yang menjadi dasar untuk mengidentifikasi potensi bioaktivitas ligan tersebut sebagai kandidat obat. Menurut Ferreira *et al.* (2015) interaksi antara ligan dan protein melibatkan berbagai jenis gaya non-kovalen, antara lain:

1. **Ikatan Hidrogen (*Hydrogen Bonding*)**

Ikatan ini terjadi antara atom donor dan akseptor hidrogen, seperti antara gugus hidroksil (-OH) ligan dengan gugus karbonil (C=O) atau amina (NH) pada protein. Ikatan hidrogen sangat penting untuk meningkatkan spesifisitas dan afinitas ligan terhadap situs aktif protein.

2. **Interaksi Hidrofobik (*Hydrophobic Interactions*)**

Interaksi ini melibatkan gugus non-polar pada ligan dan protein yang cenderung berkumpul bersama untuk menghindari air. Residunya biasanya berupa asam amino seperti valin, leusin, dan isoleusin.

3. **Gaya Van der Waals**

Merupakan interaksi lemah antara elektron awan molekul yang saling mendekat. Walau kecil, kontribusinya dapat signifikan jika jumlahnya banyak.

4. **Interaksi π - π dan π -cation**

Interaksi antara cincin aromatik ligan dengan gugus aromatik pada residu protein (seperti fenilalanin, tirosin, atau triptofan), atau interaksi cincin aromatik dengan gugus bermuatan positif.

5. **Ikatan Ionik atau Elektrostatik**

Terjadi antara gugus bermuatan positif dan negatif dari ligan dan protein, seperti interaksi antara gugus karboksilat ($-\text{COO}^-$) dan gugus amonium ($-\text{NH}_3^+$).

Energi afinitas (*binding affinity*) merupakan salah satu parameter kunci dalam analisis *molecular docking* yang digunakan untuk memperkirakan kekuatan dan kestabilan interaksi antara ligan dan reseptor. Energi afinitas biasanya dinyatakan dalam satuan kilokalori per mol (kcal/mol). Nilai energi afinitas yang lebih negatif menunjukkan bahwa interaksi antara ligan dan reseptor lebih stabil dan kuat. Dengan kata lain, semakin rendah nilai energi afinitas, semakin besar kemungkinan ligan tersebut untuk berikatan secara efektif pada situs aktif protein target. Menurut Kitchen *et al.* (2004), energi afinitas dihitung berdasarkan fungsi skor yang memperhitungkan berbagai gaya interaksi kimia seperti ikatan hydrogen, gaya van der Waals, interaksi elektrostatik, energi torsi dan entropi.

3.2 Alat dan Bahan

Pada tahap identifikasi, alat yang digunakan di antaranya alat tulis, botol reagen, Erlenmeyer 125 ml (Pyrex), Freezer (Sanyo), refrigerator centrifuge, gelas beker (Pyrex), gel doc (BIO-RAD EZ imager), gelas ukur (Pyrex), gunting, heat block (VWR-Digital Heat blok), ice maker, komponen elektroforesis (Mupid), computer (LG), kulkas (LG), mikropipet (Eppendorf ukuran 2,5 µl, 10 µl, 20 µl, 100 µl, dan 1000 µl), mikrotube, microwave (Sharp), mikroskop digital (Dino-Lite), mortar serta alu, PCR (Takara), rak mikrotube (Axygen ukuran 0,2 ml, 1,5 ml, dan 2 ml), RHS Color Chart, *centrifuge (Thermo Electron Corporation)*, spatula, spin down centrifuge (Tomy dan EMS-Myfuge), spincolumn, tip (putih, kuning, biru) (onemed), timbangan analitik (Precisa-XT 220 A), tube, UV Tray, vortex (VWR-Digital Vospin downrtex Mixer), mikroskop, optilab, *objek glass, cover glass*, glove, dan wadah, laptop, perangkat komputasi. Pada tahap studi *in silico* antara lain laptop, *software Biovia Discovery Studio, software pyrex, software PyMOL, software MEGA 11, software MVSP.*

Bahan-bahan yang digunakan pada tahap identifikasi antara lain sampel *Nepenthes*, alkohol 70%, aluminium foil, aquades (distilled water), Buffer Tris-acetate EDTA (TAE) 1X, kit GeneJET (K0791), ddH₂O (deionized water), dNTPs, DNA Ladder 1 kb (Geneaid), gel agarose konsentrasi 1% (Vivantis), GelRedTM Nucleic Acid 10,000x In Water (Biotium), isopropanol, klorofom, PCR Mix MayTaqTM HS Red (Meridian Bioscience), primer ITS (Forward dan Reverse), alkohol 70%, alkohol 96%, safranin, kutek bening, minyak imersi. Sekuen primer ITS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sekuens Primer Spesifik Untuk Amplifikasi PCR (Manokar *et al.*, 2018), (Syahreza dkk, 2023), (Irawan dkk, 1026).

No	Primer	Sequence (5'-3')	Annealing temp (°C)
1	ITS-F	TCCGTAGGTGAACCTCGG	45°C
2	ITS-R	GCTGCGTTCATCGATGC	45°C

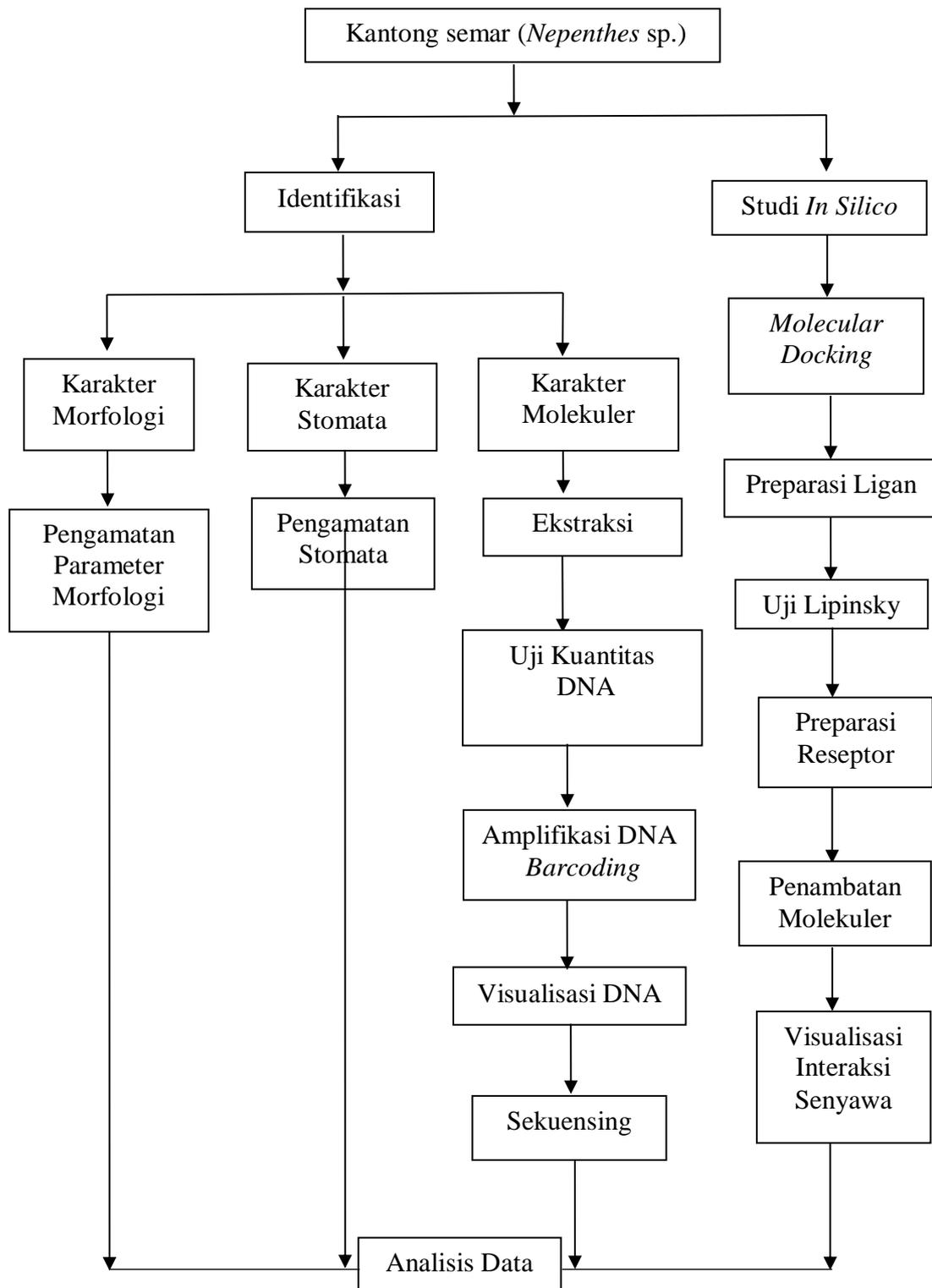
Pada tahap studi *in silico* bahan yang digunakan antara lain molekul protein kanker 7F2N, ILI0, 2W3L (pdb), ligand senyawa *plumbgain* dan *stigmast-5-en-3-ol*.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode observasi secara langsung pada sampel tanaman kantong semar yang berada di Kebun Raya Liwa untuk pengamatan morfologi, kemudian pada pengamatan stomata dan molekuler dilakukan metode observasi skala laboratorium menggunakan mikroskop. Selanjutnya Studi *In Silico* dilakukan dengan menggunakan metode *molecular docking*.

3.4 Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 4 tahapan yaitu pengamatan karakter morfologi, stomata, molekuler dan *molecular docking* yang secara lengkap ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian.

3.5 Pelaksanaan kegiatan

3.5.1 Preparasi Sampel

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan di Kebun Raya Liwa, Lampung Barat. Sampel daun kantong semar (*Nepenthes* sp.) diambil secukupnya kemudian dimasukkan ke *ice box*. Sampel daun digunakan untuk pengamatan stomata dan molekuler di Laboratorium Biomolekuler, Jurusan Biologi, Universitas Lampung.

3.5.2 Pengamatan Karakter Morfologi

Pengamatan karakter morfologi dilakukan pada sampel tumbuhan kantong semar secara langsung. Tabel pengamatan karakter morfologi disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Karakterisasi *Nepenthes* sp. (Wardana, 2023)

No	Karakter	Keterangan
Morfologi batang dan daun		
1.	Arah tumbuh batang	Memanjat (Scandens)
2.	Tipe batang	Monocaulis monocarpi
3.	Tinggi batang	2,8 – 3 m
4.	Diameter batang	6,8 – 8,5 mm
5.	Bentuk batang	Bulat (teres)
6.	Permukaan batang	Licin
7.	Panjang daun	18 – 26 cm
8.	Lebar daun	4,5 – 7 m
9.	Panjang tangkai daun	4 – 6,5 cm
10.	Bentuk daun	Lanset (lanceolatus)
11.	Tepi daun	Rata (integer), berambut halus
12.	Ujung daun	Runcing (acutus)
13.	Pangkal daun	Meruncing (acuminatus)
14.	Pertulangan daun	Menyirip (pinnatus)
15.	Permukaan daun	Licin (leavis)
16.	Warna permukaan atas daun	Hijau, kemerahan
17.	Warna permukaan bawah daun	Hijau muda, kemerahan
18.	Warna tangkai daun	Hijau, hijau kemerahan
Kantong		
1.	Bentuk kantong	Pinggang
2.	Tinggi kantong	12 – 16 cm
3.	Warna kantong	Hijau kekuningan lurik merah, dan hijau bercak merah

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil karakterisasi morfologi kantong semar (*Nepenthes* sp) Lampung memiliki karakteristik berupa batang yang bulat dan licin, daun berbentuk lurus hingga lanset dengan warna hijau, serta kantong berbentuk pinggang dengan warna dari hijau sampai hijau kemerahan.
2. Hasil karakterisasi anatomi dengan pengamatan stomata kantong semar (*Nepenthes* sp) Lampung memiliki karakteristik stomata berbentuk ginjal dengan lebar bukaan stomata berkisar antara 0,84 μm hingga 2,78 μm , luas stomata antara 172, 62 μm^2 hingga 229,74 μm^2 , kerapatan stomata berkisar 29,33 / μm^2 hingga 61,33 / μm^2 , serta indek stomata berada pada rentang 0,05% hingga 0,09%.
3. Hasil identifikasi molekuler kantong semar (*Nepenthes* sp) Lampung diperoleh 2 spesies yaitu *Nepenthes reindwardtiana* dan *Nepenthes macrovulgaris*.
4. Hasil studi *in silico* menggunakan *molecular docking* kantong semar (*Nepenthes* sp) memiliki senyawa *plumbagin* dan *stigmast-5-en-3-ol* yang berpotensi sebagai antikanker.

5.2 Saran

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam upaya pemuliaan tanaman *Nepenthes* sebagai bagian dari program konservasi.
2. Pengamatan molekuler sebaiknya dilanjutkan dengan menggunakan lebih banyak primer untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.
3. Dilakukan studi lanjutan secara *in vitro* pada hasil studi *in silico*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, M.C., Ratna Y., Indra N., dan Uli A.V. 2019. Buku Saku Kebun Raya Liwa Badan Penelitian dan Pengembangan Kabupaten Lampung Barat, UPTD
- Afrianti, R., Wardi, E. S., Putri, A. H., dan Suryani, S. 2023. Barcode DNA Tanaman Mengkudu (*Morinda citrifolia* L) Berdasarkan Gen *Internal Transcribed Spacer* (ITS). *KATALISATOR*, 8(1), 123–136.
- Amanda, M.S., Dwi, A., dan Abdullah M. 2019. Keanekaragaman Jenis Kantong Semar (*Nepenthes* spp.) Di Tutupan Lahan Semak Belukar Dan Hutan Sekunder Dusun Gemuruh Kecamatan Selakau Timur Kabupaten Sambas. *Jurnal Hutan Lestari*. 7(2): 844-856.
- Amandita, F.Y., Reynold, K., Vornam, B., Rahayu, S., Siregar, I.Z., Kreft, H., and Finkeldey, R. 2019. DNA barcoding of flowering plants in Sumatra, Indonesia. *Ecology and Evolution*. 9 (1): 1-11.
- Amintarti, S., Ajizah, A., dan Utami, N. H. 2019. Pengembangan Media Gambar Alga Mikroskopis Sebagai Penunjang Mata Kuliah Botani Tumbuhan Rendah. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 11(1): 10-20.
- Angiosperm Phylogeny Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 141(4): 399–436
- Anzani, A. N., Martiansyah, I., dan Nia, Y. 2021. Studi In Silico DNA Barcoding pada Bunga Soka (*Ixora*). *Prosiding Niologi Achieving the Sustainable Development Goals with Biodiversity in Confronting Climate Change*.168-177.
- Arimy, N.Q, Nisyawati dan Metusala, D. 2017. Perbandingan anatomi daun pada beberapa *Nepenthes* spp. (*Nepenthaceae*) dari habitat dataran tinggi dan dataran rendah di Indonesia. *Prosiding Konferensi AIP*. Institut Fisika Amerika Inc. 1862: 1-6.
- Asadudin, D., Mulya, I.P., Nugraha, M.A., Hasanudin, S.N.A., Mahfut., Susiyanti, E., Ahyar, A.N. 2024) Anatomic Characterization of 24 Mutant Varieties of GMP6 in PT. Gunung Madu Plantations. *The 3rd Universitas*

Lampung International Conference on Science, Technology and Environment (ULICoSTE) 2022. AIP Conf. Proc. 2970: 050039. <https://doi.org/10.1063/5.0208463>.

- Bangol, I., Momual, L. I., dan Kumaunang, M. 2014. Barcode DNA Tumbuhan Pangi (*Pangium edule* R.) Berdasarkan Gen matK. *Jurnal MIPA UNSRAT*. 3(2): 113– 119.
- Beck, S.L., Dunlop, R.W., and Fossey, A. 2002. Stomatal length and frequency as a measure of ploidy level in black wattle, *Acacia mearnsii* (de Wild). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 144(2): 177-181.
- Borek, C. 2001. Antioxidant Health Effects of Aged Garlic Extract. *Journal of Nutrition*. 131: 1010 –1015.
- Bunawan, H., Yen, C.C., Yaakop, S., and Noor, N.M. 2017. Phylogenetic inferences of *Nepenthes* species in Peninsular Malaysia revealed by chloroplast (trnL intron) and nuclear (ITS). *BioMed Central.*, 10(67): 1-6.
- CBOL Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(31): 12794–12797
- Clarke, C. 2001. *Nepenthes* of Sumatera and Peninsular Malaysia. *Natural Publication (Borneo)*, 11(5): 2-6.
- Consortium for Barcode of Life -Plant Working Group. 2009. A DNA barcode for land plants. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(31): 12794-12797.
- Crawford, M. R. and Parmele, J. 2007. Structure and dynamics in *Nepenthes* pitch plants of Borneo. *Tropical Ecology*. 48(2): 379 – 390
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press.
- Damayanti, F., Roostika, I., dan Mansur, M. 2015. Kajian morfologi, sitologi, dan struktur anatomi daun *Nepenthes* spp. asal Kalimantan Barat. *Bioedukasi*, 8(2): 5-11.
- Elfianis, R., Zulfahmi., dan Rowmaina. 2017. Kekerabatan Genetik Antar Jenis Kantong Semar (*Nepenthes* Spp.) Berdasarkan Penanda RAPD (*Random Amplified Polymorphic Dna*). *AGROISTA Jurnal Agroteknologi*. 1(2): 123-139.
- Esau, K.1980. *Plant Anatomy*. New York, London, Sydney, and Toronto
- Fahn, A. 1992, *Anatomi Tumbuhan*, Gramedia, Jakarta.

- Fanani, A.K., Abdul L.A., dan Luqman, Q.A. 2015. Ekplorasi Bakteri Patogen Pada Beberapa Spesies Tanaman Kantong Semar (*Nepenthes* sp.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*. 3(3): 104-110.
- Fattah, Y. R., Kamu, V. S., Runtuwene, M. R. J., dan Momuat, L. I. (2014). Identifikasi Barcode Tumbuhan Gedi Merah (*Abelmoschus manihot* L. medik) dan Gedi Hijau (*Abelmoschus moschatus*) Berdasarkan Gen matK. *Jurnal MIPA*. 3(2): 120 – 124.
- Ferdian, P.R., Elfirta, R.R., Emilia, Q., and Ikhwani, A.Z.N. 2020. Inhibitory potential of black seed (*Nigella sativa* L.) bioactive compounds towards main protease of SARS-CoV-2. *In silico study, Ann. Bogor*. 24 (2): 81–94.
- Ferreira, L. G., dos Santos, R. N., Oliva, G., and Andricopulo, A. D. 2015. Molecular docking and structure-based drug design strategies. *Molecules*. 20(7): 13384–13421.
- Firstantinovi, E.S. dan Karjono. 2006. Kami Justru Mendorong. *Artikel Majalah Trubus Edisi 444 November 2006/XXXVII*.
- Fitrilia, T., Kurniawan, M. F., Kurniawati, F. R., & Setiawan, T. (2020). The Potential of Butterfly Pea Flower Methanol Extract as an Antioxidant by In Silico. *Indonesian Journal of Applied Research*. 1(3): 163-169.
- Forli, S., and Olson, A. J. 2021. Structure-based drug discovery with computational docking: Advances, limitations, and future challenges. *Current Opinion in Structural Biology*. 67: 110–116.
- Ghane, A. A., Ghorpade, B.B., Autade, R.H., Gaikwad, P.N., Chavan, R.S., and Sarode, D.K. 2017. Molecular Profiling and Genetics Diversity in Sugarcane (*Saccharum Officinarum* L.) genotypes Using RAPD Markers. *Contemporary Research in India*. 74(3): 133–138.
- Gilson, M.K., Zhou, H. X. 2007. Calculation of protein-ligand binding affinities. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*. 36:21-42.
- Gogoi, B., dan Bhau, B. S. 2018. DNA barcoding of the genus *Nepenthes* (Pitcher plant): a preliminary assessment towards its identification. *BMC Plant Biology*. 18 (153): 1-7.
- Hairunnisa, Dewantara, I., ArdianH. 2018. Keanaekaragaman Jenis Kantong Semar (*Nepenthes* spp) di Kebun Raya Sambas Kecamatan Subah kabupaten Sambas Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*. 6 (3): 519-525.

- Handoyo F., dan Maloedyn S. 2006. *Petunjuk Praktis Perawatan Nepenthes*. AgroMedia Pustaka: Jakarta Selatan.
- Hajibabaei, M., Singer, G. A. C., Clare, E.L., and Hebert, P. D. 2007. Design and applicability of DNA arrays and DNA barcodes in biodiversity monitoring. *BMC Biology*.5(24):1-7.
- Hardianto, A., Yusuf, M., Liu, F., and Ranganathan, S. 2019. Structure-Based Drug Design Workflow. Dalam Ranganathan, S., Nakai, K., Scönbach C., and Gribskov, M. *Encyclopedia of Bioinformatics and Computational Biology*. 3, 273–282.
- Hardianto, A., Yusuf, M., Hidayat, I. W., Ishmayana, S., and Soedjanaatmadja, U. M. S. 2021. Exploring the Potency of *Nigella sativa* Seed in Inhibiting SARS-CoV-2 Main Protease Using Molecular Docking and Molecular Dynamics Simulations. *Indonesian Journal of Chemistry*. 21(5), 1252-1262.
- Haryanti, S. 2010. Jumlah dan distribusi stomata pada daun beberapa spesies tanaman dikotil dan monokotil. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 18 (2): 21-28.
- Hasairin, A. 2011. *Morfologi Tumbuhan Berbiji*. Universitas Negeri Medan. Medan.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., and deWaard, J. R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceeding R Soc Lond B*. 270: 313-321.
- Hidayat, E.B. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hollingsworth, P. M., Graham, S. W., and Little, D. P. 2011. Choosing and using a plant DNA barcode. *PLoS ONE*. 6 (5): 19254.
- Huang, Y.H.; Lien, Y.; Chen, J.H.; Lin, E.S.; Huang, C.Y. 2020. Identification and characterization of dihydropyrimidinase inhibited by plumbagin isolated from *Nepenthes miranda* extract. *Biochimie*. 171–172, 124–135.
- Huang, Y.H., Chieng, W. Y., Chen, J.P., Lin, E.S.; Huang, C.Y. 2022. Anticancer and Antioxidant Activities of the Root Extract of the Carnivorous Pitcher Plant *Sarracenia purpurea*. *Journal Plants*. 11 (1168): 1-18.
- Imanudin, N., Kurniawan, M.F, dan Rohmayanti, T. 2022. Potensi Senyawa Aktif Ekstrak Kayu Manis Padang (*Cinnamomum burmanii*) sebagai Inhibitor Enzim Aldose Reduktase secara Molekuler Docking. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi* 6(2): 171-179.

- Indahsari, L.I.N. 2023. Studi Filogenetik Kantung Semar (*Nepenthes* spp.) Berdasarkan Sekuens Gen *Nep2* dan *trnK* di Paparan Sunda: Studi in Silico. *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*. 15(1): 12-22.
- Irawan, D. P., Tallei, T. E., dan Kolondam, B. J. 2016. Analisis Sekuens Dan Filogenetik Beberapa Tumbuhan *Syzygium* (*Myrtaceae*) Di Sulawesi Utara Berdasarkan Gen *matK*. *Jurnal Ilmiah Sains*. 2 (16): 44-50.
- Izza, F., dan Ainun, N. L. 2015. Karakteristik stomata tempuyung dan hubungannya dengan transpirasi tanaman. *Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 32-33.
- Jones, S.B., and Luchsinger, A.E. 1987. *Plant Systematics 2nd ed.* McGraw-Hill. Inc., New York. 512.
- Julianti, E., Pinaria, A., Lengkong, E. F., dan Kolondam, B. J. 2015. DNA Barcoding Tanaman Daluga (*Cyrtosperma* spp) dari Kepulauan Sangihe Berdasarkan Gen *matK* (DNA Barcoding Daluga Plant (*Cyrtosperma* spp) of Sangihe Island Based on *matK* Gene). *Bios Logos*. 5(2): 46–53.
- Katja, D.G., Mantiri, S.A., Runtuwene, M.R.J., Supratman, U., and Hilmayanti, E. 2021. Senyawa Katekin (Flavonoid) dari Kulit Batang *Chisocheton balancae* C.DC (*Meliaceae*). *Jurnal Ilmiah Sains*. 21(2): 161-165.
- Khan, S.L., Siddiqui, F.A., Jain, S.P., and Sonwane, G.M. 2021. *Discovery of potential inhibitors of SARS-CoV-2 (COVID-19) Main Protease (Mpro) from Nigella Sativa (black seed) by molecular docking study. Coronaviruses*, 2 (3), 384–402.
- Kim, K.J., and Robert, K.J. 1995. Sequence evolution and the major clades in the sunflower family. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*. 92: 10379-10383.
- Kimball, J. 2006. *Gas Exchange in Plants*. www.Jkimball.ultranet.
- Kitchen, D. B., Decornez, H., Furr, J. R., and Bajorath, J. 2004. Docking and scoring in virtual screening for drug discovery: Methods and applications. *Nature Reviews Drug Discovery*. 3(11): 935–949.
- Kurata, K., Jaffre, T., and Setoguchi. H. 2008. Genetic diversity and geographical structure of the pitcher plant *Nepenthes vieillardii* in New Caledonia: a chloroplast DNA haplo-type analysis. *American Journal of Botany*. 95:1632–1644.
- Kress, W.J., and Erickson, D.L., 2008. DNA barcodes: Genes, genomics and bioinformatics. Departement of Botany. *Proceedings of The National Academy of Sciences*. USA. 105(8): 2761–2762.

- Kress, W.J., Erickson, D.L., Swenson, N.G., Thompson, J., Uriarte, M., and Zimmer, J.K. 2010. Advances in the use of DNA barcodes to build a community phylogeny for tropical trees in a Puerto Rican forest dynamics plot. *Plos One*. 5 (11):15409.
- Kristianus, Dwi A, Ratna H. 2018. Keanekaragaman jenis kantongsemar (*Nepenthes* spp) di berbagai kondisi tutupan hutan sekunder desa Bukit Batu kecamatan Sungai Kuyit kabupaten Mempawah. *Jurnal Hutan Lestari* (2): 318 –328.
- Kumar, J. U. S., Ramakrishan, M., Seethapathy, G. S., Krishna, V., Shaanker, R. U., and Ravikanth, G. 2020. DNA barcoding of *Momordica* species and assessment of adulteration in *Momordica* herbal products, an anti-diabetic drug. *Plant Gene*. 22: 100227.
- Lawrence, G. H. M. 1964. *Taxonomy of Vascular Plants*. New York: The Macmillan Company.
- Lelita, R., Gunawan, R., dan Astuti, W. 2017. Studi *Docking* Molekular Senyawa Kuersetin, Kalkon, dan Turunannya Sebagai Inhibitor Sel Kanker Payudara MCF-7 (*Michigan Cancer Foundation-7*). *Journal Atomik*. 01(2): 190-196.
- Liu, Z.F., Ci, X.Q., and Li, L. 2017. DNA barcoding evaluation and implications for phylogenetic relationships in Lauraceae from China. *PloS One*. 12(4):1-20.
- Lipinski, C. A. 2001. *Lead and drug like compounds: the rule of five resolution*. *Drug Discovery Today: Technologies*. 1(4): 337-341.
- Lipinski, C. A., Lombardo, F., Dominy, B. W., and Feeney, P. J. 1997. Experimental and computational approaches to estimate solubility and permeability in drug discovery and development settings. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 23(1-3): 3-25.
- Lloyd, F.E. 1942. *The Carnivorous Plant*. The Rolland Press Company. New York.
- Lozykoska, K.S. 2003. Determination of the ploidy level in chamomile (*Chamomilla recutia* (L.) Rausch.) stains rich in α -bisabolol. *Journal Applied. Genetics*, 44(2): 151-155.
- Lukmanasari, P., Purwantoro, A., Murti R.H., dan Zulkifli. 2020. *Similarity level of Nepenthes* spp. based on the qualitative characters. *Journal Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*. 5(3): 140-149.

- Manokar, J., Balasubramani, S.P., dan Venkatasubramanian, P. 2018. Nuclear Ribosomal DNA E ITS Region Based Molecular Marker To Distinguish *Gmelina Arborea* Roxb. Ex Sm. From Its Substitutes And Adulterants. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine. Genetics*, 9: 290-293.
- Mansur, M. 2006. *Nepenthes Kantong Semar yang Unik*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Mardianto, Fahrizal, Dirhamsyah M, 2015. Identifikasi Jenis Kantong Semar (*Nepenthes* spp.) Dalam Kawasan Taman Wisata Alam Gunung Asuansang Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas. *Jurnal Hutan Lestari* 4(1):128–134.
- Martiansyah, I. 2021. Mini Review: Pendekatan Molekuler DNA Barcoding: Studi Kasus Identifikasi dan Analisis Filogenetik *Syzygium* (*Myrtaceae*). *Prosiding Biologi Achieving the Sustainable Development Goals with Biodiversity in Confronting Climate Change*. 187–195.
- Meriko, L., dan Abizar. 2017. Struktur Stomata Daun Beberapa Tumbuhan Kantong Semar (*Nepenthes* Spp.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*. 16(3):325–330.
- Mir, W.R., Bhat, B.A., Rather, M.A., Muzamil, S., Almilaibari, A. Alkhani, M., and Mir, M.A. 2022. Molecular docking analysis and evaluation of the antimicrobial properties of the constituents of *Geranium wallichianum* D. Don ex Sweet from Kashmir Himalaya. *Scientific Report Journal*. 12: 12547.
- Mursyidin, D. H. 2022. Pengenalan Teknik “DNA Barcoding” untuk Mendukung Upaya Konservasi Tumbuhan Langka di Kalimantan Selatan. *ILUNG*. 1(2): 64–71.
- Osunkoya, O., Daud, S.D., Di-Giusto, B., Wimmer, F.L., and Holige, T.M. 2007. Construction costs and physico-chemical properties of the assimilatory organs of *Nepenthes* species in northern Borneo. *Journal Annalis of Botany*. 99: 895-906.
- Palit, J. 2008. Teknik Perhitungan Jumlah Stomat Beberapa Kultivar Kelapa. *Buletin Teknik Pertanian*. 13(1): 9-11.
- Pranata, V., Yayan, H., dan Agus, Y.I. 2019. Identifikasi Jenis Kantong Semar (*Nepenthes* Spp.) Di Kawasan Gunung Subang Kecamatan Cilebak Kabupaten Kuningan. *Prosiding Seminar Nasional Konservasi Untuk Kesehatan Masyarakat*. 21-28.
- Purwanto, W. A. 2007. Budi Daya Ex Situ *Nepenthes*, Kantong Semar nan Eksotis. *Buku*. Yogyakarta.

- Putera, A.Y., Mawardi, I., Ananda, M., Sephanti, D.I., Rajagukguk, O.P.U., Pubianty, D.P., Mahfut., Ahyar, A.N., Bangsawan, R., and Susiyanti. E. 2024. Anatomic Stomata Characteristics Of 24 Mutants of RGM 01-1869 Varieties in PT. Gunung Madu Plantations. *The 3rd Universitas Lampung International Conference on Science, Technology and Environment (ULICoSTE) 2022. AIP Conf. Proc.* 2970: 050038.
- Rasyid, A. F. G., dan Widya, A. 2020. Kecenderungan Literasi Informasi Mahasiswa Baru Pada Mata Kuliah Morfologi Tumbuhan. *Jurnal Pelita Pendidikan.* 8 (2): 145 – 144.
- Rahmawati, S., Mukra, R., dan Gultom, T. 2018. *Fenetic Taxonomy Approach In Identification Of Nephentes In The Mardinding, Karo District, Sumatera Utara. Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya.* 1 – 9.
- Reed, S. 2008. Stakeholder participation for enviromental management. Literature Review. *Journal Biological Conservation.* 141: 2417–2431.
- Rofiah, A.I. 2010. Kajian Aspek Anatomi Daun Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max L.*) pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *Skripsi.* Malang: Jurusan Biologi Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Slam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim.
- Rohimah, S., Mukarramah, L., Sindiya, V.S., dan Su’udi, M. (2018). Eksplorasi jenis dan potensi DNA barcode anggrek *Thrixspermum* secara in silico. *Jurnal Biodjati,* 3(2): 50-58.
- Sagala, Z., dan Sogandi. 2022. DNA Barcoding of Mango Casturi (*Mangifera casturi*) Origin of South Borneo Based on DNA Chloroplas rbcL Gene and matK Gene. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia,* 20(1): 38–43.
- Sakiroh, S. dan Aunillah, A. 2020. Bentuk, Ukuran dan Kerapatan Stomata Daun dari Lima Varietas Kopi Arabika (*Coffea arabika L.*). Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8. 940–947.
- Sambrook J., and Russel. D.W.2001. *MolecularCloning: A Laboratory Manual. Cold-Spring Harbor Laboratory.*New York.
- Sari, H.E., Mahfut, dan Widyawan, A. 2024. Deteksi, Karakterisasi Molekuler, dan Ekspresi Gen P5CS Pada Varietas Tebu (*Saccharum officinarum L.*) Komersial Toleran Cekaman Kekeringan. *Tesis.* Universitas Lampung. Lampung.
- Sari, H.E., Mahfut, dan Ahyar, A.N. 2021. Uji Dosis *Polyethilen Glycol* (PEG 6000) Untuk Skrining Ketahanan Kekeringan Pada Planlet Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum L.*) Secara *In Vitro.* *Skripsi.* Universitas Lampung. Lampung.

- Sousa, S.F, Fernandes, P.A., Ramos, M.J. 2006. *Protein-ligand docking: current status and future challenges*. *Proteins*. 65(1):15-26.
- Syahputra I., Putri, L.A.P., dan Basyuni, M. 2017 Identifikasi keragaman molekuler material genetika kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) berdasarkan marka SSR (*Simple Sequence Repeats*). *Jurnal Pertanian Tropis* 4: 57–64.
- Syahreza D.R., Tambunan, E.P.S., dan Idami, Z. 2023 Uji Molekuler Menggunakan Gen *rbcL* Pada Tumbuhan Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urban). *Biology Education Science Journal*. 6(2): 605–611.
- Selviana A, Turnip R, Linda R. 2018. Variasi morfometrik dan pengelompokan spesies kantong semar (*Nepenthes* spp.) di Desa Simpang Kasturi Kecamatan Mandor. *Protobiont*. 7(2):29-36.
- Simbolon, C., Samiyarsih, A., dan Herawati, W. 2021. Kajian Anatomi Daun dan Morfologi *Nepenthes* spp. Koleksi Kebun Raya Baturaden Kabupaten Banyumas. *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*. 3(3):121-131.
- Sliwoski, G., Kothiwale, S., Meiler, J., and Lowe, E. W. 2014. Computational methods in drug discovery. *Pharmacological Reviews*. 66 (1): 334–395.
- Sunaryo, W. 2015. Aplikasi DNA Barcoding untuk Analisis Keragaman Genetik Lai-durian (*Durio zibethinus x kutejensis*) Asal Kalimantan Timur. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiv Indonesia*. 1(6): 1273–1277.
- Su'udi, M., Budyartini, D.W., dan Ramadany. 2022. Dna Barcoding Anggrek *Dendrobium Linearifolium* Teijsm. & Binn. Berdasarkan Penanda Molekuler ITS2. *Jurnal Biologi*. 15(1): 53–61.
- Tallei, T.E., Rembet, R.E., Pelealu, J.J., Kolondam, B.J. 2016. *Sequence variation and phylogenetic analysis of Sansevieria trifasciata (Asparagaceae)*. *Bioscience Research*. 13(1): 01-07.
- Tarigan, M.R., dan Yusran E.R. 2020. Eksplorasi Dan Karakterisasi Kantong Semar (*Nepenthes* sp.) Di Kawasan Hutan Jalan Merek-Sidikalang, Lae Pandom, Merek, Kabupaten Koro. *Jurnal Biolokus*. 3 (1): 252-258.
- Taufiq, A., Alponsin., Yasra, F., dan Syam, Z. 2022. Studi Morfometri dan Meristik Kantong Semar (*Nepenthes* spp.) yang Terpapar atau Tidak Terpapar Air Laut. *Jurnal Biologi Indonesia*. 18(1): 91-101
- Trimanto. 2012. Karakterisasi dan Jarak Kemiripan Uwi (*Dioscorea alata* L.) Berdasarkan Penanda Morfologi Umbi. *Bulletin Kebun Raya*. 15: 47-59.

- Turhadi, dan Hakim, L. 2023. Evaluasi Lokus Kloroplas untuk DNA Barcoding pada Marga *Stelechocarpus* (*Annonaceae*) Secara In-Silico. *Agro Bali*, 6(1): 56– 64.
- Virgilio, M. Jordaens, K. and Breman, F. 2012. Turning DNA barcodes into an alternative tool for identification: African fruit flies as a model (Poster). *Consortium for the Barcode of Life (CBOL)*.
- Wardana, S.T. 2019. Morphological Variations Of *Nepenthes Mirabilis* (Lour) Druce InThe Peat Swamp Habitat. *Jurnal Biologi Tropis*. 23 (3): 47-52.
- Wardhani, H.A.K. 2019. Identifikasi Tumbuhan Kantong Semar (*Nepenthes*) Di Lahan Gambut Desa Marti Guna Kecamatan Sintang. *Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*. 3 (1): 22-25.
- Wardi, E. S., Jamsari., Irwandi., Sartika, D., dan Ningsih, A. R. 2020. Barkod DNA pada Tanaman Gambir (*Uncaria gambir* (Hunter) Roxb.) Berdasarkan Gen matK dan rbcL. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*. 12(1): 22–28.
- Widhiastuti. R., dan Saputri, A. 2010. Keanekaragaman Tumbuhan Langka Kantong Semar (*Nepenthes* spp.) di Tanam Wisata Alam Sicikeh-Cikeh Sumatra Utara.
- Windiyani, I. P., Mahfut., Purnomo., Daryono, B. S. 2022. Morphological Variations of Superior Sugarcane Cultivars (*Saccharum Officinarum* L.) From Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*. 23(8): 4109–4116.
- Willmer, C.M., 1983. *Stomata*. Longman Inc., New York
- Witarto, A. 2006. *Protein Pencerna di Kantong Semar*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Wulandari, S. dan Siregar, C. 2021. *Entuyut (Nepenthes) asal Kalimantan Barat*. Untan Press.