

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER
DARI EKSTRAK METANOL KULIT BATANG TUMBUHAN MERAWAN
(*Hopea mengarawan* Miq.) SERTA UJI BIOAKTIVITAS ANTIDIABETES
SECARA *IN VITRO***

(Skripsi)

Oleh

**MUHAMMAD GOVINDO IBRA PRATIBHA
NPM 2117011033**



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

ABSTRAK

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DARI EKSTRAK METANOL KULIT BATANG TUMBUHAN MERAWAN (*Hopea mengarawan* Miq.) SERTA UJI BIOAKTIVITAS ANTIDIABETES SECARA *IN VITRO*

Oleh

MUHAMMAD GOVINDO IBRA PRATIBHA

Senyawa aktif metabolit sekunder dapat ditemukan hampir di semua tumbuhan, salah satunya tumbuhan tingkat tinggi, misalnya tumbuhan yang tergolong famili Dipterocarpaceae, seperti merawan (*Hopea mengarawan* Miq.). Penelitian terhadap senyawa metabolit sekunder telah banyak disandingkan dengan penelitian pada bidang farmasi guna mengeksplorasi efek farmakologis senyawa-senyawa tersebut dalam rangka pengembangan obat-obatan baru yang lebih efektif dan aman bila dikonsumsi sehingga dapat mengatasi permasalahan kesehatan saat ini, seperti diabetes melitus yang jumlah penderitanya terus meningkat setiap tahun.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh senyawa metabolit sekunder dari kulit batang *H. mengarawan* Miq. yang akan diuji bioaktivitas antidiabetesnya untuk memberikan data pada bidang kimia dan farmasi. Senyawa metabolit sekunder diperoleh melalui tahap ekstraksi dengan pelarut metanol, partisi, dan beberapa kali dipisahkan dengan kromatografi. Senyawa yang telah diperoleh diidentifikasi dengan metode spektroskopi, yaitu spektroskopi UV-VIS, IR, dan NMR. Pengujian bioaktivitas antidiabetes dilakukan terhadap senyawa tersebut dengan menggunakan metode Fuwa yang telah dimodifikasi.

Senyawa tetramer resveratrol baru berbentuk padatan kuning kecoklatan sebanyak 19,8 mg yang telah berhasil diisolasi dalam penelitian ini dengan kode NV47. Hasil uji bioaktivitas antidiabetes menunjukkan bahwa senyawa NV47 tersebut pada konsentrasi 250, 500, 1000, dan 2000 ppm masing-masing menghambat enzim α -amilase sebesar 14,41%; 18,29%; 41,42%; dan 61,12% dengan nilai IC_{50} sebesar $1518,49 \pm 130,96$ μ g/mL yang mengindikasikan aktivitas sangat lemah.

Kata Kunci: *H. mengarawan* Miq., dipterocarpaceae, metabolit sekunder, antidiabetes.

ABSTRACT

ISOLATION AND IDENTIFICATION SECONDARY METABOLITE COMPOUND FROM METHANOL EXTRACT OF STEM BARK OF MERAWAN PLANT (*Hopea mengarawan* Miq.) AND IN VITRO ANTIDIABETIC BIOACTIVITY ASSAY

By

MUHAMMAD GOVINDO IBRA PRATIBHA

Active secondary metabolite compounds can be found in almost all plants, including higher-order plants such as those belonging to the Dipterocarpaceae family, for example, the merawan plant (*Hopea mengarawan* Miq.). Research on secondary metabolite compounds has often been linked with studies in the pharmaceutical field to explore the pharmacological effects of these compounds in the development of new, more effective, and safer drugs, which could help address current health issues, such as diabetes mellitus, whose number of sufferers continues to increase each year. This study was conducted with the aim of obtaining secondary metabolite compounds from the stem bark of *H. mengarawan* Miq., which would be tested for antidiabetic bioactivity to contribute data to the fields of chemistry and pharmacy. The secondary metabolite compounds were obtained through stages of methanol extraction, partitioning, and several rounds of chromatographic separation. The isolated compounds were identified using spectroscopic methods, namely UV-VIS, IR, and NMR spectroscopy. The antidiabetic bioactivity assay of this compound was carried out using a modified Fuwa method. A new resveratrol tetramer compound in the form of the brownish yellow solid of 19,8 mg was successfully isolated in this study with code NV47. The antidiabetic bioactivity assay results showed that the compound NV47 inhibited the α -amylase enzyme at concentrations of 250, 500, 1000, and 2000 ppm by 14.41%; 18.29%; 41.42%; and 61.12%, respectively, with an IC_{50} value of 1518.49 ± 130.96 μ g/mL, indicating very weak activity.

Keywords: *H. mengarawan* Miq., dipterocarpaceae, secondary metabolite, antidiabetic.

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER
DARI EKSTRAK METANOL KULIT BATANG TUMBUHAN MERAWAN
(*Hopea mengarawan* Miq.) SERTA UJI BIOAKTIVITAS ANTIDIABETES
SECARA *IN VITRO***

Oleh

MUHAMMAD GOVINDO IBRA PRATIBHA

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi

**: ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA
METABOLIT SEKUNDER DARI EKSTRAK
METANOL KULIT BATANG TUMBUHAN
MERAWAN (*Hopea mengarawan* Miq.) SERTA
UJI BIOAKTIVITAS ANTIDIABETES
SECARA *IN VITRO***

Nama Mahasiswa

: Muhammad Govindo Ibra Pratibha

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2117011033

Program Studi

: S1 Kimia

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

A black ink signature of Prof. Dr. Noviany, S.S., M.Si.

Prof. Dr. Noviany, S.S., M.Si.
NIP. 197311191998022001

A blue ink signature of Prof. Dr. Nanik Siti Aminah, M.Si.

Prof. Dr. Nanik Siti Aminah, M.Si.
NIP. 196705141991022001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

A blue ink signature of Prof. Dr. Mita Rilyanti, M.Si.

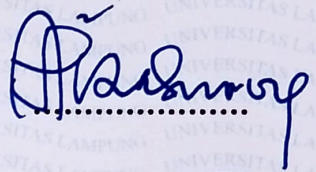
Prof. Dr. Mita Rilyanti, M.Si.
NIP. 197205302000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

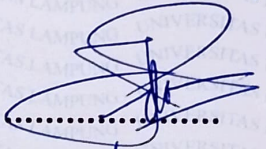
Ketua

: Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si.



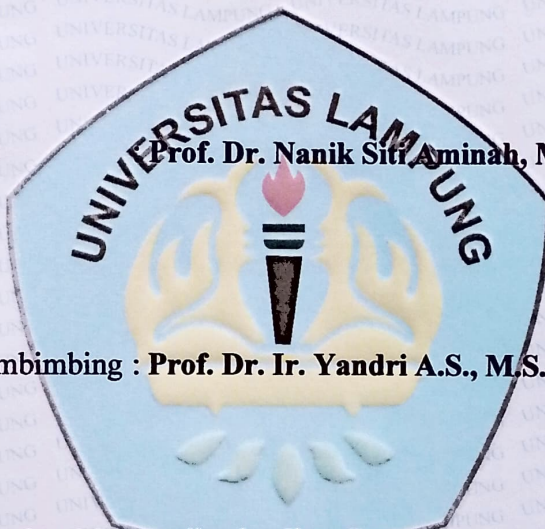
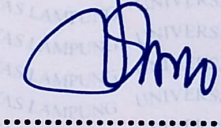
Sekretaris

: Prof. Dr. Nanik Siti Aminah, M.Si.

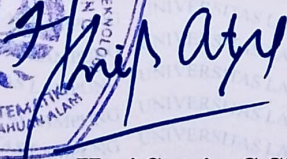


Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 5 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Govindo Ibra Pratibha
Nomor Pokok Mahasiswa : 2117011033
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi penulis yang berjudul **“Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Metanol Kulit Batang Tumbuhan Merawan (*Hopea mengarawan* Miq.) serta Uji Bioaktivitas Antidiabetes Secara *In Vitro*”** adalah karya penulis sendiri. Penulis tidak melakukan penjiplakan (plagiarisme) atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan tata etika ilmiah yang berlaku. Hak intelektual karya ilmiah ini penulis serahkan kepada Universitas Lampung dan penulis tidak keberatan jika data skripsi ini di kemudian hari dipergunakan oleh pihak dosen atau prodi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama penulis dicantumkan.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran maka penulis bersedia menerima sanksi hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 Agustus 2025
Pembuat Pernyataan,



Muhammad Govindo Ibra Pratibha
NPM 2117011033

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang bernama lengkap Muhammad Govindo Ibra Pratibha merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Ahmad Kamil dan Ibu Eka Susanti. Penulis lahir di Pagar Dewa pada 3 Februari 2004. Penulis memiliki seorang adik perempuan bernama Annisa Agvina Gustiara dan seorang adik laki-laki bernama Karly Rajiv Andeston. Jenjang pendidikan penulis dimulai dari pendidikan usia dini

di RA Daarul Muttaqien Desa Kota Batu yang diselesaikan pada tahun 2008. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan formal di SD Negeri 1 Pagar Dewa—lulus pada tahun 2015. Pada tahun 2018, penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Sukau dan melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 9 Bandar Lampung—lulus pada tahun 2021. Penulis diterima melalui jalur SBMPTN sebagai mahasiswa di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung untuk menempuh program sarjana/strata satu (S-1) Kimia. Penulis menempuh pendidikan tersebut dengan bantuan biaya pendidikan dari program KIP-Kuliah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang sekarang menjadi Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi.

Selama menjadi mahasiswa S1 Kimia, penulis aktif menjadi pengurus beberapa organisasi di Universitas Lampung. Penulis bergabung sebagai anggota Rois FMIPA Unila dan Himaki FMIPA Unila pada tahun 2022. Kemudian, penulis diamanahkan sebagai Ketua Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) Himaki FMIPA Unila tahun 2023, Ketua DPM FMIPA Unila tahun 2024, dan Menteri Koordinator Pelayanan dan Pengabdian BEM U KBM Unila tahun 2025. Penulis juga aktif dalam mengikuti kompetisi, salah satunya penulis menjadi

penerima hibah pendanaan dari BELMAWA dalam Program Kreativitas Mahasiswa Kewirausahaan (PKM-K) tahun 2023 dan Program Kreativitas Mahasiswa Riset Eksakta (PKM-RE) tahun 2024. Selain itu, penulis pernah menjadi peserta tingkat wilayah Olimpiade Nasional Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Perguruan Tinggi (ONMIPA-PT) bidang kimia tahun 2023 dan 2024. Penulis juga memperoleh Juara 2 pada Pemilihan Mahasiswa Berprestasi (Pilmapres) tingkat fakultas tahun 2024.

Pada tahun 2024, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Hanura, Kec. Teluk Pandan, Kab. Pesawaran. Pada tahun yang sama, penulis juga melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dan Laboratorium Kimia Farmasi Analisis, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung yang merupakan hasil konversi dari PKM-RE. Selain itu, penulis juga melaksanakan tugas sebagai asisten praktikum kimia organik selama tiga semester dari tahun 2023 hingga tahun 2024. Selanjutnya, penulis melaksanakan penelitian tugas akhir dari Oktober 2024 hingga Mei 2025 di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dan Laboratorium Kimia Organik Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Metanol Kulit Batang Tumbuhan Merawan (*Hopea mengarawan* Miq.) serta Uji Bioaktivitas Antidiabetes Secara *In Vitro*”.

MOTTO

“... niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat ...”

(QS. Surat Al-Mujadalah/58:11)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah/94:5-6)

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR Muslim No. 2699)

“Menuntut ilmu itu wajib atas setiap Muslim.”

(HR. Ibnu Majah No. 224)

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan untuk menguji kekuatan akarnya.”

(Ali ibn Abi Thalib)

“Tahapan awal dalam mencari ilmu adalah mendengarkan, lalu diam dan penuh perhatian, lalu menjaganya, lalu mengamalkannya, dan kemudian menyebarkannya.”

(Abu Muhammad Sufyan ibn Uyainah)

“Tak ada penyakit yang tak bisa disembuhkan kecuali kemalasan, tak ada obat yang tak berguna selain kurangnya pengetahuan.”

(Abu Ali Al-Husain ibn Abdullah ibn Sina)

“Pengetahuan tidak akan didapatkan kecuali dengan membuat eksperimen.”

(Abu Musa Jabir ibn Hayyan)

“Jadilah telaga di tengah padang pasir!”

PERSEMBAHAN



Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kekuatan, kesabaran, dan petunjuk, saya mempersembahkan karya sederhana ini sebagai ungkapan rasa syukur kepada-Nya dan sebagai wujud cinta, bakti, dan tanggungjawabku teruntuk:

Kedua Orang tuaku,

Alm. Bapak Ahmad Kamil dan Ibu Eka Susanti yang telah membesarkan, mendidik, mendo'akan, memberikan dukungan serta kasih sayang yang tulus dan tak terbatas kepadaku.

Nenekku, Nenek Lekat.

Adik perempuanku, Annisa Agvina Gustiara.

Adik Laki-lakiku, Karly Rajiv Andeston.

Keluarga besarku.

Dengan segala rasa hormat kepada dosen pembimbing penelitianku

Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si.

Prof. Dr. Nanik Siti Aminah, M.Si.

Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S.

Seluruh dosen Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dan seluruh teman dan sahabatku yang telah memberikan dukungan, bantuan, saran, serta atas segala kisah haru dan canda tawa selama ini.

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamiin, segala puji bagi Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, dzat maha pencipta yang telah melimpahkan rahmat, taufik, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Metanol Kulit Batang Tumbuhan Merawan (*Hopea mengarawan* Miq.) serta Uji Bioaktivitas Antidiabetes Secara *In Vitro*”. Selawat dan salam senantiasa kita haturkan kepada Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihi wa Salam* yang dinantikan syafa'atnya di hari akhir kelak, semoga kita tergolong ke dalam umatnya yang taat. *Aamiin aamiin ya Rabbal 'Alamiin*.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari kesulitan, halangan, dan rintangan. Namun, semua itu dapat dilewati atas pertolongan Allah *Subhanahu wa Ta'ala* dan dukungan, do'a, arahan, bimbingan, serta bantuan dari orang-orang yang hadir di sekitar penulis. Capaian ini merupakan salah satu dari banyak doa mereka yang dikabulkan oleh Allah *Subhanahu wa Ta'ala*. Oleh karena itu, pada kesempatan ini sebagai wujud rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah penulis, Bapak alm. Ahmad Kamil yang telah membesarkan, mendidik, memotivasi, dan memperjuangkan kehidupan penulis sehingga penulis dapat merasakan kehidupan yang sama dan pendidikan yang sama dengan orang lain hingga saat ini. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* mengampuni dosa-dosa ayah dan mendapatkan tempat yang terbaik di sisi Allah-Nya.
2. Ibu penulis, Ibu Eka Susanti yang telah membesarkan dan menggantikan peran ayah semenjak penulis masih di Sekolah Menengah Atas (SMA), selalu memberikan yang terbaik kepada penulis, senantiasa mendo'akan, memotivasi, menjadi tempat berkeluh kesah, dan mendidik penulis hingga

menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* selalu memberikan limpahan kesehatan, keselamatan, rezeki yang halal, keberkahan, kebahagiaan dunia-akhirat, dan umur yang panjang sehingga dapat membersamai anak-anaknya hingga sukses di masa mendatang. Penulis bersyukur telah dilahirkan sebagai putra ayah dan ibu. Cinta dan kasih sayang yang telah ayah dan ibu berikan tidak akan pernah sanggup penulis untuk menggantinya.

3. Nenek penulis, Nenek Lekat yang senantiasa mendo'akan dan mendukung setiap langkah penulis.
4. Adik perempuan penulis, Annisa Agvina Gustiara dan adik laki-laki penulis, Karly Rajiv Andeston. Terima kasih atas do'a dan dukungannya selama ini.
5. Ibu Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si., sebagai pembimbing pertama atas kebaikan, ilmu, kesabaran, dan bimbingannya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* selalu memberikan perlindungan, keberkahan, dan rida-Nya atas semua hal yang telah ibu berikan.
6. Ibu Prof. Dr. Nanik Siti Aminah, M.Si., selaku pembimbing kedua yang telah menerima penulis untuk melakukan penelitian di Universitas Airlangga. Terima kasih telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* membalas kabaikan ibu.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Yandri A.S., M.S., selaku pembahas atas semua saran, nasihat, dan ilmu yang bermanfaat untuk penulis serta atas kesediannya untuk mengarahkan dan memberikan yang terbaik untuk penulis. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* memberikan keberkahan dan keridaa-Nya atas semua yang telah Bapak berikan kepada penulis.
8. Bapak Dr. Syaiful Bahri, M.Si. sebagai pembimbing akademik atas arahan, bantuan, dan dukungannya sehingga penulis dapat menuntaskan semua urusan akademik selama di perkuliahan serta dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Bapak Prof. Andi Setiawan, Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Organik FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan izin untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir skripsi ini.

10. Ibu Prof. Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
11. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung atas ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan berharga untuk penulis. Terima kasih atas dukungan, arahan, dan dedikasinya yang telah diberikan kepada penulis.
12. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
13. Para Wakil Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung beserta jajarannya: Bapak Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerja Sama; Bapak Dr. Aristoteles, S.Si., M.Si. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan; dan Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni.
14. Mba Wiwit Kasmawati selaku PLP Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama menyelesaikan penelitian tugas akhir sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
15. Seluruh tenaga kependidikan (tendik) di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, terkhusus untuk Mba Yuniarti dan Bapak Rudi Santoso, A.Md.
16. Teknisi Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Mas Faisol Hezim, S.T. dan analis Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga Mba Rizkiyah Dewi, S.T. atas bantuannya untuk menyelesaikan penelitian tugas akhir skripsi ini.
17. Keluarga besar penulis: paman, bibi, sepupu, dan lain-lain yang telah selalu mendo'akan keberhasilan penulis.
18. Noviany's *Research Group* angkatan 2021 (NRG'21): Diah Vio Rahmadanti, Inggit Pratiwi Putri Setianingrum, Julia Putri, dan Rita Ana Pristiani.
19. Noviany's *Research Group* angkatan 2020 (NRG'20): Kak Anastasia Viorelia, Kak Siti Mutmainah, Kak Dilla Adha, dan Kak Angela Agatha.

20. Noviany's *Research Group* angkatan 2022 (NRG'22): Prabu Sriwijaya, Asti Chintia, Bemby Adilia, Syifa Az Zahra, Dwi Pauliyanna, dan Dwi Widya.
21. Kakak-kakak dan teman-teman penelitian di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dan Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, terkhusus Mas Geraldo Figo, Mba Rista Anggi Pramudia, dan Mba Armidla Nadya Kurniati atas semua arahan, bantuan, dan sarannya.
22. Pengurus Himaki FMIPA Universitas Lampung tahun 2022 – 2023, pengurus Rois FMIPA Universitas Lampung tahun 2022, pengurus DPM FMIPA Universitas Lampung tahun 2024, pengurus BEM U KBM Universitas Lampung tahun 2025.
23. Anggota Grup Pandawa 5: Erwin Kesuma, Misbakhul Anam, Ariz Fadilah Tanjung, dan Sayyid Amanullah Gani.
24. Anggota Grup Demisioner Himaki 2023 (15 Manusia Kuat): Abdurachman, Amelia Rizky Az Zahra, Alya Ambaryani Putri, Hafiz Sadewa Utama, Fildza Amalia, Aziza'ul Ma'rifah, Andra Fahreza Dwi Saputra, Vira Nurmalia, Rima Soraya Permata Sari, Naurah Nabilah, Trie Choirunnisa Dzilhaj, Sajiddah Talfa, Raditya Adam Narendra, dan Fera Agistarika.
25. Anggota Grup Keluarga Madani 21 yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
26. Teman-Teman Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung angkatan 2021, terkhusus anggota Chemistry Community Class C.

Penulis menyampaikan permohonan maaf atas semua kesalahan, kekurangan, dan kekeliruan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pembaca yang telah menyisihkan waktunya untuk membaca skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan ilmu pengetahuan baru yang bermanfaat bagi pembaca dan bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa yang mendatang.

Bandar Lampung, 23 Agustus 2025
Penulis

Muhammad Govindo Ibra Pratibha

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Dipterocarpaceae.....	5
2.2. <i>Hopea mengarawan</i> Miq.	6
2.3. Metabolit Sekunder.....	7
2.3.1. Senyawa Fenolik	7
2.3.2. Senyawa Flavonoid	7
2.3.3. Senyawa Steroid	9
2.3.4. Senyawa Terpenoid	10
2.3.5. Senyawa Alkaloid.....	12
2.3.6. Senyawa Saponin.....	12
2.4. Metabolit Sekunder dari Tumbuhan Famili Dipterocarpaceae.....	13
2.5. Metode Isolasi.....	14
2.5.1. Ekstraksi	14
2.3.1. Kromatografi	15
2.6. Analisis Spektroskopi	17
2.6.1. Spektroskopi <i>Ultraviolet-Visible</i> (UV-VIS).....	17
2.6.2. Spektroskopi <i>Infra Red</i> (IR)	17
2.6.3. Spektroskopi <i>Nuclear Magnetic Resonance</i> (NMR).....	19
2.7. Diabetes Melitus (DM)	23
2.8. Antidiabetes	24
2.9. Uji Inhibisi Enzim α -Amilase	24

III. METODE PENELITIAN	26
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2. Alat dan Bahan	26
3.3. Prosedur Penelitian	27
3.3.1. Preparasi dan Ekstraksi	27
3.3.2. Isolasi dan Pemurnian	28
3.3.3. Uji Kemurnian	28
3.3.4. Analisis Spektroskopi	29
3.3.5. Uji Aktivitas Inhibitor Enzim α -Amilase	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Isolasi Senyawa Metabolit Sekunder	33
4.2. Identifikasi Struktur Kimia Isolat Senyawa NV47.	43
4.3. Uji Bioaktivitas Antidiabetes Isolat Senyawa NV47	54
V. SIMPULAN DAN SARAN	57
5.1. Simpulan	57
5.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Senyawa Terpenoid (Heliawati, 2018)	11
2. Letak Pergeseran Kimia Spektra ^1H -NMR (Sudjadi, 1985).	19
3. Letak Pergeseran Kimia Spektra ^{13}C -NMR (Sudjadi, 1985).	20
4. Nilai Pergeseran Kimia untuk ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR dari Beberapa Gugus Fungsi Senyawa (Settle, 1997).	20
5. Data Analisis Spektroskopi NMR balanokarpol dari <i>Hopea mengarawan</i> dengan pelarut aseton-d6 (Atun <i>et al.</i> , 2006).	22
6. Data Analisis Spektroskopi NMR Heimiol A dari <i>Hopea mengarawan</i> dengan pelarut aseton-d6 (Atun <i>et al.</i> , 2006).	22
7. Fraksi Gabungan Hasil Kromatografi Cair Vakum (KCV)	35
8. Penggabungan Subfraksi Hasil Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG) dari Subfraksi D8C	38
9. Penggabungan Subfraksi Hasil Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG) dari Subfraksi D8C3	39
10. Data Pergeseran Kimia dan Korelasi Spektrum ^1H -NMR (600 MHz) serta ^{13}C -NMR Isolat Senyawa NV47 dalam Pelarut CD_3OD	51
11. Hasil Pengujian Bioaktivitas Antidiabetes Isolat Senyawa NV47 dengan Enzim α -Amilase	55
12. Perhitungan Nilai Persen Inhibisi dan IC_{50} Isolat Senyawa NV47	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pohon Tumbuhan Merawan (<i>H. mengarawan</i> Miq.).....	6
2. Struktur Umum Senyawa Flavonoid (1); Isoflavonoid (2); Neoflavonoid (3) (Heliawati, 2018).	8
3. Struktur Senyawa Flavonoid dari <i>Shorea sp.</i> (Musa <i>et al.</i> , 2024).	9
4. Struktur Umum Steroid (Heliawati, 2018).....	9
5. Struktur Senyawa Steroid dari <i>Shorea sp.</i> (Musa <i>et al.</i> , 2024).....	10
6. Struktur Senyawa Terpenoid dari <i>Shorea sp.</i> (Musa <i>et al.</i> 2024).....	11
7. Struktur Senyawa Fenolik yang Berasal dari <i>Dipterocarpus littoralis</i> dan <i>Shorea uliginosa</i> (Lulan <i>et al.</i> , 2020; Ito <i>et al.</i> , 2018).....	13
8. Struktur Senyawa Fenolik dari <i>Hopea mengarawan</i> (Atun, 2006).	14
9. Daerah Serapan Gugus Fungsional Spektrum IR (Rohman, 2021).	18
10. Partisi dengan Campuran Pelarut <i>n</i> -heksana:Metanol (1:1).	34
11. Kromatogram KLT Hasil KCV (a) Eluen <i>n</i> -Heksana:EtOAc (4:6); (b) Fraksi 6C – 8C Eluen Klorofom:Metanol (8:2); (c) Fraksi 5A dan 6A Eluen <i>n</i> -Heksana:EtOAc (4:6).....	35
12. Kromatogram KLT Eluen Campuran <i>n</i> -Heksana:EtOAc (1:9) Hasil KKG Fraksi D (a) Setelah Disemprot Serum Sulfat; (b) di Bawah Sinar UV λ 254 nm.	36
13. Kromatogram KLT Eluen <i>n</i> -Heksana:EtOAc (1:9) Hasil KKG Fraksi D8 dengan Fasa Diam Sephadex (a) Setelah Disemprot Serum Sulfat; (b) di Bawah Sinar UV λ 254 nm.	37

14. Kromatogram KLT Eluen Klorofom:Metanol (7:3) Hasil KKG Subfraksi D8C (a) Setelah Disemprot Serum Sulfat; (b) di Bawah Sinar UV λ 254 nm.	38
15. Kromatogram KLT Eluen <i>n</i> -Heksana:DCM:EtOAc:Etanol (1:2:6:1) Hasil KKG Subfraksi D8C3 (a) di Bawah Sinar UV λ 254 nm; (b) Setelah Disemprot Serum Sulfat.....	39
16. Kromatogram KLT Eluen <i>n</i> -Heksana:DCM:EtOAc:EtOH (1:2:6:1) Hasil Kromatografi Kolom Gravitasi Subfraksi D8C3B (a) di Bawah Sinar UV λ 254 nm; (b) Setelah Disemprot Serum Sulfat.	40
17. Hasil KLT Preparatif (a) Subfraksi D8C3B4; (b) Subfraksi D8C3B5 dengan Eluen <i>n</i> -heksana:DCM:EtOAc:EtOH (1:2:6:1).	41
18. Kromatogram KLT Eluen <i>n</i> -Heksana:DCM:EtOAc: EtOH (1:2:6:1) Hasil KLT Preparatif Subfraksi D8C3B4 (a) di Bawah Sinar UV λ 254 nm; (b) Setelah Disemprot Serum Sulfat.	42
19. Kromatogram KLT Eluen <i>n</i> -Heksana:DCM:EtOAc: EtOH (1:2:6:1) Hasil KLT Preparatif Subfraksi D8C3B5 (a) di Bawah Sinar UV λ 254 nm; (b) Setelah Disemprot Serum Sulfat.	42
20. Uji Kemurnian Isolat Senyawa NV47 dengan Eluen (a) <i>n</i> -Heksana:EtOAc:EtOH (2:7:1); (b) EtOAc:MeOH (9:1).	43
21. Spektrum UV-VIS Isolat Senyawa NV47.	44
22. Spektrum IR Isolat Senyawa NV47.	45
23. Spektrum ^1H -NMR Isolat Senyawa NV47.	47
24. Spektrum ^{13}C -NMR Isolat Senyawa NV47.	48
25. Struktur Isolat Senyawa NV47 dan Korelasi Proton dengan Karbon Jarak Jauh Berdasarkan Analisis HMBC.	53
26. Hasil Pelacakan Isolat Senyawa NV47 Menggunakan Science Finder.	53
27. Hasil Determinasi Tumbuhan Merawan	65
28. Diagram Alir Rangkuman Proses Isolasi	66
29. Spektrum HSQC Isolat Senyawa NV47.	69
30. Spektrum HMBC Isolat Senyawa NV47.	70
31. Spektrum COSY Isolat Senyawa NV47.	71
32. Spektrum DEPT 90 Isolat Senyawa NV47.	72

33. Spektrum DEPT 135 Isolat Senyawa NV47.....	72
34. Kurva Hubungan Konsentrasi Isolat Senyawa NV47 dan Persen Inhibisi Enzim α -Amilase Pengujian Pertama.	74
35. Kurva Hubungan Konsentrasi Isolat Senyawa NV47 dan Persen Inhibisi Enzim α -Amilase Pengujian Kedua.	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Determinasi Tumbuhan Merawan	65
2. Diagram Alir Rangkuman Proses Isolasi	66
3. Perhitungan Nilai Absorptivitas.....	67
4. Perhitungan Nilai Konstanta Kopling	68
5. Spektrum HSQC Isolat Senyawa NV47.	69
6. Spektrum HMBC Isolat Senyawa NV47.	70
7. Spektrum COSY Isolat Senyawa NV47.	71
8. Spektrum DEPT 135 dan DEPT 90 Isolat Senyawa NV47.	72
9. Perhitungan Nilai Persen Inhibisi dan IC_{50} Isolat Senyawa NV47.	73
10. Kurva Hubungan Konsentrasi Isolat Senyawa NV47 dan Persen Inhibisi Enzim α -Amilase	74

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Senyawa metabolit sekunder dapat ditemukan hampir di semua bagian tumbuhan, yaitu akar, batang, daun, bunga, dan buah. Senyawa metabolit sekunder dikelompokkan dalam beberapa golongan apabila ditinjau berdasarkan struktur kimianya antara lain alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, tanin, steroid, dan triterpenoid (Chattri dkk., 2022). Beberapa jenis senyawa tersebut berpotensi sebagai agen kesehatan baik yang berasal dari mikroba, tumbuhan, jamur, maupun sarang serangga (Saifudin, 2014). Tumbuhan yang mengandung senyawa metabolit sekunder sebagai agen kesehatan telah banyak diteliti, salah satunya tumbuhan tingkat tinggi, misalnya tumbuhan yang tergolong famili Dipterocarpaceae. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Lulan (2020), senyawa aktif dari *Dipterocarpus littoralis* yang termasuk famili Dipterocarpaceae telah diketahui memiliki aktivitas antidiabetes, antioksidan, dan antiplasmodial. Selain itu, hasil ekstraksi dari tumbuhan *Dipterocarpus intricatus* diketahui sebagai antibakteri *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, dan *Pseudomonas aeruginosa*, antioksidan, serta antikanker (Le, et al., 2021).

Tumbuhan merawan (*Hopea mengarawan* Miq.) juga termasuk ke dalam famili Dipterocarpaceae yang menjadi satu diantara beberapa spesies yang hampir punah. Berdasarkan *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), tumbuhan ini termasuk ke dalam kategori kritis (*critically endangered*) atau sangat terancam punah (Kusmana dan Lathifah, 2021). Tumbuhan ini telah dilaporkan mengandung senyawa oligostilbenoid, yaitu senyawa oligoresveratrol antara lain balanokarpol, heimiol A, vatikanol G, dan vatikanol B yang diekstraksi

menggunakan metode maserasi pelarut aseton, dipartisi dengan pelarut dietil eter, lalu difraksinasi dengan kromatografi cair vakum, dan dimurnikan menggunakan kromatografi kolom gravitasi dengan berbagai pelarut (Atun *et al.*, 2006). Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas sebagai penangkap radikal hidroksil (Atun, 2006).

Penelitian kimia organik bahan alam yang disandingkan dengan penelitian di bidang kimia farmasi seperti yang telah dijelaskan sebelumnya semakin berkembang. Penelitian-penelitian tersebut bertujuan untuk mengeksplorasi potensi aktivitas farmakologis senyawa bahan alam yang lebih luas serta mengembangkan obat-obatan baru yang lebih efektif dan aman bila dikonsumsi sehingga dapat mengatasi permasalahan kesehatan pada saat ini. Beberapa tahun terakhir, Indonesia sedang mengalami masalah kesehatan *double burden disease*, penyakit menular masih menjadi masalah dan penyakit tidak menular cenderung meningkat dari waktu ke waktu. Menurut *World Health Organization* (WHO) penyakit yang tidak menular menjadi penyebab utama beberapa kematian saat ini (Nuraisyah *et al.*, 2021). Salah satu penyakit yang tidak menular dengan penderita terbanyak ialah diabetes melitus (DM).

WHO memperkirakan angka kematian di dunia yang disebabkan oleh DM meningkat dua kali lipat dari tahun 2005 hingga tahun 2030. Menurut data dari *Institute for Health Metrics and Evaluation* bahwa diabetes merupakan penyakit penyebab kematian tertinggi ke-3 di Indonesia pada tahun 2019, yaitu sekitar 57,42% kematian per 100.000 penduduk. Selain itu, data *International Diabetes Federation* (IDF) menyatakan jumlah penderita diabetes pada tahun 2021 di Indonesia meningkat pesat dalam sepuluh tahun terakhir. Jumlah tersebut diperkirakan dapat mencapai 28,57 juta jiwa pada tahun 2045, lebih besar 47% dibandingkan pada tahun 2021 dengan jumlah penderita sebanyak 19,47 juta jiwa (Prabowo dkk., 2021). IDF juga menyatakan 1 dari 12 orang di dunia menderita penyakit DM, dan kebanyakan penderitanya tidak menyadari bahwa dirinya menderita DM, penderita baru menyadari kondisi dirinya apabila telah terjadi komplikasi yang sangat jelas terlihat (Sartika, 2019).

Pemberian insulin dan obat-obatan, seperti metformin dan sulfonilurea menjadi cara penanganan DM saat ini, tetapi pada beberapa kasus DM tidak dapat ditangani dengan hal tersebut. Selain itu, penggunaan Senyawa obat hasil sintesis memberikan efek samping yang dapat berakibat fatal apabila dikonsumsi dalam jangka waktu yang lama, contohnya menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) metformin dapat menimbulkan anoreksia, urtikaria, dan hepatitis.

Pada saat ini, belum ada obat yang sangat efektif untuk menangani penyakit tersebut. Pengujian senyawa bahan alam sebagai kandidat obat antidiabetes telah banyak dilaporkan. Namun, pengujian terhadap senyawa aktif dari kulit batang tumbuhan merawan belum pernah diuji dan dilaporkan sebagai agen antidiabetes. Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang telah dilakukan ekstrak metanol kulit batang tumbuhan tersebut menunjukkan aktivitas antidiabetes yang sangat kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 34,875 $\mu\text{g/mL}$ terhadap enzim α -amilase. Senyawa metabolit sekunder yang berperan dalam aktivitas antidiabetes dalam ekstrak metanol kulit batang tumbuhan tersebut belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi dan menguji aktivitas antidiabetes senyawa metabolit sekunder dari kulit batang tumbuhan *H. mengarawan* Miq. guna meningkatkan nilai mutu kulit batangnya agar kembali dibudidayakan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana senyawa metabolit sekunder dari kulit batang tumbuhan merawan (*Hopea mengarawan* Miq.) dapat diisolasi?
2. Bagaimana struktur molekul senyawa hasil isolasi dari kulit batang tumbuhan merawan (*Hopea mengarawan* Miq.)?
3. Bagaimana hasil uji aktivitas antidiabetes isolat senyawa secara *in vitro* menggunakan enzim α -amilase?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan senyawa metabolit sekunder hasil isolasi dari ekstrak metanol kulit batang tumbuhan merawan (*Hopea mengarawan* Miq.).
2. Menentukan struktur molekul senyawa hasil isolasi dari ekstrak metanol kulit batang tumbuhan merawan (*Hopea mengarawan* Miq.) secara spektroskopi.
3. Mengetahui hasil uji aktivitas antidiabetes isolat senyawa secara *in vitro* menggunakan enzim α -amilase.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi senyawa bahan alam dari kulit batang tumbuhan merawan (*H. mengarawan* Miq.).
2. Menyumbang referensi untuk bidang kimia farmasi dalam pengembangan senyawa obat antidiabetes.
3. Meningkatkan nilai mutu kulit batang merawan (*H. mengarawan* Miq.)

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dipterocarpaceae

Dipterocarpaceae merupakan famili tumbuhan tropis yang terdiri dari 16 genus dengan setidaknya memiliki 600 spesies (Lulan *et al.*, 2020; Nalle *et al.*, 2021). Famili ini terbagi dalam tiga subfamili, yaitu Monotoideae di Afrika dan Amerika Selatan, Pakaraimoideae di Amerika Selatan, dan Dipterocarpoideae di Asia (Sukendro dan Aisyiyah, 2023). Genus tumbuhan famili Dipterocarpaceae yang ada di Indonesia terdapat 9 genus antara lain *Anisoptera* (Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Maluku), *Cotylelobium* (Sumatera dan Kalimantan), *Dipterocarpus* (Jawa, Sumatera, Kalimantan, Bali, dan Lombok), *Dryobalanops* (Sumatera dan Kalimantan), *Hopea* (Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Bali, Lombok, dan Irian), *Parashorea* (Sumatera dan Kalimantan), *Shorea* (Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Irian), *Vatica* (Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Irian) dan *Upuna* (Kalimantan). Karakteristik tumbuhan ini biasanya mempunyai ukuran pohon yang besar, memiliki damar, mengandung banir, kulit batang bagian luar biasanya bersisik, memiliki daun tunggal dengan tata letak daun berseling (*alternate*), tangkai daun membengkak, bagian tepi daun rata, mempunyai daun penumpu (*stipula*) yang mudah gugur, memiliki kelopak bunga berjumlah 5 helai yang menyerupai sayap, dan mahkota bunga berjumlah 5 helai (Petrus *et al.*, 2021). Menurut daftar merah *Species Survival Commission* (SSC)/*International Union for Conservation of Nature* (IUCN), banyak spesies Dipterocarpaceae yang ditemukan di hutan berstatus sangat terancam punah dan terancam bahaya. Terdapat 17 spesies yang dikategorikan sebagai spesies daftar merah IUCN (Suryo dkk., 2023).

2.2. *Hopea mengarawan* Miq.

Tumbuhan merawan (*H. mengarawan* Miq.) yang merupakan ciri khas tanaman hutan tropis menjadi sumber kayu yang penting. Merawan menghasilkan damar yang bagus kualitasnya. Tumbuhan ini berasal dari Singapura, Indonesia (Kalimantan dan Sumatera), dan Malaysia (Sabah, Sarawak, dan Semenanjung Malaysia) (Kusmana dan Lathifah, 2021). Pohon tumbuhan merawan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon Tumbuhan Merawan (*H. mengarawan* Miq.).

Klasifikasi tanaman merawan (Ashton, P.S., 1978; APG, 2003; Cronquist, 1981) adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Filum/Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Malvales
Famili : Dipterocarpaceae
Genus : *Hopea* sp.
Spesies : *Hopea mengarawan* Miq.

2.3. Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder adalah senyawa-senyawa organik yang dapat memberikan efek fisiologis terhadap makhluk hidup, umumnya merupakan senyawa bioaktif yang berasal dari tumbuh-tumbuhan (Harahap dan Situmorang, 2021). Metabolit sekunder memiliki peran melindungi tumbuhan dari ancaman lingkungan sekitarnya. Senyawa ini juga berperan sebagai senyawa penuntun dalam penemuan dan pengembangan obat baru. Senyawa metabolit sekunder yang memiliki manfaat sebagai obat antara lain flavonoid, alkaloid, triterpenoid, tanin, saponin, dan steroid (Khafid dkk., 2023).

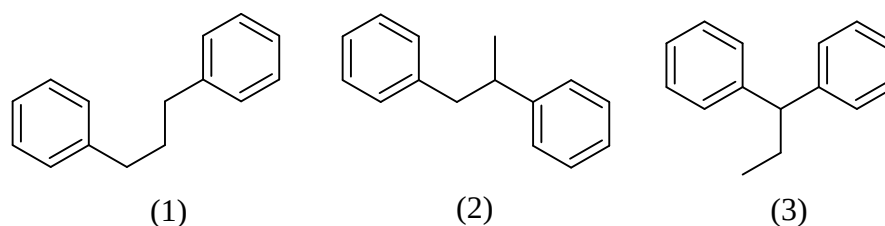
2.3.1. Senyawa Fenolik

Senyawa fenolik dibagi menjadi beberapa sub kelompok berdasarkan jumlah gugus fenolik dan elemen struktural yang menghubungkan cincin benzen, yaitu asam fenolat, flavonoid, tanin, dan stilben. Senyawa fenolik mencakup sejumlah senyawa dari molekul sederhana hingga polimer kompleks yang memiliki cincin aromatik dengan satu atau lebih gugus hidroksil (Kusriani dan Zahra., 2015). Analisis kualitatif fenolik dapat dilakukan dengan cara ekstrak sampel ditambahkan tetes demi tetes FeCl_3 1% dan hasil positifnya memberikan warna hijau kehitaman atau biru kehitaman (Abdulrahman, *et al.*, 2021). Senyawa fenol berfungsi dalam memperbaiki sel-sel yang teroksidasi oleh radikal bebas penyebab kanker dan penyakit degeneratif lainnya, serta berfungsi sebagai antiinflamasi yang dapat meningkatkan sistem imunitas (Ayyun dkk., 2023).

2.3.2. Senyawa Flavonoid

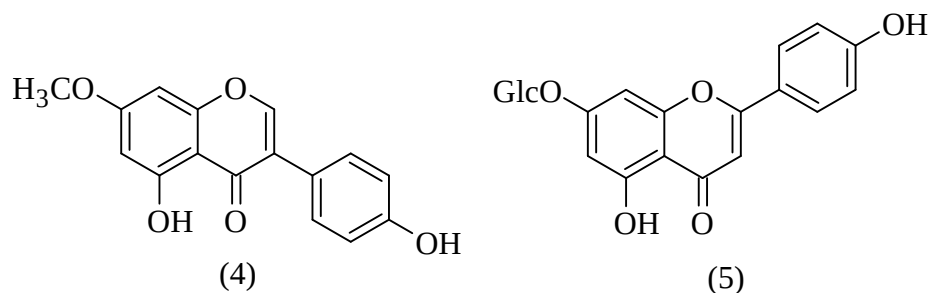
Flavonoid merupakan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan, tetapi tidak ditemukan pada mikroorganisme, alga, bakteri, fungi, dan lumut. Flavonoid termasuk kelompok senyawa fenol terbesar yang ada di alam. Sekitar 5–10% metabolit sekunder pada tumbuhan berupa flavonoid. Senyawa ini

memiliki struktur kimia dan fungsi biologis yang sangat bervariasi. Flavonoid yang merupakan senyawa turunan fenol memiliki struktur dasar fenilbenzopiron (tokoferol) dengan kerangka 15 karbon terdiri dari dua cincin benzena (C₆) yang terikat pada rantai propana (C₃), membentuk susunan C₆-C₃-C₆ sehingga dapat menghasilkan tiga jenis struktur antara lain 1,3-diarilpropan atau yang disebut flavonoid (1), 1,2-diarilpropan yang disebut isoflavonoid (2), dan 1,1-diarilpropan yang disebut neoflavonoid (3) (Heliawati, 2018). Ketiga struktur flavonoid tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Umum Senyawa Flavonoid (1); Isoflavonoid (2); Neoflavonoid (3) (Heliawati, 2018).

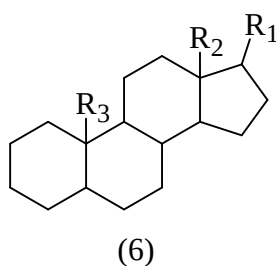
Klasifikasi flavonoid sangat beragam salah satunya diklasifikasikan menjadi flavon, flavonon, isoflavon, flavanol, flavanon, antosianin, dan kalkon. Jumlah senyawa flavonoid yang telah diidentifikasi lebih dari 6.467 senyawa dan jumlah tersebut terus meningkat (Heliawati, 2018). Senyawa Flavonoid dapat digunakan sebagai pelindung tubuh dari radikal bebas, mengurangi resiko kanker, dan antibakteri (Ayyun dkk., 2023). Senyawa golongan flavonoid yang pernah diisolasi dari famili Dipterocarpaceae antara lain dihidroksiisoflavon (4) dan apigenin (5) yang dilaporkan telah diisolasi dari *Shorea sp.* (Musa *et al.*, 2024). Struktur senyawa dihidroksiisoflavon dan apigenin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Senyawa Flavonoid dari *Shorea sp.* (Musa *et al.*, 2024).

2.3.3. Senyawa Steroid

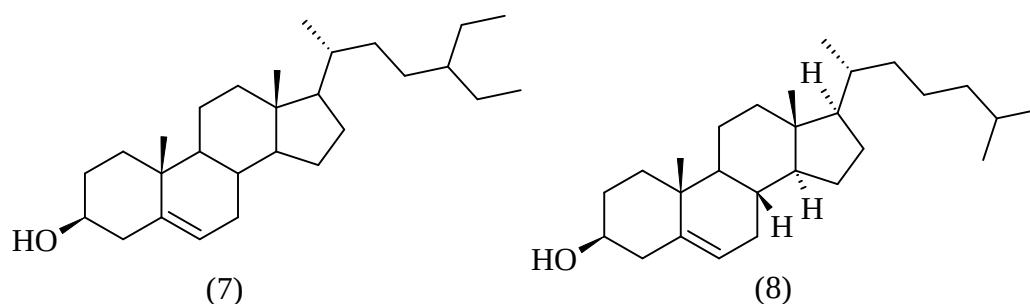
Steroid merupakan salah satu golongan senyawa triterpenoid yang memiliki struktur inti siklopentana perhidrofenantren. Struktur tersebut terdiri dari tiga cincin beranggotakan enam karbon atau sikloheksana dan satu cincin beranggotakan lima karbon atau siklopentana seperti pada Gambar 4. Beberapa steroid juga memiliki dua gugus metil yang disebut gugus metil angular pada karbon penghubung antara dua cincin terindikasi. Pada umumnya steroid berfungsi sebagai hormon (Heliawati, 2018).



Gambar 4. Struktur Umum Steroid (Heliawati, 2018).

Berdasarkan efek fisiologis yang diberikan, steroid terbagi menjadi beberapa kelompok senyawa antara lain sterol, asam-asam empedu, hormon seks, hormon adrenokortikoid, aglikon kardiak, dan sapogenin. Perbedaan antara berbagai kelompok steroid tersebut ditentukan oleh substituen alkil R_1 , R_2 , dan R_3 yang terikat pada kerangka dasar karbonnya dapat dilihat pada Gambar 4. Senyawa yang satu dengan yang lain pada suatu kelompok steroid tertentu dibedakan oleh

panjang rantai karbon R_1 , gugus fungsi yang terdapat pada substituen alkil, jumlah dan posisi gugus fungsi oksigen, letak ikatan rangkap, dan konfigurasi dari pusat-pusat asimetris pada kerangka dasar karbon tersebut (Heliawati, 2018). Senyawa steroid yang telah dilaporkan berjumlah lebih dari 250 senyawa dari berbagai spesies tumbuhan, hanya sedikit senyawa steroid yang telah berhasil diisolasi dari famili Dipterocarpaceae, misalnya β -sitosterol (7) dan compesterol (8) dari genus *Shorea sp.* (Musa *et al.*, 2024) yang disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Senyawa Steroid dari *Shorea sp.* (Musa *et al.*, 2024).

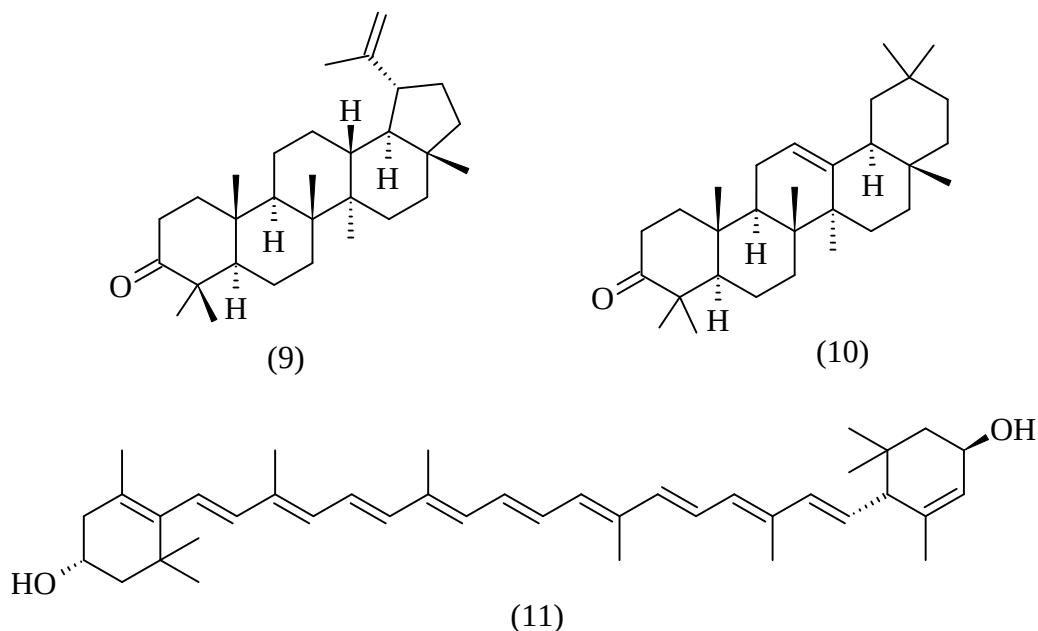
2.3.4. Senyawa Terpenoid

Senyawa terpenoid merupakan senyawa metabolit sekunder yang terdiri dari unit berulang yang disebut isopren. Oleh karena itu, terpenoid disebut juga isoprenoid. Secara struktur kimia terpenoid dapat berupa rantai terbuka atau asiklik dan siklik yang memiliki satu atau lebih cincin. Terpenoid juga dapat mengandung heteroatom pada strukturnya. Heteroatom yang paling umum di senyawa terpenoid adalah oksigen yang membentuk gugus hidroksil, karbonil, ataupun gugus fungsi lainnya. Senyawa ini memiliki rumus dasar $(C_5H_8)_n$ dengan n sebagai penentu klasifikasi terpenoid (Heliawati, 2018). Klasifikasi terpenoid ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Senyawa Terpenoid (Heliawati, 2018)

Jenis Terpenoid	Rumus Molekul	Sumber Senyawa
Monoterpen	$C_{10}H_{16}$	Minyak Atsiri
Seskuiterpen	$C_{15}H_{24}$	Minyak Atsiri
Diterpen	$C_{20}H_{32}$	Resin Pinus
Triterpen	$C_{30}H_{48}$	Saponin dan Damar
Tetraterpen	$C_{40}H_{64}$	Pigmen dan Karoten
Politerpen	$(C_5H_8)_n$	Karet Alam

Beberapa senyawa terpenoid yang telah dilaporkan berhasil diisolasi dari famili Dipterocarpaceae khususnya *Shorea sp.* antara lain 20-lupen-3-on, 12-oleanen-3-on, 12-ursen-3-on, lutein, klorofil a, friedelin, 3 β -friedelinol, asam oleanolat, asam ursolat, squalen, asam asiatat, asam 3,25-epoksi-1,2,3,11-tetrahidroksi-12-ursen-28-oat, asam 3,25-epoksi-1,2,3-trihidroksi-12-ursen-28-oat, β -amirin, α -karoten, β -karoten, dan fenofitin A (Musa *et al.*, 2024). Struktur senyawa 20-lupen-3-on (9), 12-oleanen-3-on (10), dan lutein (11) yang telah diisolasi dari *Shorea sp.* dapat dilihat pada Gambar 6.

**Gambar 6.** Struktur Senyawa Terpenoid dari *Shorea sp.* (Musa *et al.* 2024).

2.3.5. Senyawa Alkaloid

Senyawa alkaloid merupakan senyawa golongan metabolit sekunder terbanyak ditemukan di alam. Semua alkaloid mengandung paling sedikit satu atom nitrogen yang biasanya bersifat basa dan sebagian besar atom nitrogen ini merupakan bagian dari cincin heterosiklik. Senyawa alkaloid yang dikenal hingga sekarang sekitar 10.000 senyawa dengan struktur yang sangat beragam (Heliawati, 2018). Senyawa alkaloid mempunyai aktivitas antibakteri, analgesik, dan antispasmodik (Ayyun dkk., 2023). Beberapa sifat dari senyawa alkaloid adalah sebagai berikut.

- a. Memiliki atom nitrogen
- b. Pada umumnya berbentuk kristal atau serbuk amorf;
- c. Beberapa alkaloid berwujud cair, seperti konini, nikotin dan spartein;
- d. Tidak berwarna kecuali berberine (Poli aromatik);
- e. Ditemukan dalam bentuk bebas, dalam bentuk N-oksida atau dalam bentuk garamnya dari tumbuhan;
- f. Biasanya memiliki rasa yang pahit;
- g. Beberapa senyawa bersifat toksik;
- h. Optis aktif dan sebagai sistem siklik yang tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut yang relatif nonpolar
- i. Garam alkaloid mudah larut dalam air;
- j. Bersifat basa dalam karena adanya pasangan elektron bebas pada nitrogennya;
- k. Banyak dimanfaatkan dalam bidang farmasi (Heliawati, 2018).

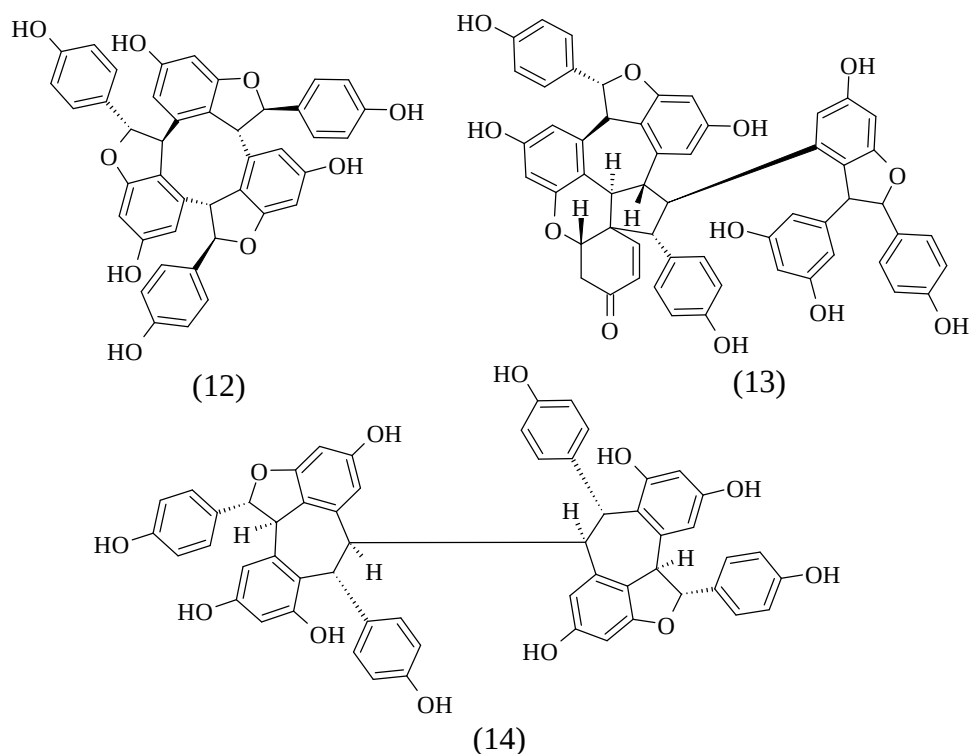
2.3.6. Senyawa Saponin

Saponin merupakan golongan glikosida yang banyak ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi. Saponin memiliki molekul gula dan dua tipe aglikon yaitu saponin steroid dan saponin triterpenoid. Saponin steroid dihidrolisis akan menghasilkan saponin, sedangkan triterpenoid dihidrolisis akan menghasilkan sapogenin. Secara farmakologi saponin steroid dapat digunakan untuk mengobati beberapa penyakit seperti diabetes, anemia, reumatik, impotensi dan syphilis. Sedangkan

saponin triterpenoid mempunyai bioaktivitas antijamur, antibakteri dan antiinflamasi (Darma dan Marpaung, 2020). Senyawa saponin sebagai antibiotik alami, meningkatkan efektivitas vaksin tertentu, melumpuhkan sel kanker, serta menurunkan kolesterol (Ayyun dkk., 2023).

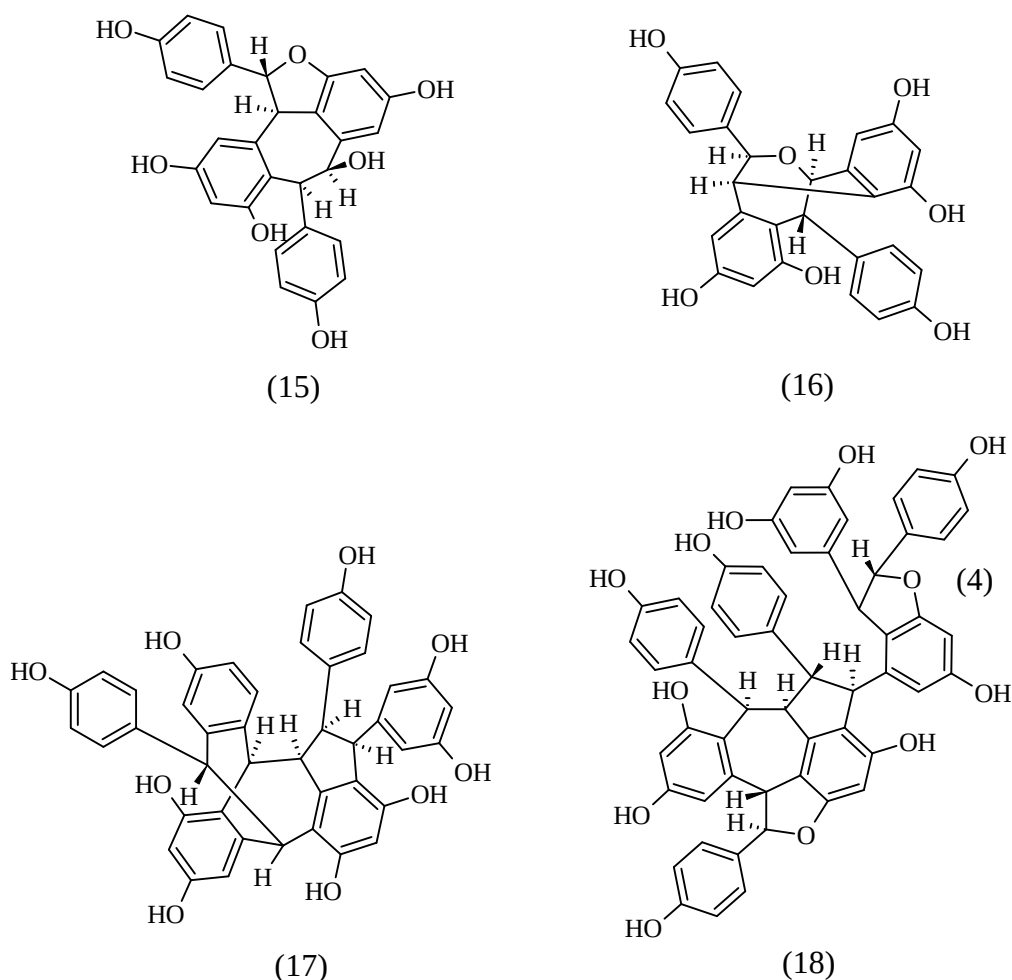
2.4. Metabolit Sekunder dari Tumbuhan Famili Dipterocarpaceae

Salah satu senyawa aktif metabolit sekunder yang berhasil diisolasi dari tumbuhan famili Dipterocarpaceae adalah senyawa α -viniferin (12) yang berasal dari *Dipterocarpus littoralis* dapat dilihat pada Gambar 7. Senyawa α -viniferin menunjukkan aktivitas penghambatan α -glukosidase dan α -amilase dengan nilai aktivitas inhibitor masing-masing 256,17 dan 212,79 $\mu\text{g/mL}$ (Lulan *et al.*, 2020). Senyawa lain yang berhasil diisolasi adalah shoreaketon (13) dan hopeafenol (14) dari *Shorea uliginosa* yang disajikan pada Gambar 7. Senyawa shoreaketon dan hopeafenol menunjukkan aktivitas antivirus yang kuat (Ito *et al.*, 2018).



Gambar 7. Struktur Senyawa Fenolik yang Berasal dari *Dipterocarpus littoralis* dan *Shorea uliginosa* (Lulan *et al.*, 2020; Ito *et al.*, 2018).

Senyawa oligostilbenoid lainnya, yaitu balanokarpol (15), heimiol A (16), vatikanol G (17), dan vatikanol B (18) juga telah diisolasi dari *H. mengarawan* yang memiliki aktivitas sebagai penangkap radikal hidroksil (Atun, 2006). Struktur keempat senyawa tersebut disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur Senyawa Fenolik dari *Hopea mengarawan* (Atun, 2006).

2.5. Metode Isolasi

2.5.1. Ekstraksi

Proses ekstraksi adalah suatu proses penarikan senyawa aktif dari dalam sampel dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Prinsip ekstraksi berdasarkan pada perpindahan komponen zat yang terlarut ke dalam pelarut (Riwanti dkk., 2020).

Teknik ekstraksi senyawa organik yang biasa digunakan antara lain maserasi, perkolasi, infusdasi, dan sokhletasi. Maserasi merupakan teknik ekstraksi dari sampel padat yang direndam menggunakan pelarut tertentu. Maserasi biasanya dilakukan secara berulang dengan penambahan pelarut setelah penyaringan maserat. Proses pengulangan ini disebut dengan remaserasi. Remaserasi biasanya dilakukan sebanyak tiga kali atau sampai kira-kira senyawa yang diekstraksi dari sampel sudah habis. Proses maserasi dapat dilakukan dengan pengadukan terus menerus yang disebut maserasi kinetik. Apabila maserasi kinetik dilakukan pada suhu 40-50°C disebut digesti (Heliawati, 2018).

Infusdasi adalah metode ekstraksi dengan pelarut air pada suhu 90°C selama 15 menit. Dekoksi serupa dengan infusdasi, tetapi membutuhkan waktu ekstraksi yang lebih lama (≤ 30 menit) dan pada suhu titik didih air. Sementara itu, Sokhletasi adalah metode ekstraksi dengan pelarut yang selalu baru digunakan secara terus-menerus. Proses ini berlangsung menggunakan alat khusus yang disebut Sokhlet, memungkinkan ekstraksi konstan dengan kondensor untuk mempertahankan siklus ekstraksi yang berulang (Heliawati, 2018).

2.3.1. Kromatografi

a) Kromatografi Vakum Cair (KCV)

Kromatografi Cair Vakum merupakan salah satu metode pemisahan yang dimodifikasi dari kromatografi kolom gravitasi dengan penambahan vakum (penarik udara) pada kolom bagian bawah. KCV biasanya digunakan untuk fraksinasi. Penggunaan KCV dengan cara sampel ditambahkan pelarut yang sesuai secara langsung pada bagian atas kolom dan divakum secara perlahan-lahan ke dalam wadah (Mierza dkk., 2023).

b) Kromatografi Kolom (KK)

Prinsip kerja kromatografi kolom didasarkan pada perbedaan daya serap dari masing-masing senyawa dalam campuran yang akan dipisahkan. Senyawa polar diserap lebih kuat oleh silika, sehingga dialiri lebih lambat melalui kolom, sementara senyawa non-polar diserap lebih lemah, menyebabkan alirannya lebih cepat. Senyawa-senyawa tersebut akan terpisah dalam kolom, membentuk lapisan berdasarkan polaritasnya, dan kemudian keluar dari kolom bersama dengan fase gerak (eluen) yang memiliki polaritas yang sesuai. Fase gerak yang digunakan bisa berupa pelarut tunggal atau campuran dua pelarut dengan perbandingan tertentu (Emilda dan Defira, 2023).

c) Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi lapis tipis (KLT) adalah salah satu jenis kromatografi planar, serupa dengan kromatografi kertas dan elektroforesis yang digunakan untuk memisahkan campuran dengan mengelusnya melalui lempeng kromatografi, kemudian dapat dilihat melalui penyemprotan atau pengecatan (Rohman, 2020). Teknik ini sering dipakai dalam pemantauan kemajuan reaksi organik dan pengujian kemurnian suatu senyawa. Lempeng yang digunakan berupa kaca, logam, atau plastik dengan lapisan tipis silika gel atau alumina sebagai fase diam, biasanya mengandung fluoresensi yang berpendar di sinar UV. Sedangkan, fase gerak terdiri dari pelarut atau campuran pelarut yang sesuai. Larutan sampel dikenakan pada lempeng KLT sebagai titik noda pada jarak tertentu dari bagian bawah lempeng sebagai titik awal dan ditempatkan dalam wadah yang berisi fase gerak (eluen) yang akan dielusi sepanjang permukaan KLT. Sampel akan terpisah menjadi beberapa komponen penyusunnya yang diidentifikasi dengan mengeringkan lempeng (Rosamah, 2019). Jarak yang ditempuh oleh masing-masing komponen diukur untuk menentukan nilai R_f (*Retention factor*) menggunakan rumus berikut.

$$R_f = \frac{\text{Jarak yang ditempuh zat}}{\text{Jarak yang ditempuh eluen}} \dots\dots\dots (1)$$

2.6. Analisis Spektroskopi

2.6.1. Spektroskopi *Ultraviolet-Visible* (UV-VIS)

Spektroskopi UV-VIS didasarkan pada pengukuran jumlah serapan sinar ultraviolet (200-350 nm) dan cahaya tampak (350-800 nm) oleh suatu senyawa. Serapan sinar UV dan cahaya tampak menyebabkan terjadinya transisi elektronik atau perpindahan elektron dari orbital keadaan dasar (*groundstate*) menuju orbital keadaan tereksitasi. Spektroskopi UV-VIS memiliki dua tipe, yaitu spektrofotometer sinar tunggal (*single beam*) dan spektrofotometer sinar ganda (*double beam*). Prinsip kerja spektroskopi UV-VIS adalah penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh sampel, setiap zat atau senyawa memiliki serapan yang berbeda-beda. Panjang gelombang dengan serapan tertinggi digunakan untuk mengukur kadar zat dalam sampel. Jumlah cahaya yang diserap oleh zat berbanding lurus dengan kadar zat (Ramdani dkk., 2023).

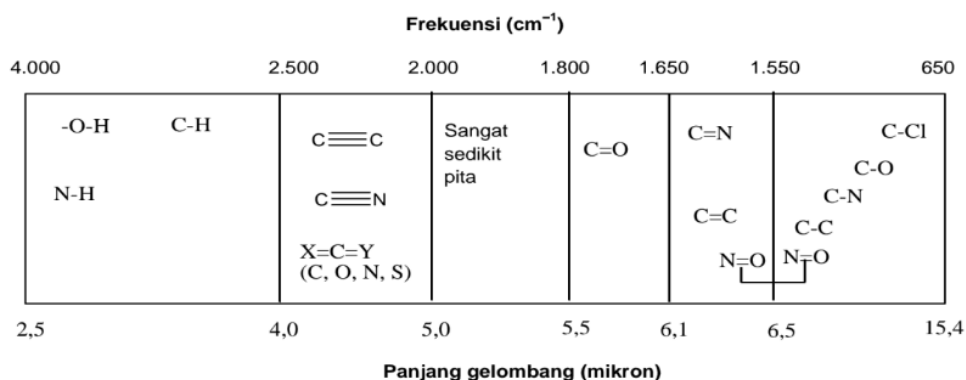
Analisis dengan spektroskopi UV-VIS untuk senyawa α -viniferin yang diisolasi dari *Shorea ovalis* Blume memberikan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) 204, 226, dan 285 nm dalam pelarut metanol (Noviany and Hadi, 2009). Senyawa hopeafenol dari *Shorea ovalis* Blume memberikan λ_{maks} 203, 231, 280 nm dalam pelarut metanol (Hadi and Noviany, 2009). Analisis terhadap isolat senyawa dari *Hopea mengarwan* diantaranya balanokarpol menunjukkan λ_{maks} 227 dan 283 nm serta heimiol A menunjukkan λ_{maks} 225, 230, dan 282 nm (Atun *et al.*, 2006).

2.6.2. Spektroskopi *Infra Red* (IR)

Analisis spektroskopi IR berdasarkan pada penyerapan radiasi elektromagnetik pada rentang panjang gelombang 2 – 15 mikron atau bilangan gelombang 4000 – 650 cm^{-1} oleh suatu senyawa. Pada spektroskopi IR energi yang ditembakkan tidak cukup untuk menyebabkan transisi elektronik. Sejumlah radiasi akan diserap atau diteruskan apabila suatu senyawa dilalui sinar inframerah. Penyerapan radiasi elektromagnetik pada daerah ini akan menyebabkan suatu molekul mengalami

vibrasi ulur (*stretching vibration*) dan vibrasi tekuk (*bending vibration*) yang dideteksi menghasilkan suatu spektrum. Rentang bilangan gelombang 1400 – 4000 cm^{-1} yang berada dibagian kiri spektrum IR berguna untuk identifikasi gugus-gugus fungsional. Sementara, rentang yang berada di sebelah kanan bilangan gelombang 1400 cm^{-1} disebut daerah sidik jari (*fingerprint region*), sering kali sangat rumit, tetapi setiap senyawa organik memiliki penyerapan yang khas pada daerah ini (Suhartati, 2013).

Oleh karena itu, salah satu keunggulan utama spektroskopi IR dengan spektroskopi lainnya disebabkan karena spektrum sidik jari. Tidak ada dua buah senyawa berbeda mempunyai spektrum IR yang sama. Satu senyawa dengan senyawa yang lain dapat dibedakan dari jumlah puncak, intensitas, atau bilangan gelombang tiap-tiap puncak pada spektrum IR (Rohman, 2021). Spektrum IR dapat dibagi menjadi 4 antara lain daerah ulur X-H (4.000 – 2.500 cm^{-1}), dengan X adalah O, N, dan C, daerah ikatan rangkap tiga (2.500 – 2.000 cm^{-1}), daerah ikatan rangkap dua (2.000 – 1.500 cm^{-1}), dan daerah sidik jari (1.500 – 600 cm^{-1}). Daerah serapan gugus-gugus fungsional yang utama dapat dilihat secara visual pada Gambar 9.



Gambar 9. Daerah Serapan Gugus Fungsional Spektrum IR (Rohman, 2021).

Analisis spektroskopi IR Senyawa α -viniferin yang diisolasi dari *Shorea ovalis* Blume memberikan serapan IR pada 3414, 2920, 1616, 1515, 1440, 1364, 1241, 1171, 1112, 996, and 831 cm^{-1} (Noviany and Hadi, 2009). Sementara itu, senyawa

hopeafenol dari *Shorea ovalis* Blume menunjukkan serapan IR pada 3335, 2910, 1615, 1600, 1516, 1456, 832.8 cm^{-1} (Hadi and Noviany, 2009). Senyawa balanokarpol dari *Hopea mengarawan* menunjukkan puncak serapan IR pada 3384, 1608, 1405, 1350, 1240, 1132, 1037, 995, dan 833 cm^{-1} , senyawa Heimiol A dari tumbuhan yang sama memberikan puncak vibrasi IR 3352, 1606, 1512, 1450, 1234, 1141, 1068, 954, dan 835 cm^{-1} (Atun *et al.*, 2006).

2.6.3. Spektroskopi *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR)

Spektroskopi NMR digunakan untuk menentukan struktur suatu senyawa berdasarkan jenis proton dan karbon. Terdapat dua jenis spektroskopi NMR, yaitu ^1H -NMR yang menunjukkan pergeseran kimia dari berbagai jenis proton di dalam sampel dan ^{13}C -NMR memberikan informasi struktural yang berhubungan dengan senyawa berdasarkan pergeseran kimia dari berbagai jenis karbon di dalam sampel. Spektroskopi ini didasarkan pada penyerapan gelombang radio oleh inti-inti tertentu dalam molekul organik yang dikenakan medan magnet yang kuat. Spektrum NMR memberikan nilai pergeseran kimia, multiplisitas, dan intensitas dari ^1H dan ^{13}C . Adapun Tabel 2 menunjukkan letak pergeseran kimia beberapa jenis ^1H pada spektrum ^1H -NMR (Sudjadi, 1985).

Tabel 2. Letak Pergeseran Kimia Spektra ^1H -NMR (Sudjadi, 1985).

Proton (^1H)	Pergeseran Kimia (ppm)
C-CH ₃ (alkana)	0,5 – 2
C≡C-H (alkuna)	2,5 – 3,5
H ₃ C-O- (eter)	3,5 – 3,8
H ₂ C=C (alkena)	4,5 – 7,5
Ar-OH (fenol)	4 – 8
R-OH (alkohol)	5 – 5,5
Ar-H (aromatik)	6 – 9
- CO-H (aldehid)	9,8 – 10,5
- CO-OH (asam karboksilat)	11,5 – 12,5

Adapun pergeseran kimia juga ditinjau dari spektra ^{13}C -NMR yang menunjukkan jenis-jenis atom karbon dalam suatu senyawa. Letak pergeseran kimia untuk beberapa jenis atom karbon dalam spektra ^{13}C -NMR (Sudjadi, 1985) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Letak Pergeseran Kimia Spektra ^{13}C -NMR (Sudjadi, 1985).

Jenis Karbon (^{13}C)	Pergeseran Kimia (ppm)
C=O (keton)	205 – 220
C=O (aldehid)	190 – 200
C=O	170 – 185
C aromatik	125 – 150
C=C (alkena)	115 – 140
RCH ₂ OH	50 – 65
RCH ₂ Cl	40 – 45
RCH ₂ NH ₂	37 – 45
R ₃ CH	25 – 35
CH ₂ CO –	20 – 30
R ₂ CH ₂	16 – 25
RCH ₃	10 – 15

Data nilai pergeseran kimia yang lebih lengkap untuk ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR dari beberapa gugus fungsi senyawa dengan TMS sebagai titik nol disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Pergeseran Kimia untuk ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR dari Beberapa Gugus Fungsi Senyawa (Settle, 1997).

Jenis Gugus Fungsi Senyawa	δ ^1H -NMR (ppm)	δ ^{13}C -NMR (ppm)
Alkana	0,5 – 1,3	5 – 35
Monosubtituen alkana	2 – 5	25 – 65
Disubtituen alkana	3 – 7	20 – 75
Siklopropil	-0,5 – 0,5	0 – 10
R-CH ₂ -NR ₂	2 – 3	42 – 70
R-CH ₂ -SR ₂	2 – 3	20 – 40
R-CH ₂ -PR ₂	2,2 – 3,2	50 – 75
R-CH ₂ -OH	3,5 – 4,5	50 – 75
R-CH ₂ -NO ₂	4 – 4,6	70 – 85

R-CH ₂ -F	2 – 5	70 – 80
R-CH ₂ -Cl	3 – 4	25 – 50
R-CH ₂ -Br	2,5 – 4	10 – 30
R-CH ₂ -I	2 – 4	-20 – 0
Epoksida	2,2 – 2,7	35 – 45
Nitril	-	100 – 120
Alkena	4,5 – 7,5	100 – 150
Alilik	1,6 – 2,1	18 – 30
Alkuna	2 – 3	75 – 95
Aromatik	6 – 9	110 – 145
Benzilik	2,2 – 2,8	18 – 30
Asam Karboksilat	10 – 13	160 – 180
Ester	-	160 – 175
Amida	5 – 9	150 – 180
Aldehid	9 – 11	185 – 205
Keton	-	190 – 220
Hidroksil	4 – 6	-

Heteronuclear Single Quantum Correlation (HSQC) merupakan salah satu NMR dua dimensi. Teknik HSQC pada dasarnya memberikan informasi tentang korelasi antara proton dengan karbon dalam satu ikatan (Breitmaier, 2002). Data hasil HSQC adalah hubungan C–H dua dimensi yang ditunjukkan sebagai sinyal δC dan δH . Pergeseran dari hubungan karbon-proton berguna dalam elusidasi struktur karena memberikan jawaban inti 1H mana yang terikat pada inti ^{13}C . Sedangkan *Heteronuclear Multiple Bond Correlation* (HMBC) merupakan salah satu jenis NMR dua dimensi yang dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara proton dengan karbon yang berjarak dua sampai tiga ikatan, sehingga dapat diketahui atom karbon tetangganya (Breitmaier, 2002).

Adapun contoh hasil analisis menggunakan spektroskopi NMR senyawa balanokarpol dari *Hopea mengarawan* (Atun *et al.*, 2006) disajikan pada Tabel 5. Sedangkan, analisis senyawa heimiol A dari *H. mengarawan* (Atun *et al.*, 2006) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Data Analisis Spektroskopi NMR balanokarpol dari *Hopea mengarawan* dengan pelarut aseton-d₆ (Atun *et al.*, 2006).

No. C	δ H (<i>mult.</i> , J Hz)	δ C	HMBC (H→C)
1a	-	133.7	-
2a, 6a	7.48 (<i>d</i> , 8.8)	131.5	C-1a, C-4a, C-7a, C-3a
3a, 5a	6.95 (<i>d</i> , 8.8)	116.4	C-1a, C-4a
4a	-	159.2	-
7a	5.70 (<i>d</i> , 9.5)	93.5	C-1a, C-2a, C-9a, C-8a, C-11b
8a	5.16 (<i>d</i> , 9.5)	52.5	C-9a, C-11b, C-10b, C-1a, C-7a, C-14a, C-10a
9a	-	142.8	-
10a	-	120.5	-
11a	-	157.4	-
12a	6.09 (<i>d</i> , 2.2)	102.0	C-11a, C-10a, C-14a, C-13a
13a	-	156.9	-
14a	5.96 (<i>d</i> , 2.2)	106.8	C-13a, C-12a, C-10a
1b	-	133.4	-
2b, 6b	6.75 (<i>d</i> , 9.5)	132.0	C-1b, C-4b, C-3b
3b, 5b	6.42 (<i>d</i> , 9.5)	114.1	C-4b, C-1b
4b	-	155.8	-
7b	4.89 (<i>br</i> , <i>s</i>)	50.2	C-1b, C-2b, C-8b, C-11a, C-10a, C-10b, C-9b
8b	5.39 (<i>br</i> , <i>s</i>)	73.2	C-7b, C-10a, C-9b, C-10b, C-9b, C-10b, C-7b
OH	4.32 (<i>d</i> , 4.4)	-	
9b	-	140.8	
10b	-	113.9	
11b	-	159.2	-
12b	6.20 (<i>d</i> , 2.2)	95.1	C-11b, C-10b, C-13b, C-14b
13b	-	159.7	-
14b	6.25 (<i>d</i> , 2.2)	104.5	C-12b, C-13b, C-10b

Tabel 6. Data Analisis Spektroskopi NMR Heimiol A dari *Hopea mengarawan* dengan pelarut aseton-d₆ (Atun *et al.*, 2006).

No. C	δ H (<i>mult.</i> , J Hz)	δ C	HMBC (H→C)
1a	-	136.8	-
2a, 6a	6.90 (<i>d</i> , 8.4)	127.9	C-7a
3a, 5a	6.69 (<i>d</i> , 8.4)	115.3	C-7a, C-1a
4a	-	157.2	-

7a	5.57 (<i>br, s</i>)	81.5	C-8a, C-1a, C-2a, C-9a
8a	4.24 (<i>br, s</i>)	46.9	C-7a, C14a, C10a, C-9b, C-9a, C-13b
9a	-	147.4	-
10a	6.41 (<i>d, 2.6</i>)	107.4	C-12a
11a	-	157.1	-
12a	6.16 (<i>d, 2.6</i>)	102.0	C-11a, C-10a, C-13a
13a	-	154.6	-
14a	-	116.0	-
1b	-	136.9	-
2b, 6b	7.14 (<i>d, 8.4</i>)	130.0	C-7b, C-4b
3b, 5b	6.72 (<i>d, 8.4</i>)	115.5	C-1b, C-4b
4b	-	157.2	-
7b	4.32 (<i>d, 3.3</i>)	50.9	C-8b, C-14a, C-2b, C-1b, C-9a, C-13a
8b	4.97 (<i>d, 3.3</i>)	81.4	C-7a, C-14b, c-10b, C-9b
9b	-	142.6	-
10b	6.48 (<i>d, 2.2</i>)	104.8	C-8b, C-12b
11b	-	158.1	-
12b	6.21 (<i>d, 2.2</i>)	102.1	C-14b, C-10b, C-11b
13b	-	156.2	-
14b	-	117.0	-

2.7. Diabetes Melitus (DM)

WHO mendefinisikan DM sebagai penyakit degeneratif yang terjadi ketika pankreas tidak cukup memproduksi insulin untuk mendukung proses metabolisme dalam tubuh manusia (Lulan *et al.*, 2020). DM ditandai dengan hiperglikemia dan gangguan metabolisme makromolekul, seperti karbohidrat, lemak, dan protein akibat efek sekresi dan atau aksi insulin (Megawati dkk., 2021). Ada dua jenis utama penyakit ini, antara lain diabetes melitus tipe 1 (T1DM) yang diakibatkan oleh kekurangan produksi insulin dan diabetes melitus tipe 2 (T2DM) yang disebabkan oleh resistensi terhadap aktivitas insulin. Penderita T1DM berjumlah 5–10% dari seluruh penderita DM, sedangkan sisanya termasuk ke dalam penderita T2DM (Ahmed *et al.*, 2022).

Pada penderita diabetes melitus dibutuhkan terapi farmakologis untuk mengelola kadar gula darah yang tinggi. Terapi farmakologis yang sering diterapkan pada penderita DM adalah pemberian obat-obatan, seperti metformin dan sulfonilurea. Metformin dibagi menjadi 2 mekanisme kerja yang efektif yaitu meningkatkan penyerapan glukosa dan mengurangi sekresi glukosa hepatik. Sulfonilurea bekerja dengan meningkatkan sekresi insulin dengan bekerja pada saluran KATP sel β -pankreas. Pemilihan obat-obatan bagi penderita diabetes harus memperhatikan beberapa hal seperti usia, golongan diabetes, dan faktor lainnya (Hardianto, 2020). Selain itu, penderita DM juga diberikan insulin melalui suntikan, pompa, atau dilakukan secara intravena. Namun penggunaan insulin yang berlebihan dapat menyebabkan penurunan kadar gula darah yang tinggi sehingga mengakibatkan hipoglikemia (Alpian dkk., 2022).

2.8. Antidiabetes

Antidiabetes merupakan suatu aktivitas yang diberikan oleh senyawa tertentu yang dapat mengobati penyakit diabetes. Pengujian aktivitas antidiabetes diuji dengan tiga cara utama yaitu secara *in vitro*, *in vivo*, dan *in silico*. Pengujian secara *in vivo* dilakukan pada hewan dengan uji streptozotocin, uji aloksan, uji toleransi glukosa, uji resistensi insulin, uji aktivitas hipoglikemik, sedangkan pengujian secara *in vitro* dibagi menjadi *α -glucosidase inhibitory assay*, *α -amylase inhibition assay*, *RIN-5F cell lines method*, dan secara *in silico* dilakukan dengan *molecular docking* (Nugraha dan Hasanah, 2018).

2.9. Uji Inhibisi Enzim α -Amilase

Uji inhibisi enzim α -amilase merupakan metode pengujian secara *in vitro* menggunakan enzim α -amilase yang mengkatalisis reaksi hidrolisis dari α -1,4-glikosidik polisakarida menjadi dekstrin, oligosakarida, maltosa, dan D-glukosa. Pengujian dapat dilakukan dengan tiga metode yang berbeda antara lain dengan

dinitrosalicylic acid method (DNSA), *starch iodine colour assay*, dan *modified starch iodine protocol*. Pertama, DNSA dilakukan dengan penambahan reagen DNSA ke dalam campuran sampel yang telah ditambahkan larutan buffer natrium fosfat, larutan enzim α -amilase, dan larutan pati. Kemudian diukur serapannya pada panjang gelombang 540 nm. Kedua, pengujian dengan *starch iodine colour assay* merupakan metode modifikasi dari metode fuwa. Pengujian dilakukan dengan penambahan larutan buffer sodium fosfat dan enzim α -amilase ke dalam sampel, lalu diinkubasi selama 10 menit pada suhu 37°C. Selanjutnya, campuran ditambahkan pati dan diinkubasi selama 15 menit pada suhu 37°C. Larutan iodine ditambahkan sebagai zat pewarna yang bereaksi dengan sisa pati dalam campuran. Perubahan warna diamati dan diukur serapannya pada panjang gelombang 620 nm. Ketiga, *modified starch iodine protocol* dilakukan dengan prosedur yang sama pada metode *starch iodine colour assay*, hanya dibedakan dengan penginkubasian setelah penambahan pati selama 1 jam yang mengakibatkan reaksi enzimatik berlangsung lebih lama (Nugraha dan Hasanah, 2018).

Data absorbansi yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung persen inhibisi menggunakan persamaan berikut (Mwakalukwa *et al.*, 2020).

$$\% \text{ Inhibisi } \alpha\text{-amilase} = \left(1 - \frac{A_2 - A_1}{A_3 - A_4}\right) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Setelah didapatkan persentase dari masing-masing konsentrasi lalu dilanjutkan perhitungan nilai IC_{50} yang merupakan nilai dari konsentrasi sampel yang dapat menghambat aktivitas enzim sebesar 50%. Nilai IC_{50} dihitung dengan rumus berikut.

$$IC_{50} = \frac{50-a}{b} \dots\dots\dots (3)$$

Perhitungan nilai IC_{50} menggunakan persamaan regresi linear yaitu $y = bx + a$ dengan konsentrasi sampel sebagai sumbu x dan persen inhibisi enzim sebagai sumbu y (Alfiani, 2022).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada Oktober 2024 hingga Mei 2025. Pelaksanaannya bertempat di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung dan Laboratorium Kimia Organik Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Determinasi tumbuhan untuk menentukan spesies telah dilakukan di Yayasan Generasi Biologi Indonesia, Gresik. Analisis spektrofotometer UV-VIS dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga. Analisis FTIR dilakukan di Lembaga Ilmu Hayati, Teknik, dan Rekayasa (LIHTR), Universitas Airlangga dan Analisis NMR dilakukan di Fakultas Farmasi, Universitas Meijo, Jepang. Pengujian antidabetes telah dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain toples kaca, corong gelas, gelas ukur, labu ukur, erlenmeyer, gelas beaker, labu alas bulat, *vacuum rotary evaporator*, botol vial, pipet tetes, kromatografi cair vakum (KCV), kromatografi kolom (KK), kromatografi lapis tipis (KLT) preparatif, plat KLT, pipa kapiler, chamber, mikropipet, mikrotip, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *waterbath*, spektrofotometer UV-VIS Shimadzu UV-1780, Spektrofotometer UV-

VIS Shimadzu 1800, Spektrofotometer IR-Tracer 100 Shimadzu serial No. A217054, dan Spektrofotometer NMR Bruker 600 MHz.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain metanol teknis, etanol teknis, *n*-heksana teknis, etil asetat teknis, kloroform, *aquadest*, kertas saring, silika gel merk 60 G, silika gel 60 GF₂₅₄ (35-70 Mesh), DMSO, enzim α -amilase, HCl 1 N, pereaksi iodin, amilum, dan sampel berupa serbuk kulit batang tumbuhan merawan (*H. mengarawan* Miq.) yang diperoleh dari Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan.

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Preparasi dan Ekstraksi

Kulit batang tumbuhan merawan (*H. mengarawan* Miq.) yang diperoleh dari Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan telah dideterminasi di Yayasan Generasi Biologi Indonesia, Gresik dengan hasil dapat dilihat pada Lampiran 1 (Gambar 27). Kulit batang diiris menjadi ukuran yang kecil dan dikeringkan sampai kadar airnya sedikit. Kemudian, kulit batang yang telah kering dihaluskan agar luas permukaan sampel lebih besar sehingga lebih mudah untuk diekstraksi. Serbuk halus ini yang digunakan dalam penelitian. Lalu diekstraksi dengan teknik maserasi selama 3 hari menggunakan pelarut metanol (MeOH) pada temperatur ruang. Kemudian, ekstrak dipekatkan menggunakan alat *rotary vacuum evaporator* hingga menghasilkan ekstrak kental berwarna kecoklatan yang disebut dengan ekstrak kasar (Lulan, *et al.*, 2020). Ekstrak yang telah pekat diekstraksi kembali dengan ekstraksi cair-cair menggunakan campuran pelarut MeOH:*n*-heksana (1:1) untuk memisahkan senyawa-senyawa polar dan nonpolar.

3.3.2. Isolasi dan Pemurnian

Pemisahan senyawa yang terdapat dalam ekstrak MeOH diawali dengan kromatografi cair vakum menggunakan eluen *n*-heksana, *n*-heksana:EtOAc, EtOAc, dan metanol. Pertama, sampel yang telah dilarutkan dengan aseton diimpregnasi pada silika kasar sebesar 2 kali berat sampel. Kemudian, kolom KCV disiapkan dengan cara penambahan adsorben berupa silika halus sebanyak 10 kali berat sampel, dipadatkan, ditekan, dan divakum (Astuti, 2021). Fraksi yang diperoleh dipisahkan dengan kromatografi kolom gravitasi eluen *n*-heksana:EtOAc (Aminah dkk., 2018).

Kromatografi kolom dilakukan dengan cara penambahan silika kasar sebanyak 30 kali berat sampel ke dalam kolom bagian bawah, ditimpa dengan silika halus sebanyak dua kali berat sampel pada bagian tengah kolom, dan selanjutnya silika kasar 10 kali berat sampel pada bagian atas kolom. Silika tersebut dicampurkan dengan pelarut hingga berbentuk bubur (*slurry*) sebelum dimasukkan ke dalam kolom dan dialiri pelarut hingga tidak terdapat rongga atau memiliki kerapatan yang maksimum. Selanjutnya sampel yang telah diimpregnasi dimasukkan ke dalam kolom. Kolom tidak boleh kehabisan pelarut yang akan mengganggu fase diam, sehingga proses elusi dapat terganggu. Pemurniaan lanjutan dilakukan dengan KLT preparatif menggunakan campuran eluen yang sesuai.

3.3.3. Uji Kemurnian

Uji kemurnian dilakukan dengan KLT menggunakan campuran eluen yang beragam. Kemurnian suatu senyawa ditunjukkan dengan satu noda pada lempengan KLT setelah pengelusian. Larutan serum sulfat digunakan untuk menampakkan bercak atau noda dari komponen senyawa tersebut.

3.3.4. Analisis Spektroskopi

3.3.4.1. Analisis Spektroskopi UV-VIS

Sampel murni sebanyak 0,1 mg dilarutkan dalam 20 mL metanol yang akan digunakan untuk beberapa kali pengukuran. Larutan diukur panjang gelombang maksimumnya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-VIS. Panjang gelombang ini akan menunjukkan kromofor dari sampel.

3.3.4.2. Analisis Spektroskopi IR

Sampel murni ditentukan gugus fungsinya dengan menggunakan FTIR. Ekstrak sampel diuji menggunakan alat FTIR yang akan menghasilkan spektrum IR dengan pelet KBr (Hu *et al.*, 2018). Kristal yang telah murni dikeringkan dan digerus bersama dengan KBr, kemudian dibentuk menjadi lempeng tipis atau pelet dengan menggunakan alat penekan berkekuatan 8-10 ton per satuan luas. Pelet tersebut diukur puncak serapannya dengan FTIR.

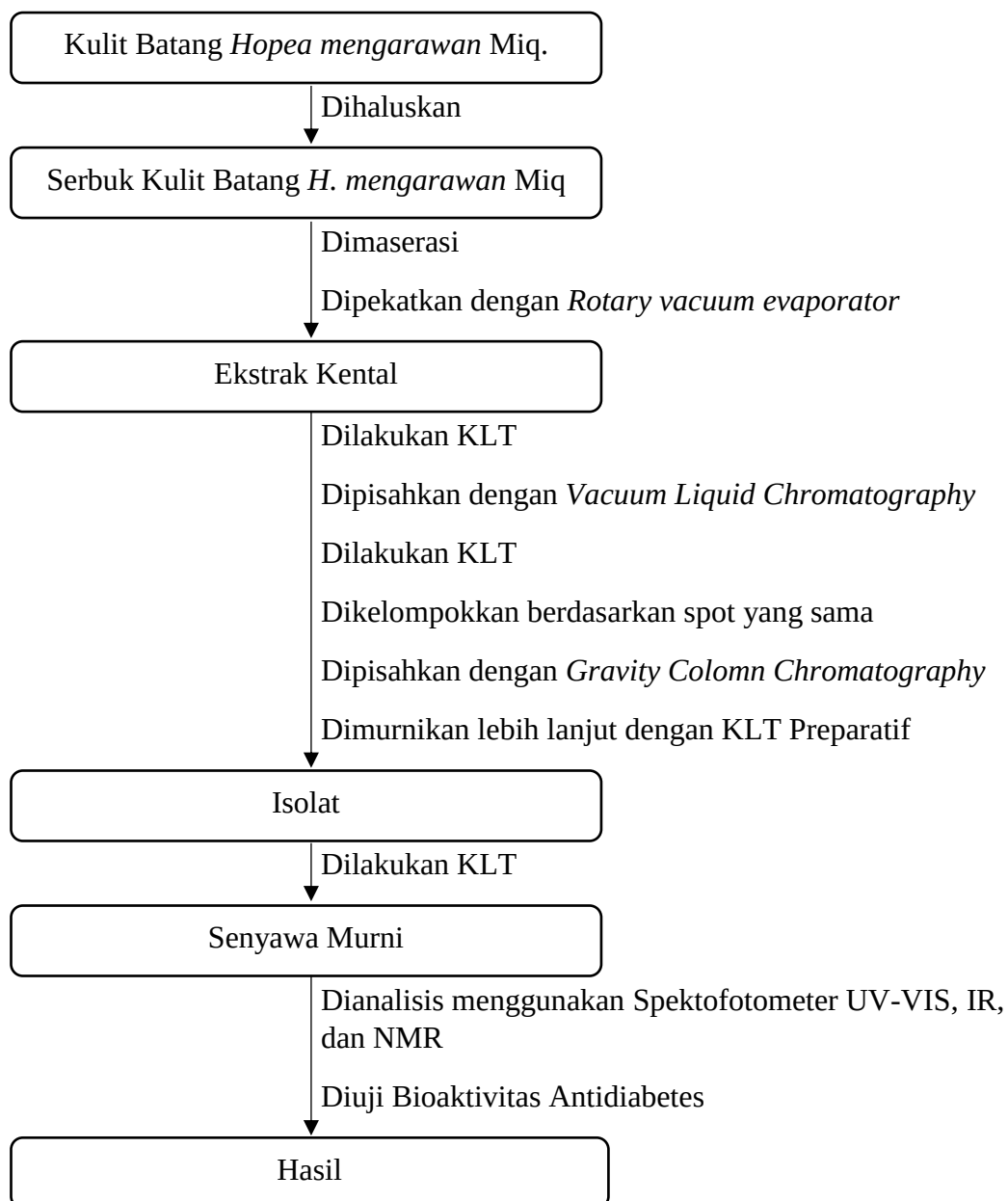
3.3.4.3. Analisis Spektroskopi NMR

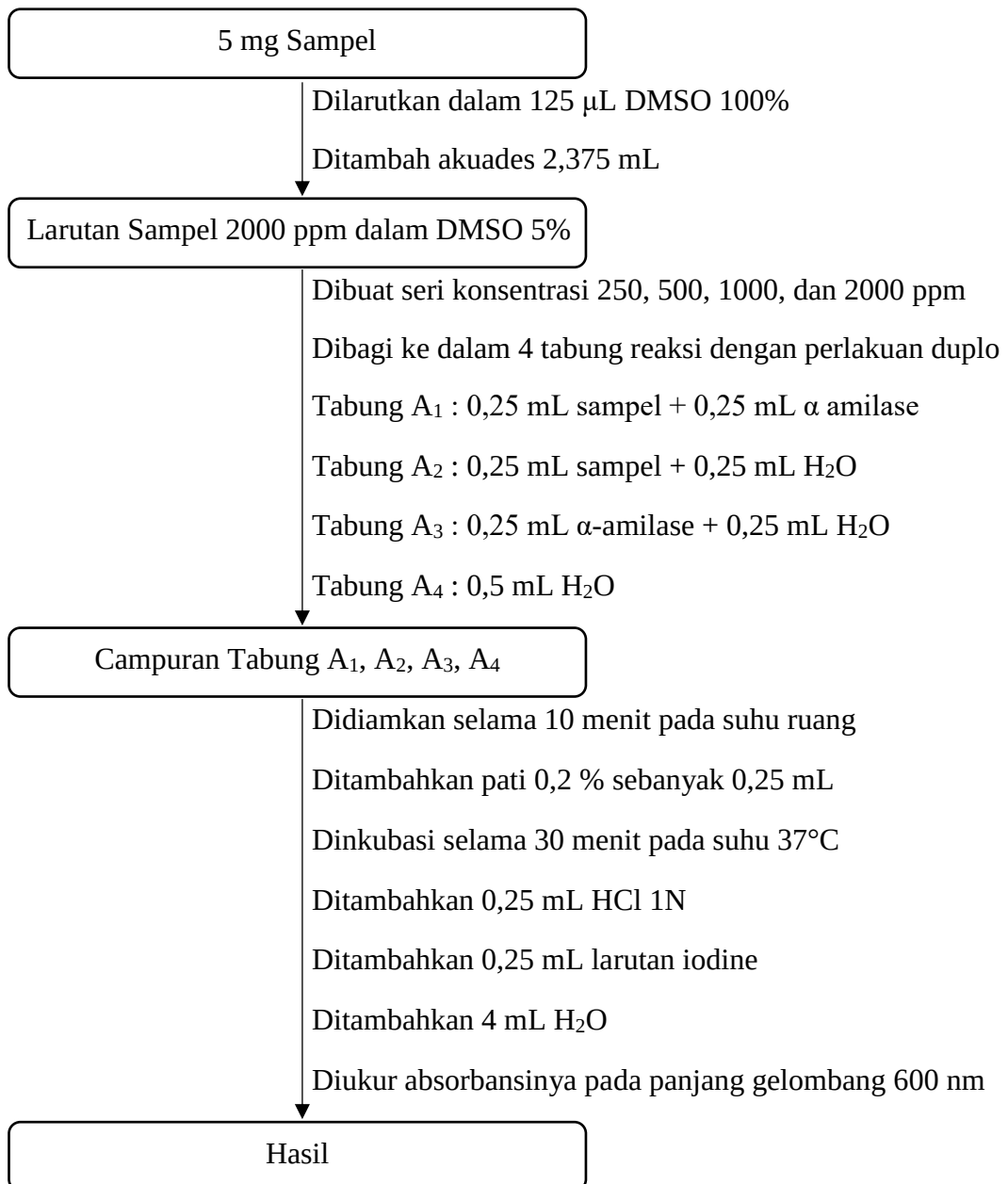
Sampel murni juga diukur menggunakan ^1H -NMR dan ^{13}C -NMR untuk menentukan pergeseran kimianya. Sampel murni yang akan diidentifikasi dilarutkan ke dalam pelarut inert yang tidak mengandung proton seperti MeOD. Larutan ini ditempatkan dalam tabung gelas tipis dengan tebal 5 mm di tengah-tengah kumparan frekuensi radio di antara dua kutub magnet yang sangat kuat. Analisa menggunakan 2D-NMR juga dilakukan terhadap sampel murni.

3.3.5. Uji Aktivitas Inhibitor Enzim α -Amilase

Uji bioaktivitas antidiabetes dilakukan secara *in vitro* dengan mengukur persen inhibisi sampel terhadap enzim α -amilase. Sampel yang akan diuji dilarutkan dalam DMSO murni. Larutan tersebut diencerkan menggunakan akuades untuk mendapatkan sampel dalam DMSO 5%. Kemudian, seri konsentrasi dibuat dan dibagi ke dalam empat tabung, antara lain tabung A₁ berisi 0,25 mL sampel dan 0,25 mL enzim α -amilase; tabung A₂ berisi 0,25 mL sampel dan 0,25 mL akuades; tabung A₃ berisi 0,25 mL enzim α -amilase dan 0,25 mL akuades; dan tabung A₄ berisi 0,5 mL akuades (Mwakalukwa *et al.*, 2020).

Keempat tabung didiamkan selama 10 menit pada suhu ruang. Kemudian, masing-masing ditambahkan 0,25 mL larutan pati 0,2 % dan diinkubasi dalam *waterbath* pada suhu 37°C selama 30 menit dengan setiap 10 menit tabung digoyangkan. Selanjutnya, reaksi enzimatik dihentikan dengan penambahan HCl 1 N pada masing-masing tabung. Lalu, 0,25 mL larutan iodin dan 4 mL akuades ditambahkan ke dalam tabung (Mwakalukwa *et al.*, 2020). Absorbansi larutan diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 600 nm (Fuwa, 1954). Data absorbansi yang diperoleh akan digunakan untuk menghitung persen inhibisi menggunakan Persamaan 2. Setelah didapatkan persentase dari masing-masing konsentrasi lalu dilanjutkan perhitungan nilai IC_{50} yang merupakan nilai dari konsentrasi sampel yang dapat menghambat aktivitas enzim sebesar 50%. Nilai IC_{50} dihitung dengan Persamaan 3.

Bagan Isolasi Senyawa Metabolit Sekunder

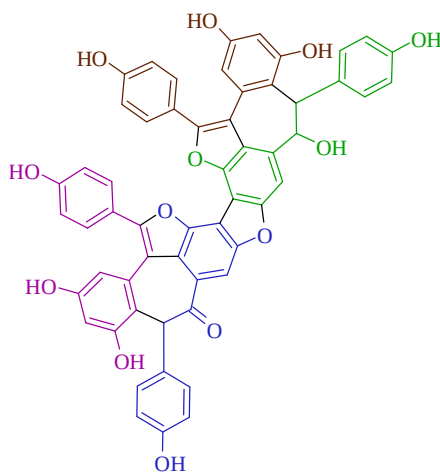
Bagan Uji Inhibisi Enzim α -Amilase

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Adapun simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini telah berhasil diisolasi senyawa baru golongan tetramer resveratrol dari kulit batang tumbuhan merawan (*H. mengarawan* Miq.) dalam bentuk padatan kuning kecoklatan sebanyak 19,8 mg dengan kode NV47.
2. Struktur molekul senyawa baru hasil isolasi telah ditentukan struktur molekulnya berdasarkan data spektrum UV-VIS, IR, $^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, dan 2D-NMR sebagai berikut:



3. Pengujian bioaktivitas antidiabetes Isolat Senyawa NV47 menunjukkan aktivitas yang sangat lemah dengan nilai IC_{50} sebesar $1518,49 \pm 130,96$ $\mu\text{g/mL}$.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk mengisolasi senyawa metabolit sekunder lainnya yang mungkin memberikan kontribusi terhadap aktivitas antidiabetes dari ekstrak metanol kulit batang tumbuhan merawan (*H. mengarawan* Miq.) tersebut. Selain itu, studi lanjutan juga perlu dilakukan guna mengeksplorasi potensi aktivitas ekstrak metanol tumbuhan tersebut dan senyawa hasil isolasinya, seperti studi pengujian antimikroba, antiinflamasi, sitotoksik, dan aktivitas farmakologis lainnya, maupun antidiabetes dengan metode uji yang lain. Senyawa yang berhasil diisolasi juga perlu divalidasi kebenaran strukturnya dengan fragmentasi menggunakan spektroskopi Massa.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrahman, Utami, S.R., Widia, dan Roanisca, O. 2021. Kajian Metabolit Sekunder Batang Bajakah (*Spatholobus littoralis hassk.*) dalam Pengembangan sebagai Obat Herbal Antikanker Payudara dan Antioksidan. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*. 29–30 September 2021, Pangkalpinang, Indonesia. pp. 46–49 .
- Ahmed, A., Rauf, A., Hemeg, H.A., Qureshi, M.N., Sharma, R., Aljohani, R.S.M., Alhumaydhi, F.A., Khan, I., Alam, A. dan Rahman. M.M. 2022. Green synthesis of gold and silver nanoparticles using opuntia dillenii aqueous extracts: characterization and their antimicrobial assessment. *Journal of Nanomaterials*. **2022**(1):1–17.
- Alfiani, L. A., 2022. Uji aktivitas penghambatan enzim α -amilase oleh ekstrak herba ciplukan (*Physalis Angulate* L) Secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan (JIWP)*. **8**(15):335–346.
- Alpian, M., Alfarizi, L, M., dan Almahera. 2022. Diabetes mellitus tipe 2 dan pengobatannya. *Journal of Public Health and Medical Studies*. **1**(1):13–23.
- Aminah, N.S., Kristanti, A.N., dan Labibah. Q. 2018. 4-Etoksi-3-Metoksifenol dan Metil-3,4-Dihidroksibenzoat, dua senyawa turunan fenolik dari ekstrak etil asetat kulit umbi gadung (*Dioscorea hispida dennst*) dan aktivitas antioksidan ekstrak etil asetat. *Jurnal Kimia Riset (JKR)*. **3**(1):71–77.
- APG. 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, 399-436.
- Ashton, P.S. 1983. *Flora Malesiana Volume 9 Bagian 3: Dipterocarpaceae*. Martinus Nijhoff Publisher. Den Haag.
- Astuti, N.M.F. 2021. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Non Polar Daun Tumbuhan Sungkai (*Peronema canescens* Jack) Serta Uji Toksisitas Menggunakan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). *Skripsi*. Universitas Lampung.

- Atun, S. 2006. Aktivitas oligoresveratrol dari kulit batang *Hopea mengarawan* (Dipterocarpaceae) sebagai penangkap radikal hidroksil. *Hayati J. Biosci.* **13**(2):65–68.
- Atun, S., Achmad, S.A., Niwa, M., Arianingrum, R., and Aznam, N. 2006. Oligostilbenoids from *Hopea mengarawan* (Dipterocarpaceae). *Biochem. Syst. Ecol.* **34**(8):642–644.
- Atun, S., Aznam, N., Arianingrum, R., and Niwa, M. 2006. Balanocarpol and heimiol A, two resveratrols dimer from stem bark *Hopea mengarawan* (Dipterocarpaceae). *Indo. J. Chem.* **6**(1):75-78.
- Ayyun, K., Rosyadah, Y.K.I., Atikah, N., Arianti, S.P., Maulidini, C., Agustino, F., Putri, N.K., Seran, A.A., Klau, S.I.C., dan Ningsih, A.W. 2023. Artikel Review: profil studi fitokimia dan aktivitas farmakologi buah mangga (*Mangifera indica* L.). *Journal Sains Farmasi dan Kesehatan (JSFK)*. **1**(2):60–68.
- Bretmaier, E. 2002. *Structure Elucidation by NMR in Organic Chemistry. A Practical Guided. Third Revised Edition.* John Wiley and Sons Ltd. Sussex.
- Chatri, M., Jumjunidang, Zahratul A., dan Febriani D. S. 2022. Aktivitas antifungi ekstrak daun *Melastoma malabathricum* terhadap *Fusarium oxysporum* dan *Sclerotium rolfsii* secara *In Vitro*. *Jurnal Agrotek Tropika (JAT)*. **10**(3): 395–401.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Clasification of Flowering Plants.* Columbia University Press. New York.
- Darma, W., dan Marpaung, M, P. 2020. Analisis jenis dan kadar saponin ekstrak akar kuning (*Fibraurea chloroleuca* Miers) Secara Gravimetri. *Dalton: Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia.* **3**(1):51–59.
- Emilda, dan Delfira, N. 2023. Pemanfaatan silika gel 70-230 Mesh bekas sebagai pengganti fase diam kromatografi kolom pada praktikum kimia organik. *Indonesian Journal of Laboratory (IJL).* **6**(1):45–51.
- Fuwa, H. 1954. New Method for microdetermination of amylase activity by the use of amylose as the substrate. *J. Biochem.* **41**(5):583–603.
- Gunawan, F.R. Srihardyastutie, A., Roosdiana, A., dan Safitri, A. 2022. Mikroenkapsulasi berbasis gum arabik dari ekstrak air pletekan (*Ruellia tuberosa* L.) dan aktivitas inhibisi terhadap alpha amilase. *Indonesian Green Technology Journal (IGTJ).* **2**(5):79–85.
- Hadi, S. and Noviany. 2009. The isolation of hopeaphenol, a tetramer stilbene, from *Shorea ovalis* Blume. *Adv. in Nat. Appl. Sci.* **3**(1):107-112.

- Harahap, S.N., dan Situmorang, N. 2021. Skrining fitokimia dari senyawa metabolit sekunder buah jambu biji merah (*Psidium quajava* L.). *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika, dan Sains*. 5(2):153–164.
- Hardianto, D. 2021. Telaah komprehensif diabetes melitus: klasifikasi, gejala, diagnosis, pencegahan, dan pengobatan. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia (JBBi)*. 7(2):304–317.
- Heliawati, L. 2018. *Kimia Organik Bahan Alam*. Pascasarjana Universitas Pakuan. Bogor.
- Hu, H.B., Liang, H.P. Li, H.M., Yuan, R.N., Sun, J., Zhang, L.L., Han, M.H., and Wu, Y. 2018. Isolation, modification, and cytotoxic evaluation of stilbenoids from *Acanthopanax leucorrhizus*. *Fitoterapia*. 124(25):167–176.
- Ismail, I, A., Riga., Suryani, O., Insani, M., Pernadi, N, L., dan Febriyanti, A. 2022. Analisis Spektrum 1H-NMR: Penjelasan Sederhana. *Int. J. Acad. Multidiscip. Res*. 6(12): 336-341.
- Ito, T., Hayashi, K., Nishiguchi, M., Hayashi, T., and Iinuma, M. 2018. Resveratrol oligomer C-glucosides and anti-viral resveratrol tetramers isolated from the stem bark of *Shorea uliginosa*. *Phytochemistry Letters*. 28(1):1–7.
- Khafid, A., Wiraputra, M.D., Putra, A.C., Khoirunnisa, N., Putri, A.A.K., Suedy, S.W.A., dan Nurcahyati, Y. 2023. Uji kualitatif metabolit sekunder pada beberapa tanaman yang berkhasiat sebagai obat tradisional. *Buletin Anatomi dan Fisiologi (BAF)*. 8(1):61–80.
- Kusmana, C. dan Lathifah, A. 2021. Keragaan tegakan merawan (*Hopea mengarawan* miq.) dan keruing gunung (*Dipterocarpus retusus blume*) di Hutan Penelitian Dramaga, Bogor. *Jurnal Silvikultur Tropika (JST)*. 12(3):186–193.
- Kusmiyati, M. Sudaryat, Y., Rismiyarti, Z., dan Sari, E.D. 2023. Uji aktivitas ekstrak daun dan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai antidiabetes melalui inhibisi α -amilase. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*. 15(1):163–171.
- Kusriani, R.H dan Zahra, S.A. 2015. Skrining fitokimia dan penetapan kadar senyawa fenolik total ekstrak rimpang lengkuas merah dan rimpang lengkuas putih (*Alpinia Galanga* L.). Prosiding SnaPP Kesehatan. Bandung, Indonesia. pp. 2477–2356.

- Le, H.T., Luu, T.N., Nguyen, H.M.T., Nguyen, D.H.T., Le, P.T.Q., Trinh, N.N., Le, V.S., Nguyen, H.D., and Van, H.T. 2021. Antibacterial, antioxidant and cytotoxic activities of different fractions of acetone extract from flowers of *Dipterocarpus intricatus* Dyer (Dipterocarpaceae). *Plant Sci. Today*. **8**(2):273–277.
- Lulan, T.Y.K., Fatmawati, S., Santoso, M., and Ersam, T. 2020. α -Viniferin as a potential antidiabetic and antiplasmodial extracted from *Dipterocarpus littoralis*. *Heliyon*. **6**(5):1–6.
- Megawati, Fajriah, S., Meilawati, L., Supriadi, E., Widiarti, G. 2021. Kandungan fenolik dan flavonoid total daun *Macaranga hispida* (Blume) Mull. Arg sebagai kandidat obat antidiabetes. *Jurnal Kefarmasian Indonesia (JKI)*. **11**(1):1–7.
- Mierza, V., Antolin, Ichsani, A., Dwi, N., Sridevi, dan Dwi S. 2023. Research article: isolasi dan identifikasi senyawa terpenoid. *Jurnal Surya Medika (JSM)*. **9**(2):134–141.
- Musa, A., Aminah, N.S., Kristanti, A.N., Fathoni, I., Amalia, R.T., Thant, T.M., Rajasulochana, P., and Takaya Y. 2024. Phytochemical and pharmacological profile of genus *Shorea*: a review of the recent literature. *Heliyon*. **10**(2):1–23.
- Mwakalukwa, R., Amen, Y., Nagata, M., and Shimizu, K. 2020. Postprandial hyperglycemia lowering effect of the isolated compounds from olive mill wastes—an inhibitory activity and kinetics studies on α -glucosidase and α -amylase enzymes. *ACS Omega*. **5**(32):20070–20079.
- Nalle, H.A., Lulan, T.Y.K., Rozari, P., dan Ola, A.R.B. 2021. Bioaktivitas metabolit sekunder dari genus *Dipterocarpus*. *Chemistry Notes (CN)*. **1**(2):1–11.
- Noerdin, D. 1986. *Elusidasi Struktur Senyawa Organik dengan Cara Spektroskopi Ultralembayung dan Inframerah*. Angkasa. Bandung.
- Noviany, and Hadi, S. 2009. The isolation of α -viniferin, a trimer stilbene, from *Shorea ovalis* Blume. *Mod. Appl. Sci*. **3**(4):45-51.
- Nugraha, M.R., dan Hasanah, A.N. 2018. Review Artikel: Metode pengujian aktivitas antidiabetes. *Farmaka*. **16**(3):28–34.
- Nuraisyah, F., Purnama, J.S., Nuryanti, Y., Agustin, R.D., Desriani, R., dan Putri, M.U. 2021. Edukasi Pencegahan Penyakit Tidak Menular pada Lansia untuk Meningkatkan Kualitas Hidup. *PengabdianMu. J. Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*. **6**(4):364–368.

- Petrus, S., Manurung, T.F., dan Kartikawati, S.M. 2021. Identifikasi jenis pohon *family* Dipterocarpaceae pada hutan rawa gambut di KHDTK Universitas Tanjungpura Kecamatan Mandor Kabupaten Landak Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari (JHL)*. **9**(4):584–598.
- Plasmawati, K.D., Artini, K.S., dan Permatasari, D.A.I. 2023. Penetapan kadar flavonoid dan uji aktivitas penghambat enzim α -amilase ekstrak etanol dan fraksi kulit pisang emas (*Musa acuminata Colla*) secara *in-vitro*. *Pharmasipha*. **7**(2):108–119.
- Prabowo, N.A., Ardyanto, T.D., Hanafi, M., Kuncorowati, N.D.A., Dyanneza F., Apriningsih, H., dan Indriani, A.T. 2021. Peningkatan pengetahuan diet diabetes, *self management* diabetes dan penurunan tingkat stres menjalani diet pada pasien diabetes mellitus tipe 2 di Rumah Sakit Universitas Sebelas Maret. *Warta LPM*. **24**(2): 285–296.
- Pratibha, M.G.I., Rahmadanti, D.V., Elviana, D., Ramadhan, M.F., Pratama, N.P.A.D., Pramudia, R.A., & Noviany, N. 2025. Phytochemical study and total phenolic content analysis of methanol extract of stem bark of merawan (*Hopea mengarawan* Miq.) . *Journal of Pharmaceutical and Sciences (JPS)*. **8**(2):753–760.
- Ramdani, N., Mustam, M., dan Aziz, H. 2023. *Bahan Ajar Kimia Instrumentasi*. Omera Pustaka. Banyumas.
- Riwanti, P., Izazih, F., dan Amaliyah. 2020. Pengaruh perbedaan konsentrasi etanol pada kadar flavonoid total ekstrak etanol 50,70 dan 96% *Sargassum polycystum* dari Madura. *Journal of Pharmaceutical Care Anwar Medika (J-PhAM)*. **2**(2):82–95.
- Rohman, A. 2020. *Analisis Farmasi dengan Kromatografi Cair*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rohman, A. 2021. *Spektroskopi Vibrasional Teori dan Aplikasinya untuk Analisis Farmasi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Rosamah, E. 2019. *Kromatografi Lapis Tipis: Metode Sederhana dalam Analisis Kimia Tumbuhan Berkayu*. Mulawarman University Press. Samarinda.
- Saifudin, A. 2014. *Senyawa Alam Metabolit Sekunder Teori, Konsep, dan Teknik Pemurnian*. Deepublish:Yogyakarta.
- Sarjono, P.R., Ismiyarto, Ngadiwiyana, dan Prasetya, N.B.A. 2022. Bakteri endofit F4 dari daun pepaya (*Carica papaya* L): potensinya sebagai penghasil enzim ekstraseluler. *Greensphere: J. Environ. Chem*. **2**(1):1–7.

- Sartika, N.H.F. 2019. Kadar HbA1c pada pasien wanita penderita diabetes mellitus tipe 2 di RSUD dr. Doris Sylvanus Palangka Raya. *Borneo J. Med. Lab. Tech.* **2**(1): 97–101.
- Settle, F.A. 1997. *Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry*. Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Suhartati, T. 2013. *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-VIS dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. CV. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.
- Sukendro, A., dan Aisyiyah, S. 2023. Systematic review: sejarah persebaran dan konservasi famili Dipterocarpaceae melalui perbanyakan vegetatif. *Jurnal Silvikultur Tropika (JST)*. **14**(2):168:175.
- Suryo, R., Martunis, dan Harnelly, E. 2023. Keanekaragaman dan status konservasi meranti putih (*Parashorea lucida Kurz*) pada Kawasan Jambur Gele, Taman Nasional Gunung Leuser. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian (JIMFP)*. **8**(3):617–626.
- Wahyuni, S. 2017. *Biokimia Enzim dan Karbohidrat*. Unimal Press. Lhokseumawe.
- Wirasti, Lestari, T., dan Isyti'aroh. 2021. Penghambatan ekstrak daun kremah (*Alternanthera sessilis*) terhadap enzim α -amilase secara *In-Vitro*. *Pharmacon*. **18**(1):68–74.