

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER
DARI FRAKSI ETIL ASETAT KULIT BATANG DAMAR MATA
KUCING (*Shorea javanica*) DAN UJI ANTIDIABETES SECARA *IN VITRO***

(Skripsi)

Oleh

**INGGIT PRATIWI PUTRI SETIANINGRUM
NPM 2157011008**



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

ABSTRAK

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DARI FRAKSI ETIL ASETAT KULIT BATANG DAMAR MATA KUCING (*Shorea javanica*) DAN UJI ANTIDIABETES SECARA *IN VITRO*

Oleh

Inggit Pratiwi Putri Setianingrum

Departemen Kesehatan Republik Indonesia menyatakan bahwa diabetes melitus (DM) merupakan gangguan metabolik yang disebabkan oleh ketidakmampuan pankreas dalam memproduksi insulin dalam jumlah yang cukup. Akibatnya, kadar glukosa dalam darah meningkat. Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang melimpah, salah satunya damar mata kucing (*Shorea javanica*) yang tersebar di Sumatera dan berpotensi sebagai tanaman obat karena kandungan senyawa bioaktif di dalamnya. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi senyawa dari fraksi etil asetat kulit batang *S. javanica* serta mengevaluasi aktivitas antidiabetesnya melalui uji inhibisi enzim α -amilase secara *in vitro*. Tahapan penelitian meliputi proses ekstraksi sampel yang dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut metanol, dilanjutkan partisi bertingkat menggunakan pelarut etil asetat, isolasi senyawa dengan metode kromatografi cair vakum (KCV) dan kromatografi kolom gravitasi (KKG), dilakukan karakterisasi senyawa dengan spektroskopi NMR dan LC-MS/MS. Uji aktivitas antidiabetes dilakukan secara *in vitro* menggunakan enzim α -amilase. Hasil analisis $^1\text{H-NMR}$ menunjukkan bahwa senyawa NVI 10 hasil isolasi diprediksi merupakan senyawa golongan stilbenoid berupa trimer resveratrol. Data LC-MS/MS menunjukkan waktu retensi sebesar 7,71 menit dan nilai m/z 679,1958 dan prediksi rumus molekul $\text{C}_{42}\text{H}_{30}\text{O}_9$. Uji aktivitas antidiabetes terhadap enzim α -amilase menunjukkan bahwa senyawa NVI 10 tersebut memiliki aktivitas sedang, dengan nilai IC_{50} sebesar 149,69 $\mu\text{g/mL}$.

Kata Kunci: *Shorea javanica*, metabolit sekunder, antidiabetes, α -amilase

ABSTRACT

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF SECONDARY METABOLITE COMPOUNDS FROM THE ETHYL ACETATE FRACTION OF DAMAR MATA KUCING (*Shorea javanica*) STEM BARK AND IN VITRO ANTIDIABETIC ACTIVITY ASSAY

By

Inggit Pratiwi Putri Setianingrum

The Indonesian Ministry of Health states that diabetes mellitus (DM) is a metabolic disorder caused by the pancreas's inability to produce sufficient insulin, resulting in elevated blood glucose levels. Indonesia possesses abundant biodiversity, one of which is the mata kucing resin (*Shorea javanica*), widely distributed in Sumatra and considered a potential medicinal plant due to its bioactive compound content. This study aims to identify compounds from the ethyl acetate fraction of *S. javanica* stem bark and to evaluate their antidiabetic activity through *in vitro* α -amylase enzyme inhibition assay. The research stages included sample extraction using the maceration method with methanol solvent, followed by liquid-liquid partitioning using ethyl acetate. Compound isolation was conducted using vacuum liquid chromatography (VLC) and gravity column chromatography (GCC). The isolated compound was then characterized using NMR spectroscopy and LC-MS/MS analysis. The antidiabetic activity assay was performed *in vitro* using the α -amylase enzyme. The ^1H -NMR analysis suggests that the isolated compound NVI 10 is predicted to be a stilbenoid compound in the form of a resveratrol trimer. LC-MS/MS data showed a retention time of 7.71 minutes with an m/z value of 679.1958 and a predicted molecular formula of $\text{C}_{42}\text{H}_{30}\text{O}_9$. The α -amylase enzyme assay revealed that compound NVI 10 exhibited moderate antidiabetic activity, with an IC_{50} value of 149.69 $\mu\text{g/mL}$.

Keywords: *Shorea javanica*, secondary metabolite compounds, antidiabetic, α -amilase

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER
DARI FRAKSI ETIL ASETAT KULIT BATANG DAMAR MATA
KUCING (*Shorea javanica*) DAN UJI ANTIDIABETES SECARA *IN VITRO***

Oleh

INGGIT PRATIWI PUTRI SETIANINGRUM

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Judul : **ISOLASI DAN IDENTIFIKASI SENYAWA
METABOLIT SEKUNDER DARI FRAKSI ETIL
ASETAT KULIT BATANG DAMAR MATA
KUCING (*Shorea javanica*) DAN UJI
ANTIDIABETES SECARA *IN VITRO***

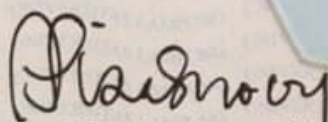
Nama Mahasiswa : **Inggit Pratiwi Putri Setianingrum**

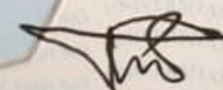
NPM : **2157011008**

Program Studi : **Kimia**

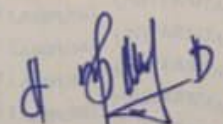
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




Prof. Dr. Noviany, S.Si., M. Si.
NIP.1973111998022001


Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc.
NIP.197104151995121001

2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung**


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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

Noviany
.....

Sekretaris

: Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc.

Sutopo Hadi
.....

Penguji

Bukan Pembimbing : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.

Diky Hidayat
.....



Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Inggit Pratiwi Putri Setianingrum
Nomor Induk Mahasiswa : 2157011008
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya dan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul **“Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Fraksi Etil Asetat Kulit Batang Damar Mata Kucing (*shorea javanica*) dan Uji Antidiabetes secara *In Vitro*”** adalah benar karya sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 5 Agustus 2025



Inggit Pratiwi Putri Setianingrum
NPM. 2157011008

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Inggit Pratiwi Putri Setianingrum lahir di Bogor pada tanggal 07 Juli 2001 yang merupakan anak bungsu dari alm. Bapak Budi Harjo dan almh. Ibu Sunarti.

Penulis mengawali Pendidikan di TK Kasih Ibu dan selesai pada tahun 2007, kemudian melanjutkan Pendidikan di SDN 2 Cikaret (2007-2013), SMP Citra Nusa Cibinong (2013-2016),

dan SMK Analis Kimia YKPI Bogor (2016-2020). Pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang S1 di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung melalui Jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN-Barat).

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan organisasi sebagai Anggota Biro Penerbitan di Himpunan Mahasiswa Kimia pada tahun 2022.

Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Volunteer AIESEC Universitas Lampung pada bidang Pendidikan. Dan diamahkan sebagai Asisten Praktikum mata kuliah Kimia Organik untuk Mahasiswa Jurusan Biologi pada tahun 2024 dan Kimia Organik I pada tahun 2025. Selain itu, penulis juga mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) pada bidang Membangun Desa di tahun 2023, selama 1 semester di desa Rejomulyo, Lampung Selatan. Penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Universitas Lampung, yang dilanjutkan penulis dengan mengerjakan tugas akhir sebagai salah satu syarat kelulusan sebagai sarjana sains.

.

MOTTO

“Allah memang tidak menjanjikan hidupmu akan selalu mudah, tapi dua kali Allah berjanji bahwa: Fa inna ma’al usri yusro innama’al usri yusro”

(QS. Al-Insyirah 94; 5-6)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu”

(QS. Al-Baqarah; 126)

“Kehidupan ini bukanlah semata-mata untuk memuaskan diri sendiri, tetapi untuk memberi manfaat kepada orang lain”

(Buya Hamka)

“Hanya karena proses mu lebih lama dari orang lain, bukan berarti kamu gagal”

(Park Jihoon from Treasure)

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirobbil alamin puji syukur kepada Allah subhanahu wata'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang telah menyertai setiap langkahku, sehingga saya dapat menyelesaikan karya tulis ini. Yang saya persembahkan kepada:

Kedua orang tuaku tercinta, Alm. Bapak Budi Harjo dan Almh. Mama Sunarti yang semasa hidupnya menjadi orang tua yang hebat, selalu menjadi sumber kekuatan dan semangat dalam setiap langkah hidupku. Terima kasih atas doa, kasih sayang, pengorbanan dan keikhlasan yang tak pernah putus semasa hidup. Terima kasih telah melahirkan dan memberikan ilmu untuk anak bungsu kalian menjadi pribadi yang tegar dan penuh cinta.

Kakak-kakakku tersayang, Wahyu Kurniadi, Wahyu Dwi Ardi, Wahyu Trisandi, Siti Kholiah, Miranti dan Oktavia Istifaryanti yang selalu menjadi sumber kekuatan dan semangat dalam menjalani kehidupan perkuliahan. Terima kasih telah menjadi peran pengganti untuk bapak dan mama, tanpa kalian saya bukanlah apa-apa.

Pembimbing penelitian, Ibu Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si., Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc., dan seluruh Dosen Jurusan Kimia yang telah sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan ilmu serta pengalaman yang sangat berarti. Terima kasih atas kesabaran yang telah kalian curahkan selama proses ini. Semoga karya kecil ini menjadi langkah awal untuk terus belajar, berkembang, dan bermanfaat bagi banyak orang.

Serta

Almamater tercinta, Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur *Alhamdulillahirabbil'alamin* penulis ucapkan atas kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga Allah selalu curahkan kepada suri tauladan Baginda Rasulallah Muhammad SAW, yang senantiasa kita nantikan syafaatnya di yaumul qiyamah kelak, aamiin. Skripsi yang berjudul “Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Fraksi Etil Asetat Kulit Batang Damar Mata Kucing (*shorea javanica*) dan Uji Antidiabetes secara *In Vitro* “merupakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari skripsi ini dapat tersusun dan diselesaikan dengan adanya doa, bantuan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini sebagai wujud rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Alm. Bapak, Almh. Mama dan Kakak-kakak kandung penulis yang selalu mendoakan, menyayangi, memberi dukungan baik moril maupun materil, serta penyemangat penulis selama penyusunan skripsi ini dan dalam perkuliahan.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
3. Ibu Prof. Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
4. Ibu Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing pertama dan utama yang telah sabar dalam memberikan arahan, nasihat, kritik, saran, motivasi dan masukan nya sehingga proses penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

5. Bapak Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu dalam memotivasi, memberikan nasihat, kritik, dan saran kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Dr. Yuli Ambarwati, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan, motivasi, serta saran untuk penulis selama masa perkuliahan.
7. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembahas, terimakasih banyak atas kritik, masukan, dan nasihat sebagai perbaikan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Bapak dan Ibu dosen, yang telah memberikan ilmu selama studi penulis di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
9. Rekan teman-teman anggota Noviany Reserch Group Angkatan 2021, Diah Vio Rahmadanti, Julia Putri, Rita Ana Pristiani, dan Muhammad Govindo Ibra Pratiba, terimakasih atas bantuan, pengalaman, serta telah kebersamaan penulis dalam melaksanakan dan menyelesaikan penelitian. Semoga kita semua bisa berjumpa kembali di titik yang lebih baik dari hari ini.
10. Mba Wiwit Kasmawati, selaku PLP Laboratorium Kimia Organik, terima kasih telah kebersamai penulis selama melakukan penelitian di Laboratorium Kimia Organik.
11. Tenaga Kependidikan, Admin Dekanat, Admin Jurusan serta Karyawan Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
12. Teman-teman terdekat penulis selama perkuliahan, Amalia Triananda, Najmi Annistya dan Retno Dwi Anggraeni. Terimakasih telah kebersamai dan memberikan dukungan penuh kepada penulis dalam dunia perkuliahan. *Let's meet again!*
13. Teman-teman terdekat penulis yang berada di Bogor, Good money club dan Ngegas aja. Terimakasih telah menjadi sahabat terbaik selama lebih dari 7 Tahun, mari bertemu kembali dan melewati *Quarter life crisis!*
14. Kakak-kakak di Lababoratorium Kimia Organik Mba Rista, Kak Vio, Kak Angel, Kak Myuti, Kak Dila, Mba Army, dan Kak Bayu yang turut membantu

penulis selama melakukan penelitian. Terimakasih banyak semoga Allah membalas atas kebaikan Kakak-kakak semua.

15. Teman-teman Tim MBKM Membangun Desa, ajow, najmi, rere, mar, nadira, trie, dan lilis terimakasih telah memebersamai dan menjadi partner terbaik penulis hingga usai.
16. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas dukungan, bantuan, dan motivasi kepada penulis hingga penelitian dan skripsi ini dapat diselesaikan.
17. Terakhir untuk diri saya sendiri, terimakasih telah bertahan dan berjuang hingga titik ini, kamu hebat telah melalui masa-masa sulit selama hidup mu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, masih terdapat kekurangan, kesalahan dan kekeliruan. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 5 Agustus 2025
Penulis,

Inggit Pratiwi Putri Setianingrum
NPM. 2157011008

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Dipterocarpaceae</i>	5
2.2 <i>Shorea javanica</i>	6
2.3 Diabetes Melitus	7
2.3.1 Diabetes Melitus Tipe 1	8
2.3.2 Diabetes Melitus Tipe 2	9
2.3.3 Diabetes Melitus Gastasional.....	9
2.4 Metabolit Sekunder	10
2.4.1 Alkaloid	12
2.4.2 Flavonoid	12
2.4.3 Tanin	13
2.4.4 Terpenoid	14
2.4.5 Steroid.....	14
2.4.6 Fenolik	16
2.5 Ekstraksi	16

2.6 Kromatografi	17
2.6.1 Kromatografi Cair Vakum (KCV)	18
2.6.2 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	18
2.6.3 Kromatografi Kolom (KK)	20
2.7 Spektrofotometri	21
2.7.1 Spektrofotometer UV-Vis	21
2.7.2 Kromatografi Cair-Spektrofotometri Massa (LC-MS/MS)	22
2.7.3 Spektrofotometri <i>Nuclear Magnetic Resonance</i> (NMR)	22
2.8 Pengujian Secara <i>In Vitro</i>	24
2.8.1 Uji Inhibisi Enzim α -Glukosidase	24
2.8.2 Uji Inhibisi Enzim α -Amilase	25
2.8.3 Uji RIN-5F Cell Lines	25
III. METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.3 Prosedur Kerja Penelitian	27
3.3.1 Persiapan Sampel	27
3.3.2 Ekstraksi	27
3.3.3 Fraksinasi	27
3.3.4 Kromatografi Cair Vakum (KCV)	28
3.3.5 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	28
3.3.6 Kromatografi Kolom (KK)	29
3.4 Analisis Kemurnian	29
3.5 Identifikasi Senyawa	29
3.5.1 <i>Nuclear Magnetic Resonance</i> (NMR)	29
3.5.2 <i>Liquid Chromatography Mass Spectrometer</i> (LC-MS/MS)	30
3.6 Uji Aktivitas Antidiabetes	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Ekstraksi Sampel	32
4.2 Isolasi Senyawa	33
4.3 Analisis Kemurnian	38
4.4 Senyawa Metabolit Sekunder	41
4.4.1 Analisis Spektrum ^1H -NMR	41
4.4.2 Analisis <i>Liquid Chromatography Mass Spectrometer</i> (LC-MS/MS)	44
4.5 Hasil Uji Antidiabetes Metode <i>In Vitro</i>	51

V. SIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Simpulan.....	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Letak Pergeseran Kimia dalam Spektra ^1H -NMR	23
2. Letak Pergeseran Kimia dalam Spektra ^{13}C -NMR	24
3. Massa fraksi gabungan hasil KCV I dan II	36
4. Perbandingan Data Pergeseran Kimia Senyawa NVI 10 dengan (+)- α -viniferin	42
5. Puncak kromatogram BPI pada senyawa NVI 10 (TOF 1)	46
6. Puncak kromatogram BPI pada senyawa NVI 10 (TOF 2)	49
7. Uji aktivitas antidiabetes	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Pohon Shorea javanica	6
2. Struktur Alkaloid yang diperoleh dari isolasi <i>S. maxwelliana</i> King.....	12
3. Struktur Flavonoid yang diperoleh dari isolasi <i>H. jucunda</i> ssp	13
4. Struktur Terpenoid yang diperoleh dari isolasi <i>S. robusta</i>	14
5. Struktur Steroid yang diperoleh dari isolasi <i>S. javanica</i>	15
6. Struktur Fenolik yang diperoleh dari isolasi <i>S. brunnescens</i>	16
7. Kromatografi Lapis Tipis (KLT) (Rosamah, 2019).....	19
8. Cara pengukuran nilai R _f (Rosamah, 2019)	19
9. (a) Ekstraksi metode maserasi (b) proses penguapan menggunakan <i>rotary vacuum evaporator</i>	33
10. Partisi hasil ekstraksi.....	33
11. KLT fraksi ekstrak etil asetat (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂)	33
12. Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KCV (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂).....	35
13. Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KKG 6C (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂).....	36
14. Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KKG 6A (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂).....	38
15. Kromatogram KLT fraksi gabungan hasil KKG 6B (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂).....	37
16. Kromatogram hasil KLT fraksi gabungan 1 (6B) (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂).....	37

17. Senyawa padatan NVI 10.....	39
18. Kromatogram kristal fraksi 10 (6B) dalam 3 sistem eluen (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂)	38
19. Kromatogram kristal fraksi 4 (6A) dalam 3 sistem eluen (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂)	40
20. Kromatogram kristal fraksi 8 (6C) dalam 3 sistem eluen (a) UV 254 nm (b) UV 366 nm (c) Reagen (Ce(SO ₄) ₂)	40
21. Spektrum ¹ H-NMR senyawa NVI 10	41
22. Struktur senyawa (+)-α-viniferin hasil isolasi (Ito <i>et al.</i> , 2000).	44
23. Base Peak Intensity (BPI) NVI 10 (TOF 1).....	45
24. Kromatogram NVI 10 waktu retensi 7,71.....	47
25. Informasi kromatogram senyawa α-viniferin pada <i>website</i> hmdb.ca	48
26. Base Peak Intensity (BPI) NVI 10 (TOF 2).....	50
27. Kurva Antidiabetes	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Determinasi Tumbuhan Damar Mata Kucing	64
2. Bagan Penelitian Isolasi Senyawa Metabolit Sekunder	65
3. Bagan uji aktifitas antidiabetes	66
4. Bagan isolasi senyawa murni	67
5. Instrumentasi serta Spesifikasi	68
6. Perhitungan Persen Inhibisi	69
7. Prediksi senyawa NVI 10 TOF1	70
8. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2	71
9. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2 (5,38)	72
10. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2 (7,74)	73
11. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2 (11,06)	74
12. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2 (15,90)	75
13. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2 (16,47)	76
14. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2 (16,84)	77
15. Prediksi senyawa NVI 10 TOF2 (18,14)	78
16. Spektrum NMR Senyawa NVI 4	79
17. Spektrum NMR Senyawa NVI 8	80

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Departemen Kesehatan Republik Indonesia (2017) menyatakan bahwa diabetes melitus (DM) suatu gangguan metabolik yang parah disebabkan oleh pankreas yang tidak dapat memproduksi insulin dalam jumlah yang cukup atau ketika tubuh tidak dapat menggunakan insulin yang diproduksi secara efektif. Akibatnya, konsentrasi glukosa dalam darah akan terus meningkat (Restu dkk., 2020).

Menurut Federasi Diabetes Internasional (IDF), jumlah penderita DM di seluruh dunia akan meningkat dari 425 juta pada tahun 2017 menjadi 629 juta pada tahun 2045. Sementara di Asia Tenggara, jumlah penderita akan meningkat dari 82 juta pada tahun 2017 menjadi 151 juta pada tahun 2045. Dari 10 negara terbesar, Indonesia merupakan negara ke-7 yang diproyeksikan mempunyai angka kendali kadar gula darah yang rendah dengan jumlah penderita DM sebesar 5,4 juta pada tahun 2045.

Upaya-upaya yang banyak dilakukan untuk dapat menangani penyakit diabetes melitus tipe 2 yaitu dengan melakukan terapi non-farmakologi dengan cara mengubah gaya hidup, sedangkan terapi berupa farmakologi dapat dilakukan dengan cara penggunaan beberapa obat-obatan berupa antidiabetik oral. Salah satu obat yang dapat digunakan untuk menangani penyakit diabetes melitus tipe 2 yaitu obat akarbosa. Dimana obat ini bekerja dengan cara menghambat kerja suatu enzim (Yuniarto dan Selifiana, 2018). Penderita penyakit diabetes tipe 2 sering menggunakan obat-obatan seperti metformin dan glibenklamid. Obat-obatan ini biasanya dikonsumsi dalam

jangka waktu yang cukup lama, yang menimbulkan berbagai risiko efek samping yang signifikan (Darfiani dkk., 2021). Konsumsi terus-menerus metformin, obat antidiabetes oral kelas biguanid, dapat menyebabkan berbagai macam efek samping. Termasuk muntah, mual, maag, diare, dan lainnya. Glibenklamid termasuk kedalam obat antidiabetes yang berfungsi untuk mengontrol kadar gula didalam darah melalui sekresi insulin dan mengurangi hiperglikemia (Gumantara dan Oktarlina, 2017).

Obat-obatan yang tersedia dipasaran terdiri dari obat sintetis dan obat tradisional. Obat sintetis sendiri merupakan obat yang dibuat dari campuran bahan kimia yang tidak dapat disintesis di dalam tubuh manusia. Obat sintesis sendiri pada umumnya, memiliki satu target yang bekerja pada reseptor tertentu untuk suatu penyakit. Adanya keterlibatan dari beberapa senyawa aktif yang menargetkan beberapa mekanisme aksi lebih bermanfaat (Anugrahani dan Wahyuni, 2021). Menurut *World Health Organisation* (WHO) (2016), mengidentifikasikan bahwa obat tradisional sebagai obat asli di suatu negara yang digunakan secara turun-temurun di negara tersebut ataupun di negara lain. Obat tradisional wajib memenuhi syarat berupa, sudah digunakan pada tiga generasi serta terbukti aman dan bermanfaat. Obat tradisional berupa obat bahan alam dimana obat tersebut merupakan obat yang berasal dari alam dan pada proses pembuatannya belum merupakan isolat murni. Obat bahan alam sendiri dapat berupa obat asli, obat tradisional, atau pengembangan dari keduanya (Yanti dan Nurhayati, 2022).

Berbagai macam jenis tanaman herbal yang telah digunakan sebagai obat diabetes mulai banyak dikembangkan. Tanaman herbal yang dapat digunakan sebagai obat harus tumbuh secara alami atau dengan cara yang ramah lingkungan, bebas dari berbagai macam zat berbahaya, dan dibuat secara alami tanpa menggunakan bahan kimia sintetis (Yulianto, 2017). Hal ini dilakukan agar dapat mencegah efek samping dari obat yang dikonsumsi secara teratur. Lebih dari 400 tanaman obat telah diteliti untuk mengobati DM tipe 2. Dari hasil beberapa penelitian tersebut, beberapa tanaman herbal terbukti dapat mengatasi diabetes. Tanaman herbal ini memiliki bahan biologis aktif seperti fenol, terpenoid, alkaloid, dan tanin yang dapat membantu mengurangi kadar glukosa tinggi di dalam darah. Cara kerja dari

senyawa biologis aktif tersebut berupa menghambat enzim yang dapat memecah karbohidrat, seperti α -amilase dan α -glukosidase (Salaj *et al.*, 2021).

Untuk menangani diabetes dan kanker, banyak penelitian telah dilakukan, salah satunya menguji ekstrak dan senyawa aktif dari bahan alam yang memiliki bioaktivitas sebagai alternatif obat yang efektif. Senyawa-senyawa ini termasuk dalam kelompok senyawa-senyawa metabolit sekunder, yang terdiri dari fenolik, alkaloid, flavanoid, terpenoid, fenil propanoid dan poliketida. Tumbuhan famili *dipterocarpaceae* atau yang sering dikenal dengan meranti, kamper atau keruing merupakan tumbuhan besar yang terdiri dari 16 genus dan 600 spesies yang tersebar luas melimpah di wilayah bagian tengah Indonesia, khususnya wilayah Sumatera dan Kalimantan. Selain itu, tumbuhan famili *dipterocarpaceae* juga tersebar di Indonesia bagian barat, Malaysia, Brunei Darussalam, Filipina serta Papua Nugini dan Irian Jaya genus utama dari tumbuhan famili *dipterocarpaceae* ini terdiri dari genus *Shorea* (meranti, 150 spesies), *Hopea* (merawan, tengkawang dan damar mata kucing, 100 spesies) dan *Dipterocarpus* (keruing, 75 spesies) (Suryo dkk., 2023). Berdasarkan penelitian (Lulan, 2020) senyawa aktif dari *Dipterocarpus littoralis* yang termasuk famili *dipterocarpaceae* telah diketahui manfaatnya sebagai bahan obat. Senyawa α -viniferin yang dilaporkan tersebut mempunyai aktivitas antidiabetes pada α -glukosidase dan α -amilase.

Shorea javanica salah satu spesies dari marga *Shorea* dalam suku *Dipterocarpaceae*, dan merupakan tumbuhan yang berasal dari Indonesia, biasanya tumbuh di dataran rendah (Dorthe, 2004). Kayu dari *Shorea* banyak dimanfaatkan dalam pembangunan dan industri karena ketahanan serta kekuatannya. Dari pada itu, *Shorea* juga dapat menghasilkan produk hutan non-kayu yang bernilai tinggi, seperti tannin, tengkawang, dan, getah damar yang sangat berguna dalam berbagai sektor industri. Dengan demikian, *S. javanica* mempunyai peranan penting baik itu secara ekologis maupun ekonomis bagi masyarakat dan perekonomian lokal (Mukhlisi, 2010). Damar mata kucing (sering disingkat menjadi getah damar) berasal dari tumbuhan *S. javanica*, *S. koordersii*, *Hopea dryobalanoides*, *H. intermedia*, *H. mengarawan*, *H. globosa*, *H. griffithii*, *H. micrantha*, dan *H. myrtifolia* (Sumadiwangsa dan Gusmailina, 2006).

Dengan memperhatikan beragam manfaat dari senyawa-senyawa hasil isolasi tumbuhan famili *Dipterocarpaceae*, khususnya dalam konteks potensi mereka sebagai antidiabetes, penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi dan menganalisis metabolit sekunder yang terdapat pada kulit batang *S. javanica* melalui penggunaan fraksi etil asetat, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan terapi alternatif untuk pengelolaan diabetes.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh senyawa hasil isolasi dari fraksi etil asetat kulit batang tumbuhan damar mata kucing (*Shorea javanica*).
2. Mengetahui hasil uji aktivitas antidiabetes isolat senyawa secara *in vitro* menggunakan enzim α -amilase.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diharapkan senyawa hasil isolasi dari fraksi etil asetat kulit batang tumbuhan damar mata kucing (*Shorea javanica*) sebagai alternatif bahan obat antidiabetes.
2. Dapat meningkatkan nilai mutu dari tumbuhan damar mata kucing (*Shorea javanica*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Dipterocarpaceae*

Famili tumbuhan dipterocarpaceae memiliki tiga sub famili, yaitu dipterocarpaceae, monotoideae dan pakaraimoideae. Penyebarannya yang cukup luas mulai dari Afrika, China, Seychelles, Srilangka, India hingga ke wilayah Asia Tenggara, yait Burma, Malaysia, Thailand, dan Indonesia. Hingga saat ini, sudah tercatat sekitar 512 jenis dari 16 genus. Diantaranya terdapat 9 genus yang ada di Indonesia yaitu *Shorea*, *Dipterocarpus*, *Dryobalanops*, *Parashorea*, *Vatica*, *Hopea*, *Cotylelobium*, *Anisoptera*, dan *Upuna*. Di alam jenis-jenis famili dipterocarpaceae merupakan tumbuhan hutan alam campuran dan relatif masih sedikit yang sudah dibudidayakan dalam bentuk hutan tanaman murni. Sebagian besar jenis-jenis dipterocarpaceae tumbuh pada daerah yang beriklim basah dan memiliki kelembaban tinggi pada ketinggian tempat 800 mdpl, yaitu pada curah hujan diatas 2000 mm per tahun dengan musim kemarau yang pendek (Matinahoru, 2023).

Dipterocarpaceae termasuk kedalam sumber penting untuk menghasilkan resin. Resin dari dipterocarpaceae ada dua macam yaitu berupa resin cair yang mengandung bahan-bahan resinous dan minyak esensial yang sering disebut sebagai oleoresin dan resin keras yang sering disebut sebagai damar. Kapur halus (Kamper) dihasilkan oleh tumbuhan *Dryobalanops aromatica* terutama di daerah Sumatera Utara dan Johor. Kamper tersebut didapatkan dari rongga atau aluralur kulit batang dalam bentuk padat atau cairan terang disebut dengan minyak kamper. Minyak (mentega) tengkawang (*illipe nuts*) yang dihasilkan dari biji dipterocarpaceae yang buahnya besar (Purwaningsih, 2004).

2.2 *Shorea javanica*

Jenis tumbuhan damar mata kucing atau dalam bahasa latinnya *Shorea javanica* adalah salah satu jenis damar yang tergolong langka di dunia dan satu-satunya di Indonesia. Perkebunan *S. javanica* yang berada di Kabupaten Pesisir Barat termasuk perkebunan rakyat yang diusahakan secara turun-temurun, bahkan terdapat tumbuhan *S. javanica* yang usianya 70 tahun dan dapat pula di temui di kawasan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) (Sari, 2015), yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pohon *Shorea javanica*

Sistem taksonomi *Shorea javanica* sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Fillum	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Theales</i>
Famili	: <i>Dipterocarpaceae</i>

Genus : *Shorea*

Species : *Shorea Javanica*

Tumbuhan dari famili dipterocarpaceae yaitu *S. javanica* termasuk tumbuhan daerah hutan hujan tropis. Lampung sendiri merupakan daerah yang beriklim tropis dan termasuk kedalam hutan hujan tropis dengan suhu berkisar 22-30°C dengan curah hujan sekitar 2500-3500 mm/tahun. Dengan demikian penanaman semai *S. javanica* di daerah Lampung seharusnya tidak menemui banyak masalah. *S. javanica* menyebar terbatas secara alami di Sumatra (di pesisir barat, mulai dari Aceh selatan ke selatan dan di pesisir timur mulai dari Palembang ke selatan) dan di Jawa Tengah. Pohon *S. javanica* ini banyak ditemukan pada berbagai lahan baik di hutan primer maupun sekunder, di atas tanah yang tergenang secara periodik atau kering, ditempat datar atau yang berlereng hingga ketinggian 300 (-500) mdpl. Pada lokasi penelitian, *S. javanica* ditemukan tumbuh paling baik pada tanah lempung yang dalam, dengan curah hujan tahunan rata-rata hingga 3.300 mm tanpa musim kemarau yang berarti. Ketika mulai tumbuh, Semai *S. javanica* memerlukan naungan, akan tetapi setelah mencapai tinggi 1 m, *S. javanica* dapat bertahan ditempat yang sedikit terbuka, dan setelah mencapai tinggi 3-4 m *S. javanica* memerlukan cahaya yang penuh untuk tumbuh menjadi besar (Bintaro, 2020).

2.3 Diabetes Melitus

Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit metabolik yang ditandai dengan peningkatan kadar gula darah yang disebabkan oleh rusaknya hormon insulin yang fungsi untuk menjaga homeostasis tubuh dengan cara menurunkan kadar gula dalam darah (American Diabetes Association, 2017). Berdasarkan jenisnya, DM dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe yaitu diabetes melitus tipe 1 dan tipe 2, dengan diabetes tipe 2 secara umum merupakan mayoritas kasus DM di seluruh

dunia. Penyakit ini seringkali disebabkan oleh faktor-faktor seperti kurangnya aktivitas fisik dan pola makan yang tidak sehat (Cholifah, 2016).

DM yang tidak terkontrol akan menyebabkan komplikasi metabolik kronis dan akut. Pengelolaan kadar gula darah pada penderita diabetes dapat dicapai melalui penerapan gaya hidup sehat di samping penggunaan Obat Hipoglikemik Oral (OHO). Obat-obatan ini digunakan untuk dapat membantu pengobatan pasien dengan diabetes melitus tipe 2, baik melalui penggunaan satu obat atau kombinasi dua obat yang berbeda. Ada berbagai macam obat yang umumnya diresepkan untuk mengatur kadar gula darah. Obat antihiperglikemik dikategorikan menjadi lima kelompok berbeda berdasarkan mekanisme kerjanya: obat yang merangsang sekresi insulin (*Insulin Secretagogue*), obat yang meningkatkan sensitivitas insulin, obat yang menghambat penyerapan glukosa di saluran gastrointestinal, obat yang menghambat Dipeptidyl Peptidase-IV (DPP-IV), dan obat yang menghambat Sodium Glucose Co-transporter 2 (SGLT-2) (Ndraha, 2014).

2.3.1 Diabetes Melitus Tipe 1

Dari sudut pandang etiologi, diabetes diklasifikasikan menjadi empat kategori: Diabetes tipe 1 (*Insulin Dependent Diabetes Melitus/IDDM*), Diabetes tipe 2 (*Non insulin Dependent Diabetes Melitus/NIDDM*), dan Diabetes melitus gestasional. Pasa diabetes tipe 1 muncul terutama dari faktor genetik yang biasanya ada sejak masa kanak-kanak. Bentuk diabetes ini adalah kelainan autoimun yang menyebabkan kerusakan sel β Langerhans yang terletak di pankreas. Akibatnya, kerusakan ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas pankreas untuk memproduksi insulin, yang menyebabkan kekurangan atau tidak adanya insulin sama sekali dalam tubuh. Kehadiran hormon insulin yang tidak mencukupi dapat menyebabkan glukosa terakumulasi didalam aliran darah, karena tidak dapat diserap oleh sel-sel dalam tubuh. Oleh karena itu, individu dengan diabetes tipe 1 memerlukan pemberian insulin eksogen, yang umumnya

diberikan melalui suntikan, untuk memfasilitasi pemeliharaan proses metabolisme dalam tubuh (Bustan, 2015).

2.3.2 Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 termasuk penyakit yang banyak melibatkan gen (*Polygenic*) pada patofisiologinya, perubahan pada struktur gen yang memberikan kode kanal ion akan menyebabkan disfungsi atau gangguan sekresi insulin. Obesitas dapat menyebabkan gangguan sekresi insulin yang mengakibatkan hiperglikemia yang dapat berujung pada penyakit diabetes melitus (Evliyaoglu *et al.*, 2011). Pengobatan pada penderita penyakit diabetes melitus tipe 2 dapat dilakukan ketika pengelolaan non farmakologis gagal dilakukan, pengobatan dapat dilakukan setelah 4-8 minggu setelah upaya diet dan olahraga dilakukan namun kadar glukosa tetap berada diatas 200 mg% dan HbA1c diatas 8%. Pada penderita DM yang gagal mengendalikan kadar glukosa darahnya maka, akan dipertimbangkan untuk pemberian terapi berupa obat-obatan antidiabetik oral (OAD) dan insulin maupun keduanya. (Fatimah, 2015).

2.3.3 Diabetes Melitus Gastasional

Diabetes gestasional dapat definisikan sebagai intoleransi karbohidrat dengan tingkat keparahan yang pertama kali berkembang selama kehamilan. Banyak wanita penderita diabetes gestasional sudah mengidap diabetes, meski mereka tidak menyadarinya (Yunus dkk., 2021). Diabetes gestasional merupakan masalah kesehatan masyarakat karena dapat mempengaruhi kesehatan ibu dan janin secara langsung. Ibu yang menderita diabetes gestasional mungkin terpengaruh dan beresiko lebih tinggi mengalami obesitas, eklamsia, preeklamsia, operasi sesar, komplikasi kardiovaskular, dan bahkan kematian ibu. Setelah melahirkan, pasien berisiko terkena diabetes tipe 2 atau diabetes gestasional berulang. Disisi lain, bayi yang lahir dari ibu dengan diabetes gestasional memiliki risiko lebih tinggi

hipokalsemia, hipoglikemia, hiperbilirubin-emia, sindrom gangguan pernafasan, polistemia, obesitas dan diabetes melitus tipe 2 (Kosanto dkk., 2016).

2.4 Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder merupakan berbagai macam senyawa organik yang dapat memberikan dampak fisiologis pada organisme hidup. Umumnya, senyawa-senyawa ini berupa bioaktif yang berasal dari tumbuhan yang berfungsi sebagai panduan dalam penemuan serta pengembangan bagi obat-obat baru (Situmorang, 2021). Selain itu, metabolit sekunder juga dapat membantu melindungi tumbuhan dari berbagai ancaman di sekitarnya. Beberapa senyawa metabolit sekunder yang bermanfaat sebagai obat-obatan meliputi alkaloid, flavonoid, terpenoid, tannin, saponin, dan steroid (Khafid *et al.*, 2023).

Ada dua jenis senyawa metabolit pada tumbuhan, yaitu metabolit primer dan metabolit sekunder. Metabolit primer menunjang pertumbuhan tanaman, sedangkan metabolit sekunder tidak dapat berperan langsung dalam pertumbuhan, tetapi diproduksi dalam jumlah tertentu oleh tanaman ketika terkena cekaman. Contoh metabolit sekunder antara lain antibiotik, pigmen, racun, kompetisi ekologi dan simbiosis, feromon, penghambat enzim, imunomodulator, antagonis dan agonis reseptor, insektisida, agen antineoplastik, dan tumbuhan (Angin dkk., 2019).

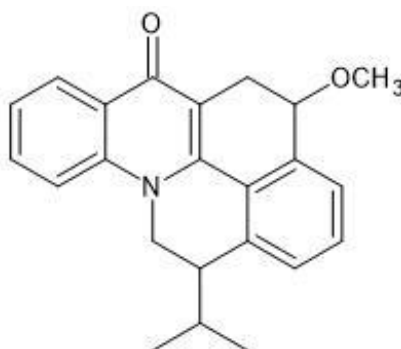
Setiap jenis senyawa metabolit sekunder mempunyai fungsi yang berbeda-beda, meskipun senyawa-senyawa ini tidak penting bagi kelangsungan hidup tanaman, namun memberikan berbagai macam manfaat. Metabolit sekunder berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tanaman terhadap cekaman biotik maupun abiotik. Selain itu, senyawa metabolit sekunder juga berperan sebagai atraktan, dan senyawa metabolit sekunder tertentu dapat digunakan oleh manusia sebagai antioksidan atau sebagai bahan baku obat-obatan. Tumbuhan telah berevolusi dengan berbagai cara untuk menahan dari berbagai tekanan lingkungan, termasuk produksi metabolit sekunder yang beracun. Metabolit beracun umumnya akan terakumulasi di ruang ekstraseluler folikel, vakuola, atau disekresikan ke luar sel.

Glikosilasi merupakan modifikasi penting yang terjadi pada berbagai metabolit sekunder. Metabolit alami dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama berdasarkan asal biosintetiknya: terpenoid, alkaloid, dan fenilpropanoid serta kelompok senyawa antioksidan fenolik. Antioksidan sendiri terbagi menjadi dua jenis, yaitu antioksidan sintetis (diperoleh melalui reaksi kimia) dan antioksidan alami (diperoleh dari ekstrak bahan alami atau yang terkandung dalam bahan alami). Antioksidan alami berasal dari senyawa fenolik seperti flavonoid. Ini adalah jenis metabolit sekunder yang diproduksi oleh tanaman. Senyawa ini dapat menjadi racun bagi organisme lain dengan cara mengganggu fungsi protein seluler. Selain itu, beberapa metabolit berinteraksi dengan molekul yang penting untuk fungsi seluler, seperti DNA dan protein yang terlibat dalam pembelahan sel, dan pembentukan metabolit sekunder dapat berkontribusi pada nutrisi, memperlambat pertumbuhan, kontrol umpan balik, dan enzim telah disarankan bahwa hal itu diatur oleh berbagai faktor seperti inaktivasi dan induksi enzim (Angin dkk., 2019).

Pengujian senyawa oligostilbenoid dari ekstrak metanol kulit batang *S. gibbosa*, mereka aktif sebagai agen antikanker dan merupakan metabolit sekunder dari kelompok fenolik (Saroyobudiyono *et al.*, 2008). Telah dilakukan studi sitotoksitas empat senyawa oligoresveratrol yaitu Vatikanol A, α -Viniferin, Vanikanol B, dan Isohopeafenol yang diisolasi dari ekstrak aseton kulit batang *S. assamica dyer* terhadap sel leukemia murine P-388 (Hakim dkk., 2007). Sedangkan isolasi senyawa Leavifonol, Diptoindonesin A, dan Ampelopsin A dari ekstrak etil asetat kulit batang *S. siminis* menunjukkan adanya keterkaitan antara biosintesis ketiga senyawa tersebut, yaitu merupakan hasil modifikasi dari α -viniferin (Aminah dkk., 2003). Penelitian lain yang dilakukan pada genus *Shorea*, menunjukkan bahwa beberapa senyawa yang tergolong dalam kelompok Stilbenoid yang memiliki berbagai aktivitas biologis bermanfaat, meliputi efek sitotoksik yang dapat membunuh atau menghambat pertumbuhan sel kanker, serta kemampuan untuk menghambat pelepasan histamin yang berperan penting dalam reaksi alergi. Selain itu, juga menunjukkan efek antiinflamasi, antijamur dan antibakteri. semua aktivitas biologis ini ditemukan pada spesies *S. leprosula* Miq (Chung *et al.*, 2003).

2.4.1 Alkaloid

Alkaloid termasuk kedalam senyawa metabolit sekunder dengan jumlah terbanyak yang mempunyai atom nitrogen, dan banyak ditemukan dalam jaringan tumbuhan dan hewan. Sebagian besar dari senyawa alkaloid bersumber dari tumbuh-tumbuhan. Alkaloid dapat ditemukan pada berbagai macam bagian-bagian tanaman, seperti bunga, biji, daun, ranting, akar dan kulit batang. Alkaloid umumnya dapat ditemukan dalam jumlah kadar yang kecil dan harus dipisahkan dari campuran senyawa yang rumit yang berasal dari jaringan tumbuhan (Wink, 2008). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Zawawi dan Khairunnisa, 2012) diperoleh senyawa Oxoaporphinoid (1) yang berhasil diisolasi dari kulit batang tumbuhan *S. maxwelliana* King. Struktur senyawa oxoaporphinoid dapat dilihat pada Gambar 2.



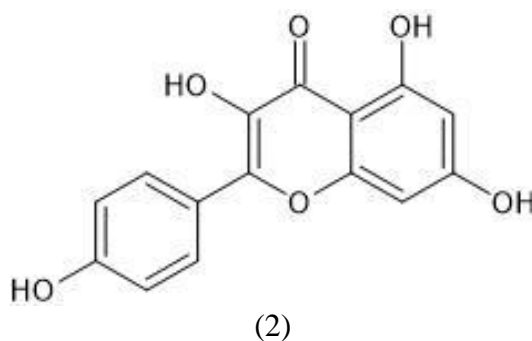
(1)

Gambar 2. Struktur Alkaloid yang diperoleh dari isolasi *S. maxwelliana* King

2.4.2 Flavonoid

Senyawa flavonoid termasuk salah satu kelompok senyawa fenol terbesar yang dapat ditemukan dalam alam. Golongan flavonoid mempunyai kerangka karbon yang terdiri dari dua cincin benzene yang tersubstitusi dan disambungkan oleh rantai alifatik tiga karbon. Senyawa flavonoid memiliki sejumlah aktivitas farmakologis yang bermanfaat, termasuk aktivitas antiinflamasi, antioksidan, antialergi, antivirus, dan bahkan sifat antikanker yang dikaitkan dengan senyawa seperti

kaempferol, miristisin, luteolin, apigenin, vitexin, dan isovitexin. Selain itu, kelompok flavonoid juga dapat memberikan perlindungan terhadap kerusakan hati dan mencegah perkembangan katarak (Tapas dkk., 2008).



Gambar 3. Struktur Flavonoid yang diperoleh dari isolasi *H. jucunda* ssp

Dalam studi yang dilakukan oleh (Joshi *et al.*, 2004), analisis aglikon flavonoid pada 46 taksa dari famili *Dipterocarpaceae* (termasuk genera *Shorea*, *Dipterocarpus*, dan lainnya) menunjukkan bahwa kaempferol merupakan salah satu flavonol utama yang ditemukan setelah hidrolisis asam, bersama dengan quercetin dan apigenin, struktur dari senyawa kaempferol (2) dapat dilihat pada Gambar 3.

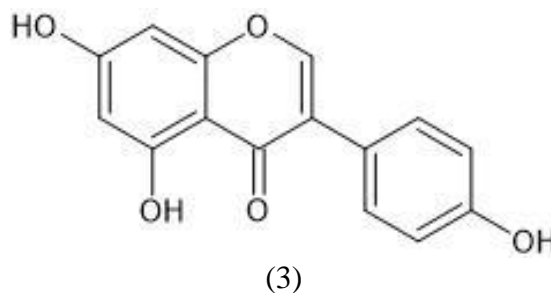
2.4.3 Tanin

Tanin merupakan salah satu senyawa aktif metabolit sekunder yang dikenal memiliki berbagai manfaat penting. Beberapa manfaat utama tanin meliputi sebagai agen anti diare, aktivitas antibakteri yang dapat melawan berbagai jenis bakteri penyebab penyakit dan berperan sebagai antioksidan yang mampu melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Tanin sendiri merupakan suatu komponen zat organik yang sangat kompleks, terdiri dari larutannya dan bersenyawa dengan protein tersebut (Desmiaty dkk., 2008). Tanin dibagi menjadi dua macam kelompok yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Tanin juga memiliki peranan biologis yang kompleks mulai dari pengendap protein hingga pengkhetat logam (Hagerman, 2002).

2.4.4 Terpenoid

Terpenoid merupakan salah satu dari senyawa metabolit sekunder yang memberikan efek farmakologis dan efek fisiologis. Pada tumbuhan juga berkhasiat sebagai pengobatan salah satunya yang mengandung terpenoid, komponen dari terpenoid sendiri yaitu berupa resin, minyak atsiri, dan aktivitas biologi sebagai antibakteri, penghambat sel kanker, inhibisi terhadap sintesis kolesterol, gangguan menstruasi, antiinflamasi, gangguan kulit, kerusakan hati dan malaria (Rumondang dkk., 2013).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Chauhan *et al.*, 2022), telah berhasil diisolasi senyawa golongan terpenoid dari bagian daun tanaman *S. robusta*. Senyawa yang berhasil diidentifikasi merupakan turunan isoflavon, yaitu Dihydroxyisoflavone (3), yang merupakan salah satu metabolit sekunder penting dengan potensi aktivitas biologis. Struktur kimia dari senyawa tersebut dapat dilihat pada Gambar 4, yang memperlihatkan kerangka dasar isoflavonoid dengan dua gugus hidroksil yang khas pada posisi tertentu.



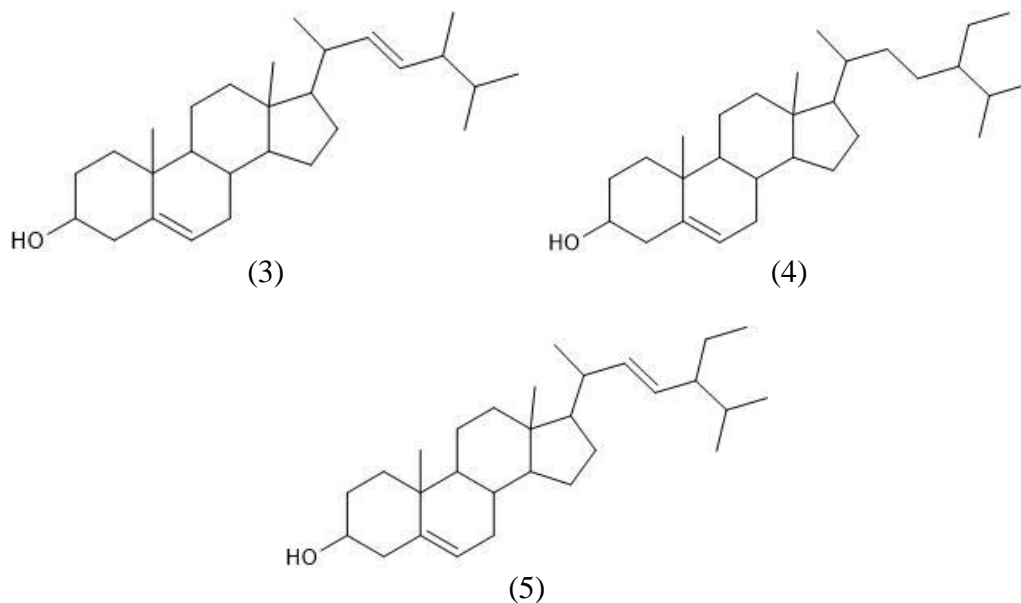
Gambar 4. Struktur Terpenoid yang diperoleh dari isolasi *S. robusta*

2.4.5 Steroid

Steroid sendiri merupakan lipid terpenoid dan dikenali melalui empat cincin kerangka berupa dasar karbon yang menyatu dengan struktur senyawanya yang beragam. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya gugus fungsi yang teroksidasi dan menempel pada cincin yang sehingga terjadi oksidasi pada cincin karbon

(Samejo dkk., 2013). Berdasarkan sumbernya, steroid dibedakan menjadi steroid sintetik dan steroid alami, steroid juga berperan dalam menjaga keseimbangan garam, mengatur metabolisme, dan meningkatkan fungsi organ seksual bahkan perbedaan fungsi biologis antara pria dan wanita. Tubuh manusia secara alami dapat memproduksi steroid yang terlibat dalam berbagai proses metabolisme. Misalnya garam empedu seperti asam kolat, deoksikolat, dan steroid dari konjugasi glisin dan taurine yang mempercepat proses pencernaan (Bhawani dkk., 2010).

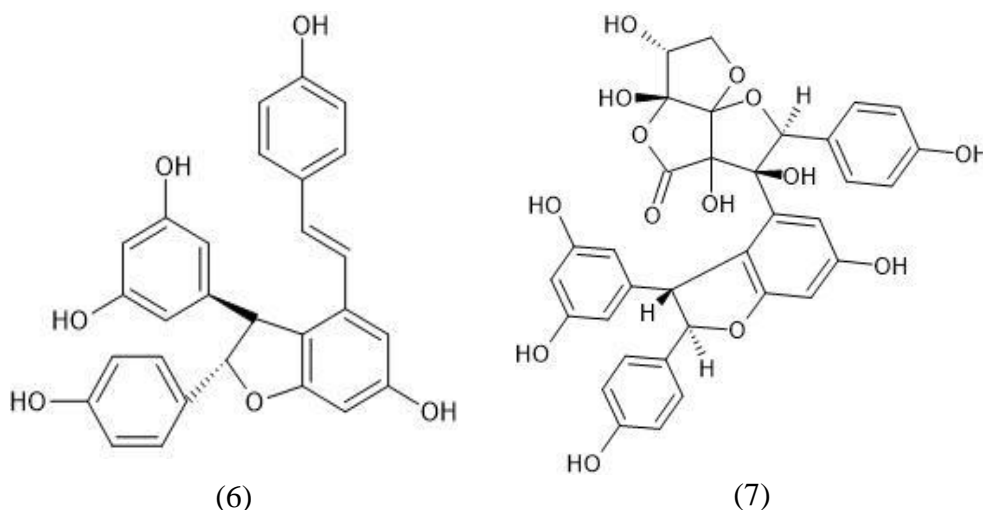
Penelitian yang dilakukan oleh (Mulyono *et al.*, 2012) terhadap tumbuhan *S. javanica* menunjukkan hasil yang menarik mengenai komponen kimia yang terkandung dalam resin dari tumbuhan damar mata kucing. Dari proses identifikasi yang dilakukan, ditemukan bahwa senyawa yang paling dominan terdapat dalam resin tersebut adalah brasikasterol (3) dan memiliki struktur kimia yang sangat mirip dengan dua senyawa lain yaitu, stigmasterol (4) dan β -sitosterol (5). Ketiga senyawa tersebut merupakan senyawa steroid yang berperan penting dalam berbagai fungsi biologis dan fisiologis pada tumbuhan. Struktur ketiga senyawa tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Steroid yang diperoleh dari isolasi *S. javanica*

2.4.6 Fenolik

Senyawa fenolik merupakan senyawa yang dapat dihasilkan tanaman sebagai bentuk respon terhadap cekaman lingkungan. Senyawa fenolik juga berperan sebagai pelindung terhadap radiasi UV-B dan kematian sel untuk dapat melindungi DNA dari dimerisasi dan kerusakan (Hanin dan Pratiwi, 2017). Senyawa fenolik diketahui berperan penting sebagai agen pencegahan dan terapi berbagai penyakit seperti *arteriosklerosis*, diabetes, disfungsi otak, dan kanker (Garg *et al.*, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh (Haryanto dkk., 2006) berhasil mengisolasi enam senyawa metabolit sekunder golongan fenolik dari *S. brunnescens*, yang termasuk dalam kelompok oligomer resveratrol, yaitu α -viniferin, laevifonol, vatikanol B, hemsleyanol D, isohopeafenol, dan hopeafenol. Senyawa-senyawa tersebut telah diuji aktivitas biologisnya terhadap sel leukemia murine P388. Berikut senyawa α -viniferin (6) dan laevifonol (7) yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Fenolik yang diperoleh dari isolasi *S. brunnescens*

2.5 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan suatu metode yang biasanya digunakan untuk proses pemisahan komponen dari campurannya dengan menggunakan berbagai macam

atau sejumlah pelarut sebagai pemisah ekstraksi akan semakin baik dilakukan apabila permukaan sampel yang digunakan semakin luas, dimana sampel yang akan digunakan di ubah menjadi serbuk. Oleh karena itu, semakin halus serbuk simplisia yang akan digunakan maka akan semakin baik pula ekstraksi yang dilakukan (Aprilah, 2016).

Pemilihan dari suatu metode dapat didasarkan pada beberapa alasan, antara lain jenis bahan, stabilitas metabolit sekunder, rendemen dan mutu yang diinginkan, serta alasan biaya dan efisiensi. Selama proses ekstraksi, sampel yang akan diekstraksi bereaksi langsung dengan pelarut. Pada periode ini terjadi proses dinamis. Secara umum dapat dibedakan menjadi tiga tahap, yaitu: pelarut menembus ke dalam sel, merusak dinding dan jaringan sel, kemudian pelarut akan melarutkan metabolit dan akhirnya pelarut melarutkan metabolit. Senyawa metabolit menghilangkan atau memisahkan zat terlarut dari zat atau biomassa yang menghasilkannya. Mempercepat langkah-langkah ini, memerlukan penggilingan atau pengurangan dan peningkatan suhu. Pelarut selanjutnya harus dipisahkan dari senyawa metabolit yang terlarut dalam pelarut tersebut melalui proses evaporasi sehingga diperoleh ekstrak kasar berupa cairan kental atau padatan (Nugroho, 2017). Maserasi sendiri merupakan salah satu teknik ekstraksi simplisia yang dilakukan pada bahan atau simplisia yang tidak akan tahan terhadap suhu tinggi, dengan cara merendamnya didalam pelarut dengan rentang waktu tertentu (Yenie dkk., 2013).

2.6 Kromatografi

Kromatografi adalah metode pemisahan kimia yang berdasarkan atas perbedaan distribusi zat dalam fasa padat dan fasa gerak. Tujuan dari kromatografi biasanya digunakan untuk memisahkan senyawa-senyawa dalam suatu campuran. Pemisahan kromatografi mudah dan cepat dilakukan dengan menggunakan peralatan yang relatif sederhana (Fasya dkk., 2018).

Berdasarkan dari jenis fasa gerak dan mekanisme pemisahannya, kromatografi dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis. Dari prespektif fasa gerak, ini

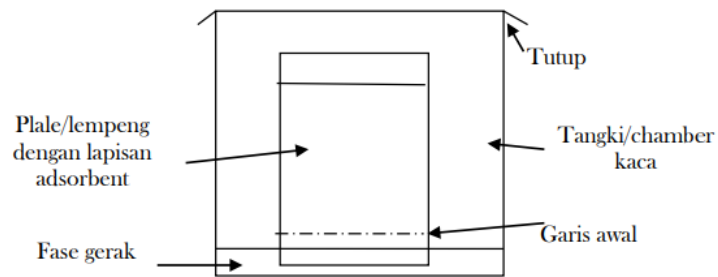
termasuk kromatografi cair, kromatografi adsorpsi, kromatografi gas, dan kromatografi partisi. Dilihat dari mekanismenya, dapat dibedakan menjadi kromatografi gel dan kromatografi penukar ion. Dari perspektif fasa diam, kromatografi kolom, kromatografi kertas, dan kromatografi lapis tipis dipertimbangkan (Rubiyanto, 2017).

2.6.1 Kromatografi Cair Vakum (KCV)

Kromatografi cair vakum (KCV) termasuk salah satu metode dari pemisahan yang menyempurnakan kromatografi kolom gravitasi dengan cara menambahkan ruang hampa atau aliran udara ke bagian bawah kolom. KCV ini dapat digunakan untuk fraksinasi dan juga pemurnian fraksi dengan menggunakan fasa diam dan fasa gerak. KCV bekerja dengan melarutkan sampel dalam pelarut yang sesuai, menambahkannya langsung pada bagian atas kolom, dan perlahan-lahan menariknya ke dalam wadah dengan menarik ruang hampa (Fauzia dkk., 2021).

2.6.2 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

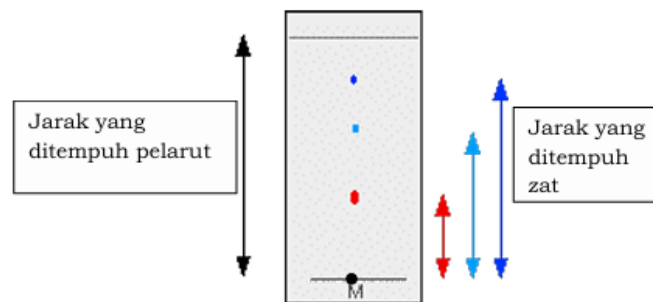
Kromatografi lapis tipis, salah satu jenis kromatografi planar yang termasuk teknik analisis yang biasa digunakan untuk memisahkan campuran senyawa kimia yang berdasarkan distribusinya antara dua fasa, fasa gerak dan fasa diam. Fasa gerak merupakan suatu pelarut tunggal atau campuran pelarut yang dapat menyebabkan terjadinya pemisahan ekstrak. Fasa diam sendiri merupakan suatu bahan pelapis pada plat KLT, yang biasanya terbuat dari bubuk silika, selulosa, atau alumunium oksida. Di sisi lain, fasa gerak berinteraksi dengan fasa diam melalui aksi kapilaritas yang memungkinkan pemisahan berbagai macam komponen yang berbeda berdasarkan kelarutan dan retensinya dalam fasa diam dan fasa gerak. Pemisahan dapat dicapai melalui persaingan antara molekul sampel dan pengikatnya pada fasa gerak atau berinteraksinya dengan fasa diam (Lade *et al.*, 2014). Berikut ini ilustrasi pada metode KLT yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Kromatografi Lapis Tipis (KLT) (Rosamah, 2019)

Jarak yang ditempuh spot-spot pada permukaan plat KLT diukur dan dengan menggunakan persamaan dapat dihitung nilai R_f (Retardation factor) yang menggambarkan jarak tempuh suatu komponen terhadap jarak keseluruhan, sebagai berikut

$$R_f = \frac{\text{Jarak yang ditempuh sampel}}{\text{Jarak yang ditempuh fase gerak}}$$



Gambar 8. Cara pengukuran nilai R_f (Rosamah, 2019)

Nilai R_f atau nilai faktor retardasi pada kromatografi memiliki rentang antara 0,00-1,00 dan hanya dapat ditentukan dua desimal. Besarnya nilai R_f ini dipengaruhi oleh struktur kimia dari senyawa yang sedang dipisahkan, sifat dari penyerap, jenis eluen dan jumlah cuplikan (Rosamah, 2019). Informasi mengenai cara pembacaan dan pengukuran nilai R_f pada kromatografi lapis tipis dapat dilihat secara jelas pada Gambar 8.

2.6.3 Kromatografi Kolom (KK)

Kromatografi mencakup berbagai macam tahapan yang berupa perbedaan distribusi dari komponen antara dua fasa yang membentuk sampel. Kedua fasa tersebut ada dalam bentuk fasa gerak yaitu memperkolasi melalui celah fasa diam, dan sebagai adsorben yang tetap berada dalam sistem. Pergerakan fasa ini dapat menyebabkan pergerakan komponen sampel, yang dapat menyebabkan terbentuknya beberapa lapisan zona berwarna pada fraksi, yang disebut dengan kromatogram (Meslebu dkk., 2012).

Kromatografi kolom dapat digunakan untuk memisahkan suatu campuran senyawa dalam jumlah yang relatif besar, tergantung pada diameter dan panjang kolom yang akan digunakan. Hasil pemisahan dapat dipengaruhi oleh ukuran partikel fasa diam dan derajat aktivitas adsorben. Aluminium oksida, silika gel, dan sephadex digunakan dalam fasa diam. Kolom dapat dikemas secara kering atau basah. Proses basah dilakukan dengan cara memasukkan fasa diam dalam bentuk suspensi. Fasa gerak yang digunakan dapat terdiri dari pelarut atau campuran pelarut dalam jumlah tetap dengan proporsi berbeda, atau dapat ditambahkan secara bertahap. Sedangkan proses kering dapat dilakukan dengan menambahkan fasa diam dalam keadaan kering kemudian menambahkan fasa gerak hingga fasa diam terendam. Hasil kolom dicatat berdasarkan waktu retensi atau jumlah retensi (Hujjatusnaini dkk., 2021).

Prinsip dasar dari kromatografi kolom didasarkan pada perbedaan tingkat serapan atau afinitas masing-masing senyawa yang akan dipisahkan terhadap fasa diam yang ada di dalam kolom tersebut. Senyawa yang bersifat polar cenderung akan diserap lebih kuat oleh material fasa diam, seperti silika gel, sehingga pergerakannya melalui kolom menjadi lebih lambat. Sebaliknya, senyawa yang bersifat non-polar memiliki kecenderungan untuk diserap lebih lemah oleh silika gel, sehingga mereka dapat bergerak lebih cepat melewati kolom. Akibatnya, senyawa-senyawa didalam kolom terpisah keluar dari kolom bersama dengan pelarut (fasa gerak) dengan polaritasnya sama (Syahmani dkk., 2017).

2.7 Spektrofotometri

Metode yang digunakan dalam spektrofotometer disebut spektrofotometri dan mengukur jumlah cahaya yang diserap pada panjang gelombang tertentu.

Penyerapan cahaya ini terjadi ketika radiasi yang dipancarkan oleh sumber cahaya pada panjang gelombang tertentu memungkinkan elektron menerima energi yang cukup untuk bertransisi dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi (Day and Underwood, 1999).

Spektrofotometer merupakan suatu instrumen penting dalam analisis kimia. Dimana instrumen ini dapat digunakan untuk menguji suatu sampel tertentu yang berorientasi pada pengukuran kuantitatif dan kualitatif. Oleh karena itu, peralatan spektrofotometer penting digunakan pada sektor pendidikan, penelitian, maupun industri (Sölvason and Foley, 2015). Spektrofotometer dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi cahaya dalam sampel larutan, panjang gelombang serapan maksimum dan nilai serapan atau transmisi. Pengukuran spektrofotometer adalah fungsi dari penyerapan atau transmisi panjang gelombang cahaya (Basset, 1994).

2.7.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri merupakan suatu metode dalam bidang kimia analisis yang dapat digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif yang didasarkan atas interaksi antara materi dengan cahaya (Sari dkk., 2023). Spektrofotometri serapan sendiri ialah suatu pengukuran yang terjadi antara interaksi radiasi elektromagnetik dengan molekul atau atom suatu bahan kimia. Pada dasarnya, teknik ini mengukur seberapa banyak radiasi elektromagnetik yang diserap oleh sampel, yang kemudian memberikan informasi mengenai komposisi dan konsentrasi zat tersebut. Salah satu jenis spektrofotometri yang umum digunakan adalah spektrofotometri UV-Vis, yaitu teknik analisis spektroskopi yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik mendekati ultraviolet dengan panjang gelombang 200-400 nm dan sinar tampak antara 400-750 nm (Dachriyanus, 2004).

2.7.2 Kromatografi Cair-Spektrofotometri Massa (LC-MS/MS)

Liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) atau Kromatografi cair kinerja ultra tinggi-tandem spektrofotometri massa merupakan suatu teknik analisis kombinasi antara kromatografi cair sebagai pemisah komponen-komponen analit dalam sampel, dengan spektrofotometri massa sebagai detektor. LC-MS/MS merupakan teknik analisis kualitatif dan kuantitatif yang efektif dengan berbagai aplikasi, seperti aplikasi klinis, termasuk pemantauan terapi obat (TDM), toksikologi, endokrinologi, mikrobiologi, dan proteomic. Prinsip tandem spektrometri massa didasarkan pada penggunaan dua spectrometer massa bersama-sama untuk menganalisis campuran sampel (Harmita dkk., 2019). Spektroskopi massa mampu menghasilkan berkas ion dari suatu zat uji, memilah ion tersebut menjadi spektrum yang sesuai dengan perbandingan massa terhadap muatan dan merekam kelimpahan relatif tiap jenis ion yang ada. Pada umumnya hanya ion positif yang dipelajari, karena ion negatif yang dihasilkan dari sumber tumbukan biasanya hanya sedikit (Wahyudiono dkk., 2018).

2.7.3 Spektrofotometri Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

Spektrometer resonansi magnetik nuklir (NMR) merupakan suatu instrumen kimia yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi tentang struktur dan konformasi senyawa. Spektroskopi NMR memanfaatkan interaksi antara inti atom dan medan magnet luar, yang bertindak sebagai magnet kecil, dan dapat digunakan untuk mengkarakterisasi ikatan kimia dan lingkungan nuklir. Sinyal yang diperoleh dari spektroskopi NMR memberikan informasi penting mengenai interaksi antara inti atom dan elektron di sekitarnya, serta interaksi antar inti atom itu sendiri, yang secara keseluruhan membantu dalam menentukan struktur molekul suatu senyawa secara detail dan akurat. Spektrum NMR yang dihasilkan berupa kumpulan satu atau lebih puncak resonansi yang muncul pada frekuensi tertentu, yang masing-masing puncak merepresentasikan lingkungan kimia berbeda dari inti atom yang dianalisis (Ismail dkk., 2022).

Ada dua jenis spektroskopi NMR, yang pertama adalah ^1H -NMR yang akan memberikan salah satu informasi penting dengan ditunjukkan oleh spektrum ^1H -NMR berupa pergeseran kimia dari berbagai jenis proton dalam sampel, sedangkan ^{13}C -NMR memberikan informasi struktural yang terkait dengan senyawa berdasarkan shifts kimia dari berbagai jenis karbon. Selain menentukan senyawa, spektroskopi NMR juga dapat digunakan dalam teknik pencitraan medis tingkat lanjut seperti MRI (Ismail dkk., 2022). Adapun informasi tentang pergeseran kimia senyawa organik dalam spektroskopi ^1H -NMR tersedia dalam Tabel 1.

Tabel 1. Letak Pergeseran Kimia dalam Spektra ^1H -NMR

Tipe Gugus	Pergeseran Kimia ^1H (δ) (ppm)
C-CH ₃ (alkana)	0,5-2
C \equiv 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	11,5-12,5

Sumber: (Sudjadi, 1985)

Selain menunjukan pergeseran kimia dalam spektrum ^1H -NMR spektrofotometer NMR juga memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan menganalisis pergeseran kimia dalam spektrum ^{13}C -NMR. Spektrum ^{13}C -NMR tidak hanya memberikan informasi mengenai posisi kimia dari atom karbon dalam suatu molekul, tetapi juga digunakan secara luas untuk menghitung jumlah atom karbon dalam struktur molekul organik yang belum diketahui. Pada umumnya, sinyal resonansi dalam spektrum ^{13}C -NMR sangat dipengaruhi oleh lingkungan kimia masing-masing atom karbon di dalam molekul, sehingga memungkinkan untuk mengidentifikasi jenis dan posisi karbon, baik yang bersifat kuarternar, tersier, sekunder, maupun primer (Basir dan Eliza, 1999). Informasi mengenai nilai pergeseran kimia pada spektrum ^{13}C -NMR ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Letak Pergeseran Kimia dalam Spektra ^{13}C -NMR

Tipe Gugus	Pergeseran Kimia ^{13}C (δ) (ppm)
C=O (keton)	205-220
C=O (aldehid)	190-200
C=O	170-185
C aromatic	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 ₃ CO-	20-30
R ₂ CH ₂	16-25
RCH ₃	10-15

Sumber: (Sudjadi, 1985)

2.8 Pengujian Secara *In Vitro*

Pengujian aktivitas antidiabetes secara *in vitro* banyak dilakukan dalam rangka pencarian kandidat obat untuk pengobatan diabetes melitus, dengan metode yang umum digunakan meliputi uji inhibisi enzim α -glukosidase dan α -amilase, yang berperan dalam memperlambat pemecahan dan penyerapan glukosa di saluran pencernaan sehingga membantu mengontrol kadar gula darah. Selain itu, pengujian juga dilakukan menggunakan kultur sel RIN-5F, yakni sel β -pankreas tikus, untuk mengevaluasi kemampuan senyawa dalam merangsang sekresi insulin atau menjaga viabilitas sel pankreas (Nugraha dan Hasanah, 2018).

2.8.1 Uji Inhibisi Enzim α -Glukosidase

Metode analisis dengan cara *in vitro* inhibisi enzim α -glukosidase merupakan pengujian yang dapat digunakan untuk melihat aktivitas penghambatan suatu enzim α -glukosidase. Pengujian aktivitas ini dilakukan berdasarkan prinsip dasar reaksi enzimatik, yaitu terjadinya suatu hidrolisis substrat *p*-nitrofenil- α

Dglukopiranosida (PNPG) oleh enzim α -glukosidase menjadi *p*-nitrofenol yang berwarna kuning dan glukosa (Holidah dkk., 2018).

2.8.2 Uji Inhibisi Enzim α -Amilase

Enzim α -amilase merupakan enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat, yang bekerja dengan cara memecah karbohidrat menjadi karbohidrat sederhana dan glukosa (Fitrianingsih dkk., 2016). Enzim ini akan mengkatalisis hidrolisis dari α -1,4-glikosidik polisakarida menjadi dekstrin, oligosakarida, maltose, dan D-glukosa. Obat dengan aktivitas penghambatan α -amilase bekerja dengan menghambat pencernaan karbohidrat kompleks (amilum) menjadi glukosa sehingga mengurangi peningkatan kadar glukosa postprandial pada penderita diabetes melitus (Santoso dkk., 2017).

2.8.3 Uji RIN-5F Cell Lines

RIN-5F cell lines yaitu metode *in vitro*. RIN-5F merupakan sebuah kloning sekunder dari garis sel tumor islet pankreas tikus yang dikenal sebagai RIN-m (ECACC c atalogue no. EC95071701). Sel ini merupakan sel β -pankreas yang memiliki fungsi utama sama seperti sel β normal, yaitu mampu memproduksi dan mensekresikan insulin. Karena sifat dan fungsinya ini, sel RIN-5F sering digunakan dalam penelitian untuk mengamati efek suatu obat terhadap sekresi insulin. Salah satu obat yang umum diuji menggunakan sel ini adalah glibenklamid, sebuah obat yang dikenal dapat merangsang sekresi insulin dan biasanya digunakan dalam pengobatan diabetes mellitus tipe 2, khususnya pada pasien yang mengalami kekurangan insulin. Ketika sel RIN-5F diberi perlakuan dengan penambahan glibenklamid atau sampel obat lain, maka sel akan merespons dengan mensekresikan insulin dalam jumlah tertentu yang dapat diukur secara kuantitatif. Sekresi insulin tersebut biasanya diukur dalam satuan nanogram per juta sel (Nugraha dan Hasanah, 2018).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024 – Mei 2025 yang bertempat di Laboratorium Kimia Organik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Determinasi sampel dilakukan di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, pada analisis menggunakan instrument berupa spektrofotometer UV-Vis yang dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Lampung, spektrofotometer NMR yang dilakukan di Laboratorium Kimia Terpadu Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung, dan LC-MS/MS yang dilakukan di Badan *Reserse* Kriminal Polri Pusat Laboratorium Forensik Bogor.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi berbagai jenis dan ukuran alat gelas, seperangkat peralatan destilasi, *rotary vaccum evaporator*, oven, spatula, pipet tetes, neraca analitik, lampu UV dengan panjang gelombang 254 nm dan 366 nm, microplate, satu set peralatan Kromatografi Cair Vakum (KCV), satu set peralatan Kromatografi Kolom (KK), serta spektrofotometer UV-Vis, NMR dan LC-MS/MS.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit batang damar mata kucing yang diperoleh dari krui, Lampung Barat Agustus 2023. Kulit batang ini telah mengalami proses pengeringan dan penghalusan. Pelarut yang digunakan untuk ekstraksi sampel adalah metanol, etil asetat, *n*-heksana, aseton, aquades,

diklorometana, dan kloroform, serta kertas saring, silika gel GF 254, silika gel merck (35-45 Mesh), silika gel kasar, reagen serium sulfat, enzim α -amilase, dan dimetil-sulfoksida (DMSO).

3.3 Prosedur Kerja Penelitian

3.3.1 Persiapan Sampel

Proses awal dalam penelitian ini adalah penentuan jenis tumbuhan dari kulit batang damar mata kucing, yang telah dilakukan di jurusan biologi fakultas matematika dan ilmu pengetahuan alam universitas Lampung. Kemudian, kulit batang damar mata kucing dibersihkan, diiris kecil-kecil, dan dikeringkan secara alami dengan cara dianginkan hingga benar-benar kering. Setelah itu, kulit batang yang telah kering digiling hingga menjadi serbuk halus, yang akan menjadi sampel dalam penelitian ini.

3.3.2 Ekstraksi

Maserasi dilakukan menggunakan sampel sebanyak 5 kg lalu dimaserasi menggunakan metanol selama 1x24 jm dengan 3 kali pengulangan. Hasil maserasi dipisahkan antara filtrat dan residu nya menggunakan kertas saring. Filtrat yang didapatkan kemudian dipekatkan menggunakan *rotary vaccum evaporator* hingga diperoleh ekstrak yang kental.

3.3.3 Fraksinasi

Ekstrak kasar metanol selanjutnya dilakukan pemisahan dengan cara partisi menggunakan pelarut organik dengan tingkat kepolaran yang berbeda. Ekstrak kasar tersebut kemudian dipartisi bertingkat menggunakan pelarut *n*-heksana dan etil asetat dengan corong pisah dengan perbandingan 1:1 kemudian dikocok, sesekali katup udara corong pisah dibuka dan ditutup kembali, hingga

menghasilkan dua fase yang kemudian dipisahkan. Prosedur ini dilakukan dengan tiga kali pengulangan untuk memaksimalkan proses pemisahan senyawa.

3.3.4 Kromatografi Cair Vakum (KCV)

Hasil partisi dengan etil asetat difraksinasi menggunakan kromatografi cair vakum. Ekstrak dilarutkan menggunakan aseton lalu dilakukan impregnasi dengan mencampurkan ekstrak dan silika kasar dengan massa silika sebanyak 2 kali dari massa ekstrak. Selanjutnya siapkan alat kolom dengan memasukan adsorben berupa silika halus sebanyak 10 kali massa ekstrak kedalam kolom KCV lalu ditekan dan divakum hingga silika halus menjadi padat. Dituangkan eluen *n*-heksana kedalam kolom KCV yang berfungsi untuk mengaktivasi silika halus, lalu kolom dihisap dengan alat vakum agar didapatkan kerapatan yang maksimum. Setelah kolom KCV siap digunakan hasil impregnasi ditambahkan, dan diletakan kertas saring diatasnya agar permukaan sampel tetap terjaga lalu divakum. Sampel dielusi menggunakan etil asetat : *n*-heksana dimulai dari tingkat kepolaran yang rendah hingga tinggi (0:100 – 100:0 %). Setiap fraksi yang didapatkan dilakukan KLT dan digabungkan berdasarkan persamaan pola fraksinasi nya.

3.3.5 Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Kromatografi lapis tipis dilakukan untuk melihat pola pemisahan senyawa yang terdapat pada ekstrak hasil partisi. KLT dilakukan menggunakan campuran eluen berupa *n*-heksana, dan etil asetat. Hasil KCV yang diperoleh ditotol pada plat KLT menggunakan pipa kapiler. Kemudian plat KLT dielusi dengan eluen yang sesuai lalu noda yang dihasilkan diamati dibawah lampu UV. Kromatogram yang diperoleh di semprot menggunakan larutan serum sulfat yang bertujuan untuk memperlihatkan noda hasil KLT. Fraksi dengan nilai *R_f* (*Retention factor*) yang sama digabungkan dan dimurnikan lebih lanjut menggunakan kromatografi kolom.

3.3.6 Kromatografi Kolom (KK)

Pemisahan dengan kromatografi kolom menggunakan fase diam berupa silika gel kasar yang berfungsi untuk menahan laju elusi fase gerak. Digunakan silika kasar sebanyak 30 kali dari berat sampel, dan silika gel kasar sebanyak 2 kali dari berat sampel sebagai impregnasi. Silika gel kasar kemudian dicampurkan dengan pelarut hingga terbentuk bubur silika (*slurry*). *Slurry* dituangkan kedalam kolom dengan cepat dan hati-hati hingga rata dan mencapai kerapatan maksimum (Ambarwati dan Nasution, 2023). Kemudian sampel yang telah di impregnasi dengan silika kasar sebanyak dua kali berat sampel dimasukan ke dalam kolom yang berisi fase diam. Ketika sampel dimasukan ke dalam kolom, keadaan kolom tidak boleh kering dikarenakan hal tersebut dapat mengganggu fase diam yang telah mencapai kerapatan dan mengakibatkan proses elusi menjadi terganggu. Selanjutnya kolom dielusi dengan eluen yang sesuai dan hasil yang diperoleh ditampung kedalam vial atau botol UC.

3.4 Analisis Kemurnian

Pada penelitian ini analisis kemurnian dilakukan menggunakan metode KLT dengan beberapa campuran eluen. Suatu senyawa menunjukkan kemurnian apabila muncul satu noda dengan beberapa campuran eluen yang digunakan lalu di semprot dengan larutan serium sulfat untuk memperjelas noda dari komponen senyawa tersebut.

3.5 Identifikasi Senyawa

3.5.1 *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR)

Sampel yang berwujud kristal murni dilarutkan dengan aseton lalu ditambahkan dengan sedikit senyawa acuan. Larutan dimasukan dalam tabung gelas tipis dengan ketebalan 5 mm di tengah-tengah kumparan frekuensi radio (rf) diantara

dua kutub magnet yang sangat kuat lalu energi dari kumparan rf ditambah secara terus menerus. Energi pada frekuensi terpasang dari kumparan rf yang diserap cuplikan direkam dan menghasilkan spektrum NMR.

3.5.2 *Liquid Chromatography Mass Spectrometer (LC-MS/MS)*

Analisis *Liquid Chromatography Mass Spectrometer (LC-MS/MS)* yaitu, teknik analisis yang menggabungkan kemampuan pemisahan fisik dari kromatografi cair dengan spesifisitas deteksi spektrometri massa. Kromatografi cair memisahkan komponen-komponen sampel dan kemudian ion bermuatan dideteksi oleh spektrofotometer massa. Data LC-MS dapat digunakan untuk memberikan informasi tentang berat molekul, struktur, identitas dan kuantitas komponen sampel tertentu. Hasil analisis LC-MS/MS akan didapatkan kromatogram berupa alur tinggi peak dan akan didapatkan bobot molekul dari senyawa yang terdapat dalam ekstrak sehingga dapat diketahui jumlah senyawa yang dikandung didalam sampel tersebut (Manguran *et al.*, 2019).

3.6 Uji Aktivitas Antidiabetes

Uji antidiabetes dilakukan dengan mengukur aktivitas penghambatan enzim α -amilase dengan ekstrak sampel yang dilakukan secara *in vitro*. Sebanyak 2 mg sampel dilarutkan menggunakan 1 mL DMSO 5% dengan variasi konsentrasi yaitu 20, 40, 60, 80 dan 100 ppm. Dibuat larutan pati 1 % dengan melarutkan pati kedalam aquades kemudian dipanaskan hingga berubah menjadi berwarna bening.

Terdapat empat jenis larutan yaitu larutan uji sampel (A1), larutan blanko sampel (A2), larutan kontrol (A3) dan larutan blanko (A4). Pada A1 dimasukkan 0,25 mL larutan sampel dengan variasi konsentrasi (20, 40, 60, 80, dan 100 ppm) kemudian ditambahkan dengan 0,25 mL enzim α -amilase ke dalam tabung reaksi lalu dihomogenkan. Pada A2 dimasukkan 0,25 mL larutan sampel dengan masing-masing konsentrasi dan ditambahkan dengan 0,25 mL H₂O ke dalam tabung reaksi lalu dihomogenkan. Pada A3 dimasukkan 0,25 mL enzim α amilase dan

0,25 mL H₂O kedalam tabung reaksi lalu dihomogenkan. Pada A4 dimasukan H₂O sebanyak 0,5 mL. Kemudian seluruh larutan tersebut (A1, A2, A3 dan A4) di diamkan pada suhu ruang selama 10 menit. Setelah itu ditambahkan dengan 0,25 mL pati 1% dan di inkubasi selama 30 menit dengan suhu 37°C. Lalu setelah di inkubasi semua larutan ditambahkan dengan 0,25 mL HCl 1N, 0,25 mL larutan iodine dan 4 mL H₂O. Setelah itu seluruh larutan diukur absorbansi nya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm. Kontrol positif yang digunakan pada penelitian ini adalah *acarbose* yang diperlakukan sama seperti pengujian sampel (Mwakalukwa *et al.*, 2020).

Persen inhibisi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ inhibisi} = \left[1 - \frac{(A2-A1)}{(A4-A3)} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

A1 = Absorbansi rata-rata dari larutan sampel + pati + enzim

A2 = Absorbansi rata-rata dari larutan sampel + pati tanpa enzim

A3 = Absorbansi rata-rata dari larutan pati + enzim

A4 = Absorbansi rata-rata dari larutan pati tanpa enzim

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diperoleh senyawa NVI 10 hasil isolasi sebanyak 10,8 mg dengan sifat fisik berupa kristal berwarna coklat kemerahan dari fraksi etil asetat kulit batang damar mata kucing (*S. javanica*) yang dikarakterisasi dengan spektroskopi ^1H -NMR dan LC-MS/MS, dan diprediksi merupan senyawa golongan stilbenoid berupa trimer resveratrol.
2. Berdasarkan hasil uji inhibisi enzim α -amilase secara *in vitro* menunjukkan bahwa senyawa NVI 10 memiliki aktivitas antidiabetes yang sedang dengan nilai IC_{50} sebesar 149,69 $\mu\text{g/mL}$.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan massa sampel yang lebih banyak saat maserasi agar diperoleh massa senyawa murni yang lebih banyak dan perlu dilakukan uji aktivitas lain seperti antiinflamasi, antioksidan, anti-HIV dan sitotoksik untuk mengetahui kemampuan bioaktivitas lainnya pada senyawa hasil isolasi serta analisis lebih lanjut menggunakan ^{13}C -NMR.

DAFTAR PUSTAKA

- Alauhdin, M., Eden, W. T., dan Alighiri, D. 2021. Aplikasi spektroskopi inframerah untuk analisis tanaman dan obat herbal. *Inov. Sains Kes.* **4**(1): 84-118.
- Ambarwati, N., dan Nasution, N. E. 2023. Pemurnian fraksi ekstrak etil asetat jamur endofit *aspergillus salwaensis* DTO297C1. *J. Sains Farm.* **4**(1): 7-12.
- Aminah, N. S., Achmad, S. A., Hakim, E. H., Syah, Y. M., Juliawaty, L. D., dan Ghisalberti, E. L. 2003. Laevifonol, Diptoindonesin A, dan Ampelopsin A, Tiga Dimer Stilbenoid dari Kulit Batang *Shorea seminis* V. Sl. (*Dipterocarpaceae*). *J. Mat. Sains.* **8**(1): 31-34.
- Angin, P. Y., Asbur, P. Y., dan Sari, R. 2019. Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder yanag dihasilkan tanaman pada cekaman biotik Utilization of secondary metabolite content produced by plants in biotic stress Pendahuluan Bahan dan Metode Hasil dan Pembahasan. *Agriland.* **7**(1): 39-47.
- Anugrahani, C. H., dan Wahyuni, A. S. 2021. Aktivitas Antidiabetes Tanaman Tradisional Di Pulau Jawa. *J. Farm. Ind..* **1**(2): 120-131.
- Aprilah, I. 2016. *Ekstraksi Antioksidan Lycopene dari Buah Tomat (Hylocereus Undatus) Menggunakan Pelarut Etanol-Heksan*. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Basir, D., dan Eliza. 1999. Spektroskopi resonansi magnetik inti karbon (^{13}C -nmr) dari Etil, Asam, dan (2-Metoksi-4-Formil) Fenil P-Metoksisinamat. *J. Penelitian Sains.* (6): 1-7.
- Basset, J. 1994. *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. EGC. Jakarta.
- Bhawani, S. A., Sulaiman, O., Hashim, R., and Ibrahim, M. N. 2010. Thinlayer chromatographic analysis of steroids. *Trop J. Pharm Res.* **9**(3): 301-313.
- Bintaro, A. 2020. Analisis Kondisi Tegakan Damar (*Shorea javanica*) Di Universitas Lampung Pada Masa Penanaman 2005. *TALENTA Conference Series: Agriculturaan and Natural Resource.* **3**(1): 25-31.

- Bustan, M. N. 2015. *Manajemen Pengendalian Penyakit Tidak Menular*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Chauhan, S.M., Singh, M.B., and Narayan, L. 2002. Isolation of 3 β -hydroxyolean-12-ene, friedelin and 7-methoxy-4'-5-dihydroxyisoflavone from dry and fresh leaves of *Shorea robusta*. *Indian J. Chem. B.* **41**. 1097-1099.
- Cholifah, A. I. 2016. Hubungan antara pola makan dan aktivitas fisik dengan kadar GDS pada pasien diabetes mellitus (dm) tipe ii di puskesmas Mayong II Jepara tahun 2015. *Jurnal. IKK.* **7**(2): 1-79.
- Chung, M. I., Park, R. M., Chun, J. C., and Yun, S. J. 2003. Resveratrol Accumulation and Resveratrol Synthase Gene Expression in Response to Abiotic Stresses and Hormones in Peanut Plants. *Plant Science.* **164**. 103-109.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. LPTIK Universitas Andalas. Padang.
- Darfiani, P., Dian, M. H., dan Syedza, S. S. 2021. Daun Sirsak Menurunkan Kadar Gula Darah Pasien Diabetes Mellitus. *JE. Kajian Ilmiah Problema Kesehatan.* **6**:(1). 113-119.
- Day, R. A., and Underwood, A. L. 1999. *Analisis Kimia Kuantitatif* (6 ed.). Erlangga. Jakarta.
- Dayrit, F. M., and Dios, A. C. 2017. ¹H and ¹³C NMR for the Profiling of Natural Product Extracts: Theory and Applications. In E. Sharmin, and F. Zafar. *Spectroscopic Analyses - Developments and Applications.* (pp. 81-103).
- Desmiaty, Y., Ratih, H., Dewi, M. A., dan Agustin, R. 2008. Penentuan jumlah tanin total pada daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan daun sambang darah (*Excoecaria bicolor* Hassk) secara kolorimetri dengan pereaksi biru prusia. *Ortocarpus.* **8**(1): 106-109.
- Dorthe, J. 2004. *Shorea javanica* Koord. and Valeton. *seed leaflet.* (88).
- Evliyaoglu, O., Sancaktar, E., Sogut, E., Basarali, M., Uzuncan, N., and Karaca, B. 2011. Association of a single nucleotide polymorphism in the SUR1 gene with type 2 diabetes and obesity in Turkish patients. *J. Clin Exp Inves.* **2**(2): 161-167.
- Fajri, M. 2008. Pengenalan umum *Dipterocarpaceae*, kelompok jenis bernilai ekonomi tinggi. *Info Teknis Dipterokarpa.* **2**(1): 9-21.
- Fasya, A. G., Tyas, A. P., Mubarakah, F. A., Ningsih, R., dan Madjid, A. D. 2018. Variasi Diameter Kolom dan Rasio Sampel-Silika pada Isolasi Steroid dan

- Triterpenoid Alga Merah *Eucheuma cottonii* dengan Kromatografi Kolom Basah. *Alchemy : J. Chem.* **6**(2): 57-64.
- Fatimah, R. 2015. Review Artikel : Diabetes Melitus tipe 2. *Majority.* **4**(5): 93-101.
- Fauzia, D. N., Kurniawati, M. W., Fuady, A. I., dan Pratiwi, K. S. 2021. Isolasi Dan Identifikasi Senyawa Terpenoid Fraksi Heksana Dari Umbi Rumput Teki (*Cyperus Rotundus, L*). *J. Sintesis.* **2**(1): 10-15.
- Fitrianingsih, P., Maulana, I., Choesrina, R., dan Aprilliani, R. 2016. Uji Aktivitas Penghambatan Alfa Amilase Ekstrak Daun *Tithonia Diversifolia* Secara *In Vitro*. *ProsSNaPP Kesehatan.* **6**:(1). 108-115.
- Garg, N., Abdel, A., S, M., and Aeron, A. 2016. *Microbes in Food and Health*. Springer. Switzerland.
- Gumantara, M. P., dan Oktarlina, R. Z. 2017. Gumantara, M.P., dan Oktarlina, R.Z. 2017. Perbandingan Monoterapi dan Kombinasi Terapi Sulfonilurea-Metformin terhadap Pasien Diabetes Melitus Tipe 2. *Majority.* **6**(1): 1-5.
- Hagerman, A. E. 2002. *Tannin Handbook*. Department of Chemistry and Biochemistry Miami University. United States.
- Hakim, E. H., Sahadin, Syah, Y. M., Juliawaty, L. D., Achmad, A. A., dan Lajis, N. 2007. Oligomer Resveratrol dari Kulit Batang *Shorea assamica Dyer* (*Dipterocarpaceae*) dan sitotoksitasnya. *J. Mat. dan Sains.* **12**(3): 113-118.
- Hanin, N. N., dan Pratiwi, R. 2017. Kandungan Fenolik, Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Paku Laut (*Acrostichum aureum L.*) Fertil dan Steril. *J. Trop. Biodiv. Biotech.* **2**(2): 51-56.
- Harmita, K., Yuhdiana, H., dan Supadi. 2019. *Liquid Chromatography Tendem-Mass Spectrometry (LC-MS/MS)*. PT ISFI Penerbitan. Jakarta.
- Haryanto, S., Hakim, E. H., Syah, Y. M., Achmad, S. A., Juliawaty, L. D., dan Latip, J. 2006. Trimerstilbenoid dari Kulit Batang. *Bull. Soc. Nat. Prod. Chem.* **6**. 7-11.
- Haryoto, A, W., N, A., dan H.Y, K. 2014. Resveratrol oligomers from the tree bark of *Shorea accuminatissima*: Their properties and significance. *J. Phytomed..* **6**(2): 120-127.
- Hasanah, M. R. 2018. Review artikel: metode pengujian aktivitas antidiabetes. *Farmaka.* **16**(3): 28-34.
- Holidah, D., Yasmin, dan Christianty, F. M. 2018. Uji Aktivitas Antidiabetes Ekstrak Teh Hitam dan Teh Hijau secara *In Vitro* Menggunakan Metode Inhibisi Enzim α -Glukosidase. *J. Pustaka Kes.* **6**(2): 235-239.

- Hujjatusnaini, N., Indah, B., Afitri, E., Widyastuti, R., dan Ardiansyah. 2021. *Ekstraksi*. Palangkaraya.
- Ismail, I. A., Riga, Suryani, O., Insani, M., Pernadi, N. L., dan Febriyanti, A. 2022. Analisis Spektrum ¹H-NMR: Penjelasan Sederhana. *Inter. J. AMR*. **6**(12): 336-342.
- Ito, T., Tanaka, T., Ido, Y., Nakaya, K.-i., Iinuma, M., dan Riswan, S. 2000. Stilbenoids Isolated from Stem Bark of *Shorea helmsleyana*. *chem.Pharm.Bull.* **48**(7): 1001-1005.
- Joshi, K. 2003. Leaf flavonoid patterns in Dipterocarpus and Hopea (Dipterocarpaceae). *Bot. J. Linn. Soc.* **143**(1): 43-46.
- Khafid, A., Wiraputra, M. D., Putra, A. C., Khoirunnisa, N., Putri, A. A., Suedy, S. W., dan Nurchayati, Y. 2023. Uji Kualitatif Metabolit Sekunder pada Beberapa Tanaman. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. **8**(1): 61-70.
- Kosanto, Vincent, H., Nelly, M., dan Shirley, K. E. (n.d.). nalisis Faktor Yang Berhubungan Dengan Kadar Gula Darah Sewaktu Pada Ibu Hamil Di Kota Manado. *eBiomedik*. **4**(2). 1-6.
- Lade, B. D., Patil, A. S., Paikrao, H. M., Kale, A. S., and Hire, K. K. 2014. A Comprehensive Working, Principles and Applications of Thin Layer. *J. Pharma. Biologc. Chem..* **5**(4): 486-503.
- Le, H. T., Thao, N. L., Huynh, M. T., Dang, H. T., Pham, T. Q., Ngoc, N. T., and Hong, T. V. 2021. Antibacterial, Antioxidant And Cytotoxic Activities Of Different Fractions Of Acetone Extract From Flowers Of *Dipterocarpus Intricatus Dyer* (Dipterocarpaceae. *Plant Science Today*. **8**(2): 273-277.
- Lulan, Y. T. 2020. α -viniferin as a potential antidiabetic and antiplasmodial extracted from. *Heliyon*. **6**(5): 1-6.
- Manguran, Y, Y., dan S, S. 2019. Analisis LC-MS/MS (liquid chromatograph mass spectrofotometry) dan metabolit sekunder serta potensi antibakteri ekstrak *n*-heksana spons *Callyspongia aerizusa* yang diambil dari kondisi tutupan terumbu karang yang berbeda di perairan Teluk Staring. *J. Bio. Trop.*, **19**(2). 131-141.
- Matinahoru, J. M. 2023. Populasi dan karakteristik morfologi meranti (*Shorea montigena*, *Slooten*) di kecamatan inamosol, kabupaten seram bagian barat. *J. Il. Hut. Pertanian*. **7**(1): 1-10.
- Meslebu, G., Trihandaru, S., dan Wibowo, N. A. 2012. Kombinasi Teknik Kromatografi Kolom Gravitasi Spektrometer Sederhana Sebagai Permodelan Kromatografi Cairan Kerja Tinggi (KCKT). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains VII UKSW*. **3**(1): 88-94.

- Mukhlisi. 2010. Keanekaragaman Jenis *Shorea* Kalimantan Timur Dan Upaya Konservasinya. *Bioprospek*. **7**(1): 69-80.
- Mulyono, N., Wijaya, C. H., Fardiaz, D., dan Rahayu, W. S. 2012. Identifikasi Komponen Kimia Damar mata kucing (*Shorea Javanica*) dengan Metode Pirolisis-GC/MS. *J. Natur Ind.* **14**(2): 155-159.
- Mwakalukwa, R., Amen, Y., Nagata, Y., 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.
- Ndraha, S. 2014. Diabetes melitus tipe 2 dan tatalaksana terkini. *Medicinus*. **14**(10): 1927-1935.
- Nugraha, M. R., dan Hasanah, A. N. 2018. Review artikel: metode pengujian aktivitas antidiabetes. *Farmaka*. **16**(3): 28-34.
- Nugroho, A. 2017. *Teknologi Bahan Alam*. Lambung Mengkurat University Press. Banjarmasin.
- Prasetyo, S., dan Yosephine, F. 2012. Model perpindahan massa pada ekstraksi saponin biji teh dengan pelarut isopropil alkhohol 50% dengan pengontakan secara dispersi menggunakan analisis dimensi. *Reaktor*. **14**(2): 87-94.
- Purwaningsih. 2004. Sebaran Ekologi Jenis-jenis *Dipterocarpaceae* di Indonesia. *Biodiversitas*. **5**(2): 89-95.
- Restu, I. G., Sugiarta, M., dan Darmita, I. K. 2020. Profil Penderita Diabetes Melitus Tipe-2 (DM-2) dengan komplikasi yang menjalani rawat inap di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Klungkung, Bali Tahun 2018. *Intisari Sains Medis*. **11**(1): 7-12.
- Rosamah, E. 2019. *Kromatografi Lapis Tipis Metode Sederhana Dalam Analisis Kimia Tumbuhan Berkayu*. Mulawarman University PRESS. Samarinda.
- Rubiyanto, D. 2017. *Metode kromatografi : prinsip dasar, praktikum dan pendekatan pembelajaran kromatografi*. Deepublish. Yogyakarta.
- Rumondang, M., Kusriani, D., dan Fachriyah, E. 2013. Isolasi, Identifikasi Dan Uji Antibakteri Senyawa Triterpenoid Dari Ekstrak *n*-heksana Daun Tempuyung (*Sonchus arvensis* L). *Chem Info*. **1**(1): 156-164.
- Salaj, N., Kladar, N., Čonic, B. S., Jeremic, K., Hitl, M., Gavaric, N., and Božin a, B. 2021. Traditional multi-herbal formula in diabetes therapy- Antihyperglycemic and antioxidant potential. *Arabian. JC*. **14**(10): 103347.

- Samejo, M. Q., Memon, S., Bhanger, M. I., and Khan, K. M. 2013. Isolation and characterization of steroids from *Calligonum polygonoides*. *J. Pharm. Research*. **6**(3): 346-349
- Santoso, I., Simanjuntak, P., dan Rahmaniar. 2017. Identifikasi Senyawa β -Sitosterol dari Ekstrak *n*-heksana Daun Mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) dan Uji Penghambatan Enzim α -Glukosidase. *J. Il. Far. Ind.* **15**(2): 223-227.
- Sari, A. M. 2015. Perlindungan Indikasi Geografis terhadap Damar Mata Kucing (*Shorea iavanica*) sebagai Upaya Pelestarian Hutan (Studi di Kabupaten Pesisir Barat Propinsi Lampung). *J. Hum. Ius Quia Iustum*. **22**(4): 566-593.
- Sari, R., Maryam, dan Yusmah, R. A. 2023. Penentuan c-organik pada tanah untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman dengan metode spektrofotometri uv vis. *JTP*. **12**(1): 11-19.
- Saroyobudiyono, H., Hakim, E. H., Juliawaty, Syah, Y. M., Achmad, S. A., Latip, J., and Said, I. M. 2008. Oligostilbenoids from *Shorea gibbosa* and their cytotoxic properties against P-388 cells. *J. Nat Med*. **62**. 195-198.
- Sirohi, S. K., Goel, N., and Singh, N. 2014. Utilization of Saponins, a Plant Secondary Metabolite in Enteric Methane Mitigation and Rumen Modulation. *Annual Research and Review in Biology*. **4**(1): 1-19.
- Situmorang, S. N. 2021. Skrining fitokimia dari senyawa metabolit sekunder buah jambu biji merah (*Psidium guajava* L). *JP. Mat. Sains*. **5**(2): 153-164.
- Sölvason, G. O., and Foley, J. T. 2015. Low Cost Spectrometer for Icelandic Chemistry Education. *Procedia CIRP*. **34**. 156-161.
- Sudjadi. 1985. *Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Sumadiwangsa, E. S., dan Gusmailina. 2006. *Teknologi Budidaya, Pemanfaatan dan Pengembangan Hasil Hutan Bukan Kayu*. Dephut. Bogor.
- Suparjo. 2008. *Saponin: Peran dan pengaruhnya untuk ternak dan manusia*. Laboratorium Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Jambi. Jambi.
- Suryo, R., Martinus, dan Hernelly, E. 2023. Keanekaragaman dan Status Konservasi Meranti Putih (*Parashorea lucida* Kurz) pada Kawasan Jambur Gele, Taman Nasional Gunung Leuser. *J.ilmiah MP*. **8**(3): 617-626.
- Syahmani, L., Iriani, R., dan Elfa, N. 2017. Penggunaan kitin sebagai alternatif fase diam kromatografi lapis tipis dalam praktikum kimia organik. *J.Vidya Karya*. **32**(1): 1-11.

- Wahyudiono, J., Adlan, R., Permanadewi, S., dan Gibran, A. K. 2018. Karakteristik Minyak Bumi di Blok Bula dan Blok Oseil, Pulau Seram, Maluku. *J. Geo. Sumberdaya Mineral*. **19**(4): 233-241.
- Wink, M. 2008. *Ecological Roles Of Alkaloid* (Modern Alkaloids. Structures, Isolation Synthesis and Biology ed.). Wiley- VCH Verlag Gmbh and Co. KgaA. Jerman.
- Yanti, D., dan Nurhayati, N. 2022. Perbandingan preferensi masyarakat terhadap obat tradisional dan obat sintetik di apotek qualitykota bekasi tahun 2019. *J. Ayurveda Medistra*. **4**(1): 1-8.
- Yenie, E., Elystia, S., Calvin, A., dan Irfhan, M. 2013. Pembuatan pestisida organik menggunakan metode ekstraksi dari sampah daun pepayadan umbi bawang putih. *J. Tek. Ling. UNAND*. **10**(1): 46-59.
- Yulianto, S. 2017. Penggunaan Tanaman Herbal Untuk Kesehatan. *J. Kebid Kes.Tradisional*. **2**(1): 1-59.
- Yuniarto, A., dan Selifiana, N. 2018. Aktivitas Inhibisi Enzim Alfa-glukosidase dari Ekstrak Rimpang Bangle (*Zingiber cassumunar Roxb*) secara *In vitro*. *J.Pharm. Ind*. **2**(1): 22-25.
- Yunus, E. M., Delilah, S., dan Santi, M. 2021. Hubungan Faktor Resiko Pada Ibu Hamil Trimester III Dengan Kadar Gula Darah. *Jl. STIKES Citra Delima Bangka Belitung*. **5**(1): 23-27.
- Zainol, A., Ronasari, M. P., dan Ninin, K. 2019. *Jamu Tradisional Ditinjau dari Aspek Ekonomi dan Kesehatan* IRDH. Malang.
- Zawawi, N. K., and Khairunnisa, N. K. 2012. Phytochemical studies and bioactivities of xylopia ferruginea hook (annonaceae) and shorea maxwelliana king (dipterocarpaceae). *J. Trop. For. Sci*. **24**(2): 215-220.