

**LAPORAN PENELITIAN**

**IDENTIFIKASI SENYAWA BIOAKTIF DAN ENKAPSULASI EKSTRAK  
DAUN KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) DAN PEGAGAN (*CENTELLA  
ASIATICA*) UNTUK BAHAN BAKU OBAT ANTIHIPERTENSI DAN  
*ANTIAGING***



**Disusun Oleh :**

**NABILAH NURUL AISYAH      3335200074**

**FENI MUSTIKA SARI          3335200111**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN  
2025**

**LAPORAN PENELITIAN**  
**IDENTIFIKASI SENYAWA BIOAKTIF DAN ENKAPSULASI EKSTRAK**  
**DAUN KELOR (*Moringa Oleifera*) DAN PEGAGAN (*Centella Asiatica*)**  
**UNTUK BAHAN BAKU OBAT ANTIHIPERTENSI DAN ANTIAGING**

Disusun oleh :

Nabilah Nurul Aisyah                      3335200074

Feni Mustika Sari                              3335200111

Telah Disetujui Oleh Dosen Pembimbing dan Telah dipertahankan dihadapan  
Dewan Penguji pada Tanggal 7 Januari 2025

**Pembimbing**



**Prof. Dr. Ir. Eka Sari M.T.IPM., ASEAN Eng.**

**NIP. 197406072003122001**

**Penguji I**

**Penguji II**



**Dr. Heri Heriyanto, S.T., M.Eng**  
**NIP. 197510222005011002**



**Meri Yulvianti, S.Pd., M.Si**  
**NIP. 197707032010122002**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**Dr. Heri Heriyanto, S.T., M.Eng**  
**NIP. 197510222005011002**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

**NAMA** : Nabilah Nurul Aisyah

**NIM** : 3335200074

**JURUSAN** : Teknik Kimia

**NAMA** : Feni Mustika Sari

**NIM** : 3335200111

**JURUSAN** : Teknik Kimia

Bersedia

Bahwasannya Tugas Akhir yang berjudul “**Identifikasi Senyawa Bioaktif dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Daun Pegagan (*Centella asiatica*) untuk Bahan Baku Obat Antihipertensi dan *Antiaging***” adalah benar karya saya sendiri dengan arahan dari pembimbing dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain kecuali telah disebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai perundang-undangan yang berlaku.

Cilegon, 14 Februari 2025

**Mahasiswa 1**



**Nabilah Nurul Aisyah**

**Mahasiswa 2**



**Feni Mustika Sari**

## ABSTRAK

### Identifikasi Senyawa Bioaktif dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Pegagan (*Centella asiatica*) untuk Bahan Baku Obat Antihipertensi dan *Antiaging*

Oleh :

Nabilah Nurul Aisyah                    3335200074

Feni Mustika Sari                         3335200111

Saat ini, penyakit degeneratif menjadi masalah yang serius di Indonesia seperti hipertensi dan penuaan dini pada kulit. Penyakit ini terjadi karena penurunan fungsi sel tubuh manusia yang disebabkan oleh kualitas hidup yang tidak sehat. Oleh karena itu diperlukan biosuplemen yang berfungsi untuk menambah kebutuhan nutrisi tubuh, biasanya terbuat dari bahan alam. Pada penelitian ini biosuplemen dibuat dengan bahan baku enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kandungan senyawa bioaktif dalam pegagan dan kelor, mendapatkan efek penghambatan penyakit hipertensi dan penuaan kulit dari kelor dan pegagan dengan metode *in silico* (*Molecular Docking*), mendapatkan kombinasi *filler* yang tepat pada enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan untuk penyakit anti hipertensi dan *antiaging* dan mengkarakterisasi enkapsulasi dari sediaan serbuk. Penelitian ini dilakukan dengan mengeringkan daun kelor dan pegagan menggunakan *tray dryer*, dihaluskan dan kemudian diekstrak, setelah itu dilakukan pengujian LC-MS/MS, fitokimia dan *molecular docking*. Selanjutnya ekstrak dienkapsulasi dengan menggunakan bahan penyalut maltodekstrin, karagenan, dan WPI. Kemudian dikeringkan menggunakan *spray dryer*, serta dikarakterisasi seperti SEM, FTIR, XRD, antioksidan. Pada penelitian ini hasil *filler* enkapsulasi ekstrak terbaik terdapat pada maltodekstrin dan karagenan dengan kadar air yang paling rendah pada enkapsulasi daun kelor 5.56% dan 2.94% pada enkapsulasi ekstrak daun pegagan, serta tidak ada penambahan bobot pada uji higroskopis dengan menggunakan *filler* tersebut.

**Kata Kunci :** *Bahan Pengisi, Biosuplemen, Kelor, Pegagan, Spray dryer*

## **ABSTRACT**

### ***Identification of Bioactive Compounds and Encapsulation of Moringa Leaf Extract (*Moringa oleifera*) and Gotu Gotu (*Centella asiatica*) for Raw Materials for Antihypertensive and Antiaging Drugs***

By:

Nabilah Nurul Aisyah                      3335200074

Feni Mustika Sari                              3335200111

*Currently, degenerative diseases are a serious problem in Indonesia such as hypertension and premature aging of the skin. This disease occurs due to a decrease in the function of human body cells caused by an unhealthy quality of life. Therefore, biosupplements are needed that function to increase the body's nutritional needs, usually made from natural ingredients. In this study, biosupplements are made with raw materials for encapsulation of moringa leaf extracts and gotu gotu gratuities. The purpose of this study is to obtain the content of bioactive compounds in gotu and moringa, to obtain the effect of inhibiting hypertension and skin aging from moringa and gotu by the in silico (molecular docking) method, to obtain the right combination of fillers in the encapsulation of moringa and gotu gotu leaf extracts for anti-hypertension and antiaging diseases and characterize the encapsulation of powder preparations. This research was carried out by drying moringa leaves and gotu gotu using a tray dryer, mashed and then extracted, after which LC-MS/MS, phytochemical and molecular docking tests were carried out. Furthermore, the extract is encapsulated using maltodextrin, carrageenan, and WPI coating agents. Then it is dried using a spray dryer, and characterized such as SEM, FTIR, XRD, antioxidants. In this study, the best extract encapsulation filler results were found in maltodextrin and carrageenan with the lowest moisture content in moringa leaf encapsulation of 5.56% and 2.94% in gotu leaf extract encapsulation, and there was no weight addition in the hygroscopic test using the filler.*

**Keywords :** *Fillers, Biosupplements, Moringa, Gogain, Spray dryer*

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Berkat kuasa dan karunia - Nya, penulis dapat menyelesaikan salah satu bagian dari tugas akhir ini yaitu proposal penelitian dengan baik.

Proposal penelitian ini merupakan langkah awal penulis sebelum melaksanakan penelitian. Untuk itu, penulis sangat berterima kasi kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan dorongan sehingga saya dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul ‘Identifikasi Senyawa Bioaktif dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) dan Pegagan (*Centella asiatica*) untuk Bahan Baku Obat Antihipertensi dan *Antiaging*’.

Selain kepada tuhan, penulis ucapkan banyak terima kasih kepada dosen pembimbing penelitian yaitu Prof. Ir. Dr. Eka Sari M.T.IPM. ASEAN Eng yang tak lelah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis. Selain itu, tak lupa pula berterima kasih kepada orang tua dan sahabat yang telah banyak memberikan doa serta dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan cepat dan baik.

Proposal penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap pembaca tak segan dalam memberikan kritik dan saran yang membangun agar tulisan selanjutnya akan menjadi lebih baik lagi. Selain itu, penulis berharap semoga pembaca dapat menemukan pengetahuan baru dari proposal penelitian ini dan dapat bermanfaat. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Cilegon, Juli 2024

**Penulis**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	ii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....	5
BAB II .....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penyakit Degeneratif.....	6
2.2. Bahan Alam Untuk Penyakit Hipertensi dan Penuaan pada Kulit.....	7
2.2.1 Daun Kelor (Moringa Oleifera) .....	8
2.2.2 Pegagan.....	8
2.3. Pengolahan Bahan Alam menjadi Bahan Baku Obat Antihipertensi dan Kosmetik.....	8
2.3.1 Pencucian .....	9

2.3.2	Pengeringan.....	9
2.3.3	Penghalusan .....	9
2.3.4	Pembuatan Ekstrak.....	9
2.3.5	Enkapsulasi .....	10
2.3.6	Bahan Penyalut .....	12
2.4.	Karakterisasi .....	13
2.4.1.	Analisis Bahan Baku.....	13
2.4.2.	Analisis Produk.....	18
BAB III.....		25
METODE PENELITIAN.....		25
3.1.	Tahapan Penelitian .....	25
3.1.1.	Block Flow Diagram Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan.....	25
3.1.2.	Block Flow Diagram Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan. 25	
3.1.3.	Diagram Alir Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	25
3.1.4.	<i>Molecular Docking</i> .....	26
3.1.5.	Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	27
3.2.	Prosedur Penelitian.....	27
3.2.1.	Ekstraksi Daun Kelor dan Daun Pegagan.....	27
3.2.2.	Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	27
3.2.3.	Karakterisasi Ekstrak dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan.....	28
3.3.	Alat dan Bahan .....	31

3.3.1. Alat.....	31
3.3.2. Bahan .....	31
3.4. Variabel Penelitian .....	32
BAB IV.....	33
4.1. Preparasi Bahan Baku .....	33
4.2. Pengeringan .....	33
4.3. Ekstraksi .....	33
4.4. Analisis Kandungan Bahan Baku.....	34
4.4.1. Uji Proksimat Bahan .....	34
4.4.2. Identifikasi Metabolit Sekunder dan Senyawa Aktif pada Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	36
4.5. Karakterisasi Bubuk Enkapsulasi Daun Pegagan dan Daun Kelor .....	67
4.5.1. Enkapsulasi .....	67
4.5.2. Kadar Air Produk Hasil Enkapsulat.....	69
4.5.3. Uji Kadar Abu Produk Hasil Enkapsulat .....	70
4.5.3. Uji Higroskopis .....	71
4.5.4. Uji Kelarutan terhadap Air.....	72
4.5.5. Morfologi Analisis <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	73
4.5.6. Analisis Difraksi Sinar-X (XRD).....	75
4.5.7. Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	78
4.5.8. Uji Antioksidan.....	85
4.6. Perbandingan Kadar Air Bahan dan Bubuk Enkapsulasi Ekstrak daun Kelor dan Pegagan.....	86

4.7. Perbandingan Kadar Abu Bahan dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	87
BAB V .....	88
SARAN DAN KESIMPULAN .....	88
5.1. Kesimpulan.....	88
5.2. Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN .....	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Analisis Proksimat Daun Kelor Menurut Penelitian Terdahulu .....	14
Tabel 2. 2 Analisis Proksimat Daun Pegagan Menurut Penelitian Terdahulu.....	14
Tabel 2. 3 Identifikasi Senyawa Aktif Daun Kelor (Premi and Sharma, 2017) ...	15
Tabel 2. 4 Identifikasi Senyawa Aktif pada Daun Pegagan(Kandasamy <i>et al.</i> , 2023) .....	15
Tabel 4. 1 Rendemen Bahan Baku Kering.....	33
Tabel 4. 2 Rendemen Ekstrak .....	34
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Proksimat Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	34
Tabel 4. 4 Skrinning Fitokimia Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	37
Tabel 4. 5 Analisis LCMS-MS Daun Kelor dan Pegagan untuk Antihipertensi ..	40
Tabel 4. 6 Analisis LCMS/MS Daun Kelor dan Pegagan untuk <i>Antiaging</i> .....	40
Tabel 4. 7 Hasil Skor Docking Ligand Native ACE dengan Senyawa Aktif Daun Kelor dan pegagan .....	43
Tabel 4. 8 Skor Docking Daun Kelor dan Pegagan sebagai <i>Antiaging</i> .....	56
Tabel 4. 9 Rendemen Ekstrak dan Enkapsulasi Daun Kelor dan Pegagan .....	67
Tabel 4. 10 Komposisi Enkapsulasi daun pegagan dan daun kelor serbuk .....	78
Tabel 4. 11 Analisis FTIR Serbuk Daun Pegagan .....	80
Tabel 4. 12 Analisis FTIR Serbuk Daun Kelor.....	83
Tabel 4. 13 Uji Aktivitas Antioksidan .....	85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Block Flow Diagram Pengolahan Bahan Alam menjadi Bahan Baku Biosupplumen .....	9
Gambar 2. 2 Tipe Enkapsulasi .....	10
Gambar 2. 3 Visualisasi Ligand Redocking dan Ligand Referensi yang terdapat pada penelitian (Hasan and Herowati, 2024) .....	17
Gambar 2. 4 Pengikatan dengan (a) Madecassic Acid dengan TNF- $\alpha$ (b) Madecosside dengan TNF- $\alpha$ (c) Asiatic Acid dengan TNF- $\alpha$ (d) Asiaticoside dengan Nrf2-keapl (Khotimah <i>et al.</i> , 2024) .....	18
Gambar 2. 5 (a) Penelitian (Septevani, Sondari and Ghozali, 2013); (b) Penelitian (Meliana, 2016) .....	20
Gambar 2. 6 (a) Penelitian (Vonghirundecha <i>et al.</i> , 2022); (b) Penelitian (George <i>et al.</i> , 2021) .....	21
Gambar 2. 7 Hasil Spektroskopi FTIR Daun Pegagan (A) penelitian (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022) (B) penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023) .....	22
Gambar 2. 8 Hasil Spektroskopi FTIR Daun Kelor (A) dan (C) penelitian (George <i>et al.</i> , 2021) (B) penelitian (Paramita <i>et al.</i> , 2022) .....	23
Gambar 2. 9 Hasil X-Ray Diffraction serbuk Daun Kelor ( <i>Moringa Oleifera</i> ) pada penelitian (Tafu and Jideani, 2021) .....	23
Gambar 3. 1 BFD Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan .....	25
Gambar 3. 2 BFD Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	25
Gambar 3. 3 Diagram Alir Ekstraksi Daun Kelor dan Pegagan .....	26
Gambar 3. 4 Diagram Alir <i>Molecular Docking</i> Daun Kelor dan Pegagan .....	26
Gambar 3. 5 Diagram Alir Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan .....	27

Gambar 4. 1 Uji Fitokimia Alkoloid.....	36
Gambar 4. 2 (A) Kromatogram Daun Kelor (B) Kromatogram Daun Pegagan ...	39
Gambar 4. 3 Hasil Docking Ligand Native ACE .....	43
Gambar 4. 4 Visualisasi Redocking ACE.....	44
Gambar 4. 5 Visualisasi L-Arginine .....	45
Gambar 4. 6 Visualisasi Neochlorogenic Acid.....	45
Gambar 4. 7 Visualisasi Choline .....	46
Gambar 4. 8 Visualisasi Lactamide .....	46
Gambar 4. 9 Visualisasi 1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose .....	47
Gambar 4. 10 Visualisasi D-(-)-Fructose.....	48
Gambar 4. 11 Visualisasi D-(+)-Quinic Acid.....	48
Gambar 4. 12 Visualisasi 4-Guanidinobutyric acid.....	49
Gambar 4. 13 Visualisasi L-(-)-Carnitine .....	50
Gambar 4. 14 Visualisasi D-(+)-Proline .....	50
Gambar 4. 15 Visualisasi 2-Hydroxy lignoceric acid.....	51
Gambar 4. 16 Visualisasi Nicottic Acid .....	51
Gambar 4. 17 Visualisasi Nicottinamide .....	52
Gambar 4. 18 Visualisasi L-Isoleucine .....	53
Gambar 4. 19 Visualisasi Naphtalene .....	53
Gambar 4. 20 Visualisasi Lineolyl Ethanolamide .....	54
Gambar 4. 21 Hasil Docing Ligand Native MMP-1 .....	55

Gambar 4. 22 Visualisasi Redocking MMP-1 .....	57
Gambar 4. 23 Visualisasi Choline .....	57
Gambar 4. 24 Visualisasi Mycoporine .....	58
Gambar 4. 25 Visualisasi Glutarycarnitine .....	59
Gambar 4. 26 Visualisasi Jasmone .....	59
Gambar 4. 27 Visualisasi 3 – BHA.....	60
Gambar 4. 28 Visualisasi 13-Apo-Beta-Carotenone.....	61
Gambar 4. 29 Visualisasi Stearidonic Acid .....	61
Gambar 4. 30 Visualisasi 4 – Undecylbenzene.....	62
Gambar 4. 31 Visualisasi Citric Acid .....	63
Gambar 4. 32 Visualisasi Choline .....	63
Gambar 4. 33 Visualisasi Betaine .....	64
Gambar 4. 34 Visualisasi D-(+)-Proline .....	64
Gambar 4. 35 Visualisasi Jasmone .....	65
Gambar 4. 36 Visualisasi 13 - Apo - Beta – Carotenone.....	66
Gambar 4. 37 Visualisasi Asiaticoside .....	66
Gambar 4. 38 Visualisasi Luteolyn 7 – O – malonyglucoside.....	67
Gambar 4. 39 Grafik Kadar Air Kombinasi Bahan Penyalut .....	69
Gambar 4. 40 Kadar Abu Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan.....	70
Gambar 4. 41 Grafik Uji Higroskopis pada Bubuk Enkapsulasi Daun Kelor .....	71
Gambar 4. 42 Grafik Uji Higroskopis pada Bubuk Enkapsulasi Daun Pegagan..	71
Gambar 4. 43 Grafik Kelarutan terhadap Air Kombinasi Bahan Penyalut.....	72

Gambar 4. 44 Morfologi Analisis SEM daun pegagan ( <i>Centella Asiatica</i> ) dengan perbesaran 750x dan 1 000x .....	73
Gambar 4. 45 Morfologi Analisis SEM daun kelor ( <i>Moringa Oleifera</i> ) dengan perbesaran 750x dan 1 000x .....	74
Gambar 4. 46 Hasil XRD Daun Kelor .....	76
Gambar 4. 47 (a) Hasil X-Ray Diffraction Enkapsulasi Daun Kelor ( <i>Centella Asiatica</i> ) (b) Penelitian (Tafu and Jideani, 2021) .....	77
Gambar 4. 48 Hasil Spektroskopi FTIR (a) Maltodekstrin (b) Kappa Karagenan (c) Penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023) (d) penelitian (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022) (e) Enkapsulasi Daun Kelor Penyalut Maltodekstrin Dan Kappa Karagenan.....	80
Gambar 4. 49 (a) Hasil Spektroskopi FTIR Enkapsulasi Daun Kelor dengan penyalut Gum Arab dan Maltodekstrin Penelitian (George et al., 2021) (b) penelitian (Paramita <i>et al.</i> , 2022) (c) Hasil Spektroskopi FTIR Enkapsulasi Daun Kelor Enkapsulasi Maltodekstrin dan Kappa Karagenan .....	83
Gambar 4. 50 Perbandingan Kadar Air Bahan dan Enkapsulasi .....	86
Gambar 4. 51 Grafik Perbandingan Bahan dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Pegagan dan kelor.....	87

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gaya hidup yang tidak sehat, penuaan, faktor lingkungan kerja (stress) dan pola makan yang kurang baik menimbulkan berbagai penyakit degeneratif. Penurunan fungsi sel tubuh merupakan penyebab penyakit degeneratif. Di Indonesia penyakit degeneratif yang sering ditemui seperti hipertensi, diabetes melitus, stroke, jantung dan penuaan pada kulit. Sekitar 36% angka penyakit hipertensi di Indonesia. Pengidap hipertensi sebesar 34.1% (Kemenkes RI, 2023). Selain itu di Indonesia dengan musim tropis mengakibatkan seringnya terpapar sinar UV dan polusi sehingga membuat kondisi kulit yang kurang terhidrasi dan menyebabkan kekusaman pada wajah. Salah satu upaya penanganan dan pencegahan dari penyakit ini yaitu dengan mengkonsumsi makanan yang bergizi, olahraga teratur dan disertai dengan biosuplemen (Karwiti *et al.*, 2023). Biosuplemen berfungsi untuk menambahkan asupan nutrisi pada tubuh yang terbuat dari bahan alam.

Penggunaan bahan alam menjadi pilihan untuk pencegahan penyakit degeneratif. Apabila seseorang sudah mengalami salah satu penyakit ini maka memerlukan pengobatan kimia dapat menyebabkan efek samping serta memerlukan biaya yang tinggi. (Kumontoy, Deeng and Muliarti, 2023). Solusi lainnya dengan mengkonsumsi biosuplemen bahan alam yang mengandung senyawa aktif seperti fenolik bertindak sebagai antioksidan yang dapat mengobati berbagai penyakit degeneratif misalnya pada penuaan dini dan hipertensi (Maharani *et al.*, 2021).

Provinsi Banten mempunyai program TOGA (tanaman obat keluarga), dimana program pemerintah ini bertujuan untuk memanfaatkan tanaman herbal dan diharapkan meningkatkan kesehatan dan ekonomi masyarakat. Beberapa tanaman herbal dalam program TOGA yang diterapkan, yaitu kelor dan pegagan. Pemerintah Cilegon melaksanakan gerakan menanam sejuta kelor dengan bibit

benih kelor 500 gram dan 20 buah stek pohon kelor (S, 2022). Sebanyak 320 kg bubuk daun kelor asal Banten dengan keuntungan mencapai Rp14 juta yang memenuhi persyaratan ekspor diolah pemerintah Serang (Manura, 2023). Potensi yang dimiliki oleh Provinsi menjadikan mahasiswa UNTIRTA berkeinginan mengembangkan bahan alam serta melakukan penelitian tanaman dan khasiatnya. Penelitian ini memanfaatkan potensi daun kelor dan daun pegagan yang terdapat di Provinsi Banten dengan memfokuskan pemanfaatan daun kelor serta pegagan sebagai anti hipertensi dan *antiaging*.

Bahan alam yang digunakan untuk pengobatan dan pencegahan hipertensi dan penuaan pada kulit adalah daun kelor dan pegagan. Bahan alam seperti daun kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai obat herbal dan kosmetik kecantikan. Senyawa aktif alkaloid, flavonoid, steroid, glikosida dan lainnya yang digunakan sebagai antioksidan, antimikroba, antikanker dan sebagainya. Penyakit degeneratif seperti hipertensi, kolestrol, meningkatkan kinerja jantung, menurunkan kadar gula darah dapat diatasi dengan kandungan antioksidan yang terkandung dalam daun kelor (Berawi, Wahyudo and Pratama, 2019). Penelitian (Yanti, 2019) daun kelor dijadikan serbuk untuk mengatasi tekanan darah tinggi. Penelitian (Zebua *et al.*, 2021) menyatakan bahwa rebusan daun kelor dapat menurunkan tekanan darah pada penderita hipertensi. Daun kelor juga bermanfaat untuk perawatan kulit sesuai dengan penelitian (Marhawati *et al.*, 2023) vitamin E, asamoleat, dan antioksidan dapat menjaga hidrasi kulit kering dan mencegah munculnya keriput, karena membantu melawan radikal bebas, dan diaplikasikan sebagai masker wajah di kosmetika. Penelitian yang dilakukan oleh (Ali, Akhtar and Chowdhary, 2014), penggunaan masker daun kelor dapat meningkatkan revitalisasi kulit wajah atau sebagai anti-penuaan.

Daun pegagan mengandung triterpenoid, saponin, tanin, dan flavonoid (Asmaliyah *et al.*, 2018). Daun pegagan berfungsi untuk kecantikan seperti merawat kulit wajah serta menangani penuaan pada kulit. Hal ini di dukung oleh penelitian (Putri *et al.*, 2024) bahwa ekstrak etanol daun pegagan dalam sediaan masker gel *peel off* memiliki fungsi antioksidan kuat dan dapat digunakan sebagai salah satu produk kecantikan. Diperkuat dengan penelitian (Diana and

Hayatunnufus, 2016) salah satu senyawa aktif pada daun pegagan yaitu *asiaticoside* berfungsi untuk membantu perkembangan kolagen pada kulit yang dapat mengurangi kerutan dan menghilangkan flek hitam pada wajah. Tidak hanya pada kulit, daun pegagan juga bermanfaat sebagai anti hipertensi sesuai dengan penelitian (Nurrahmanto and Handayani, 2021) adanya penurunan tekanan darah pengaruh dari rebusan daun pegagan. Hal ini juga sesuai dengan penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023) terdapat pengaruh pemberian air rebusan daun pegagan terhadap penderita hipertensi dengan masalah keperawatan resiko perfusi cerebral tidak efektif yang semula kurang dan sedang menjadi baik.

Uraian di atas menjelaskan bahwa daun kelor dan pegagan memiliki kandungan antioksidan tinggi sehingga dapat diolah sebagai suplemen komersial. Sediaan suplemen tersedia dalam bentuk tablet, granula, produk cair berupa ekstrak cair dan sirup. Akan tetapi, terjadi reaksi oksidasi pada antioksidan akibat adanya pengaruh misalnya suhu lingkungan dan cahaya (Erdania, Faizal and Anggraini, 2023). Senyawa aktif pada ekstrak perlu dilindungi dengan teknologi enkapsulasi. Teknik pelapisan bahan inti merupakan pengertian enkapsulasi dimana, komponen bahan aktif yang sensitif dilindungi dari pengaruh lingkungan maka dapat meningkatkan umur simpan dari bahan aktif dan proses yang baik (Agustin and Wibowo, 2023). Berdasarkan pernyataan tersebut, penelitian ini akan membuat biosuplemen bahan alam dalam bentuk padatan dengan teknologi enkapsulasi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Ekstrak daun kelor dan pegagan yang telah dienkapsulasi diaplikasikan sebagai bahan baku obat antihipertensi dan *antiaging*. Proses pembuatannya melalui beberapa tahap yaitu ekstraksi, identifikasi senyawa aktif, dan enkapsulasi dengan bahan penyalut. Penelitian terdahulu (Anas and Ningtyas, 2022) melakukan ekstraksi maserasi dengan proses yang lama. Pada penelitian ini ekstraksi dilakukan dengan bantuan ultrasonikator untuk mempersingkat waktu dalam ekstraksi. Selain ekstraksi, metode yang digunakan untuk mengetahui penghambatan pada penyakit adalah *in vivo* dan *in silico*. Penelitian terdahulu

(Herowati *et al.*, 2020) digunakan metode *in vivo* untuk membuktikan kegunaan dari tanaman kelor. Metode ini dilakukan pengujian menggunakan subyek hidup, seperti pada hewan tikus putih, namun biaya yang mahal membuat metode ini kurang efektif. Maka dari itu penelitian ini mengidentifikasi target obat melalui simulasi komputer dengan metode *in silico* yakni *molecular docking*. Metode ini digunakan untuk enkapsulasi ekstrak bahan alam dengan menggunakan metode *spray drying*. Permasalahan diatas menjadikan kami berinovasi perlu dilakukannya enkapsulasi untuk melindungi senyawa aktif terhadap ekstrak daun kelor dan daun pegagan. Dalam enkapsulasi hal terpenting yang diperhatikan ialah bahan penyalut yang digunakan. Penelitian terdahulu yang menggunakan bahan pelapis gum arab dengan maltodekstrin menunjukkan efektivitas yang lebih tinggi dibanding bahan pelapis lainnya sebagai pelindung dari senyawa aktif. Penggunaan gum arab dianggap tidak ekonomis dan tidak banyak persediaannya. Maka perlu adanya pengganti gum arab sebagai bahan pelapis. Alternatif yang baik pengganti gum arab yaitu karagenan dengan sifatnya sebagai pengemulsi, aman untuk dikonsumsi dan dapat terurai secara hayati. Selain itu, pengemulsi dari kelompok protein misalnya *whey*. Penelitian (Siregar and Kristanti, 2019) menyatakan bahan penyalut maltodekstrin kombinasi WPC/*whey protein* meningkatkan stabilitas emulsi dibanding dengan bahan penyalut maltodekstrin dengan pati *Hi-Cap*.

Permasalahan di atas menjadikan inovasi dalam mengidentifikasi senyawa aktif, mendapatkan efek penghambatan pada penyakit hipertensi dan *anti aging* serta mendapatkan jenis filler yang terbaik untuk produk biosuplemen dari bahan alam daun kelor dan pegagan. Penelitian ini menggunakan 3 jenis filler yang diharapkan dapat mengoptimalkan pada pembuatan biosuplemen, dan membandingkan karakteristik enkapsulasi dari ekstrak daun kelor dan pegagan.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengidentifikasi kandungan senyawa bioaktif dalam pegagan dan kelor serta manfaat untuk kesehatan terutama penyakit hipertensi dan penuaan kulit.
2. Mendapatkan efek penghambatan penyakit hipertensi dan penuaan kulit dari kelor dan pegagan dengan metode *in silico* (*Molecular Docking*).

3. Mendapatkan kombinasi *filler* untuk enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan untuk penyakit antihipertensi dan *antiaging*
4. Membandingkan karakteristik enkapsulasi dari ekstrak daun kelor dan pegagan serta karakterisasinya

#### **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini membatasi untuk penyakit degeneratif yaitu hipertensi dan penuaan kulit. Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Identifikasi senyawa bioaktif dengan melakukan pengujian LCMS – MS dan Proksimat yang dilakukan di BRIN Serpong, dan uji fitokimia yang dilaksanakan di Laboratorium *Biomedical and Bioengineering*, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bahan yang digunakan sebagai pelarut ekstrak daun kelor dan pegagan adalah ethanol 70% dengan *merck*. Kemudian bahan enkapsulat yaitu maltodekstrin dengan *merk* Li Hua Starch China, *whey protein isolate* dengan *merk* Evolene, Karagenan dengan *merk* Boganate Jaya
3. *Molecular Docking* menggunakan perangkat *software*
4. Enkapsulasi menggunakan alat *spray dryer*
5. Karakterisasi dilakukan di Lab Terpadu Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penyakit Degeneratif**

Proses yang sama akan dialami oleh semua orang, mulai dari kelahiran, bayi, anak-anak, remaja, dewasa, dan menjadi tua. Seiring waktu berjalan setiap orang pasti mengalami regenerasi sel – sel dalam tubuhnya. Secara alamiahnya, sel tubuh pasti mengalami penurunan dalam fungsinya akibat proses penuaan (Fatihaturahmi, Yuliana and Yulastri, 2023). Selain itu penurunan fungsi pada sel tubuh tidak hanya terjadi akibat penuaan tetapi juga karena permasalahan pola hidup dan genetik. Penyakit penurunan fungsi sel tubuh sering kali disebut dengan penyakit degeneratif (Karwiti *et al.*, 2023). Salah satu penyakit degeneratif adalah hipertensi. Hipertensi terjadi karena tekanan darah seseorang yang di atas normal. Penyakit hipertensi dapat menyebabkan risiko penyakit stroke dan jantung. Selain itu, penyakit degeneratif mencakup penuaan kulit, dimana terjadi pengenduran dan pengkerutan pada kulit. Oleh karena itu, pada penelitian ini penyakit hipertensi dan penuaan kulit menjadi issue yang urgensi yang harus dicari solusinya.

Tekanan darah tinggi biasanya dapat diobati dengan obat antihipertensi kimia, termasuk diuretik, *angiotensin receptor blocker*, dan *calcium channel blockers*. Namun, efek samping seperti sakit kepala, mual, dan muntah dapat terjadi terutama pada orang tua, jika obat kimia digunakan dalam jangka panjang. Mengantuk, jantung berdebar-debar, dan bengkak pada kaki/pergelangan kaki. Oleh karena itu, bahan-bahan alami seperti daun kelor dan daun pegagan digunakan untuk mengobati tekanan darah tinggi. Hal ini didukung oleh sebuah penelitian (Zebua *et al.*, 2021) yang menemukan bahwa daun kelor yang dimasak dapat memengaruhi tekanan darah pada pasien hipertensi. Selain itu, penelitian (Nurrahmanto and Handayani, 2021) menemukan bahwa daun pegagan yang dimasak dapat membantu menurunkan tekanan darah dalam tubuh karena adanya sifat antioksidan dari senyawa aktif yang ada dalam daun pegagan. Kosmetik dapat membantu penuaan kulit, tetapi saat ini banyak kosmetik yang mengandung bahan kimia berbahaya seperti merkuri (Hg). Penggunaan merkuri sebagai bahan tambahan kosmetik di

atas batas yang ditentukan dapat menimbulkan iritasi, alergi, perubahan warna kulit, penggelapan dan bahkan kanker. Oleh karena itu, bahan-bahan alami dapat digunakan untuk mengatasi penuaan kulit. Beberapa bahan alami yang dapat mengatasi masalah ini antara lain daun kelor dan daun pegagan. Hal ini didukung oleh penelitian terhadap daun kelor yang tersedia dalam bentuk krim (Sugihartini and Nuryanti, 2017). Daun kelor mengandung senyawa aktif seperti asam askorbat, beta-karoten, dan kaempferol menjadikannya sebagai agen anti-penuaan. Penelitian lain menemukan bahwa ekstrak daun pegagan mengandung bahan aktif asiaticosida yang dapat menghambat kerusakan enzim kolagenase (Dewi and Werawati, 2023).

Saat ini, hipertensi merupakan salah satu penyakit tidak menular yang paling penting dalam bidang kesehatan. Dalam *The Eighth Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure*, dijelaskan bahwa hipertensi, atau tekanan darah tinggi, adalah kondisi di mana tekanan darah seseorang melebihi 140 mmHg (sistolik) dan/atau 90 mmHg. Hipertensi juga merupakan faktor risiko utama untuk penyakit kardiovaskular lainnya (Ansar, Dwinata, and M, 2019). Peningkatan tekanan pada dinding pembuluh darah membuat jantung bekerja lebih keras untuk mengedarkan darah ke seluruh tubuh, yang pada akhirnya menyebabkan hipertensi (Azizah, Hasanah and Pakarti, 2022).

Penuaan merupakan proses alami yang tidak dapat dihindari oleh siapa pun. Salah satu hal yang terjadi saat ini adalah banyak orang mengalami penuaan dini. Penuaan ditandai dengan munculnya kerutan, bintik-bintik penuaan, kulit kering dan gatal, serta kulit wajah yang kendur. Penyebab penuaan kulit meliputi paparan sinar matahari berlebihan, mengonsumsi makanan dan minuman tidak sehat, serta tidak minum cukup air (Rizkyah and Karimah, 2023).

## **2.2. Bahan Alam Untuk Penyakit Hipertensi dan Penuaan pada Kulit**

Pengobatan kimia biasanya digunakan untuk mengobati penyakit degeneratif seperti hipertensi dan penuaan kulit, tetapi pengobatan kimia ini dapat menimbulkan efek samping dalam jangka waktu yang lama, terutama pada orang yang lebih tua. Untuk mengatasi masalah ini, pengobatan yang menggunakan bahan-bahan alam seperti daun kelor dan pegagan dapat digunakan.

### **2.2.1 Daun Kelor (*Moringa Oleifera*)**

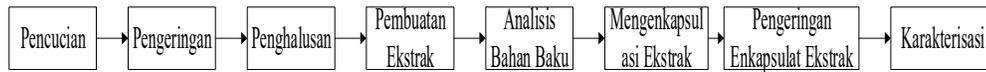
Daun kelor dapat disebut juga sebagai *Moringa oleifera*. Daun kelor sendiri adalah pohon hijau kecil yang tersebar luas di Amerika, Asia, dan Afrika. Di Indonesia, daun kelor (*Moringa oleifera*) adalah salah satu obat tradisional yang paling terkenal. Menurut penelitian, daun kelor segar memiliki nilai gizi dan manfaat terapi yang tinggi. Senyawa aktif quercetin, turunan flavonoid, memiliki kekuatan antioksidan empat hingga lima kali lebih besar daripada vitamin E dan vitamin C, dan daun kelor segar memiliki kekuatan antioksidan tujuh kali lebih besar dari vitamin C. Daun kelor sendiri sudah banyak digunakan untuk mengobati dan mengelola malnutrisi, hipertensi, diabetes melitus, penyakit jantung dan hati, dan sebagainya (Kiran *et al.*, 2021). Daun kelor digunakan sebagai obat herbal dalam berbagai olahan, misalnya dalam bentuk ekstrak yang tujuannya adalah mengekstrak kandungan kimia dari bahan alam. Sediaan ekstrak memiliki kelarutan air yang rendah, yang mengurangi bioavailabilitas senyawa alami dalam tubuh.

### **2.2.2 Pegagan**

Berdasarkan penelitian pegagan (*Centella asiatica*) memiliki manfaat sebagai antioksidan, antiinflamasi serta sebagai antistres (Ramadhan, Rasyid and Syamsir, 2015). Pegagan biasanya digunakan sebagai antiaging. Efek pegagan juga pernah diteliti sebagai antipiretik, antispasmodik, antitoksik, diuretik, sedatif, dan menyembuhkan psoriasis, lepra, dan penyakit lainnya (Sutardi, 2017). Pegagan diketahui mengandung berbagai bahan aktif, termasuk triterpenoid dan saponin (asiaticoside, centroside, madecoside, dan sebagainya) dan triterpenoid genin (flavonoid, minyak atsiri, fitosterol, tanin, sterol tumbuhan, asam amino, dan karbohidrat). Semua bahan aktif ini merupakan antioksidan yang bermanfaat bagi manusia dalam berbagai bentuk (Usmania, 2022).

## **2.3. Pengolahan Bahan Alam menjadi Bahan Baku Obat Antihipertensi dan Kosmetik**

Pada penelitian ini bahan alam yang digunakan adalah daun kelor dan daun pegagan. Adapun tahapan pembuatan enkapsulasi daun kelor dan pegagan dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2. 1** Block Flow Diagram Pengolahan Bahan Alam menjadi Bahan Baku Biosuplumen

### 2.3.1 Pencucian

Pencucian dilakukan untuk menghilangkan pengotor seperti tanah dari bahan simplisia. Ada berbagai jenis air bersih yang dapat digunakan untuk mencuci, seperti mata air, sumur, dan air ledeng (BPOM RI, 2023).

### 2.3.2 Pengeringan

Pengeringan pada simplisia dapat dilakukan dengan menggunakan *sun drying* maupun menggunakan *tray dryer*. Pengeringan dilakukan bertujuan untuk mengeringkan simplisia sehingga dapat memperlambat umur simpan dan terhindar dari mikroba (BPOM RI, 2023).

### 2.3.3 Penghalusan

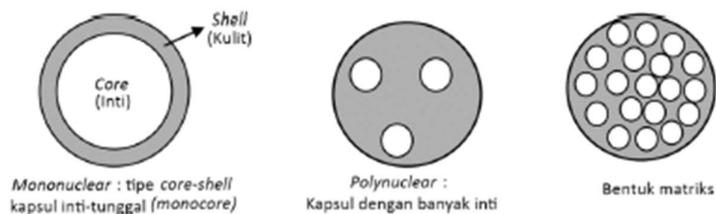
Setelah pengeringan selesai, sampel dihaluskan dengan grinder dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses ekstraksi dengan mengurangi ukuran partikel simplisia karena luas permukaan bahan menjadi lebih besar ketika ukuran simplisia dikurangi.

### 2.3.4 Pembuatan Ekstrak

Dalam pembuatan ekstrak hal pertama yang harus dilakukan adalah mencuci bahan yang akan di ekstrak agar menghilangkan pengotor pada bahan. Setelah dilakukan pengeringan, perlu dilakukan penghalusan pada bahan agar mempermudah dalam pembuatan ekstrak. Berikutnya, ada beberapa metode yang dilakukan untuk pembuatan ekstrak seperti maserasi, soxhlet, perkolasi, refluks (Mukhtarini, 2014). Dimana pada penelitian ini menggunakan metode maserasi dengan bantuan Ultrasonikator. Pelarut dalam pembuatan ekstrak dapat menggunakan ethanol, methanol, n – hexane. Pemilihan dari pelarut tergantung dengan simplisia yang akan diekstrak. Pada penelitian ini digunakan pelarut ethanol 70% untuk mengekstrak daun kelor dan pegagan.

### 2.3.5 Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah proses di mana senyawa aktif biologis dalam ekstrak tumbuhan yang ditambahkan ke makanan dilindungi dari zat tersebut. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bahan pelapis, atau penyalut, yang dapat melindungi senyawa bioaktif dari zat tersebut dan mempertahankan rasa makanan pada tingkat yang dapat diterima (Sadih and Indiarito, 2022). Enkapsulasi digunakan untuk melindungi zat yang sensitif terhadap lingkungan, menjaga sifat organoleptik seperti warna, rasa, dan bau, serta memungkinkan pelepasan obat secara terkendali (Agustin and Wibowo, 2023). Adapun gambar morfologi enkapsulasi dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2. 2** Tipe Enkapsulasi

Enkapsulasi memiliki dua tipe utama yaitu tipe reservoir dan matriks. Dimana jenis reservoir memiliki cangkang di sekitar agen aktif dan juga disebut sebagai tipe kapsul, inti Tunggal, atau cangkang inti. Sedangkan tipe matriks, agen aktif tersebar pada bahan pembawa atau permukaan bahan pembawa (Aminah and Hersoelistyorini, 2021). Pemilihan metode yang sesuai bergantung dengan jenis inti, ukuran yang dibutuhkan, sifat fisik dan kimia inti, mekanisme pelepasan yang dibutuhkan dan skala produksi serta biaya. Dimana umumnya metode yang digunakan adalah *spray drying* (Aminah and Hersoelistyorini, 2021). Keunggulan penggunaan *spray drying* adalah sistem produksinya yang kontinu serta waktu pengeringan yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metode lainnya. (Huda, 2020). Adapun enkapsulasi dapat dilakukan dengan metode kimia maupun metode fisik.

#### 1. Metode Kimia

Metode kimia terdiri dari koaservasi dan ko – kristalisasi (Agustin and Wibowo, 2023).

### **A. Metode Koaservasi**

Dengan metode ini, enkapsulasi terjadi melalui pembentukan koaservat, yaitu proses pemisahan fase cair-cair dari larutan encer menjadi fase yang kaya polimer dan fase yang miskin polimer. Jika hanya satu spesies bermuatan berlawanan yang terlibat, proses ini disebut koaservasi sederhana. Hal ini adalah metode enkapsulasi yang paling praktis dan hemat biaya (Agustin and Wibowo, 2023). Adapun contoh aplikasi teknik ini menurut penelitian dari (Manaf *et al.*, 2018) adalah proses di mana minyak citronella dimasukkan ke dalam gelatin dan gum arab.

### **B. Metode Ko – Kristalisasi**

Sukrosa digunakan sebagai zat nukleasi dalam proses ko-kristalisasi. Dalam metode ini, bahan aktif ditambahkan ke dalam sirup sukrosa yang sangat jenuh untuk menukleasi campuran inti dan sukrosa. Dalam penelitian sebelumnya, bahan penyalut gum acacia yang telah dihidrasi dicampur dengan larutan sukrosa dan dipanaskan hingga kristalisasi terjadi (Karangutkar and Ananthanarayan, 2020).

## **2. Metode Fisik**

Adapun teknik enkapsulasi menggunakan metode fisik adalah sebagai berikut (Agustin and Wibowo, 2023).

### **A. *Spray Drying***

*Spray drying* dianggap sebagai metode enkapsulasi yang memungkinkan enkapsulasi hemat biaya dan komersial. Meskipun metode ini sangat efektif, ada risiko dekomposisi termal. Empat tahap proses *spray drying* meliputi emulsifikasi, atomisasi campuran, kontak campuran dengan media pemanas, dan pemisahan produk dari udara panas (Agustin and Wibowo, 2023).

### **B. *Spray Cooling***

*Spray cooling* didasarkan pada atomisasi campuran dalam ruang pada suhu di bawah titik leleh lapisan. Ini membuat lapisan lebih padat dan menghasilkan bubuk dengan partikel lebih halus. Dibandingkan dengan metode *spray dryer*, atomisasi dilakukan pada suhu yang lebih rendah menggunakan aliran udara atau lingkungan dingin. Namun, tidak ada perpindahan massa saat melakukan metode ini (Agustin and Wibowo, 2023).

### **C. *Fluidized Bed Coating***

Enkapsulasi terjadi ketika bahan pelapis disemprotkan pada permukaan partikel bubuk atau pelet. Ini terjadi ketika bahan inti digantung dalam aliran udara pada suhu konstan, dan bahan pelapis disemprotkan padanya. Semakin lama setiap partikel berada di zona semprotan, semakin lambat laun partikel tersebut akan tertutupi oleh suatu lapisan. (Agustin and Wibowo, 2023).

### **D. Metode Ekstrusi**

Proses enkapsulasi dengan ekstruder dengan satu atau lebih filamen yang berputar secara kontinyu disebut ekstrusi leleh. Teknik ini sering digunakan untuk mengenkapsulasi rasa makanan seperti terpen pada buah jeruk (Agustin and Wibowo, 2023).

### **E. Metode *Freeze Drying***

Pengeringan menggunakan suhu rendah dan tekanan vakum adalah prinsip dasar pengeringan beku. Metode ini serupa dengan pengeringan semprot di mana bahan aktif dan bahan tambahan terlebih dahulu didispersikan dalam air. Langkah berikutnya adalah pemrosesan awal, di mana bahan dibekukan dan kemudian dikeringkan dengan sublimasi langsung pada tekanan dan suhu rendah (Agustin and Wibowo, 2023).

#### **2.3.6 Bahan Penyalut**

Bahan penyalut adalah bahan yang berfungsi untuk melapisi bahan inti atau bahan aktif dalam proses mikroenkapsulasi (Purnomo, Khasanah and Anandito, 2014).

##### **A. Maltodekstrin**

Maltodekstrin dibuat dengan menambahkan asam atau enzim yang mengandung  $\alpha$ -D-glukosa, yang sebagian besar terikat melalui ikatan glikosidik - (1,4). Maltodekstrin adalah karbohidrat yang terdiri dari campuran dekstrin, maltosa, oligosakarida, dan glukosa (Meriatna, 2013). Maltodekstrin lebih mudah larut dalam air dibandingkan pati, sehingga berfungsi sebagai pembentuk film, agen pendispersi, memiliki sifat higroskopis rendah, mencegah kristalisasi, dan memiliki daya ikat yang kuat. Maltodekstrin juga dapat bertindak sebagai pengental dan pengikat (Sao, Bahri and Indriani, 2019).

## **B. *Whey Protein Isolate***

*Whey protein isolate* adalah jenis protein globular yang terdiri dari 85-90% air dan komponen padat lainnya seperti laktosa, protein, lemak dan mineral. Protein whey ditambahkan ke bahan makanan dan bertindak sebagai aditif yang dapat meningkatkan sifat-sifat bahan makanan seperti retensi air, daya berbusa, daya pembentukan gel, daya kelarutan, daya pengemulsi dan viskositas (Fauzi *et al.*, 2023).

## **C. Kappa Karagenan dari Ekstrak Rumput Laut *Eucheuma Cottonii***

Karagenan adalah polisakarida yang ditemukan dalam beberapa jenis rumput laut dan alga merah. Berbagai jenis rumput laut menghasilkan berbagai jenis karagenan. Karagenan kappa diekstraksi dari rumput laut *E. cottonii* dan sering digunakan dalam industri farmasi dan makanan. Hal ini karena kappa karagenan dapat meningkatkan viskositas dan pembentukan gel. Kappa karagenan dapat digunakan sebagai matriks tablet karena sifatnya yang dapat membentuk gel dan meningkatkan viskositas (Ferdiansyah *et al.*, 2018).

### **2.4. Karakterisasi**

#### **2.4.1. Analisis Bahan Baku**

Analisis dari bahan baku meliputi analisis proksimat, LCMS/MS, fitokimia, dan *molecular docking*.

#### **A. Analisis Proksimat**

Analisis proksimat adalah analisis kandungan makro zat dalam makanan. Analisis ini mencakup analisis kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat (Hermita, Ningsih and Fatmawaty, 2020). Penelitian terdahulu di dapatkan analisis proksimat sebagai berikut.

**Tabel 2. 1** Analisis Proksimat Daun Kelor Menurut Penelitian Terdahulu

No	Analisa Proksimat	Daun Kelor		
		Referensi(Yunita <i>et al.</i> , 2022)	Referensi(Kantja, Nopriani and Pangli Marien, 2022)	Referensi (Augustyn, Tuhumury and Dahoklory, 2017)
1	Kadar Abu (%)	10.53%	9.45%	9.57 %
2	Protein Kasar (%)	27.27%	24.14	26.02%
3	Lemak Kasar (%)	7.28%	11.44%	2.52%
4	Serat Kasar (%)	35.34%	6.11%	4.03%

Analisis proksimat pada daun kelor menurut literatur (Yunita *et al.*, 2022) didapatkan kadar abu sebesar 10,53%, protein kasar sebesar 27,27%, lemak kasar sebesar 7,28%, dan serat kasar sebesar 35,34%. Selain itu, analisis proksimat pada daun pegagan menurut penelitian terlebih dahulu (Nur Laili Inayah, 2017) dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2. 2** Analisis Proksimat Daun Pegagan Menurut Penelitian Terdahulu

No	Analisis Proksimat	Daun Pegagan		
		Referensi(Nur, 2017)	Referensi (Hidayati, 2018)	Referensi (Agustina <i>et al.</i> , 2019)
1	Kadar Abu (%)	6.064%	7.39%	1%
2	Protein Kasar (%)	4.05%	11.50%	2.23%
3	Lemak Kasar (%)	0.35%	0.40%	0.27%
4	Serat Kasar (%)	8.89%	13.92%	-

Analisis Proksimat pada daun pegagan menurut penelitian terdahulu (Nur Laili Inayah, 2017) menunjukkan hasil proksimat yaitu kadar abu sebesar 6,064%, protein kasar sebesar 4,05%, lemak kasar sebesar 0,35%, serat kasar sebesar 8,89%.

## **B. Analisis LCMS/MS**

*Liquid Chromatography Mass Spectrophotometer (LC-MS/MS)* merupakan metode analisis yang menggabungkan teknik pemisahan dalam kromatografi cair dengan kemampuan deteksi spesifik dari spektrometer massa. Ion bermuatan dideteksi dalam spektrometer massa setelah pemisahan fisik mereka. LC-MS/MS memungkinkan analisis komponen yang lebih luas, seperti senyawa dengan polaritas tinggi atau berat molekul besar. Data LC-MS dapat menyediakan informasi mengenai struktur, identitas, massa molekul, serta jumlah komponen dalam suatu sampel tertentu (Mangurana, Yusnaini and Sahidin, 2019). Penelitian terdahulu (Premi and Sharma, 2017) mengidentifikasi senyawa aktif daun kelor dengan menggunakan LCMS/MS yang dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2. 3** Identifikasi Senyawa Aktif Daun Kelor (Premi and Sharma, 2017)

No	Bahan	Senyawa Aktif
1	Daun Kelor	1Hpyrazol-4-yl methanol
2		1H-1,2,3-triazole-4-carboxylic acid
3		1-(2-methyl-5-nitro-1H-imidazol-1-yl)propan-2-ol
4		glucouronic acid
5		1-hexadecene
6		benzoyl-b-D-glucoside
7		13-hydroperoxy octadecadienoic acid
8		1,4-naphthoquinone
9		luteolin-6-c-glucoside
10		4-O-(6-vanillyl)-b-D-glucopyranosyl vanillyl alcohol
11		7-rhamnoglucoside (Hesperidin)

Dalam penelitian sebelumnya, senyawa aktif yang ditemukan pada daun kelor termasuk 7-rhamnoglucoside (Hesperidin), 4-O-(6-vanillyl)-b-D-glucopyranosyl vanillyl alcohol, 1Hpyrazol-4-yl methanol, dan sebagainya, seperti

yang ditunjukkan dalam tabel di atas. Tabel 2.4 juga menunjukkan identifikasi senyawa aktif pada daun pegagan dari penelitian sebelumnya.

**Tabel 2. 4** Identifikasi Senyawa Aktif pada Daun Pegagan(Kandasamy *et al.*, 2023)

No	Bahan	Senyawa Aktif
1	Daun Pegagan	Isorhamnetin 3 - O - rutinoside
2		Kaempferol 7 - O - Glucoside
3		Dihydroquercetin 3-O-rhamnoside
4		Coumarin
5		Dihydrocaffeic acid
6		Coumestrol
7		Cinnamoyl glucose
8		Isorhamnetin 3-O-glucuronide
9		Ziziphin
10		8-Desoxygartatin
11		Todolactol A

Tabel di atas menunjukkan senyawa aktif daun pegagan pada penelitian (Kandasamy *et al.*, 2023) yaitu terdapat senyawa Ziziphin, Dihydrocaffeic acid, Kaempferol 7 - O – Glucoside, dan sebagainya.

### C. Analisis Fitokimia

Uji kandungan kimia tanaman dilakukan melalui analisis kualitatif untuk mengetahui kandungan fitokimia tanaman. Uji fitokimia memeriksa golongan senyawa kimia yang ada dalam sederhana tumbuhan (Artini, Astuti and Warditiani, 2008). Uji fitokimia menggunakan reagen pendeteksi golongan senyawa yaitu flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan sebagainya (Putri and Lubis, 2020).

### D. *Molecular Docking*

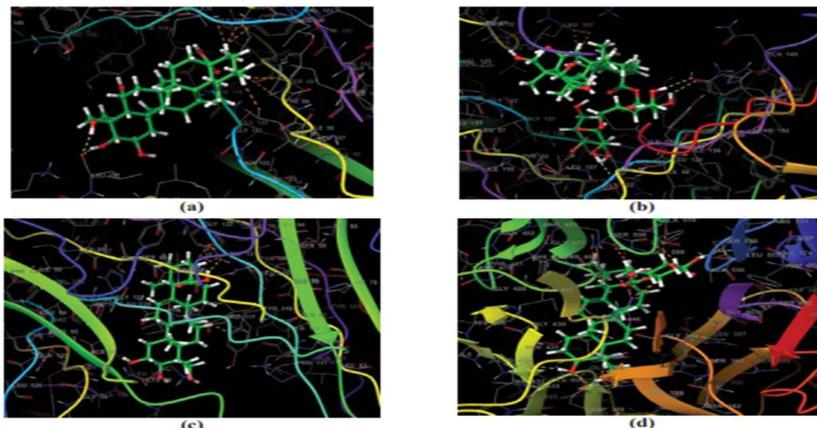
Docking molekular adalah bidang yang mempelajari pengikatan dua/ lebih struktur molekul satu sama lain, yaitu memecahkan masalah tiga dimensi. Tujuan dari docking molekular adalah memperediksi pengenalan molekuler, menemukan beberapa kemungkinan mode ikatan, serta memprediksi afinitas

pengikatan (Prasetio *et al.*, 2021). Selain itu analisis ini mempermudah dalam menentukan target tertentu dari senyawa aktif, dimana dilakukan dengan membandingkan kesamaan struktural senyawa uji dengan serangkaian senyawa target yang diketahui dalam satu atau lebih basis data, adalah mungkin untuk memprediksi makromolekul mana yang mungkin efektif. kemampuannya untuk menjadi target. (Pratama, Herowati and Ansory, 2021). Pada penelitian (Hasan and Herowati, 2024) dilakukan *Molecular Docking* pada daun kelor untuk antihipertensi, dimana ligand native yang digunakan adalah *Angiotensin Converting Enzym* (ACE). Ligand ini berguna untuk mengendalikan tekanan darah tinggi, mencegah stroke, gagal jantung dan sebagainya. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa senyawa potensial dari daun kelor, seperti  $\alpha$  - ramnopiranosil,  $\beta$ -Sitosterol, dan sinalbin merupakan obat antihipertensi yang efektif karena energi pengikatan dan interaksi asam amino dengan inhipitor ACE. Hasil menunjukkan bahwa senyawa potensial untuk menghambat ACE dengan energi pengikatan -8,23; -9,27; -9,14 kkal/mol. Adapun visualisasi ligand redocking dan ligand refrensi dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2. 3** Visualisasi Ligand Redocking dan Ligand Referensi yang terdapat pada penelitian (Hasan and Herowati, 2024)

Selain itu, pada penelitian (Khotimah *et al.*, 2024) ini dilakukan *Molecular Docking* menggunakan ligand native TNF- $\alpha$ , Collagen 1, MMP-9. Senyawa – senyawa alami dari daun pegagan seperti asiaticode, asiatic acid, madecosside memiliki potensi sebagai *antiaging*. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.4 dapat diketahui bahwa *docking score madecassic acid* dengan receptor TNF- $\alpha$  -7,1 kkal/mol, *madecosside* dengan receptor TNF- $\alpha$  -10.7 kkal/mol, Asiatic acid dengan receptor TNF- $\alpha$  -7,4, dan *asiaticoside* dengan receptor Nrf2-keapl -8.6. Sehingga dari hasil docking yang tinggi membuktikan bahwa daun kelor berpotensi menjadi *antiaging*.



**Gambar 2. 4** Pengikatan dengan (a) Madecassic Acid dengan TNF- $\alpha$  (b) Madecosside dengan TNF- $\alpha$  (c) Asiatic Acid dengan TNF- $\alpha$  (d) Asiaticoside dengan Nrf2-keapl (Khotimah *et al.*, 2024)

#### 2.4.2. Analisis Produk

Analisis produk meliputi uji antioksidan, uji kadar air, uji kadar abu, higroskopis, kelarutan, SEM, XRD, FTIR, dan uji aktivitas antioksidan.

##### A. Uji Kadar Air dan Abu

Salah satu metode pengujian kimia yang paling penting dalam industri adalah kadar air, yang digunakan untuk menentukan kualitas dan ketahanan terhadap pembusukan makanan. Semakin tinggi kandungan air suatu makanan, semakin tinggi risiko pembusukan akibat kontaminasi biologis dan mikroba yang dapat merusaknya. Ada banyak cara untuk mengukur kadar air, seperti pengeringan, destilasi, fisika, dan kimia (Karl Fischer) (Daud, 2020).

Pengujian kadar abu sampel dapat dilakukan dengan gravimetri, yang menunjukkan jumlah mineral dalam sampel. Kadar abu yang lebih tinggi menunjukkan bahwa ada lebih banyak mineral dalam sampel (Septia, Sari and Atifah, 2024).

##### B. Uji Higroskopis

Uji higroskopis dilakukan dengan mengamati perubahan bobot dan warna dalam enkapsulasi ekstrak daun pegagan dan daun kelor setiap saat. Perubahan dalam bobot dan warna ini menunjukkan bagaimana kadar air dalam sampel berubah (Hayu Nurani *et al.*, 2017).

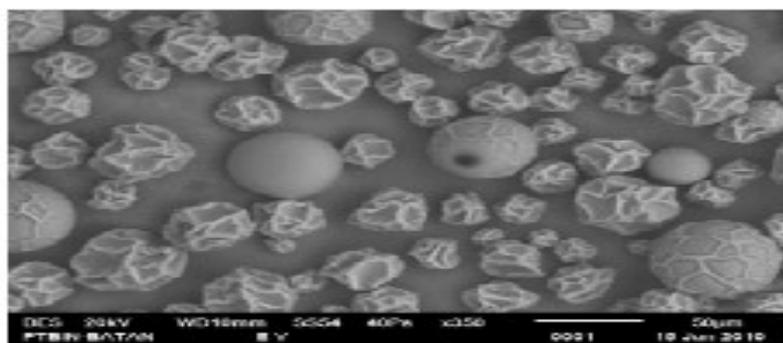
##### C. Uji Kelarutan dalam Air

Keadaan suatu senyawa dalam bentuk padat, cair, atau gas yang terlarut dalam padatan, cairan, atau gas sehingga membentuk larutan homogen dikenal sebagai kelarutan. Pelarut yang digunakan, suhu, dan tekanan dapat memengaruhi kelarutan (Yoga and Hendriani, 2013). Analisis ini dilakukan untuk mengoptimalkan produk, memilih pelarut.

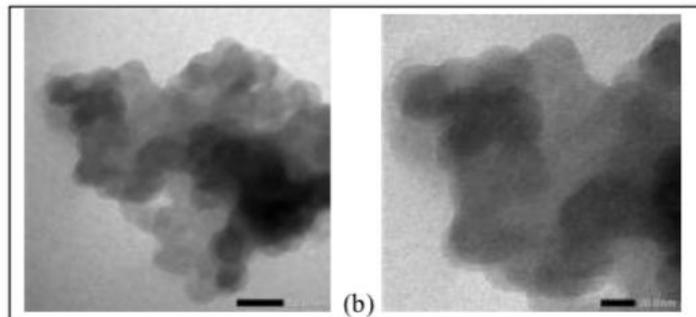
#### **D. *Scanning Electron Microscope (SEM)***

Bentuk partikel – partikel yang berukuran mikro dapat diketahui dengan *Scanning electron microscope* (SEM). Umumnya, SEM memiliki prinsip kerja yaitu berkas elektron dihasilkan oleh filamen, berkas elektron difokuskan menggunakan lensa magnetic, elektron menumbuk sampel, elektron yang terhambur ditangkap detektor, dan bentuk morfologi pada permukaan sampel dapat dilihat di layar monitor (Irawanti, 2015).

Pada daun pegagan morfologi dan struktur yang dihasilkan penelitian (Septevani., dkk.2012) menunjukkan bahwa struktur morfologi tidak menyatu (tidak teraglomerasi) dan cenderung mengkerut sebagian. Hal ini disebabkan pada teknik dari *spray dryer* dan ukuran yang dihasilkan 12  $\mu\text{m}$ . Penelitian lainnya menghasilkan struktur dan morfologi nanoenkapsulasi berbentuk tidak beraturan dan juga beberapa bentuk bulat serta menunjukkan pori-pori atau retakan (Meliana, 2016).

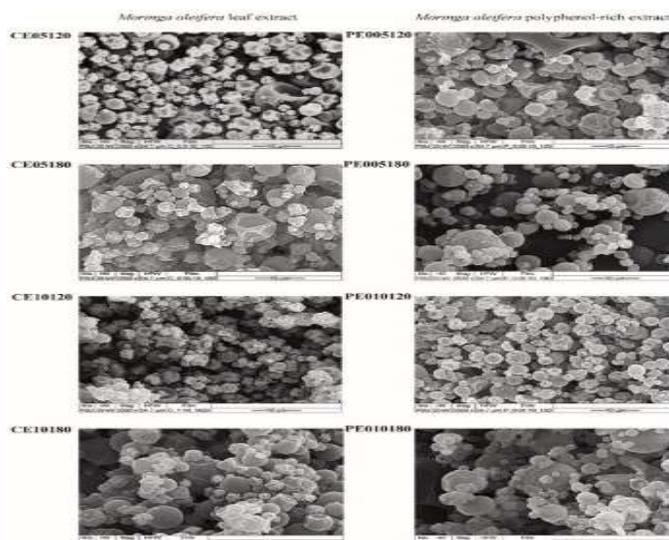


(a)

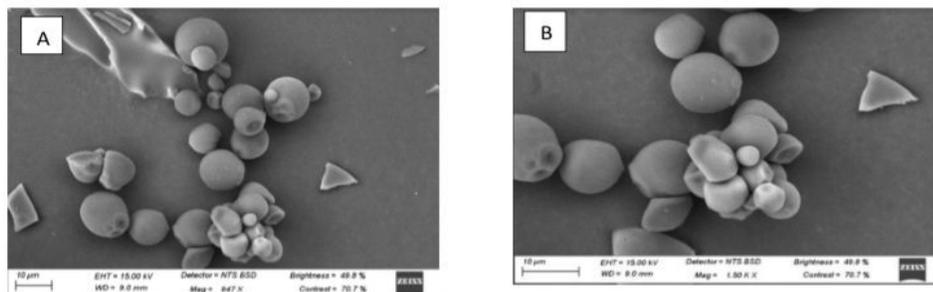


**Gambar 2. 5** (a) Penelitian (Septevani, Sondari and Ghozali, 2013); (b) Penelitian (Meliana, 2016)

Morfologi dan struktur pada daun kelor penelitian (George *et al.*, 2021) morfologi permukaan mikrokapsul ekstrak bubuk daun kelor dengan bahan pelapis maltodekstrin dan gum arab menunjukkan beberapa mikrokapsul yang berbentuk bulat dan sedikit tidak beraturan dan aglomerasi dengan ukuran partikel dari 10 – 50  $\mu\text{m}$ . Ukuran yang besar disebabkan oleh suhu proses yang rendah dan kombinasi bahan pelapis yang berbeda. Kemudian pada penelitian (Vonghirundecha *et al.*, 2022) menunjukkan struktur yang bulat dengan lekungan dan kerutan pada permukaan serta adanya aglomerasi.



(a)



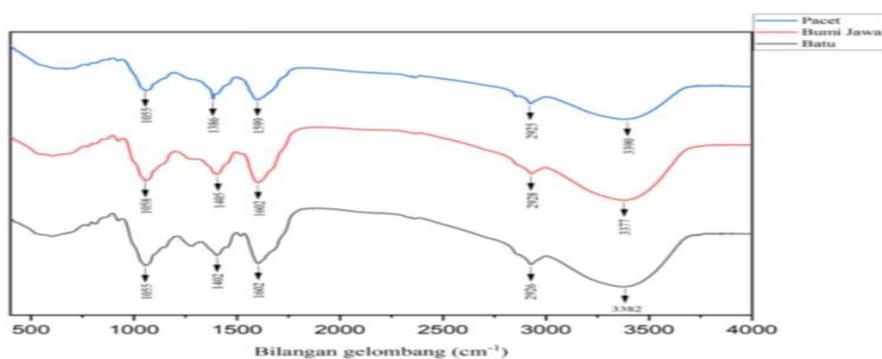
(b)

**Gambar 2. 6** (a) Penelitian (Vonghirundecha *et al.*, 2022); (b) Penelitian (George *et al.*, 2021)

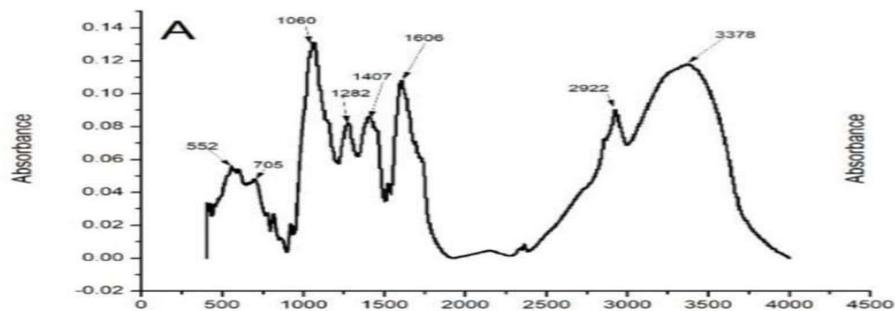
#### H. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Mendeteksi dan menganalisis hasil spektrum menggunakan *Fourier transform infrared* pada alat Spektroskopi inframerah. Senyawa organik memiliki spektrum sangat kompleks karena mempunyai banyak puncak yakni adanya gugus fungsi yang dilihat dari panjang gelombang (Sanjiwani *et al.*, 2020).

Analisa FTIR pada beberapa penelitian daun pegagan yang dapat dilihat pada gambar 2.7 menghasilkan puncak tertinggi  $3377\text{ cm}^{-1}$  (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022) berbeda pula dengan penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023) dengan puncak tertinggi  $3428\text{ cm}^{-1}$ .



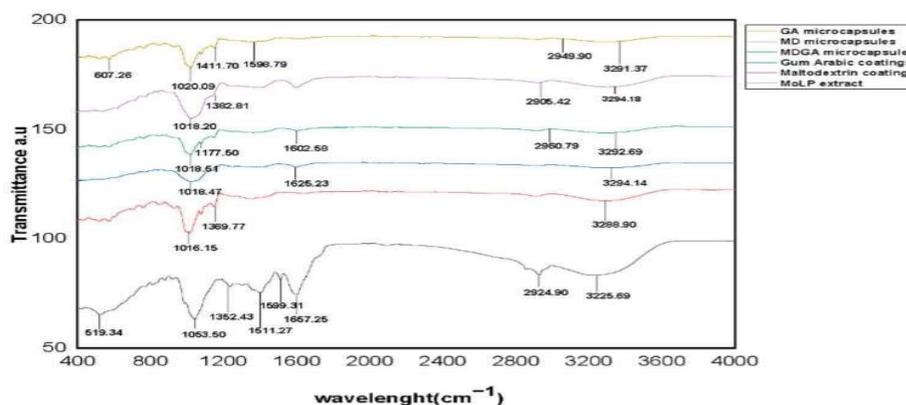
(a)



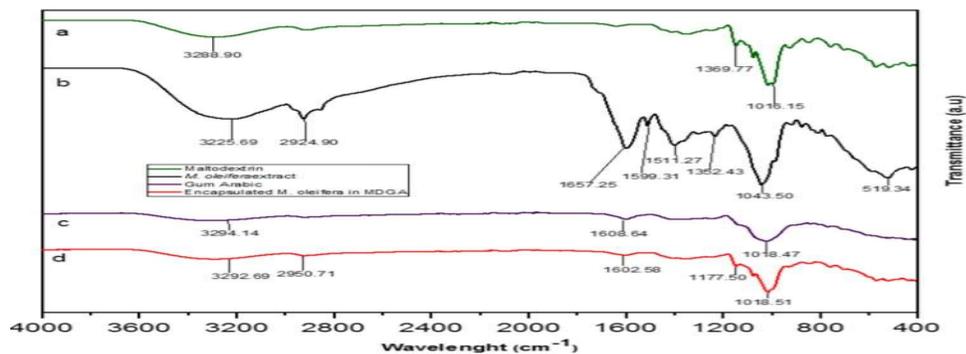
(b)

**Gambar 2. 7** Hasil Spektroskopi FTIR Daun Pegagan (A) penelitian (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022) (B) penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023)

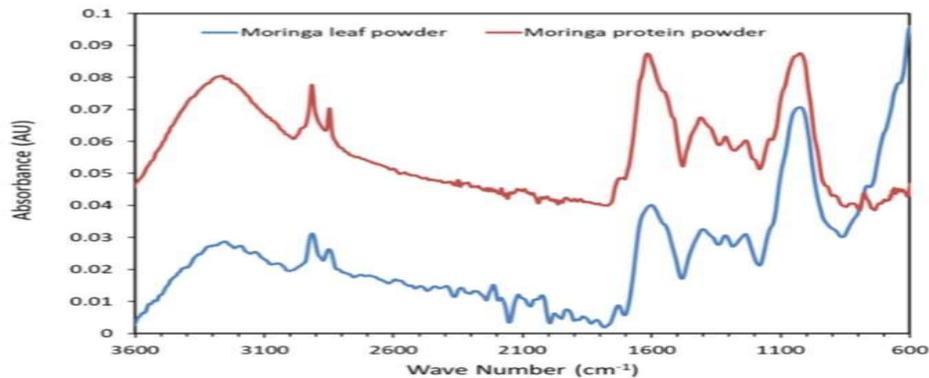
Analisa FTIR daun kelor pada beberapa penelitian dapat dilihat pada gambar 2.8 menghasilkan puncak tertinggi dimana penelitian (George *et al.*, 2021) yang menghasilkan puncak  $3225\text{ cm}^{-1}$  dan  $3288\text{ cm}^{-1}$  berbeda dengan penelitian (Paramita *et al.*, 2022) menghasilkan puncak  $3256\text{ cm}^{-1}$ . Pada gambar 2.8 dapat dilihat bahwa dari ketiga grafik memiliki pola puncak yang berbeda.



(a)



(b)

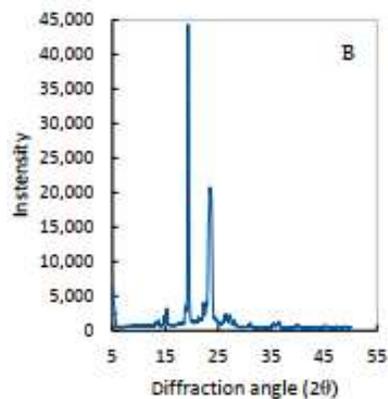


(c)

**Gambar 2. 8** Hasil Spektroskopi FTIR Daun Kelor (A) dan (C) penelitian (George *et al.*, 2021) (B) penelitian (Paramita *et al.*, 2022)

### I. X – Ray Diffraction (XRD)

Pemanfaatan radiasi gelombang elektromagnetik sinar – X dapat mengidentifikasi material kristal seperti struktur serta fasa dalam suatu bahan dan dapat susunan berbagai susunan jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan kristal yang cacat. Mendifraksi cahaya melalui celah kristal adalah prinsip dasar XRD (Hakim, Dirgantara and Nawir, 2019). Pada penelitian (Tafu and Jideani, 2021) bubuk daun kelor menghaikan pola XRD pada gambar 2.9 berikut ini.



**Gambar 2. 9** Hasil X-Ray Diffraction serbuk Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) pada penelitian (Tafu and Jideani, 2021)

Pola XRD gambar 2.9 menunjukkan fase semi-kristalin atau sebagian amorf, dimana puncak tertinggi yaitu menunjukkan fase kristal yang ditunjukkan pada sudut  $2\theta$ ;  $18^\circ$  dan  $22^\circ$  sedangkan puncak kecil diartikan fase amorf.

### **G. Uji Antioksidan**

Penangkapan radikal bebas oleh larutan DPPH digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur aktivitas antioksidan. Dimana selama proses ini berlangsung, dengan menyumbangkan atom hydrogen ke radikal bebas DPPH, zat uji mereduksi DPPH menjadi senyawa non-radikal yang stabil, yaitu 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazine. Perubahan dari warna ungu menjadi kuning pucat atau bahkan tidak berwarna adalah tanda transisi ini (Djajadisastra and Amin, 2012). Selain itu, untuk menguji antioksidan juga dapat menggunakan larutan ABTS serta Nitrat Oksida (NO) (Milanezi *et al.*, 2019).

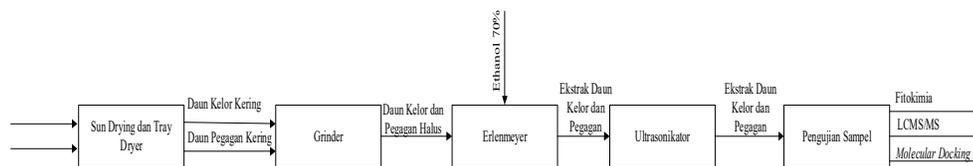
## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biomedical dan Bioengineering, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Adapun alur penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

#### 3.1.1. Block Flow Diagram Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan

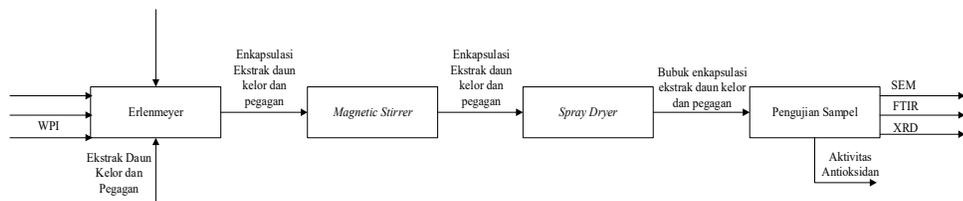
Adapun tahapan pembuatan ekstrak daun kelor dan pegagan dapat dilihat pada blok flow diagram pada gambar 3.1.



**Gambar 3. 1** BFD Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan

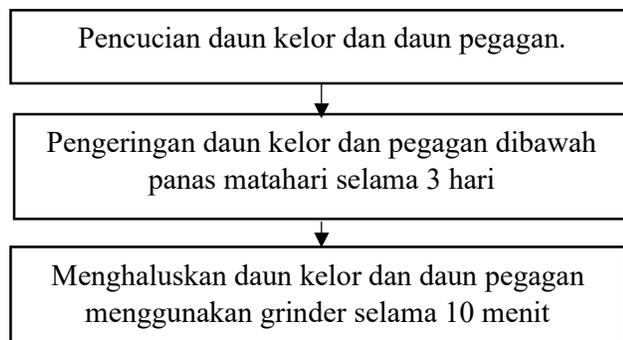
#### 3.1.2. Block Flow Diagram Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan

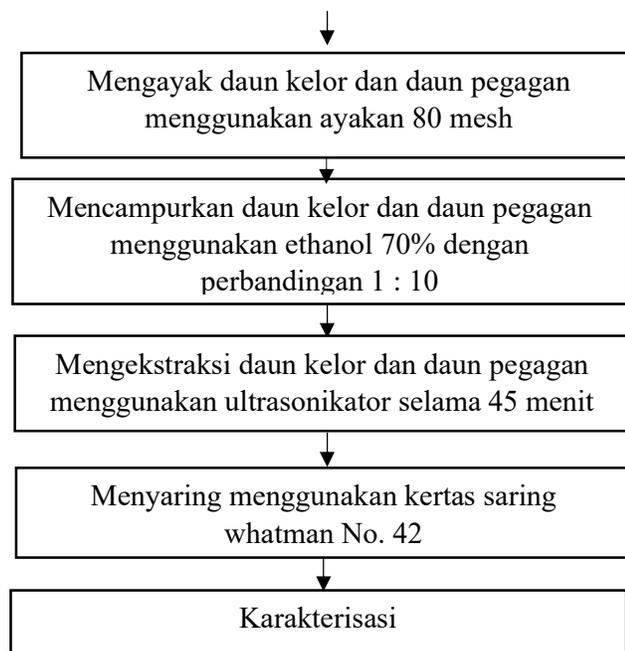
Adapun proses enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan dapat dilihat pada gambar 3.3.



**Gambar 3. 2** BFD Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan

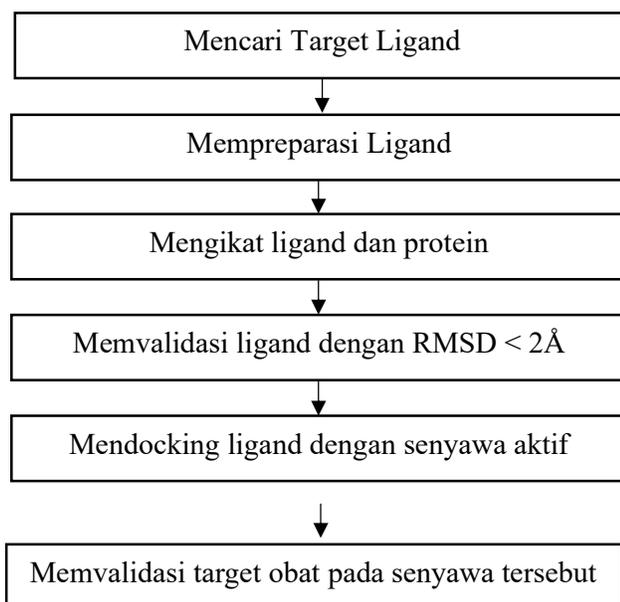
#### 3.1.3. Diagram Alir Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan





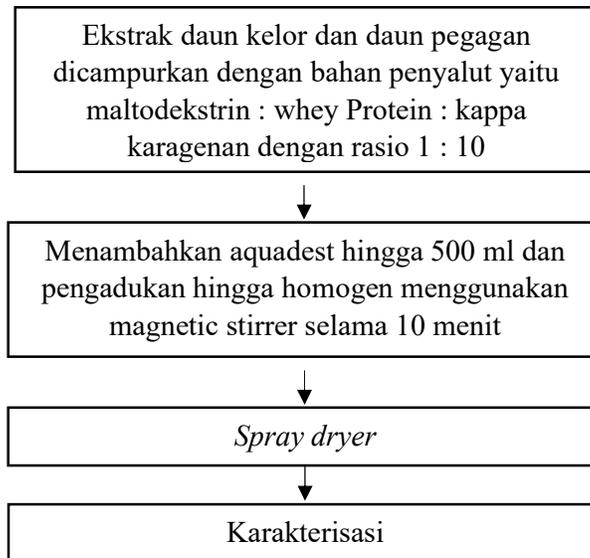
**Gambar 3. 3** Diagram Alir Ekstraksi Daun Kelor dan Pegagan

#### 3.1.4. *Molecular Docking*



**Gambar 3. 4** Diagram Alir *Molecular Docking* Daun Kelor dan Pegagan

### 3.1.5. Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan



**Gambar 3. 5** Diagram Alir Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan

## 3.2. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan.

### 3.2.1. Ekstraksi Daun Kelor dan Daun Pegagan

Bahan pertama yang akan di ekstraksi adalah daun kelor dimana mencuci daun kelor hingga bersih menggunakan air suling. Kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari. Sebanyak 50 gram daun kelor dan pegagan dicincang serta dihaluskan menggunakan grinder selama 10 menit. Lalu, sebanyak bubuk daun kelor dan daun pegagan diekstraksi dengan etanol 70% dalam gelas beaker dengan perbandingan ekstrak dengan pelarut sejumlah 1:10. Kemudian diekstraksi dengan ultrasonikator selama 45 menit. Lalu filtrat dan ampas dipisahkan menggunakan kertas saring.

### 3.2.2. Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan

Bahan penyalut terdiri dari maltodekstrin, *whey protein pro isolate*, kappa karagenan dengan ratio perbandingan 1 : 1 : 1; 1 : 3 : 0; 1 : 0 : 3. Lalu ditambahkan aquadest hingga 500 ml. Kemudian dicampurkan dengan ekstrak daun kelor dan daun pegagan dengan ratio perbandingan bahan penyalut dan bahan inti adalah 1 : 10. Selanjutnya dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Berikutnya proses *spray drying* untuk membentuk struktur yang melindungi bahan

inti yang disebut sebagai dinding. Suhu yang digunakan dalam *spray drying* 150 °C. Selanjutnya di karakterisasi.

### **3.2.3. Karakterisasi Ekstrak dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan**

Adapun karakterisasi ekstrak dan enkapsulasi ekstrak daun kelor dan daun pegagan meliputi uji kadar air, kadar abu, kelarutan dalam air, higroskopis, antioksidan SEM, XRD, FTIR.

#### **1. Uji Fitokimia**

Uji fitokimia dilakukan dengan cara sebanyak 1 ml ekstrak daun kelor dan pegagan dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian direaksikan dengan pereaksinya. Uji tanin dengan menambahkan 2-3 tetes  $\text{FeCl}_3$  1% ke dalam tabung reaksi berisi ekstrak dengan perubahan warna hijau – kehitaman. Uji flavonoid dengan meneteskan HCl 37% ke tabung reaksi berisi ekstrak dan sedikit Mg dengan perubahan warna orange. Uji Alkoloid dengan meneteskan pereaksi mayer dengan ditandai terdapat endapan putih pada ekstrak. Uji saponin dengan menambahkan air hangat ke dalam tabung reaksi ekstrak, dikocok hingga terbentuk busa dan ditambahkan HCl. Uji Triterpenoid/Steroid dengan menambahkan pereaksi Liebermann-Burchard (LB) yang ditambahkan dalam tabung reaksi ekstrak, perubahan warna yang terjadi merah keunguan.

#### **2. Analisis LCMS/MS**

Senyawa aktif dalam ekstrak daun pegagan dan daun kelor diidentifikasi melalui analisis LCMS/MS. Analisis ini dilakukan di BRIN. LCMS/MS adalah gabungan antara kromatografi cair (LC) dan spektrometri massa (MS). MS merujuk pada analisis hanya ion prekursor, seperti yang terjadi pada iontrap, quadrupole, atau time-of-flight Massspec. MS/MS adalah kombinasi dua alat analisis massa dalam satu perangkat spektrofotometri massa. Setelah proses filtrasi MS pertama untuk ion prekursor, ion prekursor yang diberi energi tinggi dan gas nitrogen akan terfragmentasi. Ion produk yang dihasilkan oleh fragmentasi kemudian difilter oleh alat analisis massa kedua. Alat ini menggunakan QTOF Revident.

### 3. *Molecular Docking*

Dalam mencari target ligand perlu dilakukan studi literatur untuk mendapatkan ligand yang tepat. Kemudian membuka web PDB dan cari target ligand. Berikutnya klik download PDB. Berikutnya buka aplikasi yasara untuk preparasi ligand dan Marvin Sketch untuk mendapatkan 10 conformers. Setelah preparasi ligand dilakukan pengikatan antara ligand dan protein dengan aplikasi cmd sehingga akan didapatkan skor docking pada ligand. Setelah didapatkan skor docking di validasi dengan menggunakan aplikasi yasara untuk melihat RMSD yang berfungsi untuk mengetahui jarak saat mengembalikan molekul yang diambil. RMSD (*Root Mean Square Deviation*) dikatakan valid apabila  $<2\text{\AA}$  (Frimayanti, Lukman and Nathania, 2021). Selanjutnya, dilakukan docking dengan senyawa aktif pada daun kelor dan daun pegagan dengan aplikasi cmd. Dan skor docking dapat diketahui.

### 4. Uji Kadar Air

Kadar air dianalisis menggunakan metode termogravimetri. Penentuan kadar air didasarkan pada selisih berat bahan sebelum dikeringkan dengan penimbangan berat keringnya. Dimana dapat dilakukan dengan menimbang bahan sebesar 1 g. Sebelum dikeringkan cawan kosong dikeringkan menggunakan oven pada suhu  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit. Kemudian cawan berisi bahan dikeringkan menggunakan oven menggunakan  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 3 jam. Setelah 3 jam, cawan didinginkan menggunakan desikator. Berikutnya menimbang cawan berisi bahan hingga didapatkan berat yang konstan. Adapun perhitungan kadar air sebagai berikut.

$$\% = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

### 5. Uji Kadar Abu

Uji kadar abu dilakukan dengan menimbang satu gram sampel dan kemudian menimbang cawan kosong. Sebelum uji kadar abu, pengarangan dilakukan selama satu jam dengan oven pada suhu  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan pengabuan dilakukan selama empat jam dengan furnace pada suhu  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Setelah empat jam, sampel didinginkan dengan desikator selama tiga puluh menit. Kemudian, sampel

ditimbang hingga berat konstan. Perhitungan kadar abu adalah sebagai berikut.  $Kadar\ abu\ (\%) = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100\%$

Keterangan :

$w_1$  = bobot wadah dan sampel sesudah dilakukan pengabuan (gr)

$w_2$  = bobot wadah kosong (gr)

$w$  = bobot sampel sebelum pengabuan (gr)

## 6. Uji Higroskopis

Uji higroskopis dilakukan dengan mengamati perubahan bobot dan warna dari enkapsulasi ekstrak daun pegagan dan daun kelor dengan cara mendiamkan sampel dengan suhu ruang kemudian diamati perubahan bobot dan warna serta perubahan fisik pada sampel setiap 15, 30, 45, 60 menit dan selama 24 jam. Adapun perhitungan uji higroskopis adalah sebagai berikut.

$$\text{Uji Higroskopis} = \frac{\text{berat setelah uji} - \text{berat sebelum uji}}{\text{berat sebelum uji}} \times 100\%$$

## 7. Uji Kelarutan terhadap air

Uji kelarutan sampel terhadap air dilakukan dengan menimbang 0,5 gram sampel kemudian dilarutkan dengan 50 mililiter aquadest untuk mengetahui seberapa stabil sampel terhadap pengaruh air. Sebelum pengujian, kertas saring dikeringkan dalam oven selama 30 menit pada suhu 105 derajat Celcius, lalu ditimbang. Selanjutnya, residu dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu 105 derajat Celcius, lalu didinginkan dan ditimbang hingga beratnya konstan. Sebagai contoh, perhitungan untuk menghitung kelarutan terhadap air adalah sebagai berikut.

$$\text{Kelarutan terhadap air} = 1 - \frac{(c - b)}{\frac{a \times (100 - ka)}{100}} \times 100\%$$

Keterangan :

$a$  = berat sampel yang digunakan

$b$  = berat kertas saring

$c$  = berat kertas saring dan residu

$ka$  = kadar air sampel (%)

## 8. Uji Aktiviitas Antioksidan

Metode DPPH digunakan untuk menguji aktivitas antioksidan, larutan DPPH dibuat dengan menimbang 24 mg DPPH dan dilarutkan dengan methanol hingga 100 mililiter. Larutan DPPH sebanyak 3 mililiter dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan dengan 0.1 mililiter ekstrak daun kelor dan pegagan. Selanjutnya, sampel diukur menggunakan *spektrofotometer UV-VIS* dengan panjang gelombang 517 nm setelah diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang.

### 3.3. Alat dan Bahan

#### 3.3.1. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Gelas beaker
- b. Processor ultrasonic
- c. Tray dryer
- d. Rotary evaporator
- e. Gelas ukur
- f. Kertas saring
- g. Magnetic Stirrer
- h. Neraca analitik
- i. Perangkat Komputer
- j. *Spray dryer*
- k. Spatula

#### 3.3.2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Aquadest
- b. Daun kelor
- c. Etanol 70%
- d. Kappa Karagenan
- e. Maltodekstrin
- f. Pegagan
- g. Whey Protein Pro Isolate

### **3.4. Variabel Penelitian**

Penelitian ini menggunakan variabel bebas, terikat, dan terkontrol. Variabel bebas sendiri adalah variabel yang memengaruhi unsur yang akan diteliti; variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas; dan variabel terkontrol adalah variabel yang dapat dikontrol atau konstan. Enkapsulasi adalah variabel bebas untuk studi ini. Selanjutnya, variabel terikatnya adalah hubungan antara bahan penyalut dan bahan.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan daun kelor dan daun pegagan yang berasal dari Pandeglang, Banten.

### 4.1. Preparasi Bahan Baku

Bahan baku berupa daun kelor dan daun pegagan masih mengandung kadar air yang tinggi sehingga perlu dilakukan preparasi sebelum dilakukan enkapsulasi. Preparasi dilakukan dengan pencucian bahan untuk menghilangkan kotorannya dan kemudian dilakukan pengeringan serta grinding untuk menghaluskan daun kelor dan daun pegagan. Pengeringan dilakukan di bawah sinar matahari selama 3 hari. Pengeringan daun kelor dan daun pegagan dilakukan untuk mengurangi kadar air sehingga memiliki massa simpannya yang lebih lama. Maltodekstrin, kappa karagenan, dan *whey protein isolate* adalah bahan penyalut yang digunakan untuk melakukan enkapsulasi.

### 4.2. Pengeringan

Pengeringan adalah pemanasan yang dilakukan pada bahan baku yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terdapat pada bahan. Adapun rendemen yang di dapatkan pada pengeringan dengan metode *sun drying* dan *tray dryer* terdapat pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** Rendemen Bahan Baku Kering

No	Bahan	Metode <i>Sun Drying</i> (%)	Metode <i>Tray Dryer</i>
1	Daun Kelor	15.74%	93.3%
2	Daun Pegagan	6.82%	89.6%

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa massa setelah pengeringan menggunakan metode *sun drying* pada daun kelor yaitu 15,74% dan daun pegagan 6,82% sedangkan pengeringan menggunakan *tray dryer* didapatkan massanya sebesar 93.3% pada daun kelor dan pada daun pegagan sebesar 89.6%. Hal ini menunjukkan bahwa pengeringan dengan metode *sun drying* menurunkan kadar air lebih banyak

sehingga saat dikeringkan menggunakan *tray dryer* kadar air yang turun hanya sedikit.

### 4.3. Ekstraksi

Rendemen adalah perbandingan antara berat kering yang terdapat pada ekstrak dengan jumlah bahan baku (Senduk, Montolalu and Dotulong, 2020). Rendemen ekstraksi daun kelor dan pegagan terdapat tabel 4.2.

**Tabel 4. 2** Rendemen Ekstrak

No	Bahan	Ekstrak
1	Daun Kelor	43.04%
2	Daun Pegagan	53.8%

Ekstraksi daun kelor didapatkan rendemen sebesar 43.04% dan pada daun pegagan sebesar 53.8%.

### 4.4. Analisis Kandungan Bahan Baku

Analisis kandungan bahan baku meliputi uji proksimat, uji LCMS/MS, uji fitokimia, *molecular docking*.

#### 4.4.1. Uji Proksimat Bahan

Berikut ini hasil analisis proksimat daun kelor dan daun pegagan yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4. 3** Hasil Analisis Proksimat Daun Kelor dan Daun Pegagan

No	Analisa Proksimat	Daun Kelor	Daun Pegagan
		Hasil Analisis	Hasil Analisis
1	Kadar Abu (%)	12.90%	10.60%
2	Protein Kasar (%)	26.12%	12.25%
3	Lemak Kasar (%)	6.79%	1.91%
4	Serat Kasar (%)	12.73%	13.89%

Tabel 4.3 didapatkan hasil uji proksimat daun kelor dan pegagan. Hasil uji proksimat kadar abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar pada daun kelor berturut turut yaitu sebesar 12.9%, 26,12%,6.79%, 12.73%. Sedangkan hasil uji

proksimat kadar abu, protein kasar, lemak kasar, serat kasar pada daun pegagan yaitu sebesar 10.6%, 12.25%, 1.91%, 13.89%.

#### **A. Uji Kadar Abu Bahan**

Kadar abu menunjukkan jumlah mineral yang ada pada bahan, hasil analisis kadar abu pada bahan dapat dilihat pada tabel 4.3. Hasil analisis menunjukkan 12.90% untuk daun kelor dan 10.60% untuk daun pegagan. Menurut Standar ISO 8217, kadar abu yang diperbolehkan pada bahan pangan adalah 0,03 – 0,07%. Pada penelitian ini kadar abu pada daun kelor dan pegagan melebihi batas standar. Hal ini terjadi karena pengeringan yang belum optimal, selain itu tingginya kadar abu disebabkan oleh kandungan senyawa anorganik internal atau yang berasal dari bahan seperti terdapat Na, Mg, K, Ca. Kadar abu dipengaruhi dari umur simpan bahan, dimana semakin tinggi kadar abu maka semakin mudah untuk terkontaminasi dengan mikroorganisme seperti jamur. Berdasarkan penelitian dari (Yunita *et al.*, 2022) kadar abu pada daun kelor 10.53% dimana kadar abu yang tinggi berasal dari kedua tangkai daun kelor dan saat daun kelor dihaluskan.

#### **B. Uji Kadar Protein Bahan**

Salah satu nutrisi yang sangat penting bagi tubuh adalah protein. Kadar protein diukur dengan menggunakan metode Kjeldahl. Berdasarkan analisis yang tercantum dalam Tabel 4.3, kadar protein pada daun kelor mencapai 26,12%, sementara pada daun pegagan sebesar 12,25%. Kadar protein yang tinggi pada daun kelor dan pegagan menunjukkan bahwa dapat dijadikan sebagai biosupplement. Berdasarkan literatur kadar protein pada daun kelor dan daun pegagan adalah sebesar 27.27% dan 4.05%. Perbedaan kadar protein dipengaruhi oleh faktor kesuburan tanah, kecukupan air, kelembaban udara, dan intensitas cahaya matahari pada tanaman (Nur, 2017).

#### **C. Uji Kadar Lemak Kasar Bahan**

Tubuh memerlukan lemak, salah satu fungsi asam lemak adalah memberikan energi kepada sel. Untuk mengetahui kadar lemak, metode ekstraksi dengan pelarut heksana dapat digunakan; alat yang digunakan untuk ekstraksi ini adalah soxhlet. Tabel 4.3 menunjukkan hasil kadar lemak daun kelor 6.79% dan daun pegagan 1.91%, masing-masing. Kadar lemak literatur adalah 7.28% dan

0.35%, masing-masing. Umur panen, varietas, kesuburan tanah, dan faktor iklim dapat menyebabkan perbedaan kadar lemak ini (Augustyn, Tuhumury and Dahoklory, 2017).

#### **D. Uji Kadar Serat Kasar Bahan**

Dalam penilaian kualitas bahan pangan, serat sangat penting. Dengan menggunakan metode ANKOM, analisis kadar serat dilakukan. Dalam penelitian ini, kadar serat kasar daun kelor dan pegagan adalah 12.73% dan 13.89%, masing-masing, sesuai dengan literatur. Kandungan serat yang tinggi dapat membantu dalam mengontrol berat badan, memberikan efek kenyang lebih lama, serta menurunkan kadar kolesterol dengan cara mengikat lemak di dalam usus (Yunita *et al.*, 2022).

#### **4.4.2. Identifikasi Metabolit Sekunder dan Senyawa Aktif pada Daun Kelor dan Daun Pegagan**

Metabolit sekunder merupakan senyawa kimia yang dihasilkan oleh tumbuhan selama proses biosintesis metabolit primer. Senyawa ini berperan dalam pertahanan terhadap patogen, perlindungan dan adaptasi terhadap stres lingkungan, perlindungan dari paparan sinar ultraviolet, serta sebagai pengatur pertumbuhan. Umumnya, metabolit sekunder terdiri atas flavonoid, alkaloid, saponin, fenol, tanin, dan triterpenoid (Ningsih *et al.*, 2020).

#### **A. Skrining Fitokimia**

Skrining fitokimia adalah teknik yang digunakan untuk mempelajari bahan aktif sampel (Safutri, Karim and Fevinia, 2022). Berdasarkan gambar 4.1 dapat dilihat hasil skrining fitokimia. Senyawa aktif pada sampel dengan skrining fitokimia terdapat pada tabel 4.4.



**Gambar 4. 1** Uji Fitokimia Alkaloid

**Tabel 4. 4** Skrinning Fitokimia Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan

No	Golongan Senyawa	Pereaksi	Perubahan Warna	Ekstrak Daun Kelor	Ekstrak Daun Pegagan
1	Flavonoid	HCl 37% + sedikit Mg	Orange	+++	-
2	Alkoloid	Reagen Mayer	Endapan Putih	++	+
3	Saponin	Air Suling + HCl	Busa	++	+++
4	Tanin	FeCl 3%	Hijau Kehitaman	+++	++
5	Triterpenoid	Pereaksi Liebermann-Burchard (LB)	Merah - Ungu	+++	+++

Keterangan :

+ = Reaksi Positif

++ = Kadar sedang

+++ = Kadar Tinggi

- = Reaksi Negatif

Uji fitokimia dilakukan pada ekstrak daun kelor yang mengandung flavonoid, sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.4, dengan menggunakan reagen HCl 37% dan sedikit serbuk Mg. Proses ini bertujuan untuk memecah ikatan glikosida dan flavonoid, sehingga flavonoid dapat diidentifikasi. Pemecahan ikatan ini menghasilkan perubahan warna menjadi kuning. Flavonoid memiliki sifat antioksidan, antimikroba, antivirus, dan antibiotik yang berperan dalam melindungi fungsi endotel serta mencegah agregasi trombosit. Selain itu, flavonoid juga berkontribusi dalam mengurangi risiko penyakit jantung koroner dan kardiovaskular (Muthmainnah, 2017). Sedangkan pada ekstrak daun pegagan menunjukkan hasil negatif terhadap uji flavonoid.

Dengan menggunakan pereaksi Liebermann-Burchard (LB), uji ekstrak daun kelor untuk triterpenoid dan steroid menunjukkan perubahan warna biru yang menunjukkan hasil steroid positif, dan uji ekstrak daun pegagan menunjukkan perubahan warna merah yang menunjukkan hasil triterpenoid positif. Tumbuhan memiliki senyawa triterpenoid untuk melindungi dan mempercepat pertumbuhan (Dwika *et al.*, 2016).

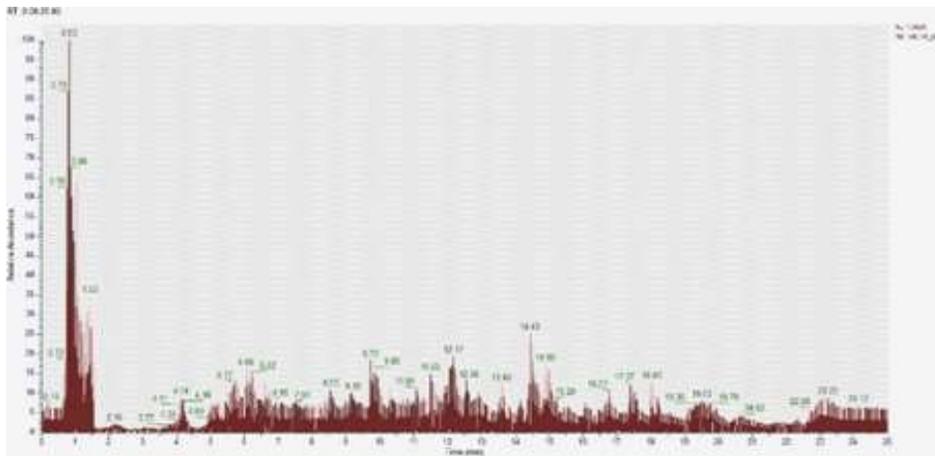
Dengan menggunakan pereaksi  $\text{FeCl}_3$  3%, uji tanin pada ekstrak daun kelor dan pegagan menunjukkan hasil positif dengan ada perubahan warna hijau kehitaman. Senyawa ini membentuk kopolimer padat yang tidak dapat larut dalam air ketika berinteraksi dengan protein. Tanin adalah jenis senyawa aktif tumbuhan yang bersifat fenol. Tanin adalah antioksidan, antibakteri, astringen, dan antidiare (Saragih and Arsita, 2019).

Uji saponin pada ekstrak daun kelor dan pegagan dilakukan dengan mengocoknya dalam air suling hangat hingga menghasilkan busa. Setelah ditambahkan HCl pekat, busa menjadi lebih stabil. Busa yang terbentuk berasal dari senyawa saponin dalam pelarut, yang mengandung komponen larut air (hidrofilik) dan non-polar (hidrofobik). Senyawa ini berperan sebagai surfaktan yang menurunkan tegangan permukaan. Saat dikocok, gugus hidrofilik berikatan dengan air, sementara gugus hidrofobik berikatan dengan udara, sehingga menghasilkan busa. Saponin memiliki sifat antimikroba dan dapat mempercepat proses regresi serta repitelisasi berkat efek imunostimulasinya (Rahmasiahi, Hadiq and Yulianti, 2023).

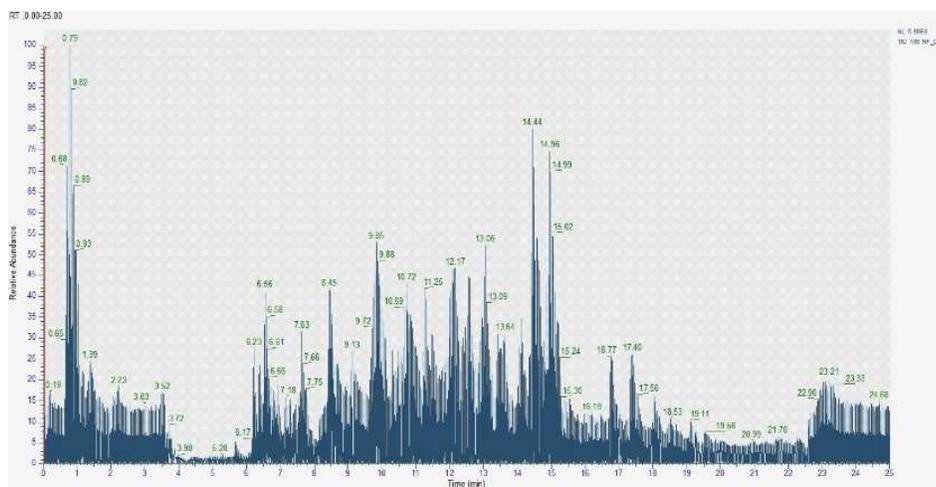
Uji alkaloid pada ekstrak daun kelor dan pegagan dengan pereaksi Mayer memberi hasil positif. Dimana endapan putih terbentuk karena senyawa kompleks yang terjadi antara logam dan reagen dalam alkaloid. Dalam bidang farmakologi, alkaloid digunakan sebagai obat batuk, obat tetes mata, obat malaria, obat kanker, dan obat anti bakteri (Andasari, Hermanto and Wahyuningsih, 2020).

### B. *Liquid Chromatography Mass Spectrofotometer (LCMS - MS)*

Hasil dari analisis data LCMS-MS adalah kromatogram alur tinggi peak dan berat molekul senyawa dalam ekstrak daun kelor dan daun pegagan. Analisis LCMS - MS dilakukan di BRIN, Yogyakarta untuk mengetahui kandungan ekstrak daun kelor dan daun pegagan.



A



B

**Gambar 4. 2** (A) Kromatogram Daun Kelor (B) Kromatogram Daun Pegagan

Pada gambar 4.2 (A) menunjukkan kromatogram analisis daun kelor dapat diketahui pada puncak tertinggi pada % Rel. Abundance 0.996 terdapat pada senyawa L-(+)- Arginine. Senyawa ini berfungsi dalam pengobatan nyeri dada, tekanan darah tinggi, dan preeklamsia. Selain itu L-Arginine merupakan stimulator

pelepasan hormon pertumbuhan (Lisnahan, Seran and Frans, 2021). Gambar 4.2(B) menunjukkan bahwa berdasarkan kromatogram LCMS/MS daun pegagan di dapatkan puncak tertinggi %Rel Abundance 0.79 terdapat senyawa aktif choline yang mengandung Vitamin B, untuk menahan proses penuaan kulit dan membantu pertumbuhan kolagen, yang dapat membuat kulit lebih lembab (Afria, U.E. et al, 2014).

**Tabel 4. 5** Analisis LCMS-MS Daun Kelor dan Pegagan untuk Antihipertensi

No	Daun Kelor			Daun Pegagan		
	Nama	Formula	MO (% Relative Abundance)	Nama	Formula	CA (%Rel. Abundance)
1	L-(+)-Arginine	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	0.996	L-(-)-Carnitine	C <sub>10</sub> H <sub>48</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S	0.822
2	D-(-)-Fructose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	1.017	D-(+)-Proline	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S	0.851
3	Uridine	C <sub>9</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	1.215	2-Hydroxy lignoceric acid	C <sub>24</sub> H <sub>48</sub> O <sub>3</sub>	17.624
4	Adenosine	C <sub>10</sub> H <sub>13</sub> N <sub>5</sub> O <sub>4</sub>	1.241	Nicotinic Acid	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S	1.027
5	Acetophenone	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	1.26	Nicotinamide	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S	1.041
6	Nicotinamide	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> N <sub>2</sub> O	1.261	L-Isoleucine	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S	1.073
7	Guanine	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N <sub>5</sub> O	1.266	Naphthalene	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	13.061
8	L-Isoleucine	C <sub>6</sub> H <sub>13</sub> NO <sub>2</sub>	1.3	Lineolyl Ethanolamide	C <sub>20</sub> H <sub>37</sub> NO <sub>2</sub>	13.529

Sebagai antihipertensi, senyawa aktif dalam daun kelor, seperti uridine, nicotinamide, dan guanine, ditampilkan dalam Tabel 4.5. Selain daun kelor, tanaman yang dapat berperan sebagai antihipertensi adalah daun pegagan. Adapun senyawa aktif pada daun pegagan yang berperan sebagai antihipertensi yaitu L-(-)-Carnitine, D-(+)-Proline, 2-Hydroxy lignoceric acid, Nicotinic Acid, Nicotinamide, L-Isoleucine, Naphtalene, Lineolyl Ethanolamide.

**Tabel 4. 6** Analisis LCMS/MS Daun Kelor dan Pegagan untuk *Antiaging*

No	Daun Kelor			Daun Pegagan		
	Nama	Formula	MO (% Relative Abundance)	Nama	Formula	CA (%Rel. Abundance)
1	Choline	C <sub>5</sub> H <sub>13</sub> N O	1.013	Citric Acid	C <sub>6</sub> H <sub>24</sub> O <sub>3</sub>	0.784
2	mycosporine	C <sub>11</sub> H <sub>19</sub> N O <sub>6</sub>	1.017	Choline	C <sub>5</sub> H <sub>13</sub> NO	0.79
3	Glutarylcarntine	C <sub>12</sub> H <sub>21</sub> N O <sub>6</sub>	1.32	Betaine	C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> N O <sub>2</sub>	0.835
4	Jasmone	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O	9.224	D-(+)-Proline	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> N <sub>4</sub> O <sub>2</sub> S	0.851
5	3-BHA	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	9.619	$\alpha$ -Linolenic acid	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	14.463
6	13-apo-beta-carotenone	C <sub>18</sub> H <sub>26</sub> O	12.271	Jasmone	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O	14.464
7	Stearidonic acid	C <sub>18</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	12.363	Asiaticoside	C <sub>8</sub> H <sub>78</sub> O <sub>19</sub>	7.662
8	4-Undecylbenzenesulfonic acid	C <sub>17</sub> H <sub>28</sub> O <sub>3</sub> S	12.397	Luteoline 7-O-malonyglucoside	C <sub>24</sub> H <sub>22</sub> O <sub>12</sub>	6.605

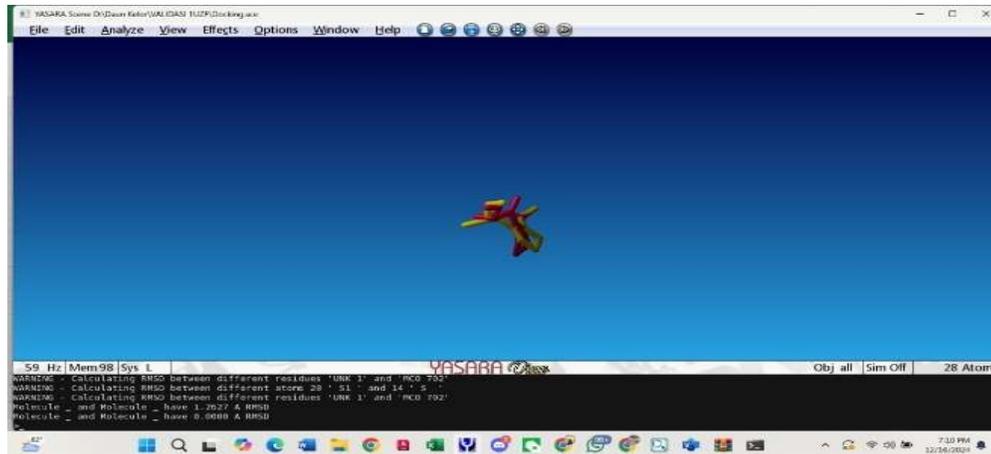
Tabel 4.6 terdapat senyawa aktif choline yang mengandung Vitamin B, untuk menahan proses penuaan kulit dan membantu pertumbuhan kolagen, yang dapat membuat kulit lebih lembab (Afria, U.E. et al, 2014). Selain choline, pada pegagan senyawa aktif yang berfungsi sebagai *antiaging* yaitu citric acid, betaine, D-(+)-proline,  $\alpha$ -Linolenic acid, jasmone, asiaticoside, luteoline 7-O-malonyglucoside. Pada daun kelor juga terdapat senyawa aktif yang berfungsi untuk *antiaging* meliputi mycosporine, glutarylcarntine, 3-BHA, 13-apo-beta-carotenone, Stearidonic acid, 4-Undecylbenzenesulfonic acid.

### **C. *Molecular Docking* Senyawa Aktif Daun Kelor dan Pegagan terhadap Penghambatan Antihipertensi dan *Antiaging***

Metode komputasi yang dikenal sebagai molekul docking memprediksi ikatan molekul target obat atau ligan asli dengan target reseptor atau protein. Ini juga memprediksi afinitas dan aktivitas molekul calon obat. Biasanya metode ini juga digunakan dalam penemuan obat baru (Pratama, Rifai and Marzuki, 2017). *Molecular docking* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan *software* Yasara, Marvin Sketch, cmd, PLANTS. Target ligand native diperoleh dari situs PDB (*Protein Data Bank*).

#### **1. Antihipertensi**

Untuk mengetahui penghambatan hipertensi target ligand native yang digunakan adalah *Angiotensin Converting Enzyme* (ACE) dengan kode pdb 1UZF. Kemudian target ligand dipreparasi dengan menggunakan *software* YASARA dan Marvin Sketch. Lalu dilakukan pengikatan target ligand native dengan protein menggunakan *software* cmd yang telah dimodifikasi sehingga dapat dilihat skor docking pada target ligand native. Berikutnya dilakukan validasi menggunakan YASARA dengan *redocking* ligand native pada protein target yang sebelumnya dipisahkan dengan ligand nativenya (Dewi, 2019). Tujuan memvalidasi ligand native untuk melihat RMSD yang berfungsi untuk mengetahui jarak ligan dengan ikatan reseptor. RMSD (*Root Mean Square Deviation*) dapat dikatakan valid apabila  $<2\text{\AA}$  (Frimayanti, Lukman and Nathania, 2021). Hasil docking target ligand native ACE didapatkan RMSD 1.2627 Å sehingga dikatakan valid, dapat dilihat pada gambar 4.3.



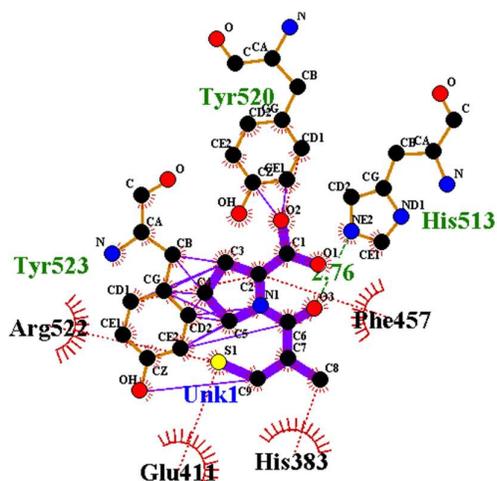
**Gambar 4. 3** Hasil Docking Ligand Native ACE

Setelah divalidasi didapatkan hasil dari docking target ligand native ACE dan senyawa aktif pada daun kelor dan daun pegagan sebagai antihipertensi dapat dilihat pada tabel 4.7.

**Tabel 4. 7** Hasil Skor Docking Ligand Native ACE dengan Senyawa Aktif Daun Kelor dan pegagan

No	Senyawa Aktif Daun Kelor	Skore Docking ACE	Skor Docking	Senyawa Aktif Daun Pegagan	Skor Docking
			Daun Kelor		Daun Pegagan
1	L-(+)-Arginine	-53.1291	-82.0224	L-(-)-Carnitine	-63.6716
2	Neochlorogenic acid		-81.6132	D-(+)-Proline	-58.012
3	Choline		-51.444	2-Hydroxy lignoceric acid	-97.6718
4	Lactamide		-49.7581	Nicotinic Acid	-59.6775
5	1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose		-89.4531	Nicotinamide	-57.7868
6	D-(-)-Fructose		-61.6442	L-Isoleucine	-65.0749
7	D-(-)-Quinic acid		-60.5387	Naphthalene	-55.1322
8	4-Guanidinobutyric acid		-76.2796	Lineolyl Ethanolamide	-94.2164

Tabel di atas menunjukkan bahwa senyawa aktif pada daun kelor yaitu L-(+)-Arginine memiliki skor docking sebesar -82.0224 sedangkan pada senyawa aktif daun pegagan mendapatkan skor docking tertinggi adalah sebesar -97.6718 dan pada ligand native ACE sebesar -53.1291. Setelah diketahui skor docking, tahap selanjutnya ialah memvisualisasikan hasil docking. Visualisasi adalah proses menampilkan hasil *molecular docking* dalam bentuk gambar untuk melihat interaksi antara ligand dan reseptor (protein) (Astuti *et al.*, 2022). Redocking adalah proses menggabungkan antara reseptor (protein) dengan ligand yang memiliki skor docking tertinggi. Adapun visualisasi redocking ligand ACE dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



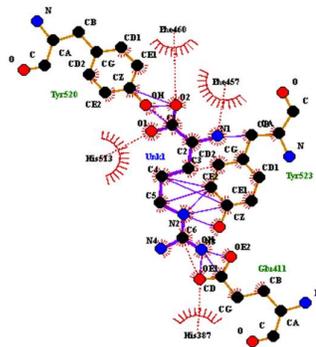
**Gambar 4. 4** Visualisasi Redocking ACE

Visualisasi redocking ACE dengan menggunakan aplikasi YASARA dimana didocking reseptor (protein) dengan ligand native yang memiliki skor docking tinggi. Pada gambar 4.4 dapat dilihat visualisasi redocking ACE terdapat asam amino Arg522, Glu411, His383, Phe547 yang berikatan hidrofobik dan Tyr523, Tyr520, His513 yang berikatan hidrogen.

#### a) Daun Kelor

- L – Arginine

Gambar di bawah ini menunjukkan visualisasi docking L-Arginine dengan protein.

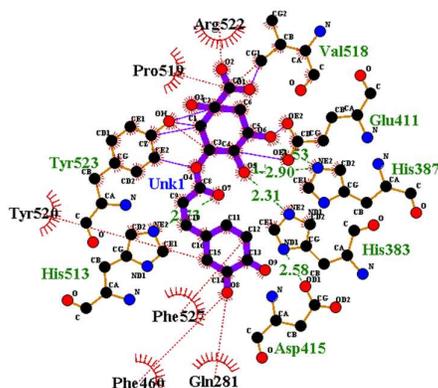


**Gambar 4.5** Visualisasi L-Arginine

Visualisasi L-Arginine dilakukan dengan protein dan senyawa L-Arginine sehingga dapat dilihat pada gambar 4.5 terdapat asam amino Tyr520, Tyr523, Glu411 yang berikatan hidrogen yang dimana memiliki ikatan lebih kuat dibandingkan dengan ikatan hidrofobik. Jika dibandingkan dengan visualisasi redocking ACE yang terdapat pada gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa pada visualisasi ini menyumbang skor docking lebih banyak dibandingkan dengan redocking ligand nativenya dimana berasal dari ikatan hidrogennya, sehingga berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- Neochlorogenic Acid

Gambar di bawah ini visualisasi senyawa neochlorogenic acid.



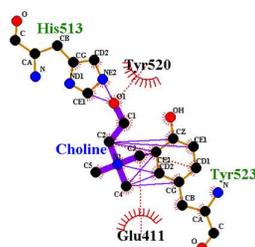
**Gambar 4.6** Visualisasi Neochlorogenic Acid

Gambar 4.6 menunjukkan visualisasi neochlorogenic acid dengan protein ligand nativenya, dimana dapat terlihat bahwa asam amino Val518, His383, Glu411, Asp415, His513, Tyr523 dan sebagainya berinteraksi dengan ikatan hidrogen

sedangkan asam amino Arg522, Pro519, Phe460, Phe527, Glu281, Tyr520 berinteraksi dengan ikatan hidrophobik. Apabila dibandingkan dengan redocking ACE pada gambar 4.4 maka dapat disimpulkan bahwa senyawa ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi karena asam amino pada senyawa aktifnya banyak yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen.

- Choline

Gambar di bawah ini visualisasi senyawa aktif choline dengan protein.

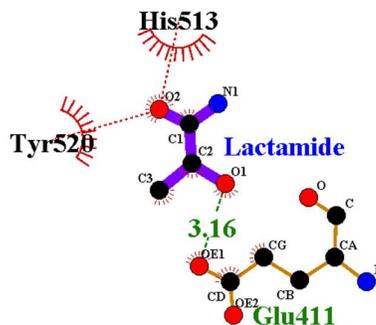


**Gambar 4. 7** Visualisasi Choline

Gambar 4.7 menunjukkan visualisasi senyawa aktif choline dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat interaksi asam amino dengan ikatan hidrogen seperti His513, Tyr523 sedangkan pada asam amino Tyr520, Glu411 berinteraksi dengan ikatan hidrofobik sehingga jika dibandingkan dengan visualisasi redocking ACE memiliki skor docking lebih kecil dibandingkan senyawa choline.

- Lactamide

Gambar di bawah ini visualisasi lactamide dengan protein.

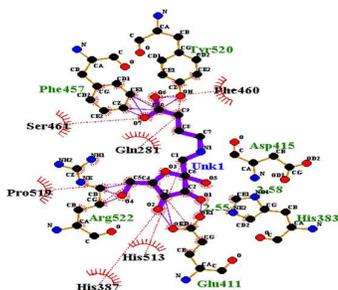


**Gambar 4. 8** Visualisasi Lactamide

Gambar 4.8 menunjukkan visualisasi lactamide dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana dapat dilihat interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu terdapat Glu411 sedangkan pada asam amino His513, Tyr520 berinteraksi dengan ikatan hidrofobik. sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah dibandingkan dengan redocking ligand native ACE karena pada senyawa aktifnya memiliki interaksi dengan ikatan hidrogen yang lebih sedikit.

- 1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose

Gambar di bawah ini merupakan visualisasi senyawa aktif 1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose dengan protein.

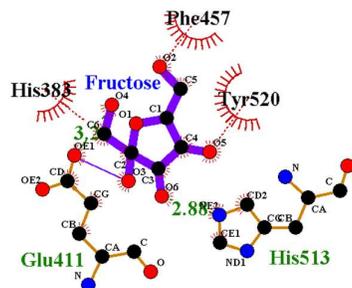


**Gambar 4. 9** Visualisasi 1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose

Gambar 4.9 memvisualisasikan senyawa aktif 1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya dimana menunjukkan terdapat asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen seperti His383, Phe47, Glu411, Asp415, Tyr520, Arg522 sedangkan asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti His38, His513, Ser461, Pro519, Glu281. Jika dibandingkan dengan redocking ligand native ACE yang terdapat pada gambar 4.4 dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking lebih besar karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen lebih banyak dibandingkan ligand native ACE. Oleh karena itu, senyawa ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- D-(-)-Fructose

Gambar di bawah ini visualisasi D-(-)-Fructose dengan protein.



**Gambar 4. 10** Visualisasi D(-)-Fructose

Gambar 4.10 memvisualisasikan senyawa aktif D(-)-Fructose dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya dimana menunjukkan asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen yaitu Glu411, His513, sedangkan asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrofobik terdapat pada His383, Phe457, Tyr520. Dari hasil visualisasi dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih rendah dibandingkan dengan ligand nativenya karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih sedikit.

- D(-)-Quinic acid

Gambar di bawah ini visualisasi D(-)-Quinic acid dengan protein.



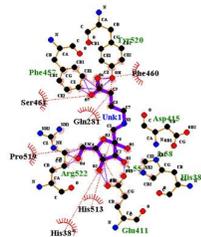
**Gambar 4. 11** Visualisasi D(+)-Quinic Acid

Gambar 4.11 memvisualisasikan D(+)-Quinic Acid dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya dimana menunjukkan terdapat asam amino seperti Glu 411 dan Tyr520 yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen sedangkan asam amino yang berikatan dengan ikatan hidrofobik seperti Hiss513, His383. Apabila dibandingkan dengan visualisasi redocking ACE pada gambar 4.4, dimana pada senyawa aktif ini

memiliki skor docking yang lebih tinggi dibandingkan redocking ACE karena memiliki interaksi asam amino yaitu Glu411 dengan ikatan hydrogen, sedangkan pada redocking ACE asam amino ini berinteraksi dengan ikatan hidrofobik. Oleh karena itu, senyawa aktif ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- 4-Guanidinobutyric acid

Gambar di bawah ini menunjukkan visualisasi 4-Guanidinobutyric acid dengan protein.



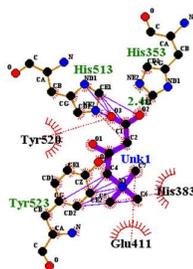
**Gambar 4. 12** Visualisasi 4-Guanidinobutyric acid

Gambar 4.12 menunjukkan visualisasi 4-Guanidinobutyric acid dengan respotor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen yaitu Phe457, Glu411, Arg522, Tyr520, Asp415. Selain itu asam amino berinteraksi juga dengan ikatan hidrofobik seperti His387, Ser463, Phe460, dan sebagainya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dari visualisasi senyawa aktif ini menunjukkan skor docking yang lebih tinggi dibandingkan dengan redocking ACE, hal ini karena pada senyawa aktif ini memiliki interaksi asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih banyak dibandingkan dengan redocking ACE sehingga senyawa aktif ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

**b) Daun Pegagan**

- L-(-)-Carnitine

Gambar di bawah ini visualisasi L-(-)-Carnitine dengan protein.

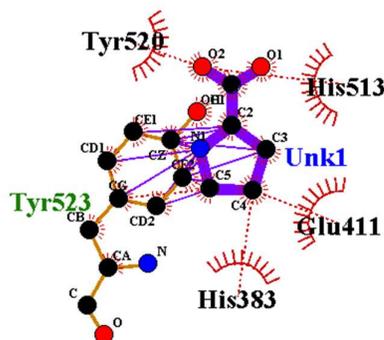


**Gambar 4. 13** Visualisasi L-(-)-Carnitine

Gambar 4.13 menunjukkan visualisasi L-(-)-Carnitine dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana dapat dilihat pada gambar di atas asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen seperti His513, His353, Tyr523. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Tyr520, His383, Glu411. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih tinggi dari redocking ACE sehingga senyawa ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- D-(+)-Proline

Gambar di bawah ini visualisasi D-(+)-Proline dengan protein.

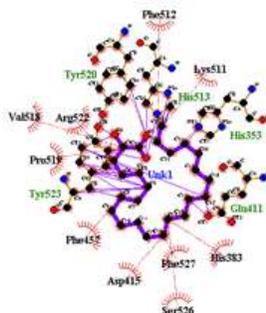


**Gambar 4. 14** Visualisasi D-(+)-Proline

Gambar 4.14 menunjukkan visualisasi senyawa aktif D-(+)-Proline dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa interaksi asam amino dengan ikatan hidrofobik seperti Tyr520, His513, Glu411, His383 sedangkan asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen seperti Tyr523. Hal ini membuktikan bahwa jika dibandingkan dengan ligand native ACE, senyawa ini memiliki skor docking yang lebih kecil.

- 2-Hydroxy lignoceric acid

Gambar di bawah ini visualisasi 2-Hydroxy lignoceric acid dengan protein.

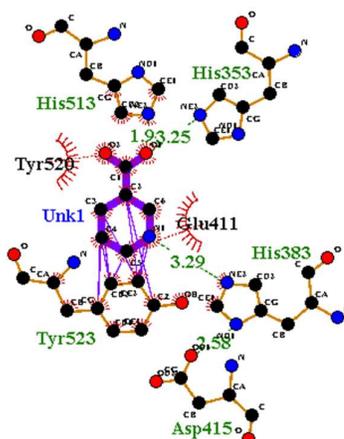


**Gambar 4. 15** Visualisasi 2-Hydroxy lignoceric acid

Gambar 4.15 menunjukkan visualisasi 2-Hydroxy lignoceric acid dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana dapat dilihat bahwa asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen seperti Tyr520, Tyr523, Glu411, His353 dan sebagainya sedangkan Phe512, Val518, Ser526, Lys511. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa ini memiliki skor docking yang lebih tinggi dibandingkan ligand native ACE karena banyak asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen sehingga senyawa ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- Nicottinic Acid

Gambar di bawah ini visualisasi Nicottinic Acid dengan protein.

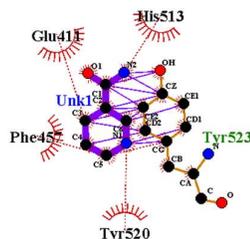


**Gambar 4. 16** Visualisasi Nicottic Acid

Gambar 4.16 menunjukkan visualisasi senyawa aktif ini nicotinic acid dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa terdapat asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen yaitu His513, His353, Tyr523, Asp415, His383 sedangkan asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrofobik adalah Tyr520 dan Glu411. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking lebih tinggi dibandingkan dengan redocking ACE karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen lebih banyak sehingga senyawa aktif ini berpotensi sebagai obat antihipertensi.

- Nicotinamide

Gambar di bawah ini visualisasi nicotinamide dengan protein.

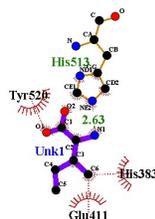


**Gambar 4. 17** Visualisasi Nicotinamide

Gambar 4.17 menunjukkan visualisasi nicotinamide dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa interaksi asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Tyr523. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Glu411, His513, Phe457, Tyr520. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih tinggi dibandingkan dengan redocking ACE karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrofobik lebih sedikit sehingga senyawa aktif ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- L-Isoleucine

Gambar di bawah ini visualisasi L-Isoleucine dengan protein.

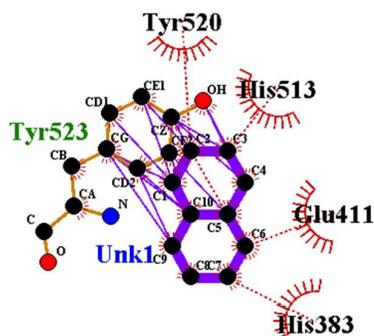


**Gambar 4. 18** Visualisasi L-Isoleucine

Gambar 4.18 menunjukkan visualisasi L-Isoleucine dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu His513. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Tyr520, His383, Glu411. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih tinggi dibandingkan dengan redocking ACE karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrofobik lebih sedikit sehingga senyawa aktif ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- Naphtalene

Gambar di bawah ini visualisasi naphtalene dengan protein.



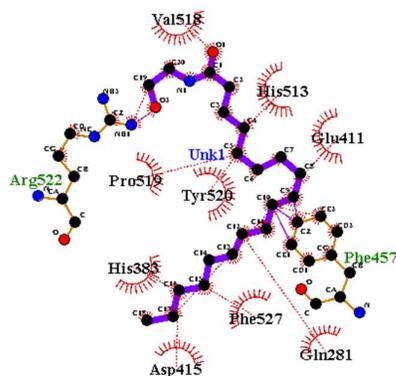
**Gambar 4. 19** Visualisasi Naphtalene

Gambar 4.19 menunjukkan visualisasi naphtalene dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa asam amino yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen yaitu Tye523. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Tyr520, His513, Glu411, His383. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih tinggi dibandingkan dengan redocking ACE karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan

hidrofobik lebih sedikit sehingga senyawa aktif ini berpotensi sebagai kandidat obat antihipertensi.

- Lineolyl Ethanolamide

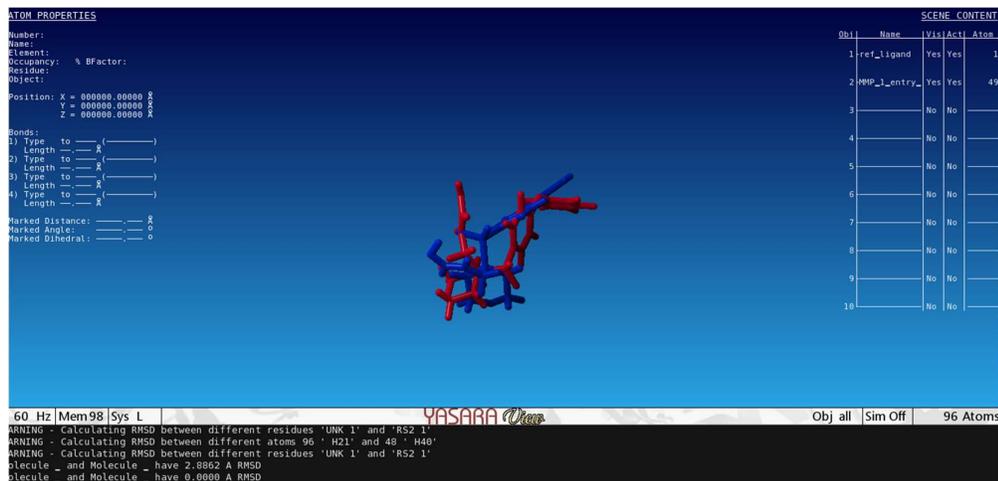
Gambar di bawah ini menunjukkan visualisasi lineolyl ethanolamide.



**Gambar 4. 20** Visualisasi Lineolyl Ethanolamide

Gambar 4.20 menunjukkan visualisasi lineolyl ethanolamide dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa interaksi asam amino yang langsung berinteraksi dengan ikatan hidrogen yaitu Arg522 dan Phe457 sehingga menyumbang skor docking yang lebih banyak. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti His513, Asp415, Tyr520, Glu411, Pro5219. Sehingga jika dibandingkan dengan redocking ACE maka senyawa ini berpotensi sebagai kandidat antihipertensi.

## 2. Antiaging



**Gambar 4. 21** Hasil Docking Ligand Native MMP-1

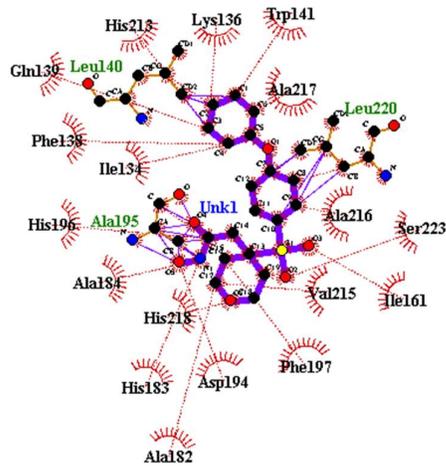
Dalam mengetahui penghambatan penuaan pada kulit, target ligand obat yang digunakan adalah Matriks Metalloproteins-1 (MMP-1) dengan kode pdb 966C. Kemudian target ligand dipreparasi dengan menggunakan software YASARA dan Marvin Sketch. Lalu dilakukan pengikatan target ligand native dengan protein menggunakan software cmd yang telah dimodifikasi sehingga dapat dilihat skor docking pada target ligand native. Berikutnya dilakukan validasi menggunakan YASARA untuk melihat RMSD yang berfungsi untuk mengetahui jarak ligan dengan ikatan reseptor.

*Molecular docking* untuk penghambatan penuaan pada kulit digunakan ligand nativenya MMP – 1 dengan RMSD 2.7061 Å yang dapat dilihat pada gambar 4.21. Ligand ini dinyatakan valid sehingga dapat didocking dengan senyawa aktif pada daun pegagan. Penelitian yang dilakukan oleh Laksmani dan Nugraha (2019) mendukung hal ini, dengan menyatakan bahwa RMSD < 3 Å dianggap valid dan dapat digunakan untuk proses docking dengan senyawa aktif. Adapun hasil *molecular docking* daun pegagan sebagai *antiaging* dapat dilihat pada tabel 4.8.

**Tabel 4. 8** Skor Docking Daun Kelor dan Pegagan sebagai *Antiaging*

No	Senyawa Aktif Daun Kelor	Skore Docking MMP-1	Skor Docking	Senyawa Aktif Daun Pegagan	Skor Docking
			Daun Kelor		Daun Pegagan
1	Choline	-102.69	-49.7614	Citric Acid	-56.343
2	mycosporine		-83.7951	Choline	-44.314
3	Glutarycarnitine		-76.1991	Betaine	-42.771
4	Jasmone		-68.0714	D-(+)-Proline	-50.854
5	3-BHA		-68.0595	Jasmone	-57.03
6	13-Apo-beta-carotenone		-74.901	13-apo-beta-carotenone	-64.431
7	Stearidonic acid		-78.2937	Asiaticoside	-97.916
8	4-Undecylbenzene sulfonic acid		-99.0269	Luteolin 7-O-malonylglucoside	-102.85

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa ligand native *Collagenase-1* di docking dengan senyawa aktif pada daun pegagan sehingga didaatkan skor docking yang paling tinggi terdapat pada senyawa Luteolin 7-O-malonylglucoside yaitu sebesar -123.513 dan pada senyawa aktif daun kelor didapatkan skor docking paling tinggi terdapat pada 4-Undecylbenzenesulfonic acid sebesar -99.0269 sedangkan ligand native sebesar -102.695. Setelah diketahui skor docking, tahap selanjutnya ialah memvisualisasikan hasil docking. Visualisasi adalah proses menampilkan hasil molecular docking dalam bentuk gambar untuk melihat interaksi antara ligand dan reseptor (protein) (Astuti et al., 2022). Redocking adalah proses menggabungkan antara reseptor (protein) dengan ligand yang memiliki skor docking tertinggi. Adapun visualisasi redocking ligand MMP-1 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



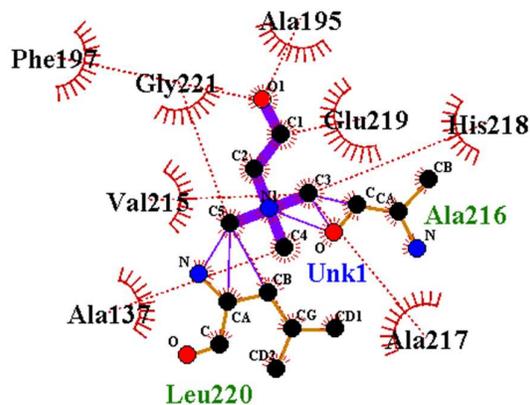
**Gambar 4. 22** Visualisasi Redocking MMP-1

Gambar 4.22 menunjukkan interaksi antara reseptor (protein) pada ligand native yang telah dipisahkan dan ligand native dengan *conformers* yang memiliki skor tertinggi. Dapat dilihat bahwa terdapat interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Leu220, Ala195, Leu140. Selain itu terdapat interaksi asam amino dengan ikatan hidrofobik seperti Ala182, Phe 197, His183, Ile161, Val215, His218, His183, dan sebagainya.

**a) Daun Kelor**

- Choline

Gambar di bawah ini visualisasi choline dengan protein.

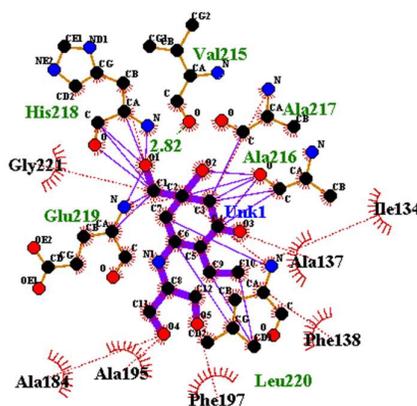


**Gambar 4. 23** Visualisasi Choline

Gambar 4.23 menunjukkan visualisasi choline dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen seperti Leu 220 dan Ala216. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Phe197, Val215, Ala137, Ala217, His218, Glu219. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih rendah dibandingkan dengan redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih sedikit sehingga senyawa aktif ini tidak lebih poten dibandingkan ligand nativenya

- Mycosporine

Gambar di bawah ini visualisasi mycosporine dengan protein.

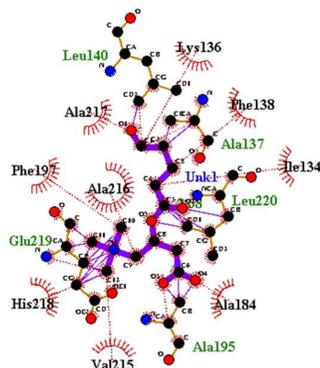


**Gambar 4. 24** Visualisai Mycoporine

Gambar 4.23 menunjukkan visualisasi mycosporine dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa interaksi asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu His218, Ala217, Ala216, Glu219, Leu220, Val215. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Ile134, Ala184, Ala198, Phe197, Phe138. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini dapat bertindak sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dibandingkan dengan ligand nativenya MMP-1.

- Glutarycarnitine

Gambar di bawah ini visualisasi glutarycarnitine dengan protein.

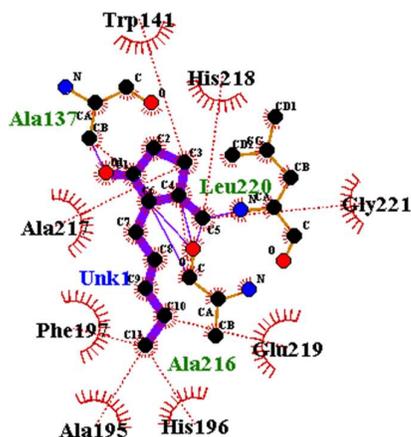


**Gambar 4. 25** Visualisasi Glutarylcarnitine

Gambar 4.24 menunjukkan visualisasi glutarylcarnitine dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dapat dilihat bahwa interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Leu140, Glu219, Ala137, Ala195, Leu220. Selain itu asam amino juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Ala21, Ile134, His218, Val215, Lys136, Phe138. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini dapat bertindak sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dibandingkan dengan ligand nativenya MMP-1.

- Jasmone

Gambar di bawah ini visualisasi jasmone dengan protein.



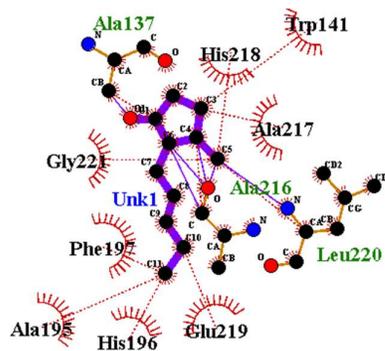
**Gambar 4. 26** Visualisasi Jasmone

Gambar 4.25 menunjukkan visualisasi jasmone dengan reseptor (protein) dengan ligand nativenya, dimana dapat dilihat interaksi antara asam amino dengan ikatan

hidrogen yaitu Ala137, Leu220, Ala216. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Trp141, His218, Gly221, Ala195. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini dapat bertindak sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dibandingkan dengan ligand nativenya MMP-1.

- 3 – BHA

Gambar di bawah ini visualisasi 3 – BHA dengan protein.

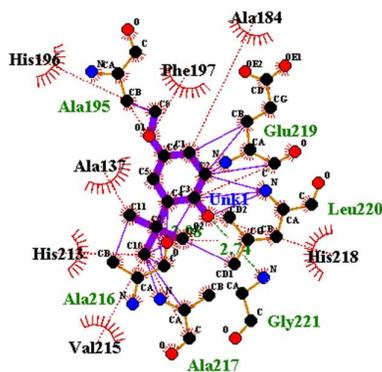


**Gambar 4. 27** Visualisasi 3 – BHA

Gambar 4.26 menunjukkan visualisasi 3-BHA dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana dapat dilihat bahwa interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Ala137, Ala216, Leu220. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti His196, Ala195, Phe197, Glu219, Gly221. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih rendah dibandingkan dengan redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih sedikit sehingga senyawa aktif ini tidak lebih poten dibandingkan ligand nativenya.

- 13 – Apo – Beta – Carotenone

Gambar di bawah ini visualisasi 13 – apo – beta – carotenone dengan protein.

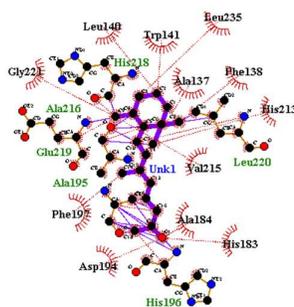


**Gambar 4. 28** Visualisasi 13-Apo-Beta-Carotenone

Gambar 4.27 menunjukkan visualisasi 13 – apo – beta – carotenone dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana dapat dilihat bahwa interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen seperti Ala195, Leu220, Ala217, Gly221, Glu219, Ala216. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Ala184, Phe197, His196, His218, His213, Val215. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah.

- Stearidonic acid

Gambar di bawah ini visualisasi stearidonic acid dengan protein.



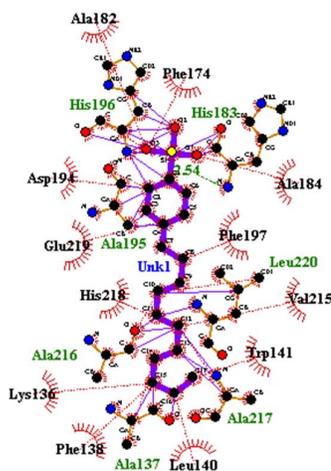
**Gambar 4. 29** Visualisasi Stearidonic Acid

Gambar 4.28 menunjukkan visualisasi stearidonic acid dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana dapat dilihat interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Ala195, His196, Leu220, Glu210, His218, Ala216. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Gly221, Leu235, Val215,

Phe917, Asp194. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah.

- 4 – Undecylbenzene

Gambar di bawah ini visualisasi 4 – Undecylbenzene.



**Gambar 4. 30** Visualisasi 4 – Undecylbenzene

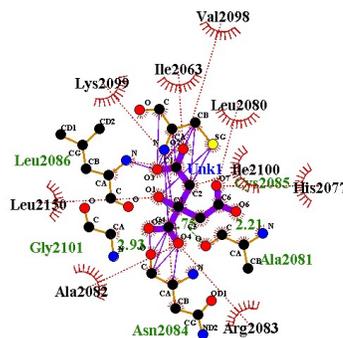
Gambar 4.29 menunjukkan visualisasi 4 – undecylbenzene dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana dapat dilihat interaksi asam amino dengan ikatan hidrogen seperti His196, Leu220, Ala216, Ala137, Ala21, His183. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik seperti Ala182, Val215, Leu140, Glu219, Phe138. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah.

Senyawa aktif daun kelor terbukti dapat bertindak sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dibandingkan ligand nativenya MMP-1 (Matrix Metalloproteins – 1).

**(b) Daun Pegagan**

- Citric Acid

Gambar di bawah ini visualisasi citric acid dengan protein.

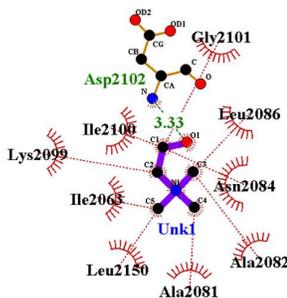


**Gambar 4. 31** Visualisasi Citric Acid

Gambar 4.30 menunjukkan visualisasi citric acid dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Ala2081, Leu2086, Gly2101, Asn2084. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik yaitu Ile2063, Val2098, Arg2083, Leu2150, Ala2082. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah.

- Choline

Gambar di bawah ini visualisasi Choline dengan protein.



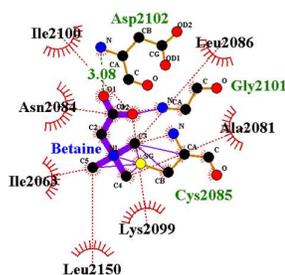
**Gambar 4. 32** Visualisasi Choline

Gambar 4.31 menunjukkan visualisasi choline dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Asp2102. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik yaitu Lys2099, Ile2100, Ile2063, Leu2150, Ala2081, Gly2101. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan

ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah. Senyawa ini dapat berperan sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dari ligand nativenya.

- Betaine

Gambar di bawah ini visualisasi betaine dengan protein.

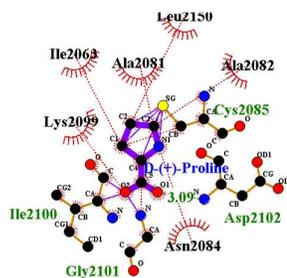


**Gambar 4. 33** Visualisasi Betaine

Gambar 4.32 menunjukkan visualisasi betaine dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat interaksi antara asam amino dengan protein yaitu Asp2102, Gly2101, Cys2085. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik yaitu Ile2100, Asn2084, Ile2063, Lys2099, Leu2150. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah.

- D-(+)-Proline

Gambar di bawah ini visualisasi D-(+)-Proline dengan protein.

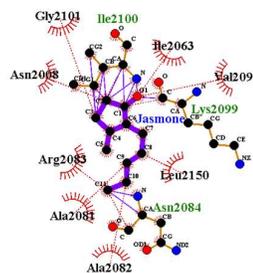


**Gambar 4. 34** Visualisasi D-(+)-Proline

Gambar 4.33 menunjukkan visualisasi D-(+)-proline dengan reseptor (protein), dimana terdapat interaksi antara asam amino dengan protein yaitu Cys2085, Ile2100, Gly2101, Asp2102. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik yaitu Asn2084, Lys2099, Ile2063, Leu2150, Ala2082. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah. Senyawa aktif ini dapat bertindak sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dibandingkan dengan ligand nativenya MMP-1.

- Jasmone

Gambar di bawah ini visualisasi jasmone dengan protein.

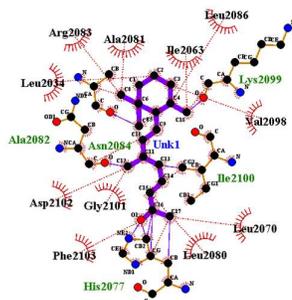


**Gambar 4. 35** Visualisasi Jasmone

Gambar 4.34 menunjukkan visualisasi jasmone dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat interaksi antara asam amino dengan protein yaitu Ile2100, Lys2099, Asn2084. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik yaitu Gly2104, Ala2082, Asn2008, Arg2045, Leu2150. Hal ini dapat disimpulkan bahwa senyawa aktif ini memiliki skor docking yang lebih rendah dibandingkan dengan redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih sedikit sehingga senyawa aktif ini tidak lebih poten dibandingkan ligand nativenya.

- 13 – Apo – Beta – Carotenone

Gambar di bawah ini visualisasi 13 – Apo – Beta – Carotenone dengan protein.

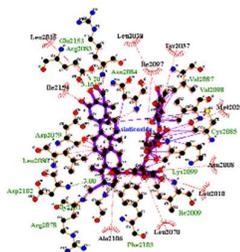


**Gambar 4. 36** Visualisasi 13 - Apo - Beta – Carotenone

Gambar 4.35 menunjukkan visualisasi 13 – Apo – beta – carotenone dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat interaksi antara asam amino dengan protein yaitu Ala2082, Asn2054, His2077, Ile2100, Lys2099. Selain itu juga berinteraksi dengan ikatan hidrofobik yaitu Leu2070, Leu2050, Asp2102, Phe2103, Arg2083, Leu2034. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah. Senyawa aktif ini dapat bertindak sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dibandingkan dengan ligand nativenya MMP-1.

- Asiaticoside

Gambar di bawah ini visualisasi asiaticoside dengan protein.



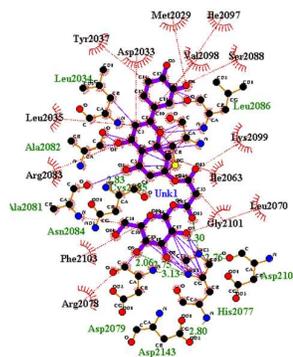
**Gambar 4. 37** Visualisasi Asiaticoside

Gambar 4.36 menunjukkan visualisasi asiaticoside dengan reseptor (protein) dari ligand nativenya, dimana terdapat interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Glu2153, Arg2083, Asn2084, Arg2102, Leu2080, Asp2029. Selain itu berinteraksi juga dengan ikatan hidrofobik yaitu Leu2053, Ile2154, Lyn2037, Leu2018, Leu2070, Ala2106. Hal ini dapat disimpulkan bahwa redocking ligand MMP-1 karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang

lebih kuat dibandingkan dengan senyawa aktif ini sehingga memiliki skor docking yang lebih rendah. Senyawa aktif ini dapat bertindak sebagai *antiaging* namun tidak lebih poten dibandingkan dengan ligand nativenya MMP-1.

- Luteolyn 7 – O – malonyglucoside

Gambar di bawah ini visualisasi Luteolyn 7 – O – malonyglucoside dengan protein.



**Gambar 4. 38** Visualisasi Luteolyn 7 – O – malonyglucoside

Gambar 4.37 menunjukkan interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yaitu Leu2034, Ala2082, Ala2081, Asn2084, Asp2079, Asp2143. Selain itu berinteraksi juga dengan ikatan hidrofobik yaitu Tyr2037, Asp2033, Met2029, Ile2097, Arg2078, Gly210. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa luteolin 7-o-malonyglucoside lebih poten dibandingkan dengan enzim MMP - 1 untuk bertindak sebagai *antiaging* pada kulit karena memiliki interaksi antara asam amino dengan ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan ligand nativenya. Hal ini sesuai dengan penelitian (Syamsul *et al.*, 2022) dimana luteolin memiliki potens menjadi obat baru untuk *antiaging*.

#### 4.5. Karakterisasi Bubuk Enkapsulasi Daun Pegagan dan Daun Kelor

##### 4.5.1. Enkapsulasi

Tabel 4.9 menyajikan hasil analisis rendemen pada bahan serta enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan. Analisis ini didasarkan pada perbandingan antara berat

ekstrak yang dicampur dengan penyalut sebelum proses *spray drying* dan berat bubuk yang dihasilkan setelah proses tersebut.

**Tabel 4. 9** Rendemen Ekstrak dan Enkapsulasi Daun Kelor dan Pegagan

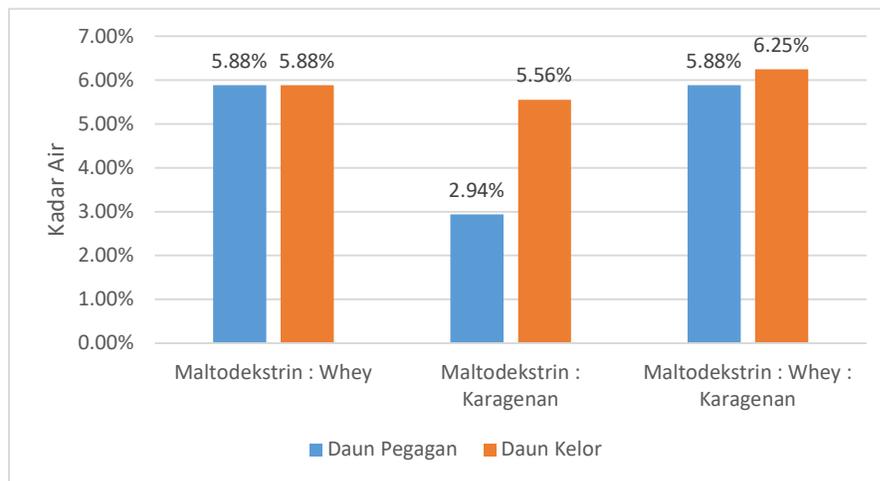
Bahan	% Rendemen		
	Enkapsulasi		
	Maltodekstrin : WPI	Maltodekstrin : Karagenan	Maltodekstrin : WPI : Karagenan
Daun Kelor	55.00%	7.27%	25.00%
Daun Pegagan	66.82%	32.95%	9.55%

Tabel di atas menunjukkan bahwa rendemen tertinggi dalam enkapsulasi ekstrak daun kelor diperoleh pada variasi bahan penyalut maltodekstrin dan *whey protein isolate* yaitu sebesar 55%, sementara pada enkapsulasi ekstrak daun pegagan mencapai 66,82%. *Whey protein isolate* memiliki kemampuan sebagai pengemulsi yang baik dan dapat meningkatkan viskositas larutan, sedangkan maltodekstrin memiliki ketahanan tinggi terhadap oksidasi serta dapat menurunkan viskositas emulsi. Peningkatan viskositas sampel berkontribusi pada peningkatan total padatan terlarut, yang pada akhirnya menghasilkan rendemen yang lebih tinggi.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Purnomo, Khasanah, dan Anandito (2014), yang menunjukkan bahwa rendemen tertinggi diperoleh pada kombinasi maltodekstrin dan kappa karagenan sebagai bahan penyalut. Perbedaan ini disebabkan oleh sifat kappa karagenan yang mampu membentuk gel dalam air, sehingga meningkatkan viskositas secara berlebihan. Menurut Sadiah dan Indiarjo (2022), viskositas yang terlalu tinggi dapat memperlambat proses pengeringan, menghasilkan droplet yang lebih besar dan panjang. Hal ini dapat menghambat proses atomisasi, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan rendemen enkapsulat.

#### 4.5.2. Kadar Air Produk Hasil Enkapsulasi

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas produk adalah kadar air. Kadar air yang rendah dapat mencegah pertumbuhan bakteri dan kerusakan pada produk. Gambar 4.39 menunjukkan hasil uji analisis kadar air.



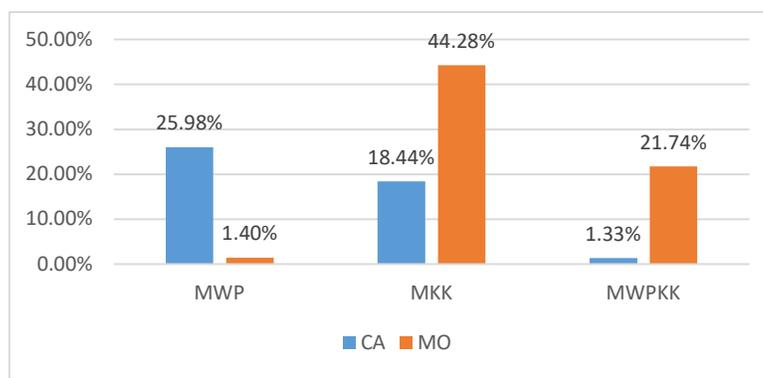
**Gambar 4. 39** Grafik Kadar Air Kombinasi Bahan Penyalut

Gambar di atas menunjukkan bahwa kadar air yang paling rendah terdapat pada variasi bahan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan yaitu 2.94% pada bubuk enkapsulasi ekstrak daun pegagan dan 5.56% pada bubuk enkapsulasi ekstrak daun kelor. Hal ini disebabkan penurunan kadar air berbanding lurus terhadap penambahan bahan penyalut karena bahan penyalut dapat meningkatkan total padatan pada ekstrak daun (Permatasari, Purwadi and Thohari, 2010). Penelitian ini berbeda dengan penelitian (Purnomo, Khasanah and Anandito, 2014) di mana dalam penelitian ini, kombinasi bahan penyalut maltodekstrin dan whey protein isolate (MWP) memiliki kadar air yang lebih tinggi daripada kombinasi bahan penyalut maltodekstrin dan karagenan (MKK), dengan kadar air 5.74%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan perbandingan kombinasi bahan penyalut serta viskositas dari bahan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan terlalu tinggi maka dilakukan pengenceran sehingga jumlah air pada variasi bahan ini tinggi dibandingkan bahan penyalut yang lain. Dimana saat dilakukan pengeringan jumlah air yang hilang terdapat di bahan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan menguap lebih banyak sehingga memiliki kadar air yang rendah. Menurut standar

produk SNI 01-4320-1996 kadar air yang diperbolehkan yaitu berkisar  $< 6\%$ .

#### 4.5.3. Uji Kadar Abu Produk Hasil Enkapsulasi

Abu digunakan untuk menentukan kandungan mineral dalam bahan organik. Abu adalah sisa zat anorganik yang terbentuk setelah pembakaran bahan organik. Pengukuran kadar abu dilakukan dengan metode gravimetri. Semakin rendah kadar abu, semakin sedikit kandungan mineral yang terdapat dalam sampel (Paramita *et al.*, 2022). Hasil uji kadar abu dapat dilihat pada gambar 4.40.

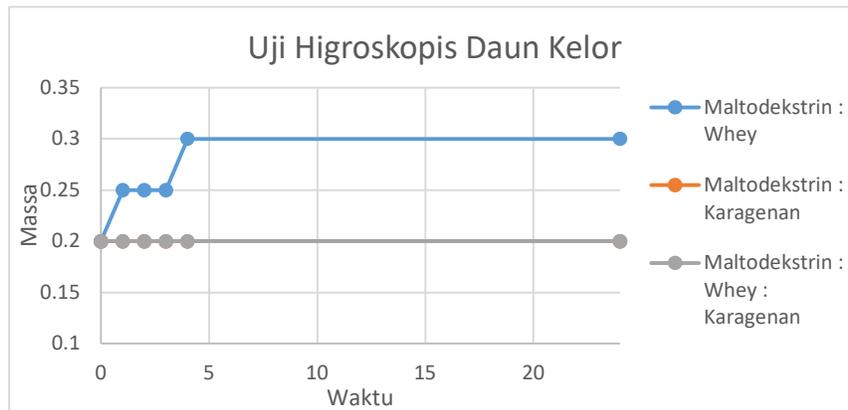


**Gambar 4. 40** Kadar Abu Enkapsulasi Daun Kelor dan Daun Pegagan

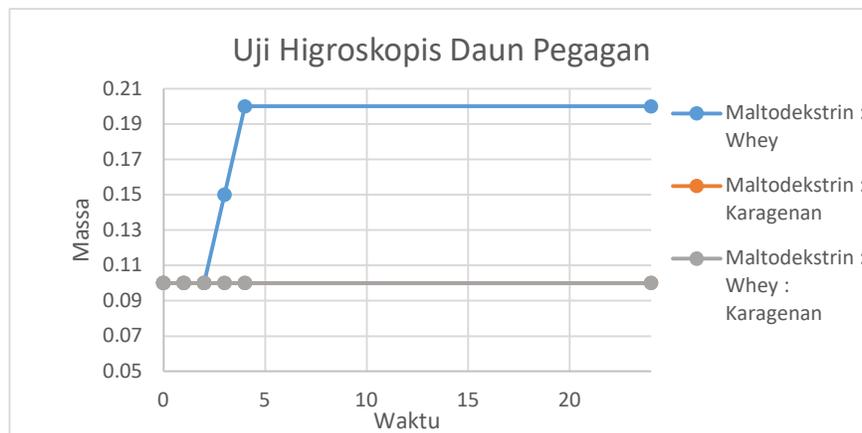
Kadar mineral terendah dalam enkapsulasi daun pegagan ditemukan pada bahan penyalut yang terdiri dari maltodekstrin, kappa karagenan, dan whey protein isolate, yaitu sebesar 1,33%. Sementara itu, kadar abu terendah dalam enkapsulasi daun kelor terdapat pada variasi bahan penyalut yang sama, dengan nilai sebesar 1,4%. Tingkat kemurnian dan kualitas enkapsulasi daun kelor dan daun pegagan yang lebih tinggi ditunjukkan oleh kadar abu yang rendah. Mineral yang terlepas dari bahan dan terkait dengan pelarut juga memiliki kadar abu yang rendah, yang memungkinkan mereka untuk terbuang dan larut dalam air. Berdasarkan penelitian dari (Permatasari, Purwadi and Thohari, 2010) enkapsulasi daun pegagan yang terenkapsulasi dengan gelatin memiliki kadar abu yang paling rendah pada kadar gelatin 6% yaitu sebesar 0.08%.

#### 4.5.3. Uji Higroskopis Produk Hasil Enkapsulasi

Pengujian higroskopis dilakukan dengan mengamati perubahan berat dan warna sampel, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.41 dan 4.42.



**Gambar 4. 41** Grafik Uji Higroskopis pada Bubuk Enkapsulasi Daun Kelor

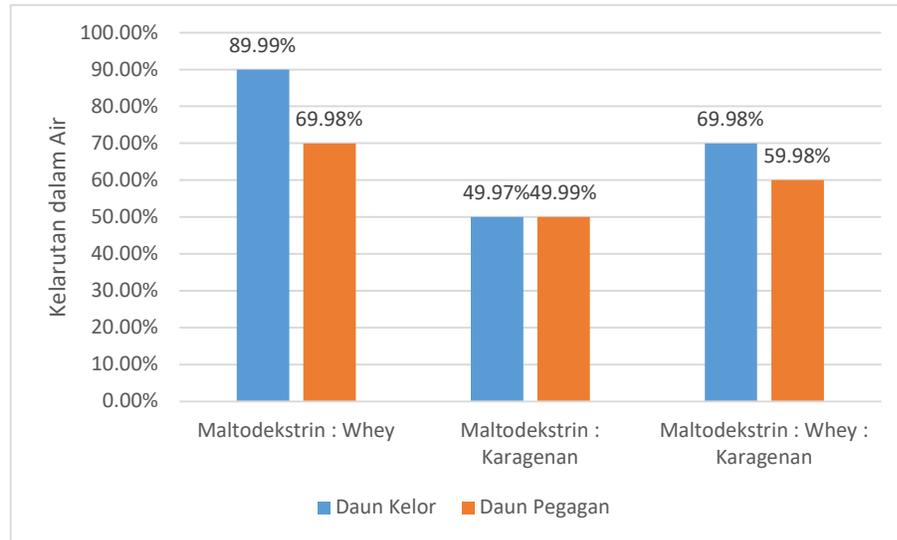


**Gambar 4. 42** Grafik Uji Higroskopis pada Bubuk Enkapsulasi Daun Pegagan

Gambar di atas menunjukkan bahwa bubuk enkapsulasi daun kelor dan daun pegagan yang paling higroskopis terdapat pada bahan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan serta variasi kombinasi ketiga bahan penyalut, hal ini karena tidak terjadi penambahan massa bobot pada kedua variasi bahan penyalut tersebut selama 24 jam. Setelah 24 jam, massa 0,1 gram ditambahkan ke bahan penyalut maltodekstrin dan whey protein isolate. Perbedaan tekanan uap air yang signifikan antara fase padat dan cair terjadi karena bubuk menjadi lebih higroskopis ketika kadar air berkurang (Purnomo, Khasanah and Anandito, 2014).

#### 4.5.4. Uji Kelarutan terhadap Air Produk Hasil Enkapsulasi

Hasil analisis kelarutan terhadap air pada enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan dapat dilihat pada gambar 4.43.

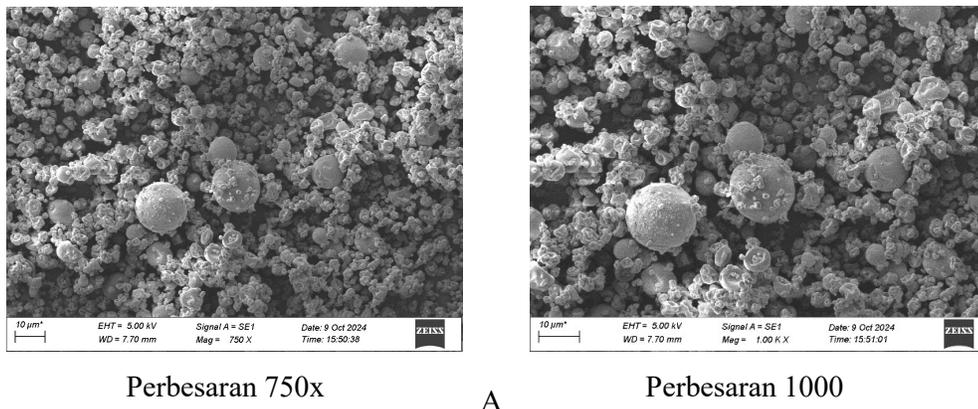


**Gambar 4. 43** Grafik Kelarutan terhadap Air Kombinasi Bahan Penyalut

Gambar di atas menunjukkan bahwa kelarutan yang paling tinggi terdapat pada sampel enkapsulasi daun kelor variasi bahan penyalut maltodekstrin dan *whey protein isolate* adalah 89.99% dan pada sampel enkapsulasi daun pegagan yaitu sebesar 69.98%. Hal ini disebabkan oleh penggunaan maltodekstrin dan *whey protein isolate* menyebabkan kelarutan semakin meningkat dibandingkan dengan variasi bahan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan, di mana sifat kappa karagenan memungkinkannya membentuk gel dalam air, membuatnya sulit larut dalam air. Penelitian ini sejalan dengan penelitian dari (Sadiah and Indiarito, 2022), penggunaan maltodekstrin dan whey protein isolate sebagai bahan penyalut dengan proporsi maltodekstrin yang lebih rendah dapat meningkatkan kelarutan. Menurut (Keogh and O’Kennedy, 1999) *whey* adalah emulsifier yang baik yang dapat membantu peleburan zat dalam suspense dalam fase air dan minyak sehingga penggunaan whey akan mempercepat pelarutan mikrokapsul yang akan digunakan pada makanan.

#### 4.5.5. Morfologi Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Karakteristik mikrokapsul ekstrak serbuk daun *Centella Asiatica* dan *Moringa Oleifera*, seperti retensi, stabilitas penyimpanan, perlindungan bahan pelapis, dan laju pelepasan bahan aktif, dipengaruhi oleh morfologi permukaan mikrokapsul melalui penggunaan *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Yuliani, Desmawarni and Harimurti, 2007). Pada penelitian ini digunakan teknik SEM untuk mengetahui struktur mikroenkapsulan dari saampel dan variasi terbaik, yakni daun pegagan dan daun kelor dengan penyalut maltodekstrin dan kappa karaagenan. Hasil SEM dari semua formula dapat terlihat pada gambar dibawah ini.



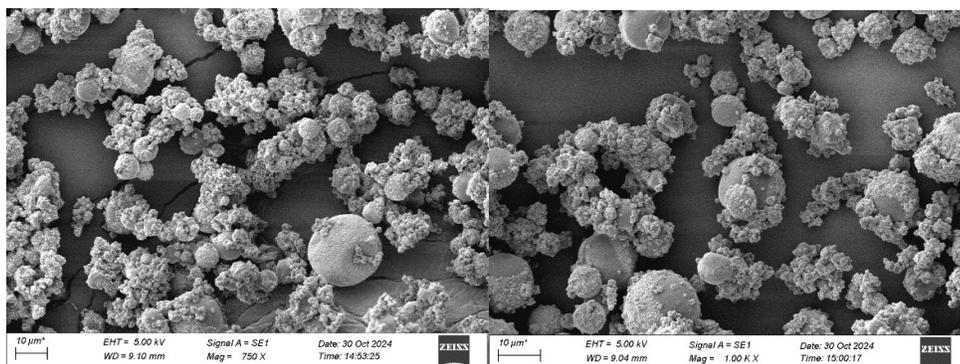
**Gambar 4. 44** Morfologi Analisis SEM daun pegagan (*Centella asiatica*) dengan perbesaran 750x dan 1 000x

Berdasarkan gambar 4.44 keadaan morfologi dari serbuk daun pegagan (*Centella asiatica*) memperlihatkan distribusi ukuran partikel yang hampir seragam dan memiliki bentuk permukaan yang tidak rata, memiliki cekungan-cekungan pada permukaannya, tidak adanya retakan dan teraglomerasi. Hasil ini sama dengan hasil penelitian terdahulu seperti pada gambar 2.5 (B). 3 tipe pada mikroenkapsulasi yaitu, mononuklir, polinuklir dan matriks. Dapat dilihat pada gambar 4.44 menghasilkan tipe matriks dan tidak beraturan pada seluruh permukaan mikrokapsul. Bahan inti terdispersi merata dalam bahan penyalutnya merupakan tipe matriks mikrokapsul (Sucianti, Nurhaeni and Hardi, 2020).

Menurut penelitian (Septevani, Sondari and Ghozali, 2013) terkait bentuk permukaan yang memiliki cekungan dan berkerut itu akibat (*Spray dryer*). Hal ini dikarenakan adanya perbedaan suhu umpan dan suhu operasi, dimana umpan

larutan emulsi zat terenkapsulasi yaitu suhu kamar dengan suhu operasi diatas 100 °C saat di *spray drayer* akibatnya penguapan air meningkat lebih cepat sebagian permukaan memiliki cekungan dan berkerut. Gambar 4.44 bentuk permukaan yang memiliki cekungan dan berkerut sesuai dengan hasil literature terdahulu seperti pada gambar 2.5 (a). Tekanan pada suhu pemanasan *spray drying* tidak mampu ditahan oleh enkapsulan maltodekstrin (Yuliani, Desmawarni and Harimurti, 2007). Gambar 4.43 juga menunjukkan bentuk agregat, yakni antara partikel satu dengan yang lain terjadi penggumpalan. Jumlah agregat meningkat dengan adanya penambahan karageenan karena adanya double helix (pilihan ganda) (Suryani, Santoso and Rusli, 2015). Pernyataan ini sesuai dengan hasil riset terdahulu pada gambar 2.5.

Pada perbesaran 750x partikel serbuk memiliki diameter sebesar 0,083µm hingga 3,937 µm, sedangkan pada perbesaran 1000x partikel serbuk memiliki diameter 0,061 hingga 5,058 µm. Proses pengeringan menyebabkan distribusi ukuran partikel yang tidak merata (Nining, Suwandi and Wikarsa, 2017). Adanya perbedaan ukuran partikel bergantung pada banyaknya penyalut. Ukuran partikel semakin besar apabila bahan inti lebih sedikit dibanding jumlah penyalut disebabkan oleh ketebalan dinding mikrokapsul yang meningkat. Secara keseluruhan hasil yang di dapatkan mampu memenuhi syarat untuk ukuran partikel mikrokapsul yakni dengan ukuran partikel 1-1000 µm (Sucianti, Nurhaeni and Hardi, 2020).



**Gambar 4. 45** Morfologi Analisis SEM daun kelor (*Moringa oleifera*) dengan perbesaran 750x dan 1 000x

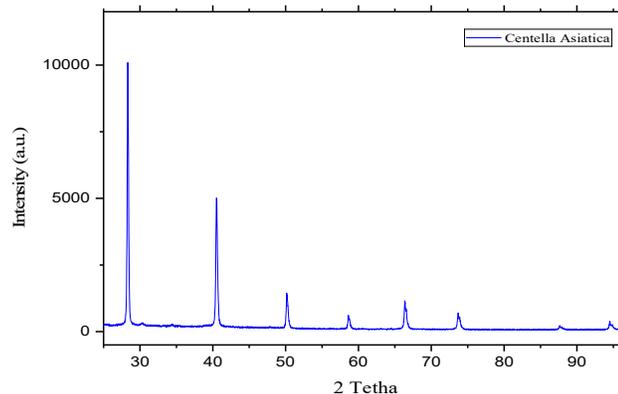
Gambar 4.45 keadaan morfologi dari serbuk daun kelor (*Moringa Oleifera*) menunjukkan bahwa distribusi ukuran partikel yang tidak beraturan dan memiliki bentuk permukaan yang tidak rata (bergigi), serta lubang yang tidak beraturan dan teraglomerasi. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu pada gambar 2.6 (A). Permukaan bergigi dari sampel dikaitkan dengan penyusutan selama proses pengeringan (Janiszewska and Witrowa-Rajchert, 2009). Tidak adanya retakan dan kerusakan pada mikrosfer berperan dalam memastikan perlindungan dan retensi yang lebih besar dari ekstrak mikroenkapsulasi (Alves *et al.*, 2017). Gambar 4.44 juga menunjukkan bahwa sampel membentuk aglomerat, yaitu terjadinya partikel kecil yang terletak di permukaan partikel yang lebih besar. Hal ini memberikan senyawa mikroenkapsulasi dengan stabilitas yang ditingkatkan karena partikel luar melindungi yang dalam (Alves *et al.*, 2017). Morfologi mikrokapsul bergantung pada beberapa parameter pengeringan, termasuk komposisi formulasi, suhu pengeringan, pelarut yang digunakan dan laju pengeringan (Kosaraju, D'ath and Lawrence, 2006).

Pada perbesaran 750x partikel serbuk memiliki diameter sebesar 0,083  $\mu\text{m}$  hingga 4,138  $\mu\text{m}$ , sedangkan pada perbesaran 1000x partikel serbuk memiliki diameter sebesar 0,061 hingga 4,953  $\mu\text{m}$ . Proses pengeringan menyebabkan distribusi ukuran partikel yang tidak merata (Nining, Suwandi and Wikarsa, 2017). Adanya perbedaan ukuran partikel bergantung pada banyaknya penyalut. Ukuran partikel semakin besar apabila bahan inti lebih sedikit dibanding jumlah penyalut disebabkan oleh ketebalan dinding mikrokapsul yang meningkat. Secara keseluruhan hasil yang di dapatkan mampu memenuhi syarat untuk ukuran partikel mikrokapsul yakni dengan ukuran partikel 1-1000  $\mu\text{m}$  (Sucianti, Nurhaeni and Hardi, 2020).

#### **4.5.6. Analisis Difraksi Sinar-X (XRD)**

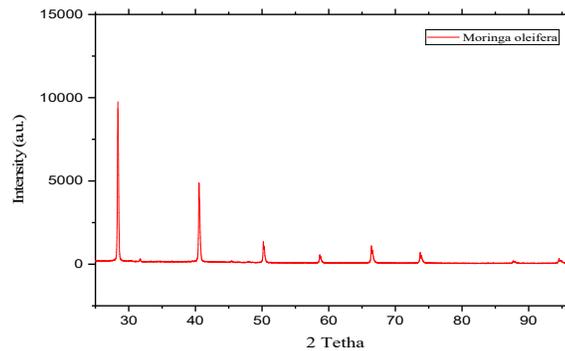
Analisa difraksi sinar-X mengukur pola struktur, karakteristik dan kristalinitas senyawa penyusun yang ada dalam mikrokapsul (Zanetti *et al.*, 2019). Kristalinitas yang diukur dapat mempengaruhi stabilitas mikrokapsul yang terbentuk (Premi and Sharma, 2017). Dengan jarak  $2\theta$  kristalinitas daun pegagan dan daun kelor di analisa. Analisa XRD dilakukan pada sampel terbaik yaitu daun

pegagan dan daun kelor dengan bahan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan dengan pengeringan *Spray dryer*, didapatkan hasil analisa XRD daun pegagan pada gambar 4.46 dan daun kelor pada gambar 4.47.

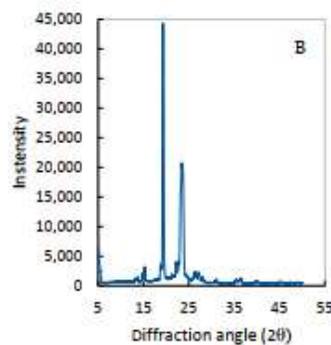


**Gambar 4. 46** Hasil XRD Daun Pegagan

Hasil analisa XRD pada sampel enkapsulasi daun pegagan (*Centella Asiatica*) menunjukkan puncak puncak peak yang mengindikasi adanya fasa kristalinitas. Puncak kristalinitas terlihat pada sudut  $28,367^\circ$  ;  $40,538^\circ$  ;  $50,194^\circ$  ;  $58,653^\circ$  ;  $66,402^\circ$  ;  $73,725^\circ$  ;  $87,945^\circ$  ;  $94,538^\circ$ . Puncak yang menyebar luas menunjukkan sifat amorf sekitar  $29^\circ$  hingga  $39^\circ$  ,  $41^\circ$  hingga  $49^\circ$  ,  $51^\circ$  hingga  $57^\circ$   $60^\circ$  sampai  $65^\circ$  ,  $68^\circ$  sampai  $73^\circ$  ,  $75^\circ$  sampai  $93^\circ$ . Secara keseluruhan, pola xrd menunjukkan bahwa mikrokapsul secara struktural kristal. Sifat kristal amorf dapat membantu pelepasan senyawa aktif serta meningkatkan kelarutan dalam air (Dadi *et al.*, 2020) dan dapat mempengaruhi stabilitas penyimpanan mikrokapsul (Sarabandi *et al.*, 2019). Struktur XRD daun pegagan Kristalinitas daun pegagan serbuk sebesar 76%.



(a)



(b)

**Gambar 4. 47** (a) Hasil X-Ray Diffraction Enkapsulasi Daun Kelor (*Moringa oleifera*) (b) Penelitian (Tafu and Jideani, 2021)

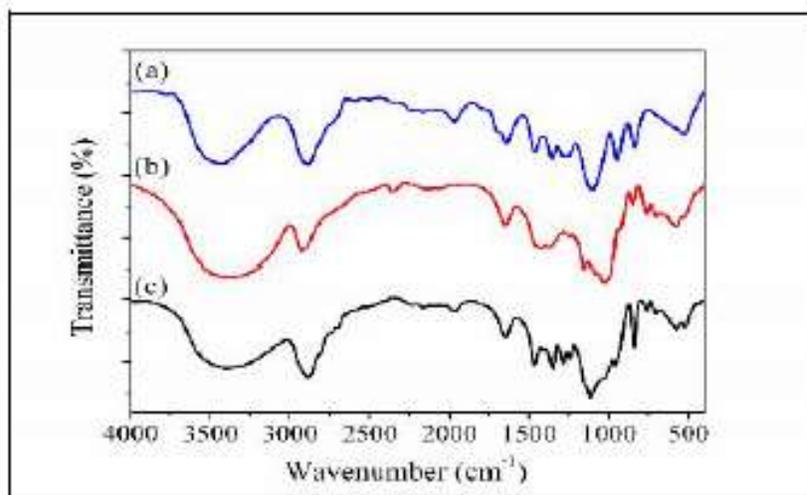
Gambar 4.47 (a) menunjukkan difraktogram daun kelor dengan dua puncak difraksi utama, sangat intens dan jelas terlihat pada sudut  $2\theta$  :  $28,326^\circ$  ;  $40,498^\circ$  dan beberapa puncak kecil di  $2\theta$  :  $50,154^\circ$  ;  $58,633^\circ$  ;  $66,382^\circ$  ;  $73,705^\circ$  ;  $87,661^\circ$  ;  $94,518^\circ$ . Puncak yang menyebar luas menunjukkan sifat amorf sekitar  $29^\circ$  hingga  $39^\circ$  ,  $41^\circ$  hingga  $49^\circ$  ,  $51^\circ$  hingga  $57^\circ$  ,  $60^\circ$  sampai  $65^\circ$  ,  $68^\circ$  sampai  $73^\circ$  ,  $75^\circ$  hingga  $87^\circ$  ,  $89^\circ$  hingga  $94^\circ$ . Secara keseluruhan, pola xrd menunjukkan bahwa mikrokapsul secara struktural semi-kristalin atau sebagian amorf dan kristalinitas daun kelor serbuk sebesar 75%. Hasil ini sesuai dengan penelitian (Tafu and Jideani, 2021) yang menghasilkan pola XRD semi-kristalin atau sebagian amorf seperti pada gambar 4.47 (b).

**Tabel 4. 10** Komposisi Enkapsulasi daun pegagan dan daun kelor serbuk

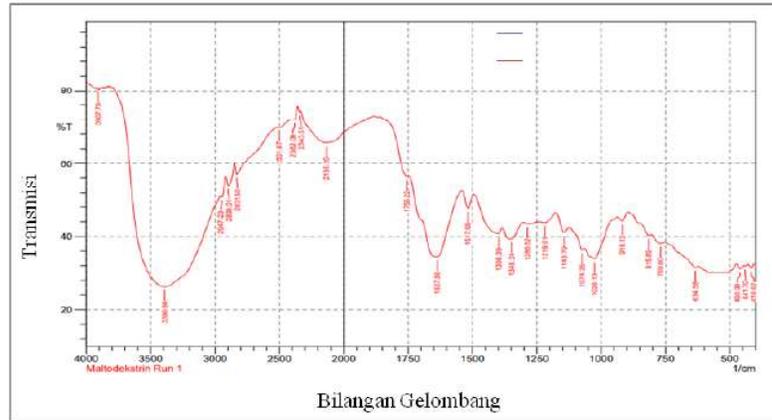
Variasi Sampel	2 Tetha ( $\theta$ )
Daun Pegagan Serbuk	28,367 ; 40,538 ; 50,194 ; 58,653 ; 66,402 ; 73,725 ; 87,945 ; 94,538
Daun Kelor Serbuk	28,326 ; 40,498 ; 50,154 ; 58,633 ; 66,382 ; 73,705 ; 87661 ; 94,518

#### 4.5.7. Analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

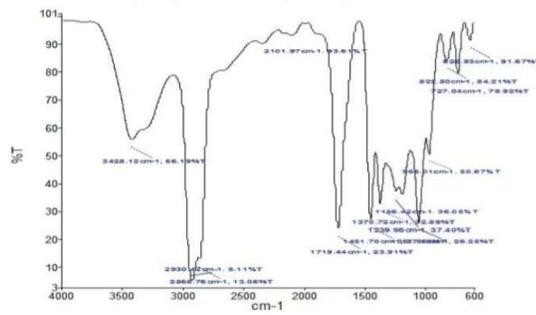
Gugus fungsi yang khas dari suatu senyawa diidentifikasi dan dianalisis dengan FT-IR (Sanjiwani *et al.*, 2020). FTIR dilakukan dalam rentang 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ . Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dihasilkan grafik enkapsulasi dengan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan daun pegagan pada gambar 4.50.



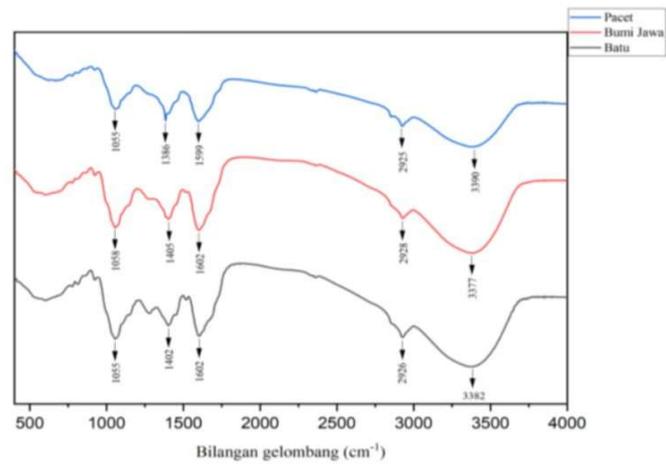
(a)



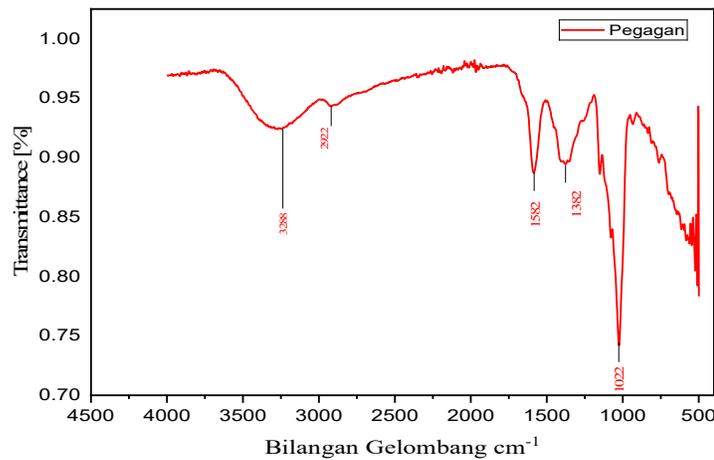
(b)



(c)



(d)



(e)

**Gambar 4. 48** Hasil Spektroskopi FTIR (a) Maltodekstrin (b) Kappa Karagenan (c) Penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023) (d) penelitian (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022) (e) Enkapsulasi Daun Pegagan Penyalut Maltodekstrin Dan Kappa Karagenan

Pada gambar 4.48 (a) Maltodekstrin memiliki gugus fungsi  $-OH$  pada panjang gelombang  $3600-3200\text{ cm}^{-1}$ . Pada panjang gelombang  $2928\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus  $C-H\ stretch$  dari gugus  $-CH_2$ . Gugus  $C-O\ stretch$  dari gugus  $C-O-C$  pada panjang gelombang  $1274\text{ cm}^{-1}$ . Pada panjang gelombang  $1019\text{ cm}^{-1}$  terdapat gugus  $C-H\ stretch$  dari gugus *pyran ring* dan gugus  $O-H\ stretch$  dari gugus  $\alpha\text{-Glycosidic bond}$ . Pada gambar 4.48 (b) kappa karagenan dari *eucheuma cottonii* yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan spektrum  $1264\text{ cm}^{-1}$  untuk ester sulfat,  $928,76\text{ cm}^{-1}$  untuk 3,6-anhydrogalaktosa, dan  $847,74\text{ cm}^{-1}$  untuk galaktosa-4-sulfat. Pada gambar 4.48 (e) hasil FTIR daun pegagan memiliki nilai puncak tertinggi yaitu pada puncak  $3288\text{ cm}^{-1}$  didasarkan pada literature dengan rentang panjang gelombang  $3400-3200\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus hidroksil polimer  $O-H\ stretch$  dari H, karakteristik dari polifenol (Biosci, Karthika and Vijayakumar, 2023). Ini menunjukkan bahwa adanya senyawa fenolik dalam ekstrak daun pegagan. Fenolik adalah senyawa cicin benzene aromatic dengan satu atau lebih gugus hidroksil, terutama di sintesis oleh tanaman sebagai pertahanan terhadap

serangan pathogen, tanaman yang kaya akan fenolik berfungsi sebagai sumber antimikroba yang sangat baik (Chandra, 2019). Puncak gelombang tertinggi ini berbeda dengan beberapa penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada gambar 4.28 (c dan d), dimana penelitian (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022) yang menghasilkan puncak  $3377\text{ cm}^{-1}$  berbeda pula dengan penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023) dengan puncak  $3428\text{ cm}^{-1}$ . Meskipun demikian FTIR penelitian ini masih dalam rentang yang sama dengan penelitian terdahulu.

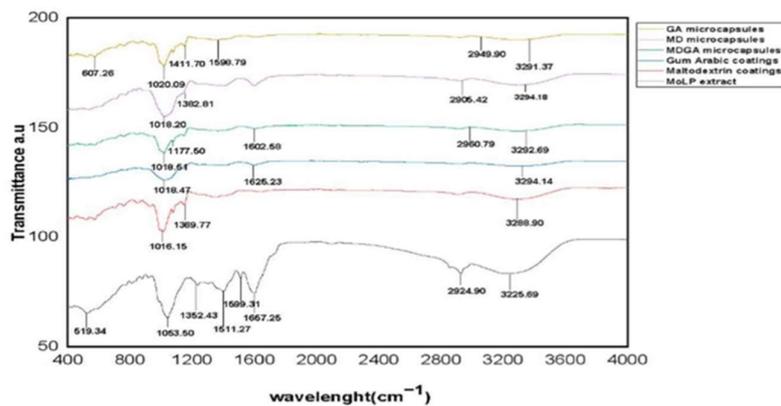
Terdapat vibrasi *stretch* C-H (alfatik) pada puncak  $2922\text{ cm}^{-1}$  (Gulu, Jideani and Jacobs, 2019). Pada puncak  $1582\text{ cm}^{-1}$  terdapat gugus C=C-C sesuai dengan literature pada gelombang  $1590\text{-}1650\text{ cm}^{-1}$  yang menandakan adanya cincin aromatik. Gugus fungsi serapan dari bengkokan O-H golongan senyawa fenol pada puncak  $1382\text{ cm}^{-1}$  yang didasarkan pada literatur dengan rentang gelombang  $1410\text{-}1310\text{ cm}^{-1}$  (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022). Pada puncak  $1022\text{ cm}^{-1}$  yaitu C-O (ester) (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023). Hasil grafik FTIR enkapsulasi daun pegagan ini sudah sesuai dengan literature pada gambar 4.50 (c,d).

**Tabel 4. 11** Analisis FTIR Serbuk Daun Pegagan

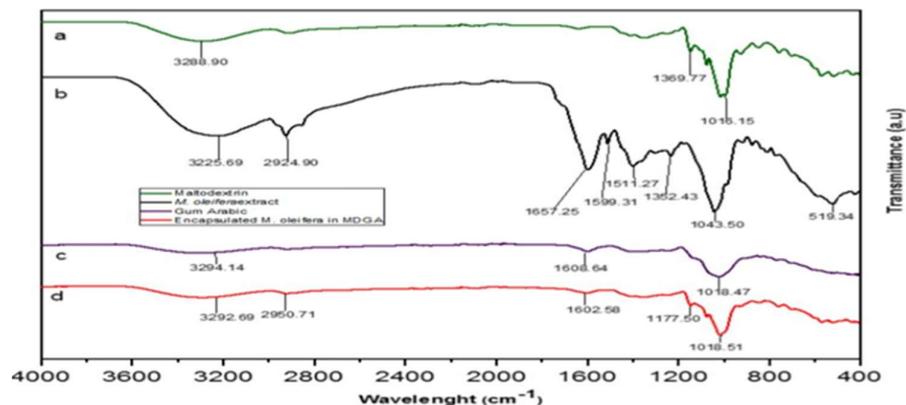
Region	Wavenumber ( $\text{cm}^{-1}$ )	Grouping	Referensi
1	$3288\text{ cm}^{-1}$	O-H <i>stretching</i> N-H <i>stretching (aliphatic primary amine)</i>	(Biosci, Karthika and Vijayakumar, 2023)
2	$2922\text{ cm}^{-1}$	C-H <i>stretching (Alkanes)</i>	(Gulu, Jideani and Jacobs, 2019)
3	$1583\text{ cm}^{-1}$	C=C-C	(Lionetto <i>et al.</i> , 2012)

4	1370 $\text{cm}^{-1}$	O-H <i>stretch</i> (golongan senyawa fenol)	(Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022)
5	1022 $\text{cm}^{-1}$	C-O ( <i>ester</i> )	(Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023)

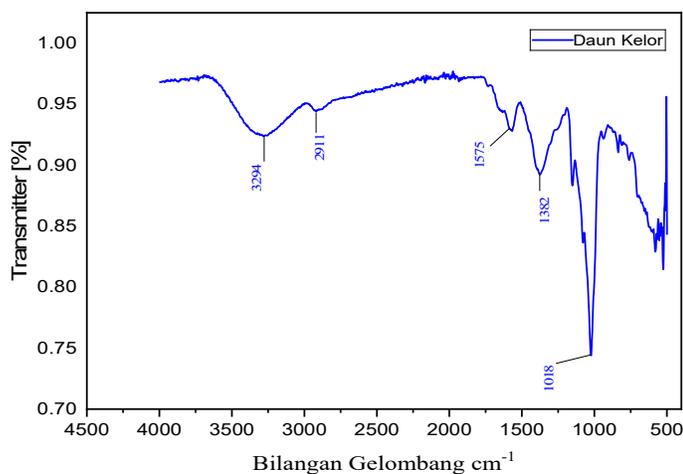
Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dihasilkan grafik enkapsulasi daun kelor dengan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan pada gambar 4.49 (c) dan pada penelitian terdahulu (George et al., 2021) dengan penyalut gum arab dan maltodekstrin pada gambar 4.49 (a).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4. 49** (a) Hasil Spektroskopi FTIR Enkapsulasi Daun Kelor dengan penyalut Gum Arab dan Maltodekstrin Penelitian (George et al., 2021) (b) penelitian (Paramita *et al.*, 2022) (c) Hasil Spektroskopi FTIR Enkapsulasi Daun Kelor Enkapsulasi Maltodekstrin dan Kappa Karagenan

Hasil FTIR daun kelor memiliki nilai puncak tertinggi yaitu pada puncak  $3294\text{ cm}^{-1}$  didasarkan pada literature dengan rentang panjang gelombang  $3400\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$  merupakan gugus hidroksil polimer O-H stretch dari H, karakteristik dari polifenol (Biosci, Karthika and Vijayakumar, 2023). Ini menunjukkan bahwa adanya senyawa fenolik dalam ekstrak daun pegagan. Fenolik adalah senyawa cicin benzene aromatic dengan satu atau lebih gugus hidroksil, terutama di sintesis oleh tanaman sebagai pertahanan terhadap serangan pathogen, tanaman yang kaya akan

fenolik berfungsi sebagai sumber antimikroba yang sangat baik (Chandra, 2019). Hasil ini berbeda dengan beberapa penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada gambar 4.49 (a), dimana penelitian (George *et al.*, 2021) yang menghasilkan puncak  $3225\text{ cm}^{-1}$  berbeda pula dengan gambar 4.49 (b) penelitian (Paramita *et al.*, 2022) menghasilkan puncak  $3256\text{ cm}^{-1}$ . Meskipun demikian hasil FTIR penelitian ini masih dalam rentang puncak yang sama dengan penelitian terdahulu. Terdapat vibrasi *stretch* C-H (alfatik) pada puncak  $2911\text{ cm}^{-1}$  didasarkan pada literature dengan rentang panjang gelombang  $2900\text{-}2950$  (Gulu, Jideani and Jacobs, 2019).

Gugus fungsional C-N, N-H, C-C, C=O dan N-C dari Amide II (*protein groups*) terdeteksi pada panjang gelombang  $1582\text{ cm}^{-1}$  didasarkan pada literatur dengan rentang gelombang  $(1510\text{-}1590)\text{ cm}^{-1}$  (Paramita *et al.*, 2022). Gugus fungsi serapan dari puncak  $1382\text{ cm}^{-1}$  yang didasarkan pada literatur yaitu (aromatic C=O, C=N, NH dan C=C vibrasi *stretch* aromatik (George *et al.*, 2021). Pada puncak  $1018\text{ cm}^{-1}$  terindikasi gugus C-C dan C-O *stretch* (Kang *et al.*, 2019) ; (Zanetti *et al.*, 2019).

**Tabel 4. 12** Analisis FTIR Serbuk Daun Kelor

Region	Wavenumber ( $\text{cm}^{-1}$ )	Grouping	Referensi
1	$3294\text{ cm}^{-1}$	O-H <i>stretching</i> N-H <i>stretching</i> ( <i>aliphatic primary amine</i> )	(Biosci, Karthika and Vijayakumar, 2023)
2	$2911\text{ cm}^{-1}$	C-H <i>stretching</i> ( <i>Alkanes</i> )	(Gulu, Jideani and Jacobs, 2019)
3	$1582\text{ cm}^{-1}$	C-N, N-H, C-C, C=O dan N-C (Amida II Protein groups)	(Paramita <i>et al.</i> , 2022)
4	$1382\text{ cm}^{-1}$	<i>aromatic</i> C=O, C=N, NH dan C=C vibrasi <i>stretch</i> aromatik	(George <i>et al.</i> , 2021)
6	$1018\text{ cm}^{-1}$	C-C dan C-O <i>stretch</i>	(Kang <i>et al.</i> , 2019) ; (Zanetti <i>et al.</i> , 2019)

#### 4.5.8. Uji Antioksidan

Aktivitas antioksidan diukur menggunakan metode DPPH, yang praktis, cepat, dan memerlukan sampel dalam jumlah kecil. Larutan radikal bebas 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) mengandung atom nitrogen yang tidak berpasangan. Pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS. (Yahya and Nurrosyidah, 2020). Persentase penurunan intensitas warna DPPH, juga dikenal sebagai persen inhibisi merupakan cara untuk mengukur aktivitas penangkal radikal bebas. Persentase inhibisi atau % inhibisi mengukur seberapa efektif senyawa antioksidan dalam sampel menyerap radikal bebas pada konsentrasi larutan uji. Hasil uji antioksidan pada sampel enkapsulasi ekstrak daun kelor dan daun pegagan dengan kombinasi bahan penyalut maltodekstrin dan kappa karagenan dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Aktivitas Antioksidan (\% Discoloration)} = 1 - \left( \frac{At_i}{At_0} \right) \times 100$$

**Tabel 4. 13** Uji Aktivitas Antioksidan

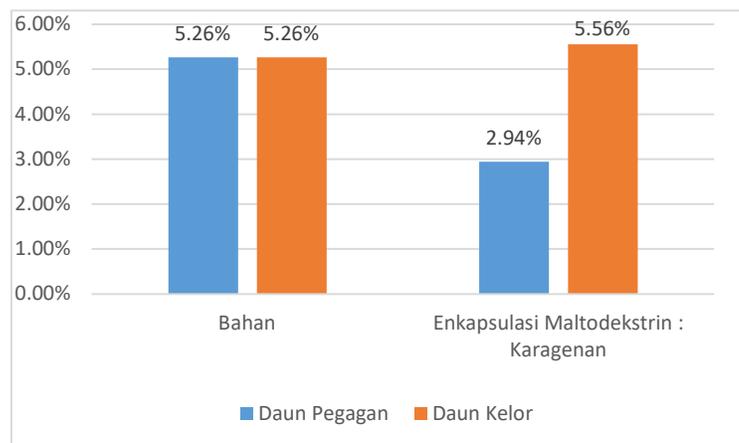
Nama Sampel	Absorbansi	Aktivitas Antioksidan
		% Discoloration
Enkapsulasi Daun Pegagan	0.4416	77.255
	0.4429	76.01
	0.4266	91.615
Enkapsulasi Daun Kelor	0.4841	80.454
	0.4874	73.502
	0.4928	62.128

Tabel 4.13 menunjukkan aktivitas antioksidan rerata yang terdapat pada enkapsulasi daun pegagan yaitu sebesar 81,62%. Sedangkan aktivitas antioksidan rerata pada enkapsulasi daun kelor yaitu sebesar 72,041%. Pengolahan ekstrak daun kelor selama enkapsulasi menyebabkan kandungan antioksidan bubuk enkapsulasi turun. Hal ini sesuai dengan penelitian (Saloko, Handito and Aeni, 2020) yang menyatakan bahwa pengeringan menggunakan suhu tinggi dapat mengurai senyawa fenol sehingga kemampuannya sebagai antioksidan menurun. Meskipun demikian, penurunan aktivitas antioksidan yang tidak signifikan serta tetap berada

dalam golongan antioksidan kuat masih dapat digunakan pada bahan pangan. Penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian dari (Saloko, Handito and Aeni, 2020), dimana aktivitas antioksidan enkapsulasi ekstrak daun pegagan pada penelitian ini adalah sebesar 74.4%, hal ini karena penggunaan *freeze drying* untuk pengeringan, sehingga aktivitas antioksidan meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi maltodekstrin. Selain itu penelitian dari (Purwandari *et al.*, 2022) menyatakan aktivitas antioksidan pada enkapsulasi ekstrak daun kelor sebesar 81%, hal ini disebabkan penelitian ini menggunakan kitosan dan NaTPP sebagai bahan penyalut, yang bahan penyalut tersebut juga memiliki aktivitas antioksidan.

#### 4.6. Perbandingan Kadar Air Bahan dan Bubuk Enkapsulasi Ekstrak daun Kelor dan Pegagan

Kadar air merupakan kriteria penting untuk menentukan kondisi penyimpanan umur simpan produk makanan yang di *filler*. Menurut standar produk bahan pangan yang memiliki stabilitas tinggi kadar airnya <6%. Perbandingan kadar air bahan dan enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan terdapat pada gambar 4.50.



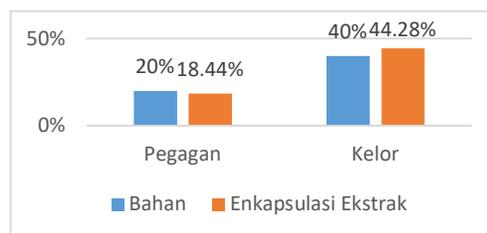
**Gambar 4. 50** Perbandingan Kadar Air Bahan dan Enkapsulasi

Gambar di atas menunjukkan bahwa kadar air pada bubuk pegagan dan daun kelor adalah 5.26%, sedangkan bubuk enkapsulasi daun pegagan kadar airnya sebesar 2.94% dan enkapsulasi ekstrak daun kelor yaitu sebesar 5.56%. Hal ini menggambarkan bahwa bubuk enkapsulasi daun pegagan dan daun kelor

mempunyai stabilitas penyimpanan lebih bagus dibandingkan dengan bubuk daun pegagan dan daun kelornya saja. Dengan penambahan bahan penyalut, total padatan bahan menjadi lebih tinggi. Semakin tinggi total padatan yang dikeringkan, semakin cepat proses penguapan, yang menyebabkan kadar air menjadi lebih rendah. (Purnomo, Khasanah and Anandito, 2014).

#### 4.7. Perbandingan Kadar Abu Bahan dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor dan Daun Pegagan

Kadar abu sebagai parameter kandungan mineral yang terdapat pada sampel. Perbandingan kadar abu bahan dan enkapsulasi ekstrak dapat dilihat pada gambar 4.51.



**Gambar 4. 51** Grafik Perbandingan Bahan dan Enkapsulasi Ekstrak Daun Pegagan dan kelor

Gambar di atas menunjukkan bahwa kadar abu pada enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan lebih rendah dibandingkan bubuk daun pegagan dan kelor yaitu sebesar 18.44% dan 44.28% dibandingkan dengan bubuk pegagan dan kelor. Hal ini terjadi karena pada bubuk daun pegagan dan kelor masih terdapat kandungan mineral yang tinggi (Sartian, Hermanto and Asyik, 2024).

## BAB V

### SARAN DAN KESIMPULAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa.

1. Setelah dilakukan uji fitokimia dan LCMS – MS, ekstrak daun kelor mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, fenolat, triterpenoida, sedangkan ekstrak daun pegagan mengandung senyawa saponin, tanin, fenolat, dan triterpenoida. Kemudian senyawa bioaktif pada daun pegagan terdapat asiaticoside, quercetine, 3-(Hexan-1-ol)-glutathione, luteoline. Sedangkan pada daun kelor terdapat senyawa aktif quercetin-3 $\beta$ -D-glucoside, mycosporine, asiatic acid.
2. Senyawa aktif daun kelor yang memiliki skor docking paling tinggi terdapat pada L-(+)-Arginine yaitu sebesar -82.0224. Sedangkan pada senyawa aktif daun pegagan memiliki skor docking paling tinggi terdapat pada senyawa Luteolin 7-O-malonylglucoside yaitu sebesar -102.845.
3. *Filler* (bahan penyalut) yang terbaik terdapat pada kombinasi filler maltodekstrin dan kappa karagenan karena memiliki kadar air rendah dan paling higroskopis.
4. Kadar antioksidan dengan bahan penyalut maltodekstrin dan karagenan pada enkapsulasi daun kelor adalah 72.028%. Sedangkan pada enkapsulasi daun pegagan adalah 81.62 %.

#### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diusulkan pada penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Menggunakan variasi bahan penyalut yang lainnya seperti gum arab, amilum, laktosa.
2. Perbandingan bahan penyalut 1 : 3 terhadap bahan penyalut maltodekstrin, kappa karagenan, *whey protein isolate* dapat dikaji ulang dengan penambahan maltodekstrin yang lebih banyak dari bahan penyalut lainnya.
3. Perlu dikaji ulang mengenai perbandingan *filler* dan ekstrak yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afria, U.E. et al. . (2014) 'Effect of addition of choline chloride in feed on quail (*Coturnix-coturnix japonica*) production performance', *Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang.*, pp. 1–10.
- Agustin, D. A. and Wibowo, A. A. (2023) 'Teknologi Enkapsulasi: Teknik Dan Aplikasinya', *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), pp. 202–209. doi: 10.33795/distilat.v7i2.210.
- Agustina, W. *et al.* (2019) 'Karakterisasi dan Pengujian Aktivitas Antimikroba Minuman Probiotik Antanan (*Centella asiatica L.*)', *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 13(1), p. 88. doi: 10.26578/jrti.v13i1.5016.
- Ali, A., Akhtar, N. and Chowdhary, F. (2014) 'Enhancement of human skin facial revitalization by moringa leaf extract cream', pp. 71–76. doi: 10.5114/pdia.2014.40945.
- Alves, A. I. *et al.* (2017) 'Morphological characterization of pequi extract microencapsulated through spray drying', *International Journal of Food Properties*, 20(2), pp. 1298–1305. doi: 10.1080/10942912.2017.1343344.
- Aminah, S. and Hersoelityorini, W. (2021) 'Review Artikel: Enkapsulasi Meningkatkan Kualitas Komponen Bioaktif Minuman Instan', *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 4, pp. 1869–1882.
- Anas, Y. and Ningtyas, S. I. (2022) 'Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera Lam.*) Sebagai Peluruh Kalsium Batu Ginjal Secara In Vitro', *Jurnal Ilmu Farmasi & Farmasi Klinik*, 13(2), pp. 468–479.
- Andasari, S. D., Hermanto, A. A. and Wahyuningsih, A. (2020) 'Perbandingan Hasil Skrining Fitokimia Daun Melinjo (*Gnetum gnemon L.*) Dengan Metode Maserasi Dan Sokhletasi', *CERATA Jurnal Ilmu Farmasi*, 11(2), pp. 27–31. doi: 10.61902/cerata.v11i2.144.
- Ansar, J., Dwinata, I. and M, A. (2019) 'Determinan Kejadian Hipertensi Pada

Pengunjung Posbindu DiWilayah Kerja Puskesmas Ballaparang Kota Makassar’, *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(3), pp. 28–35.

Artini, Astuti and Warditiani (2008) ‘( Zingiber purpureum Roxb .)’, *Uji Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Rimpang Bangle*, (Iii), pp. 1–7.

Asmaliyah *et al.* (2018) ‘Tumbuhan Obat dan Herbal dari Hutan Untuk Penyakit Degeratif Metabolik’, *Kampus UNSRI Palembang*, pp. 1–70.

Astuti, S. I. *et al.* (2022) ‘Pengaruh suhu terhadap kelarutan dan viskositas pada gula pasir’, 11(1), pp. 19–21. doi: 10.20961/inkuiri.v11i1.52179.

Augustyn, G. H., Tuhumury, H. C. D. and Dahoklory, M. (2017) ‘PENGARUH PENAMBAHAN TEPUNG DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) TERHADAP KARAKTERISTIK ORGANOLEPTIK DAN KIMIA BISKUIT MOCAF (Modified Cassava Flour)’, *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 6(2), pp. 52–58. doi: 10.30598/jagritekno.2017.6.2.52.

Azizah, W., Hasanah, U. and Pakarti, A. T. (2022) ‘Pengaruh Slow Deep Breathing Terhadap Tekanan Darah Pada Pasien Hipertensi’, *Jurnal Cendikia Muda*, 2(4). doi: 10.52523/maskermedika.v8i2.414.

Berawi, K. N., Wahyudo, R. and Pratama, A. A. (2019) ‘Therapeutic Potentials of *Moringa oleifera* ( Kelor ) in Degenerative Disease’, *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 3(1), pp. 210–214.

Biosci, I. J., Karthika, P. and Vijayakumar, T. P. (2023) ‘Effect of drying methods on functional compounds in methanol extracts of *Centella asiatica*’, *International Journal of Biosciences (IJB)*, 6655, pp. 177–183. doi: 10.12692/ijb/23.2.177-183.

BPOM RI (2023) ‘Pedoman Penyiapan Bahan Baku Obat Bahan Alam Berbasis Ekstrak / Fraksi’, *Badan Pengawas Obat dan Makanan RI*, (November), p. 45.

Chandra, S. (2019) ‘Fourier transform infrared (Ft-Ir) spectroscopic analysis of *Nicotiana plumbaginifolia* (Solanaceae)’, *Journal of Medicinal Plants Studies*, 7(1), pp. 82–85.

- Dadi, D. W. *et al.* (2020) 'Physical and Functional Properties, Digestibility, and Storage Stability of Spray- and Freeze-Dried Microencapsulated Bioactive Products from *Moringa stenopetala* Leaves Extract', *Industrial Crops and Products*, 156(August), p. 112891. doi: 10.1016/j.indcrop.2020.112891.
- Daud, A. (2020) 'Kajian Penerapan Faktor yang Mempengaruhi Akurasi Penentuan', *Lutjanus*, 24(Vol 24 No 2 (2019): Lutjanus Edisi Desember), pp. 11–16.
- Dewi, B. S. and Werawati, A. (2023) 'STUDI LITERATUR KHASIAT KOMBINASI EKSTRA HERBA PEGAGAN DAN EKSTRAK DAUN LIDAH BUAYA SEBAGAI ANTIAGING ARTICLE INFORMATION ABSTRACT \*Corresponding Author', *Edu Masda Journal*, 07(01). Available at: <http://openjournal.masda.ac.id/index.php/edumasda>.
- Dewi, P. P. P. (2019) 'Molecular Docking Terpinen-4-ol pada Protein IKK sebagai Antiinflamasi pada Aterosklerosis secara In Silico', *Jurnal Farmasi Udayana*, 8(1), p. 44. doi: 10.24843/jfu.2019.v08.i01.p07.
- Diana, G. and Hayatunnufus (2016) 'KELAYAKAN MASKER DAUN PEGAGAN (*Centella Asiatica*) SEBAGAI PERAWATAN KULIT WAJAH MENUA (ANTI AGING)', *Jurnal Tata Rias*, pp. 1–23.
- Djajadisastra, J. and Amin, J. (2012) 'Uji Stabilitas Fisik dan Aktivitas Antioksidan Formula Krim yang Mengandung Ekstrak Kulit Buah Delima', *Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(2). doi: 10.7454/psr.v9i2.3354.
- Dwika, W. *et al.* (2016) 'Identifikasi Senyawa Kimia Ekstrak Etanol Daun Kelor (*Moringa oleifera* L) di Bali (IDENTIFICATION OF CHEMICAL COMPOUNDS ETHANOL EXTRACT LEAF MORINGA (*MORINGA OLEIFERA* L) IN BALI)', *Indonesia Medicus Veterinus Oktober*, 5(5), pp. 464–473.
- Erdania, E., Faizal, M. and Anggraini, R. B. (2023) 'FAKTOR – FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN KEJADIAN PENYAKIT JANTUNG KORONER (PJK) Di RSUD Dr. (H.C.) Ir. SOEKARNO PROVINSI BANGKA BELITUNG

TAHUN 2022’, *Jurnal Keperawatan*, 12(1), pp. 17–25. doi: 10.47560/kep.v12i1.472.

Fatihaturahmi, F., Yuliana, Y. and Yulastri, A. (2023) ‘Literature Review : Penyakit Degeneratif : Penyebab, Akibat, Pencegahan Dan Penanggulangan’, *JGK: Jurnal Gizi dan Kesehatan*, 3(1), pp. 63–72. doi: 10.36086/jgk.v3i1.1535.

Fauzi, S. *et al.* (2023) ‘Optimasi Proses Pemisahan Whey Protein Dengan Metode Ozonasi’, *Jurnal Penelitian Pangan (Indonesian Journal of Food Research)*, 3(1), pp. 27–34. doi: 10.24198/jp2.2023.vol1.1.05.

Ferdiansyah, R. *et al.* (2018) ‘Peningkatan Kelarutan dan Disolusi Ibuprofen melalui Pembentukan Mikropartikel Metode Emulsification-Ionic-Gelation menggunakan Polivinil Alkohol (PVA) sebagai Polimer Tripolifosfat (TPP) sebagai Agen Crosslink’, *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 4(3), p. 118. doi: 10.15416/ijpst.v4i3.13864.

Frimayanti, N., Lukman, A. and Nathania, L. (2021) ‘Studi molecular docking senyawa 1,5-benzothiazepine sebagai inhibitor dengue DEN-2 NS2B/NS3 serine protease’, *Chempublish Journal*, 6(1), pp. 54–62. doi: 10.22437/chp.v6i1.12980.

George, T. T. *et al.* (2021) ‘Characterization of moringa oleifera leaf powder extract encapsulated in maltodextrin and/or gum arabic coatings’, *Foods*, 10(12). doi: 10.3390/foods10123044.

Gulu, N. B., Jideani, V. A. and Jacobs, A. (2019) ‘Functional characteristics of Bambara groundnut starch-catechin complex formed using cyclodextrins as initiators’, *Heliyon*, 5(4), p. e01562. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01562.

Hakim, L., Dirgantara, M. and Nawir, M. (2019) ‘Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya’, *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, 1(1), pp. 44–51. doi: 10.36873/jjms.v1i1.136.

Hasan, R. and Herowati, R. (2024) ‘Molecular Docking and Pharmacokinetic Studies of Moringa oleifera As Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitors’, 11(1),

pp. 80–88. doi: 10.20473/jfiki.v11i12024.80-88.

Hayu Nurani, L. *et al.* (2017) ‘Capsule Formulation of Ethanolic Extract of Pasak Bumi (*Eurycoma Longifolia* Jack.) and its Effect on Human Health Vital Signs Formulasi Kapsul Ekstrak Etanol Akar Pasak Bumi (*Eurycoma longifolia* Jack.) dan Pengaruhnya terhadap Vital Sign Manusia Sehat’, *Traditional Medicine Journal*, 22(2), p. 2017.

Hermita, N., Ningsih, E. P. and Fatmawaty, A. A. (2020) ‘ANALISIS PROKSIMAT DAN ASAM OKSALAT PADA PELEPAH DAUN TALAS BENENG LIAR DI KAWASAN GUNUNG KARANG, BANTEN’, *Journal GEEJ*, 7(2), pp. 1–18. Available at: [http://www.joi.isoss.net/PDFs/Vol-7-no-2-2021/03\\_J\\_ISOSS\\_7\\_2.pdf](http://www.joi.isoss.net/PDFs/Vol-7-no-2-2021/03_J_ISOSS_7_2.pdf).

Herowati, R. *et al.* (2020) ‘Analisis Penambatan Molekul Kandungan Kimia Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) Terhadap Target Molekuler Terapi Penyakit Kardiovaskular’, *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 17(2), p. 439. doi: 10.30595/pharmacy.v17i2.8689.

Hidayati, L. (2018) ‘Pengaruh Penambahan Serbuk Pegagan (*Centella asiatica*) Dengan Konsentrasi Yang Berbeda Terhadap Sifat Fisik, Kimia Dan Organoleptik Crackers’, *Sereal Untuk*, 51(1), p. 51.

Huda, S. (2020) ‘Efek Evaporasi Dan Suhu Pengeringan Spraydrying Terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Whey Bubuk’, *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 13(2), p. 84. doi: 10.20961/jthp.v13i2.42716.

Irawanti, R. (2015) *kappa karagenan.pdf*.

Janiszewska, E. and Witrowa-Rajchert, D. (2009) ‘The influence of powder morphology on the effect of rosemary aroma microencapsulation during spray drying’, *International Journal of Food Science and Technology*, 44(12), pp. 2438–2444. doi: 10.1111/j.1365-2621.2009.02025.x.

Kandasamy, A. *et al.* (2023) ‘Phytochemical Analysis and Antioxidant Activity of

Centella Asiatica Extracts: An Experimental and Theoretical Investigation of Flavonoids', *Plants*, 12(20). doi: 10.3390/plants12203547.

Kang, Y. R. *et al.* (2019) 'Characterization and storage stability of chlorophylls microencapsulated in different combination of gum Arabic and maltodextrin', *Food Chemistry*, 272(August 2018), pp. 337–346. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.08.063.

Kantja, I. N., Nopriani, U. and Pangli Marien (2022) 'Uji Kandungan Nutrisi Tepung Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L) sebagai pakan ternak', *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Hewani*, 1(2014), p. 1.

Karangutkar, A. V. and Ananthanarayan, L. (2020) 'Co-crystallization of *Basella rubra* extract with sucrose: Characterization of co-crystals and evaluating the storage stability of betacyanin pigments', *Journal of Food Engineering*, 271, p. 109776. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2019.109776.

Karwiti, W. *et al.* (2023) 'Profil Kimia Darah sebagai Deteksi Dini Penyakit Degeneratif Pada Kelompok Usia Produktif', *Jurnal Kesehatan Komunitas*, 9(3), pp. 494–503. doi: 10.25311/keskom.vol9.iss3.1389.

Keogh, M. K. and O'Kennedy, B. T. (1999) 'Milk fat microencapsulation using whey proteins', *International Dairy Journal*, 9(9), pp. 657–663. doi: 10.1016/S0958-6946(99)00137-5.

Khotimah, H. *et al.* (2024) 'In silico studies of natural compounds of *Centella Asiatica* as anti-aging and wound healing agents', *International Conference on Life Sciences and Technology*, (May).

Kiran, M. S. *et al.* (2021) 'Green synthesis and characterization of gold nanoparticles from *Moringa oleifera* leaves and assessment of antioxidant, antidiabetic and anticancer properties', *Chemical Data Collections*, 33, p. 100714. doi: 10.1016/j.cdc.2021.100714.

Kosaraju, S. L., D'ath, L. and Lawrence, A. (2006) 'Preparation and characterisation of chitosan microspheres for antioxidant delivery', *Carbohydrate Polymers*, 64(2), pp. 163–167. doi: 10.1016/j.carbpol.2005.11.027.

Kumontoy, G. D., Deeng, D. and Mulianti, T. (2023) 'PEMANFAATAN TANAMAN HERBAL SEBAGAI OBAT TRADISIONAL UNTUK KESEHATAN MASYARAKAT DI DESA GUAAN KECAMATAN MOOAT KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW TIMUR Oleh', *Jurnal Holistik*, 16(3), pp. 1–20.

Lionetto, F. *et al.* (2012) 'Monitoring wood degradation during weathering by cellulose crystallinity', *Materials*, 5(10), pp. 1910–1922. doi: 10.3390/ma5101910.

Lisnahan, C. V, Seran, A. and Frans, G. (2021) 'Pengaruh Suplementasi L-Arginine Dalam Pakan terhadap Pertambahan Bobot Badan , Konsumsi Pakan dan Konversi Pakan Ayam Broiler', 6(2502), pp. 49–51.

Maharani, A. I. *et al.* (2021) 'Peran Antioksidan Alami Berbahan Dasar Pangan Lokal dalam Mencegah Efek Radikal Bebas Aura', *Prosiding Seminar Nasional Bio*. Available at: <https://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>.

Manaf, M. A. *et al.* (2018) 'Encapsulation of Volatile Citronella Essential Oil by Coacervation: Efficiency and Release Study', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 358(1). doi: 10.1088/1757-899X/358/1/012072.

Mangurana, W. O. I., Yusnaini, Y. and Sahidin, S. (2019) 'ANALISIS LC-MS/MS (Liquid Chromatograph Mass Spectrometry) DAN METABOLIT SEKUNDER SERTA POTENSI ANTIBAKTERI EKSTRAK n-HEKSANA SPONG Callyspongia aerizusa YANG DIAMBIL PADA KONDISI TUTUPAN TERUMBU KARANG YANG BERBEDA DI PERAIRAN TELUK STARING', *Jurnal Biologi Tropis*, 19(2), pp. 131–141. doi: 10.29303/jbt.v19i2.1126.

Manura, R. A. (2023) 'Tim Penggerak PKK Kota Serang Ikuti Gerakan Menanam Sejuta Kelor secara virtual di lokasi KWT Kelurahan Kuranji', *Pemkot Serang*, pp. 1–5. Available at: <https://ppid.serangkota.go.id/detailpost/tim-penggerak-pkk-kota-serang-ikuti-gerakan-menanam-sejuta-kelor-secara-virtual-di-lokasi-kwt-kelurahan-kuranji-kecamatan-taktakan-kota-serang>.

Marhawati, M. *et al.* (2023) 'Pemanfaatan Daun Kelor Sebagai Masker Wajah

Menjadi Peluang Usaha bagi Ibu Rumah Tangga’, *Carmin: Journal of Community Service*, 3(1), pp. 22–28. doi: 10.59329/carmin.v3i1.46.

Meliana, Y. (2016) ‘KARAKTERISASI SEDIAAN TOPIKAL ANTI AGING DAN KULIT BUAH MANGGIS Material dan Prosedur’, 17(4), pp. 178–183.

Meriatna (2013) ‘Hidrolisa Tepung Sagu Menjadi Maltodektrin Menggunakan Asam Klorida’, *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(2), pp. 38–48. Available at: [www.ft.unimal.ac.id/jurnal\\_teknik\\_kimia](http://www.ft.unimal.ac.id/jurnal_teknik_kimia).

Milanezi, F. G. *et al.* (2019) ‘Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of gold nanoparticles capped with quercetin’, *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(7), pp. 968–974. doi: 10.1016/j.jsps.2019.07.005.

Mukhtarini (2014) ‘Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, Dan Identifikasi Senyawa Aktif’, *J. Kesehat.*, VII(2), p. 361. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11293-018-9601-y>.

Muthmainnah, B. (2017) ‘SKRINING FITOKIMIA SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DARI EKSTRAK ETANOL BUAH DELIMA (*Punica granatum L.*) DENGAN METODE UJI WARNA’, *Media Farmasi*, 13(2).

Nilasari, N., Rafi, M. and Mulyati, A. H. (2022) ‘Profil Metabolit (Fenol total dan Spektrum FT-IR) Pegagan (*Centella asiatica*) Berdasarkan Lokasi Tumbuh’, xx(xx), pp. 1–9.

Ningsih, I. S. *et al.* (2020) ‘Senyawa Aktif Flavonoid yang Terdapat pada Tumbuhan’, *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 8(2), p. 61. doi: 10.21082/jlitri.v8n2.2002.61-66.

Nining, Suwandi, S. N. and Wikarsa, S. (2017) ‘PENGERINGAN EKSTRAK BUNGA ROSELA (*Hibiscus sabdariffa L.*) MELALUI MIKROENKAPSULASI METODE SEMPROT KERING DENGAN MALTODEKSTRIN’, *Farmasains*, 4(2), pp. 65–71.

Nur, A. (2017) ‘Pengaruh Penambahan Pegagan (*Centela Asiatica (L.) Urban*)

Terhadap Daya Terima Dan Mutu Kerupuk’, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3), pp. 109–114. doi: 10.17728/jatp.238.

Nur Laili Inayah (2017) ‘Aktivitas Antitirozinase dan Analisis Kandungan Flavonoid Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Terstandar dengan Liquid Chromatography - Mass Spectrometry’, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(1), pp. 51–66. Available at: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf><http://fiskal.kemenkeu.go.id/ejournal><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1>.

Nurrahmanto, F. and Handayani, E. (2021) ‘Pengaruh Rebusan Daun Pegagan Terhadap Tekanan Darah Lansia di Tersan Gede Salam Kabupaten Magelang’, *Borobudur Nursing Review*, 1(2), pp. 56–66.

Paramita, V. D. *et al.* (2022) ‘Aspek Fisik dan Kimia Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor’, *Prosiding 6th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2022 ASPEK*, pp. 1–6.

Permatasari, S. M. E., Purwadi and Thohari, I. (2010) ‘the Use Of Gelatin as Pegagan Extracted Enkapsulan (*Centella asiatica*) On Water Content, Ash Content, Solubility And Rendemen’, *Pharmaciana*, pp. 1–10.

Prasetio, N. F. *et al.* (2021) ‘Molecular Docking terhadap Senyawa Isoeleutherin dan Isoeleutherol sebagai Penghambat Pertumbuhan SARS-CoV-2’, *Jurnal e-Biomedik*, 9(1), pp. 101–106. doi: 10.35790/ebm.v9i1.31809.

Pratama, A. A., Rifai, Y. and Marzuki, A. (2017) ‘Docking Molekuler Senyawa 5,5’-Dibromometilsesamin’, *Majalah Farmasi dan Farmakologi*, 21(3), pp. 67–69. doi: 10.20956/mff.v21i3.6857.

Pratama, A. B., Herowati, R. and Ansory, H. M. (2021) ‘Studi Docking Molekuler Senyawa Dalam Minyak Atsiri Pala (*Myristica fragrans* H.) Dan Senyawa Turunan Miristisin Terhadap Target Terapi Kanker Kulit’, *Majalah Farmaseutik*, 17(2), p.

233. doi: 10.22146/farmaseutik.v17i2.59297.

Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani (2023) ‘Pembuatan Sediaan Gel Dari Ekstrak Herba Pegagan (*Centella Asiatica* L. Urban) Sebagai Obat Luka Sayat’, *PENDIPA Journal of Science Education*, 7(2), pp. 259–264. doi: 10.33369/pendipa.7.2.259-264.

Premi, M. and Sharma, H. K. (2017) ‘Effect of different combinations of maltodextrin, gum arabic and whey protein concentrate on the encapsulation behavior and oxidative stability of spray dried drumstick (*Moringa oleifera*) oil’, *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, pp. 1232–1240. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.07.160.

Purnomo, W., Khasanah, L. U. and Anandito, R. B. K. (2014) ‘Pengaruh Ratio Kombinasi Maltodekstrin , Karagenan dan Whey Terhadap Karakteristik Mikroenkapsulan Pewarna Alami Daun Jati ( *Tectona g randis* L . f .)’, 3(3), pp. 121–129.

Purwandari, V. *et al.* (2022) ‘FORMULASI NANOEKAPSULASI EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) /KITOSAN-NATRIUM TRIPOLIPOSFAT (NaTPP)’, *Journal of Science and Applicative Technology*, 6(2), p. 77. doi: 10.35472/jsat.v6i2.1100.

Putri, D. M. and Lubis, S. S. (2020) ‘Skrining Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Daun Kalayu (*Erioglossum rubiginosum* (Roxb.) Blum)’, *Amina*, 2 (3)(3), pp. 120–125.

Putri, M. *et al.* (2024) ‘FORMULASI DAN UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SEDIAAN MASKER GEL PEEL OFF EKSTRAK ETANOL DAUN PEGAGAN ( *Centella asiatica* ( L .) Urban )’, 08(02), pp. 194–206.

Rahmasiahi, Hadiq, S. and Yulianti, T. (2023) ‘Skrining Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Pandan (*Pandanus amarillyfolius* Roxb)’, *Journal of Pharmaceutical Science and Herbal Technology*, 1(1), pp. 32–39.

Ramadhan, N. S., Rasyid, R. and Syamsir, E. (2015) ‘Daya Hambat Ekstrak Daun Pegagan (*Centella asiatica*) yang Diambil di Batusangkar terhadap Pertumbuhan

Kuman *Vibrio cholerae* secara In Vitro', *Jurnal Kesehatan Andalas*, 4(1), pp. 202–206. doi: 10.25077/jka.v4i1.222.

Rizkyah, A. and Karimah, S. N. (2023) 'Literature Review : Penuaan Dini pada Kulit: Gejala , Faktor Penyebab dan Pencegahan', *JGK: Jurnal Gizi dan Kesehatan*, 3(2), pp. 107–116. doi: 10.36086/jgk.v3i2.2029.

S, A. A. (2022) *Hebat! Dipercaya Kaya Nutrisi, Bubuk Daun Kelor Banten Diekspor ke 4 Negara, Suara Banten*. Available at: [https://banten.suara.com/read/2022/01/30/094318/hebat-dipercaya-kaya-nutrisi-bubuk-daun-kelor-banten-diekspor-ke-4-negara#goog\\_rewarded](https://banten.suara.com/read/2022/01/30/094318/hebat-dipercaya-kaya-nutrisi-bubuk-daun-kelor-banten-diekspor-ke-4-negara#goog_rewarded).

Sadiyah, I. and Indiarso, R. (2022) 'KARAKTERISTIK DAN SENYAWA FENOLIK MIKROKAPSUL EKSTRAK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) DENGAN KOMBINASI MALTODEKSTRIN DAN WHEY PROTEIN ISOLAT', *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(3), pp. 273–282.

Safutri, W., Karim, D. D. A. and Fevinia, M. (2022) 'Skrining Fitokimia Simplisia di Kabupaten Pringsewu', *Jurnal Farmasi Universitas Aisyah Pringsewu*, 1(1), pp. 23–27. Available at: <http://journal.aisyahuniversity.ac.id/index.php/JFA>.

Saloko, S., Handito, D. and Aeni, N. N. (2020) 'Encapsulation of Gotu Kola Leaf (*Centella asiatica*) Flavonoid in Instant Powder Drink Using Maltodextrin', 194(FANRes 2019), pp. 156–163. doi: 10.2991/aer.k.200325.032.

Sanjiwani, N. M. S. *et al.* (2020) 'Pembuatan Hair Tonic Berbahan Dasar Lidah Buaya Dan analisis Dengan Fourier Transform Infrared', *Jurnal Widyadari*, 21(1), pp. 249–262. doi: 10.5281/zenodo.3756902.

Sao, F. P. V., Bahri, S. and Indriani, I. (2019) 'PRODUKSI MALTODEKSTRIN DARI PATI UMBI TALAS (*Colocasia esculenta*) MENGGUNAKAN ENZIM  $\alpha$ -AMILASE', *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 5(1), pp. 68–77. doi: 10.22487/kovalen.2019.v5.i1.11444.

Sarabandi, K. *et al.* (2019) 'Application of gum Arabic and maltodextrin for encapsulation of eggplant peel extract as a natural antioxidant and color source',

*International Journal of Biological Macromolecules*, 140, pp. 59–68. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.08.133.

Saragih, D. E. and Arsita, E. V. (2019) ‘The phytochemical content of *Zanthoxylum acanthopodium* and its potential as a medicinal plant in the regions of Toba Samosir and North Tapanuli, North Sumatra’, *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(1), pp. 71–76. doi: 10.13057/psnmbi/m050114.

Sartian, Hermanto and Asyik, N. (2024) ‘PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK DAUN KELOR (*Moringa oleifera*) TERHADAP OGANOLEPTIK DAN FISIKOKIMIA PADA MIE BASAH BERBAHAN DASAR TEPUNG KENTANG (*Solanum tuberosum*), TEPUNG TERIGU DAN TAPIOKA [Influence’, *Jurnal Riset Pangan*, 2(2), pp. 181–191.

Senduk, T. W., Montolalu, L. A. D. Y. and Dotulong, V. (2020) ‘The rendement of boiled water extract of mature leaves of mangrove *Sonneratia alba*’, *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis*, 11(1), p. 9. doi: 10.35800/jpkt.11.1.2020.28659.

Septevani, A. A., Sondari, D. and Ghozali, M. (2013) ‘Pengaruh Teknik Pengeringan Semprot (Spray Drying) dalam Mikroenkapsulasi Asiaticoside dan Ekstrak Jahe’, *Indonesian Journal of Materials Science*, 14(4), pp. 248–252.

Septia, I., Sari, K. and Atifah, Y. (2024) ‘UJI KADAR ABU PAKAN TERNAK DAERAH KABUPATEN SIJUNJUNG’, 18(1), pp. 38–43. doi: 10.22487/bioceb.v18.No.1.16898.

Siregar, T. M. and Kristanti, C. (2019) ‘Mikroenkapsulasi Senyawa Fenolik Ekstrak Daun Kenikir (*Cosmos caudatus* K.)’, *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 8(1), pp. 31–37. doi: 10.17728/jatp.3304.

Sucianti, Nurhaeni and Hardi, J. (2020) ‘Mikroenkapsulasi Ekstrak Kulit Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*) pada Berbagai Massa Maltodekstrin dan Aplikasinya Sebagai Antioksidan’, *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(3), pp. 191–197. doi: 10.22487/kovalen.2020.v6.i3.9889.

Sugihartini, N. and Nuryanti, E. (2017) ‘Formulasi Krim Ekstrak Daun Kelor

(Moringa oleifera) sebagai Sediaan Antiaging’, *Berkala Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin*, 29(1), pp. 1–7. Available at: [https://scholar.google.co.id/scholar?q=Formulasi+Krim+Ekstrak+Daun+Kelor+\(Moringa+oleifera\)+sebagai+Sediaan+Antiaging&hl=id&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](https://scholar.google.co.id/scholar?q=Formulasi+Krim+Ekstrak+Daun+Kelor+(Moringa+oleifera)+sebagai+Sediaan+Antiaging&hl=id&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar).

Suryani, A., Santoso, J. and Rusli, M. S. (2015) ‘Karakteristik Dan Struktur Mikro Gel Campuran Semirefined Carrageenan Dan Glukomanan’, *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 37(1), p. 19. doi: 10.24817/jkk.v37i1.1808.

Sutardi, S. (2017) ‘Kandungan Bahan Aktif Tanaman Pegagan dan Khasiatnya untuk Meningkatkan Sistem Imun Tubuh’, *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 35(3), p. 121. doi: 10.21082/jp3.v35n3.2016.p121-130.

Syamsul, E. S. *et al.* (2022) ‘Anti-aging Activity, In Silico Modeling and Molecular Docking from Sonneratia Caseolaris’, *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(A), pp. 1471–1477. doi: 10.3889/oamjms.2022.10558.

Tafu, N. N. and Jideani, V. A. (2021) ‘Characterization of novel solid dispersions of moringa oleifera leaf powder using thermo-analytical techniques’, *Processes*, 9(12). doi: 10.3390/pr9122230.

Usmania, S. (2022) ‘Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Air Daun Pegagan’, pp. 1–76.

Vonghirundecha, P. *et al.* (2022) ‘Microencapsulated functional ingredients from a Moringa oleifera leaf polyphenol-rich extract: Characterization, antioxidant properties, in vitro simulated digestion, and storage stability’, *Lwt*, 154(November 2021), p. 112820. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112820.

Yahya, M. A. and Nurrosyidah, I. H. (2020) ‘AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL HERBA PEGAGAN (*Centella asiatica* (L.) Urban) DENGAN METODE DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil) ANTIOKSIDANT’, *Journal of Halal Product and Research*, 3(2), p. 106. doi: 10.20473/jhpr.vol.3-issue.2.106-112.

- Yanti, E. (2019) 'PENGARUH PEMBERIAN REBUSAN DAUN KELOR (Moringa Olifera) TERHADAP TEKANAN DARAH PADA PENDERITA HIPERTENSI', *Jik: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 3(1), pp. 24–29. doi: 10.33757/jik.v3i1.164.
- Yoga, W. P. A. P. and Hendriani, R. (2013) 'Review: Teknik Peningkatan Kelarutan Obat', *Farmaka*, 14(2), pp. 288–297.
- Yuliani, S., Desmawarni and Harimurti, N. (2007) 'Pengaruh Laju Alir Umpan dan Suhu Inlet Spray Drying pada Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe', *Journal Pascapanen*, pp. 18–26.
- Yunita, L. *et al.* (2022) 'Analisis Kandungan Proksimat Dan Serat Pangan Tepung Daun Kelor dari Kabupaten Kupang Sebagai Pangan Fungsional', *Nutriology: Jurnal Pangan, Gizi, Kesehatan*, 3(2), pp. 44–49. doi: 10.30812/nutriology.v3i2.2454.
- Zanetti, M. *et al.* (2019) 'Encapsulation of geranyl cinnamate in polycaprolactone nanoparticles', *Materials Science and Engineering C*, 97, pp. 198–207. doi: 10.1016/j.msec.2018.12.005.
- Zebua, D. *et al.* (2021) 'Rebusan Daun Kelor Berpengaruh terhadap Tekanan Darah Penderita Hipertensi', *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, 3(2), pp. 399–406. doi: 10.37287/jpppp.v3i2.470.

## LAMPIRAN

### A. Perhitungan

#### 1. Kadar Air

Perhitungan kadar air pada sampel enkapsulasi daun kelor dan daun pegagan sebagai berikut.

$$\text{Kadar air}(\%) = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar air}(\%) &= \frac{1 - 0,85}{1} \times 100\% \\ &= 5,56\%\end{aligned}$$

#### 2. Kadar Abu

Perhitungan kadar abu pada sampel enkapsulasi daun kelor dan daun pegagan sebagai berikut.

$$\text{Kadar abu}(\%) = \frac{w1 - w2}{w} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Kadar abu}(\%) &= \frac{0,1848}{0,85} \times 100\% \\ &= 1,4\%\end{aligned}$$

#### 3. Rendemen

Perhitungan rendemen yang didapatkan enkapsulasi daun kelor dan daun pegagan sebagai berikut.

$$\text{Rendemen}(\%) = \frac{\text{Massa sesudah pengeringan}}{\text{Massa sebelum pengeringan}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Rendemen}(\%) &= \frac{12,1}{22} \times 100\% \\ &= 55\%\end{aligned}$$

#### 4. Uji Kelarutan dalam Air

Perhitungan kelarutan dalam air yang didapatkan enkapsulasi ekstrak daun kelor dan daun pegagan sebagai berikut.

$$\text{Kelarutan terhadap air} = 1 - \frac{(c - b)}{\frac{a \times (100 - ka)}{100}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kelarutan terhadap air} &= 1 - \frac{(0.8 - 0.85)}{\frac{0.5 \times (100 - 5,88\%)}{100}} \times 100\% \\ &= 89,99\% \end{aligned}$$

### 5. Uji Higroskopis

Perhitungan kelarutan dalam air yang didapatkan enkapsulasi ekstrak daun kelor dan daun pegagan sebagai berikut.

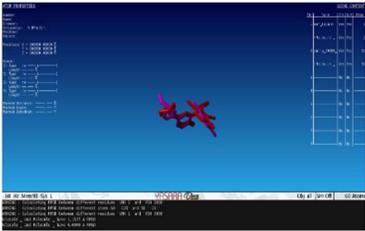
$$\text{Uji Higroskopis} = \frac{\text{berat setelah uji} - \text{berat sebelum uji}}{\text{berat sebelum uji}}$$

$$\text{Uji Higroskopis} = \frac{0.2 - 0.1}{0.1} = 100\%$$

## B. Dokumentasi

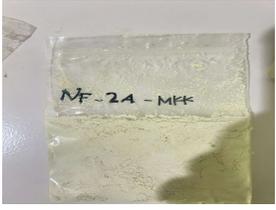
### 1. Pembuatan Ekstrak

Foto	Keterangan
	Penghalusan Daun Kelor dan Pegagan
	Pembuatan Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan
	Analisis Fitokimia

	
	Analisis Proksimat
	<i>Molecular Docking</i>

## 2. Pembuatan Enkapsulasi Ekstrak Daun Kelor dan Pegagan

Foto	Keterangan
	Pembuatan enkapsulasi ekstrak daun kelor dan pegagan
	Enkapsulat dilakukan pengeringan

	menggunakan <i>spray dryer</i>
	Analisis Kadar dan Kadar Abu
	Analisis Higroskopis
	Analisis Kelarutan

### C. Data Hasil

#### 1. Jumlah Air yang Hilang Bubuk Encapsulasi Ekstrak Daun Pegagan dan Kelor

Variasi	Massa Sebelum Pengeringan (g)	Massa Sesudah Pengeringan (g)	% Rendemen	Jumlah Air yang Hilang (g)	Massa Air yang Hilang (g)
Encapsulasi Daun Kelor					
Maltodekstrin : Whey	22	12.1	55.00%	9.9	45%
Maltodekstrin : Karagenan	22	1.6	7.27%	20.4	93%
Maltodekstrin : Karagenan : Whey	22	5.5	25.00%	16.5	75%
Encapsulasi Daun Pegagan					
Maltodekstrin : Whey	22	14.7	66.82%	7.3	33%
Maltodekstrin : Karagenan	22	7.25	32.95%	14.75	67%
Maltodekstrin : Karagenan : Whey	22	2.1	9.55%	19.9	90%

#### 2. Kadar Air

Encapsulasi Ekstrak Daun Kelor				
Komponen	Massa Cawan + Residu	Massa Cawan	Massa Residu	Kadar Air
MWP	49.75	48.95	0.8	5.88%
MKK	51.4	50.55	0.85	5.56%
MWPKK	45.15	44.4	0.75	6.25%
Encapsulasi Ekstrak Daun Pegagan				
MWP	47.15	45.55	1.6	5.88%
MKK	44.15	42.5	1.65	2.94%

MWPKK	45.25	43.65	1.6	5.88%
-------	-------	-------	-----	-------

### 3. Kelarutan dalam Air

Komponen	Massa Kertas Saring	Massa Bubuk	Massa Kertas saring + Residu		Kelarutan (%)	
			Daun Kelor	Daun pegagan	Bubuk Enkapsulasi Daun kelor	Bubuk Enkapsulasi Daun Pegagan
Maltodekstrin : Whey	0.8	0.5	0.85	0.95	89.99%	69.98%
Maltodekstrin : Karagenan	0.8	0.5	1.05	1.05	49.97%	49.99%
Maltodekstrin : Whey : Karagenan	0.8	0.5	0.95	1	69.98%	59.98%

### 4. Uji Higroskopis

Enkapsulasi Daun Kelor						Enkapsulasi Daun Pegagan					
MWP		MKK		MWPKK		MWP		MKK		MWPKK	
Waktu	berat	Waktu	berat	Waktu	berat	Waktu	berat	Waktu	berat	Waktu	berat
0	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.1	0	0.1	0	0.1
1	0.25	1	0.2	1	0.2	1	0.1	1	0.1	1	0.1
2	0.25	2	0.2	2	0.2	2	0.1	2	0.1	2	0.1
3	0.25	3	0.2	3	0.2	3	0.15	3	0.1	3	0.1
4	0.3	4	0.2	4	0.2	4	0.2	4	0.1	4	0.1
24	0.3	24	0.2	24	0.2	24	0.2	24	0.1	24	0.1

## 5. Hasil Analisis LCMS-MS

### A. Daun Pegagan

<b>Nama</b>	<b>Moleculer Formula</b>	<b>CA (%Rel. Abudance )</b>
5-nitrothiophene-3-carbaldehyde 3-(2-pyridyl)hydrazone	C10 H8 N4 O2 S	0.749
Citric acid	C10 H8 N4 O2 S	0.784
Choline	C10 H8 N4 O2 S	0.796
ethyl 4-amino-2-(methylsulfanyl)-1,3-thiazole-5-carboxylate	C10 H8 N4 O2 S	0.802
L(-)-Carnitine	C10 H8 N4 O2 S	0.822
Betaine	C10 H8 N4 O2 S	0.835
D-(+)-Proline	C10 H8 N4 O2 S	0.851
1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose	C10 H8 N4 O2 S	0.861
1,2,3,4-Tetramethyl-1,3-cyclopentadiene	C9 H14	14.46
Propofol	C12 H18 O	14.462
$\alpha$ -Linolenic acid	C18 H30 O2	14.463
Jasmone	C11 H16 O	14.464
4-Vinylcyclohexene	C8 H12	14.465
Methyl 5-[(3aS,5R,6R,6aS)-5-hydroxy-6-[(1E,3R)-3-	C22 H36 O4	14.509

hydroxy-1-octen-1-yl]-1,3a,4,5,6,6a-hexahydro-2-pentalenyl}pentanoate		
GP1750000	C17 H20 O2	14.602
Biphenyl	C12 H10	14.608
$\alpha$ -Linolenic acid	C18 H30 O2	14.658
13-apo-beta-carotenone	C18 H26 O	14.673
3-(10,11-Dihydro-5H-dibenzo[a,d][7]annulen-5-yloxy)-8-methyl-8-azabicyclo[3.2.1]octane	C23 H27 N O	14.692
2-undecyl-4(1H)-quinolone	C20 H29 N O	14.694
Oleamide	C18 H35 N O	14.785
Palmitoleic acid	C16 H30 O2	14.903
Oleamide	C18 H35 N O	14.982
4-Octylphenol	C14 H22 O	14.99
EN0350000	C13 H20 O	14.991
Propofol	C12 H18 O	14.995
3-Methyl-1-phenyl-2-butene	C11 H14	15.001
Violaxanthin	C40 H56 O4	15.172
Linoleic acid	C18 H32 O2	15.185
(8E,10E,12S)-8,10-Heptadecadiene-4,6-diyne-1,12-diol	C17 H24 O2	9.842
1,1,6-Trimethyl-1,2-dihydronaphthalene	C13 H16	9.846
2-Amino-1,3,4-octadecanetriol	C18 H39 N O3	9.855
NP-003535	C30 H48 O6	9.856
beloxamide	C18 H21 N O2	13.059
2,4-Pentadiynylbenzen	C11 H8	13.061



α,β-γ-lactone		
(Z)-β- amylcinnamyl alcohol	C14 H20 O	10.733
Asiatic acid	C30 H48 O5	10.751
Phytosphingosine	C18 H39 N O3	10.834
Safingol	C18 H39 N O2	10.857
4- (Trimethylammonio)-3- (undecanoyloxy)bu tanoate	C18 H35 N O4	10.873
RG5925700	C11 H18 O2	10.889
Gusperimus	C17 H37 N7 O3	10.934
Tetranor 12-HETE	C16 H26 O3	10.96
Estra-1,3,5(10)- trien-3-ol	C18 H24 O	10.963
9-Nitrooleate	C18 H33 N O4	11.016
8-{3-Oxo-2-[(2E)- 2-penten-1-yl]-1- cyclopenten-1- yl}octanoic acid	C18 H28 O3	11.021
13(S)-HpOTrE	C18 H30 O4	11.031
Bis(4- ethylbenzylidene)s orbitol	C24 H30 O6	11.088
N- Heptadecanoylglyc ine	C19 H37 N O3	11.101
Heptanophenone	C13 H18 O	11.219
Ibuprofen	C13 H18 O2	7.918
Octyl (4xi)-2- deoxy-2-[(Z)-(1- hydroxyethylidene) amino]-alpha-D- xylo- hexopyranoside	C16 H31 N O6	8.056
Psoralen	C11 H6 O3	8.273
Kaempferol	C15 H10 O6	8.474

Corchorifatty acid F	C18 H32 O5	8.604
Phloionolic acid	C18 H36 O5	8.844
(1S,4S,5R,10S,13S, 17S,19S,20R)-10- hydroxy- 4,5,9,9,13,19,20- heptamethyl-24- oxahexacyclo	C30 H46 O3	8.894
Sedanolide	C12 H18 O2	8.963
(15Z)-9,12,13- Trihydroxy-15- octadecenoic acid	C18 H34 O5	8.968
4,5- Dicaffeoylquinic acid	C25 H24 O12	6.41
Neochlorogenic acid	C16 H18 O9	6.41
methyl 3,5-ditert- butyl-4- hydroxybenzoate	C16 H24 O3	11.232
XT2570000	C9 H8	11.267
Naphthalene	C10 H8	11.274
Biphenyl	C12 H10	11.275
DV5460000	C13 H12	11.276
2,4- Pentadiynylbenzen e	C11 H8	11.278
NP-004038	C16 H24 O3	11.409
(±)9-HpODE	C18 H32 O4	11.503
12-Oxo phytodienoic acid	C18 H28 O3	10.601
Luteolin 7-O- malonylglucoside	C24 H22 O14	6.605
MFCD00801046	C18 H34 O	16.199
(2E,4Z)-N- Isobutyl-2,4- octadecadienamide	C22 H41 N O	16.204
Mandenol	C20 H36 O2	16.26
MFCD00083370	C22 H44 O3	16.781
Erucamide	C22 H43 N O	16.786
4-[(2E)-3,7- Dimethyl-2,6- octadien-1-yl]-2-	C37 H60 O5	16.798

formyl-3-hydroxy-5-methoxybenzyl stearate		
C16-Dihydroceramide	C34 H69 N O3	17.29
2-hydroxy Lignoceric Acid	C24 H48 O3	17.624
MFCD00135810	C10 H8 N4 O2 S	1.021
Nicotinic acid	C10 H8 N4 O2 S	1.027
Nicotinamide	C10 H8 N4 O2 S	1.041
L-Pyroglutamic acid	C10 H8 N4 O2 S	1.047
2-Methylpyrrolidine	C10 H8 N4 O2 S	1.072
L-Isoleucine	C10 H8 N4 O2 S	1.073
N-Acetyl-DL-glutamic acid	C10 H8 N4 O2 S	1.073
Glutarylcarntine	C10 H8 N4 O2 S	1.082
(2S)-4-Methyl-2-({[(3S,4S,5R)-2,3,4-trihydroxy-5-(hydroxymethyl)tetrahydro-2-furanyl]methyl}amino)pentanoic acid (non-preferred name)	C10 H8 N4 O2 S	1.111
Aminohippuric acid	C10 H8 N4 O2 S	1.207
L-Phenylalanine	C10 H8 N4 O2 S	1.391
D-PANTOTHENIC ACID	C10 H8 N4 O2 S	1.574
g-Butyrobetaine	C10 H8 N4 O2 S	1.686
trans-3-Indoleacrylic acid	C10 H8 N4 O2 S	2.218
Caprolactam	C10 H8 N4 O2 S	2.817

(1r,3R,4s,5S)-4- {[(2E)-3-(3,4- dihydroxyphenyl)prop-2-enyl]oxy}- 1,3,5- trihydroxycyclohexane-1-carboxylic acid	C10 H8 N4 O2 S	3.658
IN00458	C10 H8 N4 O2 S	3.721
Heptanophenone	C13 H18 O	11.219

### B. Daun Kelor

Nama	Formula	RT (% Relative Abundance)
L-(+)-Arginine	C6 H14 N4 O2	0.996
Neochlorogenic acid	C16 H18 O9	2.109
Choline	C5 H13 N O	1.013
Lactamide	C3 H7 N O2	1.017
1-[(3-Carboxypropyl)amino]-1-deoxy-beta-D-fructofuranose	C10 H19 N O7	1.026
D-(-)-Fructose	C6 H12 O6	1.05
D-(-)-Quinic acid	C7 H12 O6	1.059
4-Guanidinobutyric acid	C5 H11 N3 O2	1.063
mycosporine	C11 H19 N O6	1.107
Hept-2-ulose	C7 H14 O7	1.109
$\alpha,\alpha$ -Trehalose	C12 H22 O11	1.114
lactide	C6 H8 O4	1.165
Pipecolic acid	C6 H11 N O2	1.172
Stachydrine	C7 H13 N O2	1.203
Benzaldehyde	C7 H6 O	1.206

Adenine	C5 H5 N5	1.213
1-Naphthol	C10 H8 O	1.215
Uridine	C9 H12 N2 O6	1.241
MFCD00135810	C11 H17 N O8	1.242
Adenosine	C10 H13 N5 O4	1.26
Acetophenone	C8 H8 O	1.261
Nicotinamide	C6 H6 N2 O	1.266
Guanine	C5 H5 N5 O	1.266
Benzoic acid	C7 H6 O2	1.277
2-Methylpyrrolidine	C5 H11 N	1.3
L-Isoleucine	C6 H13 N O2	1.307
Glutaryl carnitine	C12 H21 N O6	1.32
Butenyl carnitine	C11 H19 N O4	1.322
(2S)-4-Methyl-2-({[(3S,4S,5R)-2,3,4-trihydroxy-5-(hydroxymethyl)tetrahydro-2-furanyl]methyl}amino)pentanoic acid (non-preferred name)	C12 H23 N O7	1.323
oxisuran	C8 H9 N O2 S	1.393
Prolylleucine	C11 H20 N2 O3	1.43
6-Acetamido-2-oxohexanoic acid	C8 H13 N O4	1.451
2-Pyrrolidone	C4 H7 N O	1.454
TDIQ	C10 H11 N O2	1.463
6-Oxo-pipecolinic acid	C6 H9 N O3	1.512
Cinnamic acid	C9 H8 O2	1.615
(2S)-3-Phenyl-2-({[(3S,4S,5R)-2,3,4-trihydroxy-5-(hydroxymethyl)tetrahydro-2-furanyl]methyl}amino)propanoic acid (non-preferred name)	C15 H21 N O7	1.638
4-Hydroxybenzaldehyde	C7 H6 O2	5.176

2-Hydroxy-N-{2-[2-(1H-imidazol-5-yl)ethyl]-5-methyl-3-oxo-1,2-oxazolidin-4-yl}benzamide	C16 H18 N4 O4	5.186
(2E)-5-methyl-2-phenylhex-2-enal	C13 H16 O	5.191
Damascenone	C13 H18 O	5.237
hymecromone	C10 H8 O3	5.247
(3R,5R)-1,3,5-Trihydroxy-4-[[[(2E)-3-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-2-propenoyl]oxy}cyclohexanecarboxylic acid	C17 H20 O9	5.258
(1ξ)-1,5-Anhydro-1-[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-4-oxo-4H-chromen-8-yl]-D-galactitol	C21 H20 O11	5.371
N-4-hydroxyphenylacetylglutamic acid	C13 H15 N O6	5.423
Ibuprofen	C13 H18 O2	5.66
2-(2,4-dihydroxyphenyl)-3,5,7-trihydroxy-4H-chromen-4-one	C15 H10 O7	5.784
Rutin	C27 H30 O16	5.79
Quercetin-3β-D-glucoside	C21 H20 O12	6.002
FENAMIC ACID	C13 H11 N O2	6.091
ZINGEROL	C11 H16 O3	6.318
α-Propylaminopentiophenone	C14 H21 N O	6.327
NP-019498	C28 H32 O16	6.338
p-cymene	C10 H14	6.34
5-Isopropyl-2-methyl-2-cyclohexen-1-one	C10 H16 O	6.373
(3E)-4-(4-Hydroxy-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-3-buten-2-one	C13 H20 O2	6.404
Tetralin	C10 H12	6.415

1-[2-(3-Hydroxy-1-propen-2-yl)-2,3-dihydro-1-benzofuran-5-yl]ethanone	C13 H14 O3	6.428
3-{[(2R,3S,4S,5R,6S)-6-{[2-(3,4-dihydroxyphenyl)-5,7-dihydroxy-4-oxo-4H-chromen-3-yl]oxy}-3,4,5-trihydroxyoxan-2-yl]methoxy}-3-oxopropanoic acid	C24 H22 O15	6.457
Kaempferol	C15 H10 O6	6.467
Trifolin	C21 H20 O11	6.469
Valerophenone	C11 H14 O	6.549
Isorhamnetin	C16 H12 O7	6.569
5,7-dihydroxy-2-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-3-{[3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]oxy}-4H-chromen-4-one	C22 H22 O12	6.57