

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 pegan 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 Biosupplumen

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

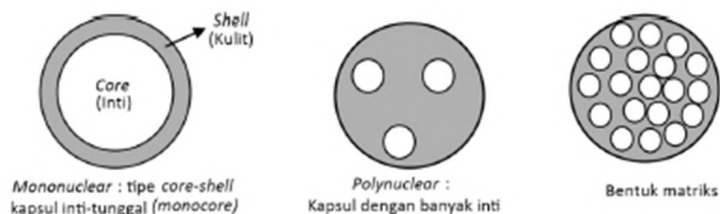
Setelah pengeringan selesai, sampel dihaluskan dengan grinder dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses ekstraksi dengan mengurangi ukuran partikel simplisia karena luas permukaan bahan menjadi lebih besar ketika ukuran simplisia dikurangi.

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 Indiarto, 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 kontinyu 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 mennukleasi 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 α -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 mengombinasikan 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.

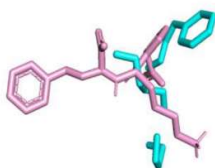
C. Analisis Fitokimia

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

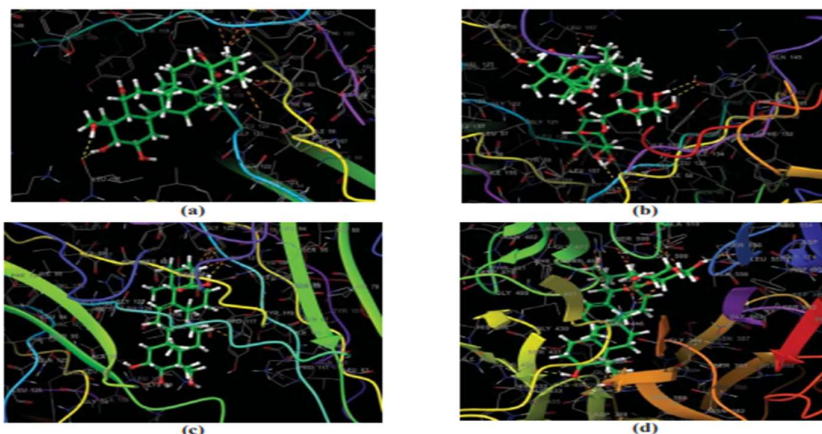
Docking molekular adalah bidang yang mempelajari pengikatan dua/ lebih struktur molekul satu sama lain, yaitu memecahkan masalah tiga dimensi. Tujuan dari docking molekular adalah memperediksi pengenalan molekuler, menemukan beberapa kemungkinan mode ikatan, serta memprediksi afinitas

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 α - ramnopiranosil, β -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- α , 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- α -7,1 kkal/mol, *madecosside* dengan receptor TNF- α -10.7 kkal/mol, Asiatic acid dengan receptor TNF- α -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- α (b) Madecosside dengan TNF- α (c) Asiatic Acid dengan TNF- α (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).

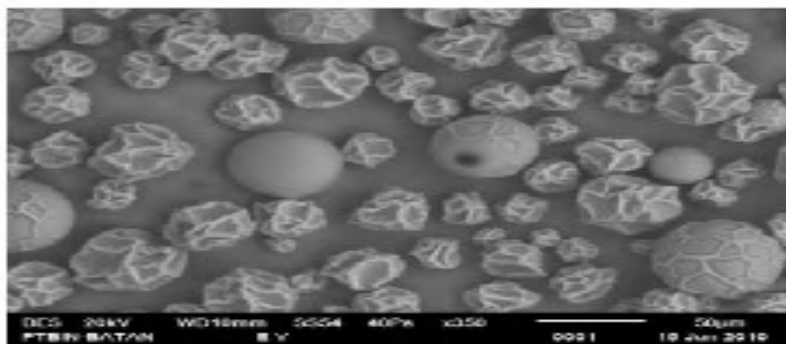
C. Uji Kelarutan dalam Air

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.

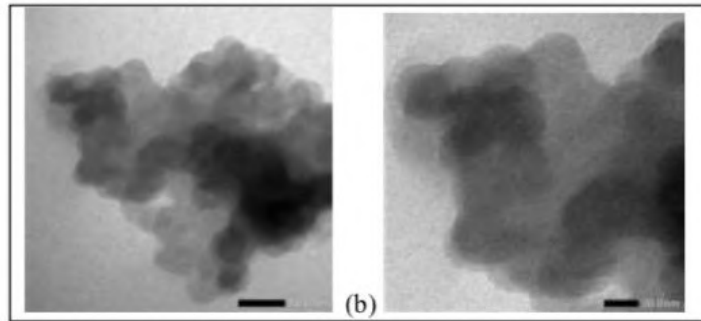
D. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

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) menunjukan bahwa struktur morfologi tidak menyatu (tidak teraglomerasi) dan cenderung mengkerut sebagian. Hal ini disebabkan pada teknik dari *spray dryer* dan ukuran yang dihasilkan 12 μm . Penelitian lainnya menghasilkan struktur dan morfologi nanoenkapsulasi berbentuk tidak beraturan dan juga beberapa bentuk bulat serta menunjukkan pori-pori atau retakan (Meliana, 2016).

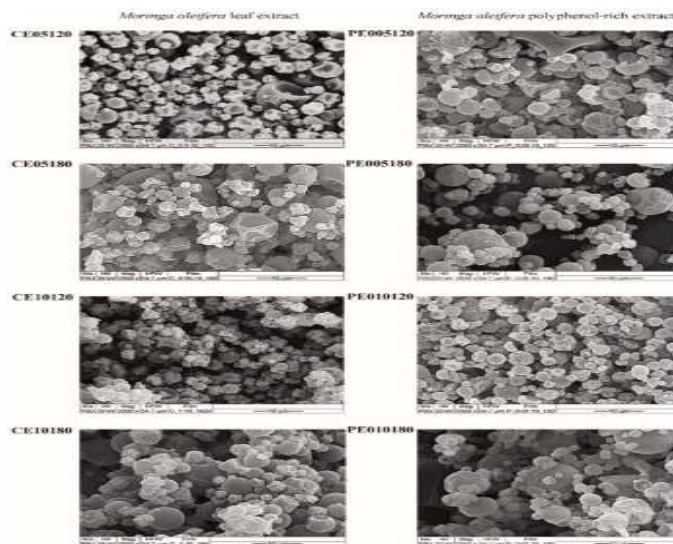


(a)

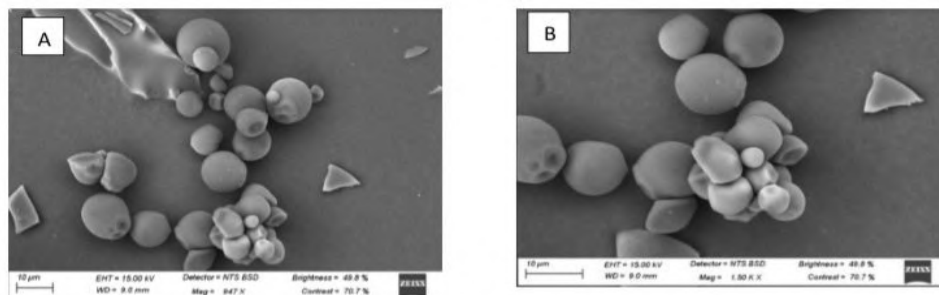


Gambar 2. 5 (a) Penelitian (Septevani, Sondari and Ghozali, 2013); (b) Penelitian (Meliana, 2016)

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 μm . 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)



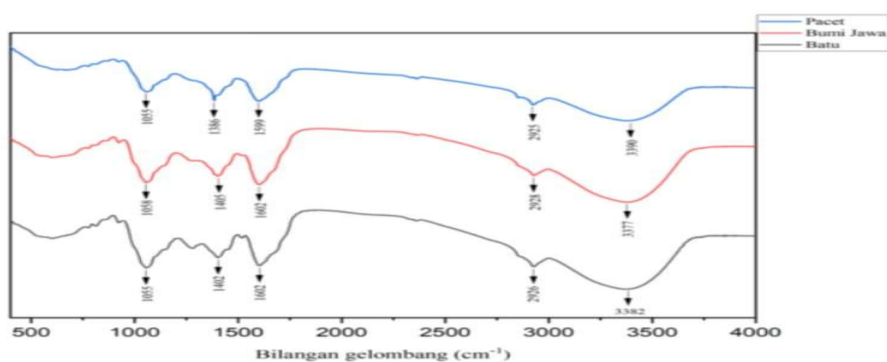
(b)

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

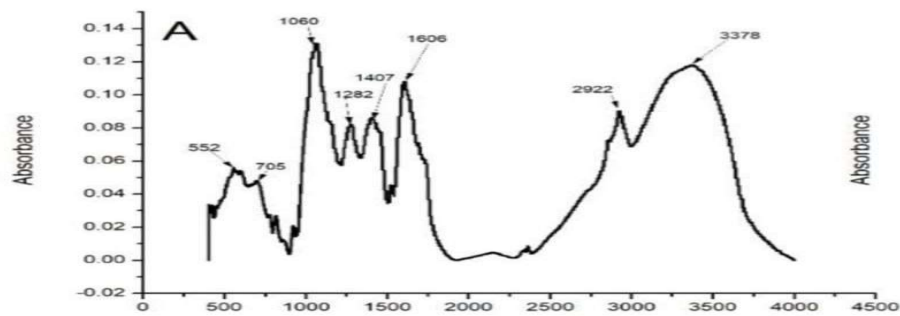
H. *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

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 cm^{-1} (Nilasari, Rafi and Mulyati, 2022) berbeda pula dengan penelitian (Pratiwi Dyah Indriyani, Tyas Prasetyaningrum and Lisa Adhani, 2023) dengan puncak tertinggi 3428 cm^{-1} .



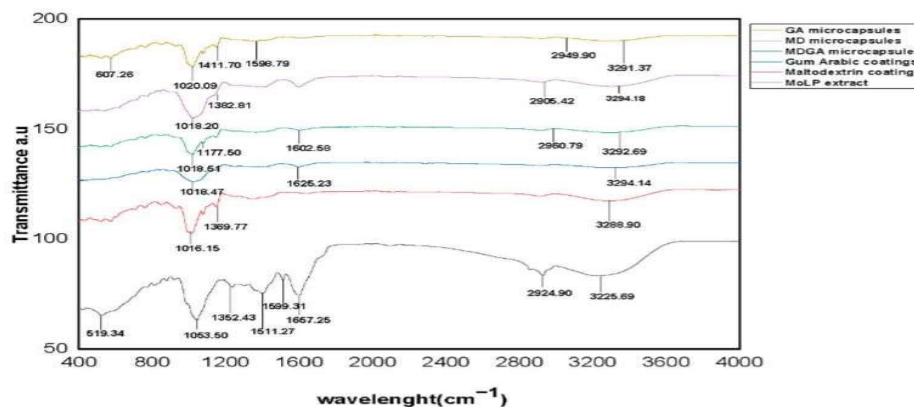
(a)



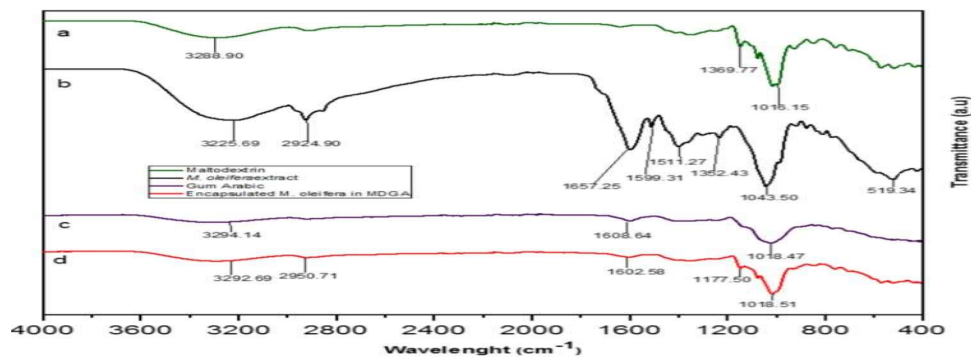
(b)

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)

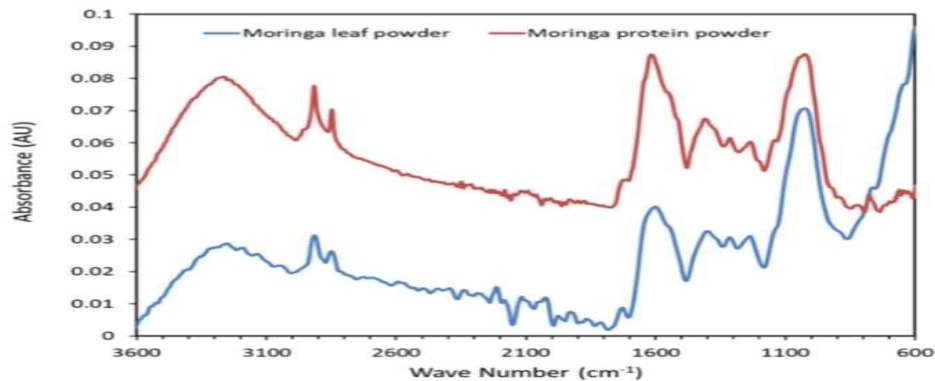
Analisa FTIR daun kelor pada beberapa penelitian dapat dilihat pada gambar 2.8 menghasilkan puncak tertinggi dimana penelitian (George *et al.*, 2021) yang menghasilkan puncak 3225 cm^{-1} dan 3288 cm^{-1} berbeda dengan penelitian (Paramita *et al.*, 2022) menghasilkan puncak 3256 cm^{-1} . Pada gambar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



(a)



(b)

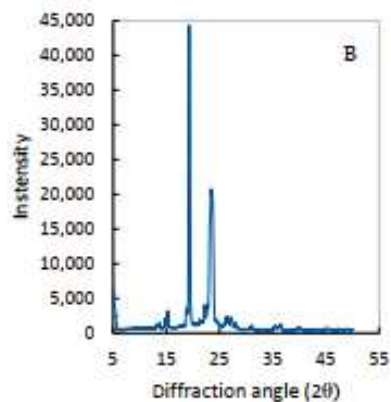


(c)

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, orintasi, 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 menghasilkan 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 2θ ; 18° dan 22° 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).