

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penuaan kulit merupakan suatu proses biologis kompleks yang ditandai dengan menurunnya fungsi fisiologis kulit seiring bertambahnya usia. Proses ini dapat terjadi lebih cepat apabila dipicu oleh faktor eksternal seperti paparan sinar, polusi udara, kebiasaan merokok, maupun penggunaan kosmetik berbahan kimia secara berlebihan. Salah satu penyebab utama penuaan dini adalah stres oksidatif akibat ketidakseimbangan antara jumlah radikal bebas dengan kemampuan sistem pertahanan antioksidan tubuh (Utami, *et al.*, 2023). Radikal bebas dapat merusak kolagen dan elastin, dua protein penting yang menjaga struktur dan elastisitas kulit, sehingga kulit tampak kusam, kering, berkerut, dan kehilangan kekenyalannya (Fatmasari, 2020). Kondisi ini tidak hanya berdampak pada estetika, tetapi juga kualitas hidup seseorang.

Salah satu strategi untuk mencegah penuaan dini adalah dengan memberikan asupan antioksidan. Antioksidan ialah senyawa yang memiliki kemampuan untuk menetralkan radikal bebas, sehingga mampu melindungi jaringan tubuh, termasuk kulit, dari proses kerusakan oksidatif (Widiasriani *et al.*, 2024). Antioksidan dapat diperoleh secara alami melalui konsumsi buah dan sayuran, maupun secara eksternal melalui sediaan kosmetik. Penggunaan bahan alam kaya antioksidan dalam produk perawatan kulit menjadi pilihan yang semakin diminati, karena relatif aman, lebih ramah lingkungan, serta berpotensi menekan efek samping dibandingkan produk berbasis bahan sintesis (Riva & Rosalina, 2025).

Diantara beragam jenis tanaman yang mempunyai potensi antioksidan kuat adalah mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.). Tanaman ini dikenal mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid, polifenol, limonoid, isoprenoid, dan glikoprotein dengan aktivitas antioksidan serta *anti-inflamasi* yang tinggi (Fatmasari, 2020). Secara tradisional, mimba telah digunakan di India dan Afrika untuk mengatasi gangguan

kulit, diabetes, hingga infeksi (Mahmoud *et al.*, 2022). Sejumlah penelitian modern juga mendukung potensi ini, misalnya ekstrak daun mimba terbukti mampu memperbaiki kerusakan sel, menghambat peradangan, serta melindungi sel kulit dari efek radikal bebas penyebab stres oksidatif. Penelitian Dang *et al* (2024) bahkan menunjukkan kemampuan glikoprotein daun mimba dalam memodulasi sistem imun melalui aktivasi *sel T* dan *Natural Killer*, yang berperan melawan sel abnormal dan memperlambat proses degeneratif.

Untuk mengoptimalkan pemanfaatan ekstrak daun mimba, diperlukan formulasi yang praktis, efektif, dan mudah diterima masyarakat. Salah satu bentuk sediaan yang populer dalam perawatan kulit adalah masker gel *peel-off*. Dibandingkan sabun atau krim, masker gel *peel-off* memberikan manfaat yang lebih cepat dirasakan karena mampu menutrisi kulit secara langsung dalam waktu singkat. Masker gel *peel-off* adalah bentuk sediaan yang lebih diminati karena praktis, mudah diaplikasikan, dan dapat dilepaskan setelah kering sambil mengangkat sel kulit mati serta kotoran dari permukaan kulit, memberikan efek segar dan bersih (Febrianto & dwiningsih 2024). Masker gel *peel-off* memiliki banyak kelebihan dalam penggunaannya. Masker gel *peel-off* ini mudah dilepaskan dari kulit karena membentuk lapisan tipis yang elastis. Selain itu, masker ini memiliki daya lekat yang baik, tidak menutup pori-pori, mudah diratakan di permukaan kulit, serta dapat melepaskan sisa zat dengan mudah saat dibersihkan (Rakmadhani *et al.*, 2023). Hal ini menjadikan masker gel *peel-off* sebagai pilihan ideal untuk penghantaran zat aktif alami, termasuk ekstrak mimba.

Dalam pembuatan masker gel *peel-off*, diperlukan bahan polimer yang berperan sebagai pembentuk gel yaitu HPMC (*Hydroxypropyl Methylcellulose*) yang banyak digunakan dalam formulasi produk kosmetik. HPMC merupakan polimer semi-sintetis yang sering digunakan karena mampu membentuk lapisan tipis yang bening di permukaan kulit. Selain itu, bahan ini juga membantu membuat sediaan menjadi lebih elastis atau lentur, sehingga terasa nyaman saat digunakan (Rakmadhani *et al.*, 2023). Bahan ini dipilih karena mampu menghasilkan gel yang jernih, mudah larut dalam air, serta memiliki tingkat toksisitas yang rendah, tahan terhadap pertumbuhan mikroba, serta dapat menghasilkan lapisan film yang kuat

ketika mengering di permukaan kulit (Pramita *et al.*, 2017). Variasi konsentrasi HPMC sangat penting karena akan mempengaruhi karakteristik fisik masker, seperti organoleptis, pH, homogenitas, tekstur, daya sebar, daya lekat, waktu mengering, dan kenyamanan penggunaan. Oleh karena itu, penyesuaian konsentrasi HPMC dapat menunjang keberhasilan formulasi masker gel *peel-off* berbasis bahan alam.

Berdasarkan temuan tersebut, pemanfaatan ekstrak daun mimba sebagai sumber antioksidan alami yang diformulasikan dalam bentuk masker gel *peel-off* menjadi inovasi yang sangat relevan. Formulasi ini tidak hanya mendukung tren penggunaan kosmetik berbahan alam yang lebih aman, tetapi juga memberikan pendekatan ilmiah dalam mengatasi penuaan dini akibat radikal bebas.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi potensi *anti-aging* dari ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) yang diformulasikan dalam bentuk masker gel *peel-off*, dengan memvariasikan konsentrasi HPMC. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan sediaan masker gel *peel-off* dengan mutu fisik terbaik serta aktivitas antioksidan yang dikandungnya, sehingga dapat mendukung pengembangan produk kosmetik alami yang aman, efektif, dan berdaya guna bagi kesehatan kulit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah variasi konsentrasi HPMC memengaruhi karakteristik dan stabilitas fisik masker gel *peel-off* ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) secara signifikan?
2. Apakah variasi konsentrasi HPMC memengaruhi aktivitas antioksidan masker gel *peel-off* ekstrak daun mimba yang diukur berdasarkan nilai IC_{50} ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi HPMC karakteristik dan stabilitas fisik masker gel *peel-off* ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.).
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi HPMC terhadap aktivitas antioksidan masker gel *peel-off* ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) yang diukur berdasarkan nilai IC₅₀.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi ilmiah mengenai potensi *anti-aging* dari ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) dan aplikasinya dalam sediaan farmasi topikal berbentuk masker gel *peel-off*. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmu pengetahuan terkait formulasi kosmetik berbahan alami serta pemanfaatan HPMC dalam sediaan masker gel.

1.4.2 Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengembangan produk kosmetik alami berbentuk masker gel *peel-off* yang mudah digunakan dan aman untuk kulit. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi industri kosmetik dan farmasi dalam merancang produk *skincare* berbahan dasar alami yang memiliki efek *anti-aging*, serta memberikan panduan penggunaan HPMC dalam formulasi masker gel *peel-off*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Tanaman Mimba

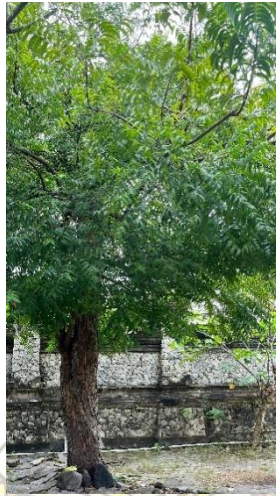
Tanaman mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) adalah tumbuhan perdu atau pohon berukuran sedang yang berasal dari keluarga Meliaceae. Tanaman ini tumbuh subur di daerah tropis dan subtropis, termasuk wilayah Indonesia, khususnya di Pulau Jawa, serta daerah lain seperti India dan sebagian Asia Tenggara (Wylie & Merrell, 2022). Tanaman mimba dapat mencapai tinggi sekitar 15 hingga 30 meter dengan tajuk yang lebar dan bulat. Batangnya tegak dan berkayu dengan kulit berwarna abu-abu tua hingga cokelat, bertekstur agak kasar, dan memiliki getah yang lengket berwarna bening (Braga *et al.*, 2021).

Daunnya merupakan daun majemuk menyirip genap yang tersusun secara spiral di ujung ranting. Setiap daun terdiri dari 8 hingga 16 helaian anak daun yang berbentuk lonjong dengan tepi bergerigi kasar dan ujung meruncing. Panjang helaian daun bervariasi antara 3 hingga 10,5 cm dengan warna hijau kekuningan yang mengkilap pada permukaan atasnya. Struktur tulang daun menyirip dengan tulang-tulang cabang utama yang hampir sejajar satu sama lain. Daun mimba memiliki tekstur yang tipis dan mudah layu jika dipetik (Hussain *et al.*, 2023).

Bunga mimba berukuran kecil, berwarna putih kekuningan, dan mengeluarkan aroma harum yang khas. Buahnya berupa buah batu (*drupe*) berbentuk oval dengan panjang sekitar 1 cm dan berwarna hijau saat muda, berubah menjadi kuning saat matang. Biji mimba yang terdapat di dalam buah ditutupi oleh kulit keras berwarna coklat. Tanaman ini banyak ditemukan tumbuh liar di daerah kering dengan curah hujan rendah atau ditanam di sepanjang jalan sebagai pohon pelindung (Braga *et al.*, 2021).

Secara agroekologi, mimba tumbuh baik pada ketinggian hingga 1500 meter di atas permukaan laut dengan suhu tahunan sekitar 26-40°C dan pH tanah antara 5,5 hingga 7. Berkat kandungan senyawa bioaktifnya seperti flavonoid, polifenol, nenomin, dan limonoid, daun mimba memiliki peranan penting dalam pengobatan tradisional serta produk kosmetik alami (Hussain *et al.*, 2023).

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Daun Mimba



(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2025)

Gambar 2. 1 Daun Mimba

Mimba, secara ilmiah dikenal dengan nama *Azadirachta indica*, merupakan tumbuhan yang termasuk dalam famili Meliaceae atau suku mahoni. Secara taksonomi, klasifikasi tanaman neem (*Azadirachta indica*) adalah sebagai berikut (Mehgraj *et al.*, 2021) :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dialypetaleae
Subkelas	: Dialypetaleae
Bangsa	: Rutales
Suku	: Meliaceae
Marga	: <i>Azadirachta</i>
Spesies	: <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.

2.1.2 Morfologi Tanaman Mimba

Tanaman mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) merupakan pohon hijau abadi (*evergreen*) yang tumbuh subur di wilayah tropis dan semi-tropis. Mimba dikenal sebagai pohon yang tumbuh cepat dan dapat mencapai ketinggian antara 15 hingga 20 meter saat dewasa. Daunnya berwarna hijau cerah, berukuran kecil, dan tersusun

majemuk menyirip dengan bentuk lonjong bergerigi di tepinya. Daun mimba memiliki aroma khas dan rasa pahit yang kuat, yang menjadi ciri utama tanaman ini. Mimba berbunga pada musim semi (*spring*) dengan menghasilkan banyak bunga kecil berwarna putih yang tersusun dalam malai. Bunga mimba berbau harum dan bersifat hermaprodit, yang artinya memiliki organ jantan dan betina dalam satu bunga. Setelah berbunga, mimba akan menghasilkan buah berbentuk lonjong kecil berwarna hijau kekuningan saat matang, yang mengandung satu biji keras di dalamnya. Kulit batang mimba berwarna coklat keabu-abuan hingga coklat tua, dengan tekstur kasar dan retakan membujur. Batangnya kuat dan bercabang banyak, membentuk tajuk pohon yang rimbun dan lebat. Sistem perakaran mimba tergolong kuat dan dalam, sehingga tanaman ini mampu bertahan pada kondisi tanah yang kering dan miskin nutrisi (Singh, 2021).

2.1.3 Kandungan dan aktivitas biologis daun mimba

Tanaman mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) tergolong famili Meliaceae. Daunnya diketahui mengandung berbagai senyawa aktif seperti β -sitosterol, *hiperoside*, *nimbolide*, *quercetin*, *quercitrin*, rutin, *azadirachtin*, dan *nimbine* (Simatupang *et al.*, 2023). Disamping itu, daun mimba juga kaya akan senyawa fitokimia yang mempunyai peran sebagai antioksidan, antara lain tanin, triterpen, flavonoid, steroid, saponin, dan alkaloid (Ruwandha *et al.*, 2021). Pada penelitian Naz *et al* (2022) memperlihatkan bahwa jumlah total senyawa fenolik dalam daun mimba memiliki hubungan yang kuat dengan kemampuan ekstraknya dalam menangkal radikal bebas yang dapat memicu proses oksidatif. Berdasarkan berbagai penelitian, ekstrak dari kulit batang dan daun mimba diketahui memiliki potensi sebagai antioksidan yang cukup baik. Ekstrak daun mimba mampu menekan stres oksidatif dengan cara menurunkan kadar peroksida lipid serta meningkatkan kadar *glutathione* dan aktivitas beberapa enzim antioksidan. Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH (*2,2-difenil-1-pikrilhidrazil*) pada ekstrak etanol 60% daun mimba menghasilkan nilai IC_{50} berkisar antara 83,28 ppm hingga 90,39 ppm (Puspitasari *et al.*, 2025). Pada penelitian Li'aini *et al* (2021) diperoleh nilai IC_{50} sebesar 51,74 ppm, yang memperlihatkan bahwa ekstrak daun mimba memiliki aktivitas antioksidan yang kuat. Hal tersebut menandakan bahwa

semakin kecil nilai IC_{50} menunjukkan aktivitas antioksidan semakin tinggi (Simatupang *et al.*, 2023).

2.2 Metode Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses pemisahan komponen aktif dari bahan alam dengan menggunakan pelarut yang sesuai. Proses ini bertujuan untuk memperoleh zat aktif yang terkandung dalam jaringan tanaman secara selektif, sehingga dapat digunakan untuk keperluan farmasi, kosmetik, atau pangan. Prinsip dasar ekstraksi ialah memanfaatkan perbedaan kelarutan senyawa aktif dalam pelarut tertentu, sehingga senyawa yang diinginkan dapat larut dan dipisahkan dari bahan penyusunnya yang lain (Ginting *et al.*, 2020).

Dalam penelitian ini, pelarut yang digunakan adalah etanol 70%. Pemilihan etanol 70% didasarkan pada tingkat polaritasnya yang optimal untuk melarutkan berbagai senyawa bioaktif baik yang bersifat polar maupun semi-polar. Kandungan air sebesar 30% dalam pelarut ini berfungsi untuk membasahi simplisia, sehingga memudahkan penetrasi pelarut ke dalam dinding sel tanaman dan meningkatkan efisiensi ekstraksi. Selain itu, etanol 70% memiliki kelebihan sebagai pelarut yang aman dan tidak toksik, serta mampu meminimalkan pertumbuhan mikroorganisme selama proses ekstraksi. Penggunaan etanol dengan konsentrasi lebih tinggi cenderung menurunkan kemampuan ekstraksi karena berkurangnya kandungan air, yang penting untuk membasahi bahan tanaman. Oleh karena itu, etanol 70% sering dianggap pelarut paling efektif dan sering dipilih dalam ekstraksi fitokimia (Efrilia *et al.*, 2025).

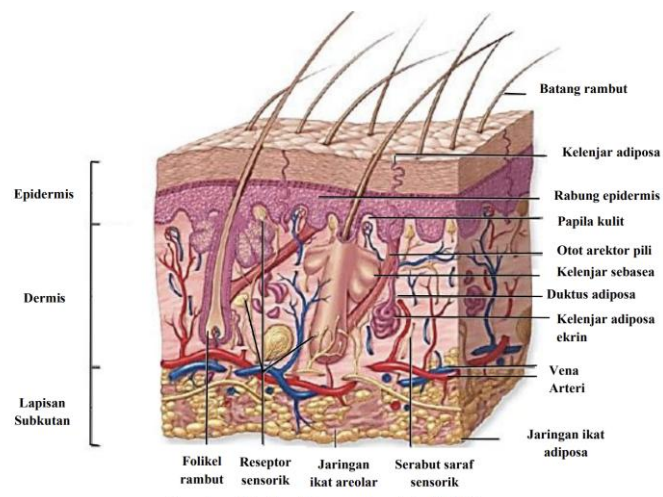
Maserasi ialah salah satu metode ekstraksi yang paling sederhana serta banyak diaplikasikan dalam penelitian tanaman obat karena kemudahannya dan efisiensi ekstraksi senyawa aktif. Prinsip kerjanya didasarkan pada perbedaan konsentrasi antara pelarut dan zat yang ada di dalam sel tanaman. Dalam prosesnya, serbuk tanaman direndam di dalam pelarut yang sesuai di wadah tertutup pada suhu ruang. Selama perendaman, senyawa aktif akan berpindah dari dalam sel tanaman ke dalam pelarut hingga tercapai kondisi seimbang, yaitu saat jumlah zat yang larut di pelarut sama dengan yang tersisa di dalam sel. Setelah proses maserasi selesai,

campuran kemudian disaring untuk memisahkan pelarut yang mengandung ekstrak dari ampas bahan tanaman (Triyanti *et al.*, 2025).

Metode maserasi memiliki keunggulan yaitu sesuai untuk mengekstraksi senyawa termolabil, yaitu senyawa yang tidak stabil terhadap panas. Proses maserasi dilakukan pada suhu ruang tanpa pemanasan, sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan atau degradasi pada senyawa aktif yang sensitif terhadap suhu tinggi. Dengan demikian, kandungan kimia dari bahan yang diekstraksi dapat tetap terjaga dengan baik (Wardhana *et al.*, 2024).

2.3 Kulit

Kulit merupakan organ terluar yang menutupi seluruh permukaan tubuh manusia. Perkiraan beratnya kisaran 7% dari total berat badan. Pada bagian luarnya terdapat pori-pori yang berfungsi sebagai tempat keluarnya keringat. Kulit memiliki banyak fungsi penting, antara lain melindungi tubuh dari berbagai pengaruh luar yang dapat membahayakan, membantu mengatur suhu tubuh, menjadi alat peraba, serta mengeluarkan zat sisa metabolisme. Selain itu, kulit juga berperan dalam pembentukan vitamin D, menyimpan cadangan lemak, dan mencegah kehilangan cairan penting dari dalam. Secara anatomi, kulit tersusun atas tiga lapisan utama, yaitu epidermis, dermis, dan subkutis (*hypodermis*) (Adhisa, Serra Megasari, 2020).



(Sumber: Kalangi, 2013)

Gambar 2. 2 Struktur Kulit

Epidermis ialah lapisan terluar dari kulit yang tersusun atas epitel skuamosa berlapis (*stratified squamous epithelium*). Sel utama pada epidermis adalah keratinosit, yaitu sel yang memproduksi protein keratin. Keratin berfungsi sebagai penguat struktur kulit serta pelindung dari kerusakan mekanis dan mikroorganisme. Dermis adalah lapisan di bawah epidermis yang tersusun atas jaringan ikat dan mengandung fibroblas, sel imun seperti mastosit dan makrofag, serta pembuluh darah dan ujung saraf. Fibroblas memproduksi kolagen, elastin, dan proteoglikan. Kolagen memberikan kekuatan dan ketahanan mekanis pada kulit. Elastin menjaga elastisitas dan fleksibilitas, sedangkan proteoglikan berperan dalam mempertahankan kelembaban dan viskositas jaringan dermis. Hipodermis merupakan lapisan terdalam dari kulit yang terdiri atas jaringan lemak dan jaringan ikat longgar. Lapisan ini berfungsi sebagai isolator panas, penyimpan energi, serta peredam kejutan terhadap trauma fisik. Lemak dalam subkutis juga membantu membentuk kontur wajah dan tubuh (Inggriyani, 2022; Megasari & Adhisa, 2020).

2.4 Radikal bebas

Radikal bebas adalah molekul atau atom yang memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan pada orbital terluarnya, sehingga sangat reaktif dan punya kecenderungan untuk bereaksi dengan molekul lain dalam tubuh. Dalam konteks biologi, radikal bebas umumnya dihasilkan sebagai produk sampingan dari metabolisme normal, terutama melalui proses respirasi seluler dan paparan faktor eksternal seperti sinar ultraviolet, polusi udara, dan zat kimia toksik (Wang *et al.*, 2024). Radikal bebas yang paling umum dalam tubuh adalah superoksida anion (O_2^-), hidrogen peroksida (H_2O_2), dan radikal hidroksil ($\cdot HO$). Jika produksi radikal bebas melampaui kapasitas sistem pertahanan antioksidan tubuh, maka akan terjadi stres oksidatif, yang berpotensi merusak lipid, protein, dan DNA sel. Kerusakan ini menjadi salah satu mekanisme utama yang berkontribusi pada proses penuaan dini dan berbagai penyakit degeneratif, termasuk kanker, diabetes, dan penyakit kardiovaskular (Chaudhary *et al.*, 2023). Oleh karena itu, pengendalian aktivitas radikal bebas melalui pemberian antioksidan baik dari sumber endogen maupun eksogen menjadi strategi penting dalam menjaga kesehatan dan mencegah penyakit.

2.5 Antioksidan

Antioksidan ialah senyawa yang memiliki kemampuan untuk menghambat atau menetralkan radikal bebas, molekul yang teramat reaktif karena memiliki satu atau lebih elektron tidak berpasangan yang dapat merusak struktur seluler tubuh (Maulydya *et al.*, 2023). Radikal bebas terbentuk sebagai hasil metabolisme normal dalam tubuh maupun sebagai respons terhadap paparan faktor eksternal seperti polusi udara, sinar ultraviolet, asap rokok, dan bahan kimia seperti pestisida. Ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan dalam tubuh menyebabkan stres oksidatif, yang mempunyai peran dalam berbagai proses patologis seperti kerusakan sel, penuaan dini, peradangan, hingga munculnya penyakit kronis seperti kanker, diabetes, dan gangguan kardiovaskular (Chaudhary *et al.*, 2023).

Senyawa antioksidan seperti flavonoid, karoten, vitamin C, dan katekin banyak ditemukan dalam sumber alami dan memiliki peran krusial dalam menangkap dan menetralkan radikal bebas sehingga melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Penggunaan senyawa bioaktif ini pun semakin berkembang dalam bidang pangan fungsional dengan tujuan meningkatkan pertahanan tubuh terhadap stres oksidatif, termasuk dalam pencegahan kondisi kesehatan kronis dan masalah pertumbuhan seperti stunting yang berkaitan dengan stres oksidatif di tingkat sel. Oleh karena itu, eksplorasi dan pemanfaatan antioksidan alami menjadi fokus utama dalam penelitian kesehatan dan nutrisi guna mendukung kualitas hidup yang lebih baik (Maulydya *et al.*, 2023).

2.5.1 Mekanisme kerja antioksidan

Mekanisme kerja utama antioksidan ialah melibatkan kemampuannya untuk mendonorkan elektron atau atom hidrogen kepada radikal bebas sehingga radikal tersebut menjadi molekul yang stabil dan tidak reaktif lagi. Dalam tubuh, antioksidan berfungsi melindungi molekul penting seperti protein, asam nukleat, lemak tak jenuh ganda, serta gula. Tubuh juga menghasilkan berbagai senyawa antioksidan untuk menjaga pertumbuhan dan proses metabolismenya tetap normal. Cara kerja antioksidan ini yaitu menetralkan radikal bebas agar menjadi molekul

yang stabil dan tidak lagi berbahaya. Proses ini disebut reaksi penghentian radikal bebas, yang menghalangi terjadinya reaksi berantai yang bisa merusak komponen sel seperti lemak, protein, dan DNA. Selain itu, antioksidan juga dapat mengikat logam berat yang bisa memicu pembentukan radikal bebas, serta menghambat kerja enzim yang dapat menghasilkan radikal bebas di dalam tubuh. Proses ini sering disebut sebagai reaksi terminasi radikal bebas yang mencegah terjadinya rantai reaksi oksidatif lanjutan yang dapat merusak biomolekul seperti lipid, protein, dan DNA. Antioksidan juga berperan sebagai *chelator* logam yang mengikat ion logam berat yang dapat memicu pembentukan radikal bebas, sekaligus menghambat enzim oksidatif yang menghasilkan radikal bebas (Rustaman *et al.*, 2023).

Pada level molekuler, antioksidan bertindak melalui beberapa cara yaitu sebagai donor elektron yang mentransfer elektron tunggal atau ganda untuk menetralkan radikal bebas, dengan menghambat inisiasi rantai oksidasi dengan menetralkan hidropersida yang menjadi prekursor radikal bebas baru, mengikat ion logam penyebab reaksi oksidatif sehingga mengurangi pembentukan radikal bebas. Selain itu, antioksidan enzimatis seperti superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutathione peroksidase (GPx) berperan menguraikan radikal reaktif menjadi molekul yang kurang berbahaya, menjaga keseimbangan redoks sel secara efektif (Ivanova *et al.*, 2020).

Keseluruhan mekanisme ini secara sinergis melindungi sel dari kerusakan oksidatif yang terkait dengan penuaan serta berbagai penyakit degeneratif. Karena itu, antioksidan alami dalam bahan tumbuhan menjadi fokus utama dalam riset pengembangan produk kesehatan dan kosmetik untuk menghambat proses penuaan dini akibat stres oksidatif (Chaudhary *et al.*, 2023).

2.5.2 Metode Pengujian Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan untuk mengetahui kemampuan senyawa dalam menekan atau menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel. Salah satu parameter penting yang digunakan dalam pengujian ini adalah nilai IC₅₀ (*Inhibition Concentration*), yaitu konsentrasi sampel yang mampu menghambat 50% aktivitas radikal bebas dalam sistem uji. Metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) mengukur perubahan warna larutan DPPH dari ungu ke kuning saat

tereduksi oleh antioksidan, yang kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Semakin rendah nilai IC_{50} menunjukkan aktivitas antioksidan yang semakin tinggi (Rustaman *et al.*, 2023).

Metode DPPH (*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*) ialah metode yang umum digunakan karena prosedurnya sederhana, cepat, dan ekonomis. Prinsip kerjanya berdasarkan reaksi reduksi-oksidasi antara senyawa antioksidan dengan radikal bebas DPPH. DPPH adalah radikal sintetik berwarna ungu yang larut dalam pelarut polar seperti etanol dan metanol. Ketika bereaksi dengan antioksidan, DPPH akan menerima atom hidrogen atau elektron sehingga berubah menjadi senyawa non-radikal yang berwarna kuning. Perubahan warna ini mengindikasikan tingkat aktivitas antioksidan dan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm. Semakin tinggi kandungan antioksidan dalam sampel, semakin besar kemampuan untuk mereduksi DPPH dan semakin besar pula perubahan warna yang terjadi. Meskipun metode ini sangat populer, DPPH sensitif terhadap berbagai faktor dan larutannya harus selalu dibuat segar sebelum digunakan (Rustaman *et al.*, 2023).

2.6 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis yang digunakan untuk mengukur absorbansi atau penyerapan cahaya oleh suatu sampel dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (UV) hingga visible (Vis), biasanya antara 200 hingga 800 nm. Prinsip kerjanya didasarkan pada interaksi cahaya dengan molekul dalam sampel yang dapat menyerap energi pada panjang gelombang tertentu, sehingga intensitas cahaya yang diteruskan berkurang sesuai dengan konsentrasi zat yang ada (Shabbir & Chauhan, 2024). Metode ini banyak digunakan untuk menentukan konsentrasi senyawa kimia, termasuk senyawa fenolik, flavonoid, dan antioksidan dalam ekstrak tanaman, dengan cara membuat kurva standar dan mengukur absorbansi sampel pada panjang gelombang maksimum (λ_{max}) senyawa target. Kelebihan spektrofotometri UV-Vis adalah sensitivitas yang cukup

tinggi, proses analisis cepat, tidak merusak sampel, dan membutuhkan peralatan yang relatif sederhana (Patle *et al.*, 2020).

2.7 Masker gel *peel-off*

Masker gel *peel-off* ialah jenis masker berbentuk gel yang bisa membentuk lapisan film dan tidak memerlukan air dalam penggunaannya karena lapisan film tersebut dapat dikelupas apabila telah mengering. Lapisan film yang terbentuk bersifat elastis dan transparan. Masker gel *peel-off* berfungsi sebagai penyegar, pelembab, pembersih dan penghalus kulit sehingga dapat meningkatkan kualitas dari kulit wajah. Masker yang dibuat harus aman untuk diaplikasikan ke kulit dan menggunakan zat aktif, zat warna, bahan pengawet yang aman, tidak menggunakan campuran air raksa serta tidak tercemar oleh mikroba. (Ukhty *et al.*, 2021). Masker gel *peel-off* mempunyai beragam keunggulan, yakni bisa menempel dengan baik di permukaan kulit, tidak menyumbat pori-pori, mudah diratakan saat digunakan, mampu melepaskan bahan aktif dengan efektif, serta mudah dilepaskan atau dibersihkan setelah kering (Amaliah *et al.*, 2018).

Masker gel *peel-off* terdiri dari beberapa komponen utama yang berperan penting dalam membentuk sediaan yang efektif dan nyaman digunakan. Komponen utama yang paling banyak digunakan adalah *Hydroxypropyl Methylcellulose* (HPMC) membentuk lapisan tipis yang bening di permukaan kulit, bahan ini juga membantu membuat sediaan menjadi lebih elastis atau lentur, sehingga terasa nyaman saat digunakan (Rakmadhani *et al.*, 2023).

2.8 Monografi Bahan

1. PVA

Polyvinyl Alcohol (PVA) ialah salah satu polimer sintetis yang banyak digunakan sebagai bahan pembentuk gel dan film dalam formulasi farmasi dan kosmetika. PVA memiliki sifat larut dalam air, sedikit larut dalam etanol 95%, dan tidak larut dalam pelarut organik lainnya. PVA membentuk film transparan, elastis, dan tahan terhadap pelarut organik, sehingga sangat cocok digunakan sebagai pembentuk film pada masker gel *peel-off*. Selain itu, PVA bersifat aman, non-toksik, dan memiliki kemampuan adhesi yang baik sehingga dapat melekat dengan

baik pada permukaan kulit tanpa menimbulkan iritasi. Sifat hidrofilik PVA memungkinkan sediaan gel yang dihasilkan memberikan sensasi lembap serta memudahkan pelepasan masker setelah kering. Secara kimia, PVA memiliki rantai polimer yang terdiri dari unit vinil alkohol yang memberikan stabilitas mekanis dan viskositas yang dapat dikontrol sesuai kebutuhan formulasi (Chen *et al.*, 2021).

2. HPMC

Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) ialah polimer selulosa semisintetik yang digunakan sebagai pembentuk gel dalam berbagai sediaan farmasi dan kosmetik, HPMC juga berfungsi sebagai bahan pembentuk film yang jernih dan elastis, sesuai untuk formulasi masker gel *peel-off* yang memerlukan sifat pelepasan yang baik dari kulit. HPMC bersifat non-ionik, tidak berbau, dan memiliki toksisitas rendah, sehingga sangat aman digunakan dalam produk kosmetik dan topikal. Sifat hidrofilik HPMC memungkinkan kemampuannya untuk mempertahankan kelembapan pada permukaan kulit sekaligus meningkatkan penyerapan bahan aktif (Rakmadhani *et al.*, 2023). Karakteristik dari HPMC berbentuk serbuk halus atau berserat dengan warna putih hingga krem, tidak memiliki bau, dan tidak berasa. Bahan ini dapat larut dalam air dingin dan membentuk larutan kental seperti gel. Namun, HPMC hampir tidak larut dalam air panas (sekitar 90°C), kloroform, etanol 95%, maupun eter. Meski begitu, HPMC bisa larut dalam campuran pelarut tertentu seperti etanol dengan diklorometana, metanol dengan diklorometana, serta campuran air dengan etanol (Firmansyah *et al.*, 2023).

3. Gliserin

Gliserin adalah senyawa alkohol trihidroksi yang berfungsi sebagai humektan atau agen pelembap dalam formulasi kosmetika dan farmasi. Gliserin ialah cairan kental yang bening, tidak berwarna, serta memiliki rasa manis. Zat ini sifatnya higroskopis, artinya mudah menyerap air dari udara. Gliserin bisa larut dengan baik dalam air dan etanol 95%, tetapi tidak dapat bercampur dengan kloroform, eter, atau minyak. Dalam kondisi penyimpanan normal, gliserin tergolong stabil, namun dapat bereaksi kuat jika terkena bahan pengoksidasi dan termasuk zat yang mudah terbakar. Oleh karena itu, gliserin sebaiknya disimpan di tempat yang sejuk dan

kering, dalam wadah yang tertutup rapat (Rowe, 2009). Gliserin mampu menarik dan mengikat molekul air dari lingkungan sekitar ke lapisan kulit, sehingga menjaga kelembapan dan mencegah kekeringan kulit. Selain meningkatkan stabilitas fisik sediaan, gliserin juga dapat meningkatkan kelarutan bahan aktif dalam formulasi, serta memberikan sensasi lembut dan halus pada kulit setelah aplikasi. Gliserin memiliki sifat non-iritatif, tidak berwarna, dan tidak berbau, yang membuatnya banyak dipilih sebagai bahan tambahan dalam berbagai produk perawatan kulit (Sawiji & Utariyani, 2022).

4. Metil Paraben

Metil paraben ialah serbuk yang tidak memiliki bau dan tidak berwarna. Nama dagang dari metil paraben yaitu nipagin. Metil paraben dapat menurunkan efektivitas dari bakteri sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pengawet. Metil paraben dapat dikombinasikan dengan paraben lain sehingga dapat meningkatkan aktivitas antibakteri. Konsentrasi metil paraben yang ditambahkan pada sediaan telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Tahun Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) melalui peraturan Nomor 23 Tahun 2019 tentang persyaratan teknis bahan kosmetik menjelaskan bahwa penggunaan bahan pengawet seperti metilparaben dan propilparaben dalam produk kosmetik memiliki batas tertentu. Metilparaben dan propilparaben hanya boleh digunakan maksimal 0,4% untuk satu jenis bahan pengawet, dan jika digunakan secara campuran, totalnya tidak boleh melebihi 0,8%. (Mustapa *et al.*, 2024; Febriyanti, 2024).

5. Propil Paraben

Propil paraben ialah bahan berwujud kristal bening atau serbuk putih tanpa bau. Zat ini mudah larut dalam aseton, cukup mudah larut dalam etanol 95% (1 bagian dalam 1,1 bagian pelarut), juga larut dalam gliserin (1 dalam 250 bagian) dan propilen glikol (1 dalam 3,9 bagian). Namun, propil paraben hanya sedikit larut dalam air, yaitu sekitar 1 dalam 4350 bagian pada suhu 15°C dan 1 dalam 225 bagian pada suhu 80°C, nama lain dari propil paraben yaitu nipasol (Rowe, 2009). Propil paraben memiliki aktivitas antibakteri yang luas sehingga dapat digunakan sebagai pengawet dalam sediaan kosmetik, farmasi serta produk pangan. Propil

paraben juga dapat digabungkan dengan paraben lain sebagai antibakteri. Propilparaben tidak mampu bekerja dengan baik apabila dicampur surfaktan nonionik. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) melalui peraturan Nomor 23 Tahun 2019 tentang persyaratan teknis bahan kosmetik menjelaskan bahwa penggunaan bahan pengawet seperti metilparaben dan propilparaben dalam produk kosmetik memiliki batas tertentu. Metilparaben dan propilparaben hanya boleh digunakan maksimal 0,4% untuk satu jenis bahan pengawet, dan jika digunakan secara campuran, totalnya tidak boleh melebihi 0,8% (Mustapa *et al.*, 2024; Febriyanti, 2024).

6. Aquadest

Aquades merupakan cairan yang bersifat murni dengan rumus kimia H_2O . Aquades merupakan hasil dari penyulingan sehingga bebas dari zat pengotor yang banyak dijumpai pada laboratorium untuk membersihkan alat-alat yang terdapat dalam laboratorium. Kandungan mineral yang terdapat dalam aquades sangat sedikit. Aquades digunakan sebagai pelarut dalam pembuatan masker. Bahan ini dapat digunakan sebagai pelarut pada sediaan masker karena tidak beracun, tidak berbahaya serta bersifat netral. Aquades pada sediaan masker dapat membuat kulit terasa dingin dan segar (Khotimah *et al.*, 2018).

2.9 Uji Mutu Fisik

Uji mutu fisik pada sediaan masker wajah gel *peel-off* dilakukan untuk memastikan kualitas produk yang baik, stabil selama penyimpanan, serta nyaman dan aman digunakan oleh konsumen (Aditama *et al.*, 2024). Uji-uji yang dilakukan mencakup pemeriksaan organoleptik, homogenitas, pH, waktu mengering, daya lekat, dan daya sebar.

1. Uji Organoleptik

Tujuan dari uji ini ialah untuk menilai sifat fisik masker yang dapat diamati seperti warna, aroma, serta bentuk. Warna dan bau harus tetap konsisten sepanjang masa simpan (Mulyani *et al.*, 2023).

2. Uji Homogenitas

Tujuan dari uji ini ialah untuk memastikan campuran bahan dalam sediaan merata secara fisik tanpa terdapat endapan atau gumpalan. Sediaan yang baik harus homogen sehingga masker gel *peel-off* yang dihasilkan dapat terdistribusi merata dan produk layak serta mutunya terjamin (Mulyani *et al.*, 2023).

3. Uji pH

Nilai pH masker diukur dengan pH meter untuk menentukan tingkat keasaman yang sesuai dengan kulit, yakni antara 4,5 hingga 6,5. pH yang ideal penting untuk menjaga keseimbangan asam-basa kulit dan meminimalkan risiko iritasi karena jika pH terlalu asam bisa menyebabkan iritasi kulit, sedangkan jika terlalu basa bisa membuat kulit mengelupas (Nofriyanti *et al.*, 2022).

4. Uji Daya Lekat

Tujuan dari uji ini ialah untuk mengukur seberapa kuat masker dapat menempel pada kulit selama proses pengeringan dan kemudahan pelepasan tanpa menimbulkan rasa sakit atau iritasi. Metode yang digunakan adalah menekan dan mengangkat masker dari permukaan, kemudian dicatat waktu atau gaya tarik untuk melepaskannya. Syarat daya lekat yang baik yaitu berada pada rentang lebih dari 1 detik (Rakmadhani *et al.*, 2023).

5. Uji Daya Sebar

Daya sebar mengindikasikan sejauh mana masker mampu menyebar merata pada permukaan kulit yang berhubungan dengan kenyamanan pemakaian. Uji ini dilakukan dengan cara memberi beban standar pada sampel masker yang diletakkan di atas permukaan datar kemudian mengukur diameter penyebarannya, Nilai daya sebar gel yang baik yaitu antara 5-7 cm (Putriani *et al.*, 2022).

6. Uji Waktu Mengering

Uji waktu mengering pada masker gel *peel off* dilakukan guna mengetahui seberapa lama masker tersebut bisa mengering di permukaan kulit hingga terbentuk lapisan tipis seperti film. Pengujian waktu mengering dilakukan dengan mengoleskan masker pada kulit kemudian mengukur waktu yang

diperlukan masker untuk mengering membentuk film yang elastis dan dapat dikelupas. Waktu mengering yang ideal adalah antara 15 sampai 30 menit agar proses pengelupasan masker efektif dan nyaman (Sari *et al.*, 2023).

7. Uji Stabilitas

Tujuan dari uji ini ialah untuk memastikan bahwa produk tetap mempertahankan kualitas dan kinerja yang diinginkan selama periode penyimpanan (Salman *et al.*, 2023). Uji stabilitas sediaan gel *peel-off* dilakukan dengan menyimpan produk pada suhu kamar yang berkisar antara 20 hingga 27°C selama periode 21 hari dan dilakukan pengamatan untuk menilai perubahan yang terjadi pada sediaan. Pengamatan yang dilakukan meliputi sifat organoleptis, pH, uji daya sebar, daya lekat dan waktu mengering. Pengamatan-pengamatan ini dilakukan pada hari ke 1, 7, dan 21 selama periode penyimpanan, untuk semua formulasi gel *peel-off* yang diuji (Safitri & Jhanna, 2024).

2.10 Analisis Data

2.10.1 Statistik Parametrik

Statistik parametrik ialah metode analisis statistik yang mengasumsikan bahwa data populasi berdistribusi normal dan memiliki variansi yang seragam. Untuk dapat menggunakan teknik ini, data yang dianalisis harus memenuhi asumsi normalitas (Sihombing, 2022).

A. Uji *One Way ANOVA*

Uji *One Way ANOVA* ialah metode statistik parametrik yang dipergunakan untuk membandingkan rerata lebih dari dua kelompok data dan merupakan pengembangan dari uji-t. Tujuan utamanya adalah untuk mengetahui terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok-kelompok tersebut. Uji ini bekerja dengan membandingkan variasi antar kelompok dengan variasi dalam kelompok untuk menentukan apakah perbedaan yang terjadi diakibatkan oleh faktor perlakuan atau hanya karena faktor acak. Bila hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai signifikansi (p) tidak melebihi dari 0,05, maka hipotesis nol (H_0) ditolak, yang maknanya terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok yang diuji. Sebaliknya, jika nilai F hitung lebih kecil

dari F tabel, maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antar kelompok, sehingga sampel-sampel tersebut dianggap mewakili populasi yang sama (Nainggolan *et al.*, 2025; Rahayu, 2020).

B. Uji *Repeated ANOVA*

Uji *Repeated ANOVA* ialah uji statistik yang digunakan untuk membandingkan rerata dari satu kelompok yang sama, tetapi diukur beberapa kali pada waktu atau keadaan yang berbeda. Tujuannya adalah untuk melihat apakah ada perubahan yang signifikan dari waktu ke waktu akibat perlakuan tertentu. Bila hasil uji menunjukkan nilai $p < 0,05$, Maknanya ada perbedaan signifikan antar waktu pengukuran, ataupun perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil (Sulistyarini *et al.*, 2023).

C. Uji Regresi Linear

Uji regresi linear yakni metode statistik yang digunakan untuk melihat hubungan antara dua variabel, yaitu variabel bebas (X) serta variabel terikat (Y). Tujuannya untuk mengetahui seberapa besar pengaruh X terhadap Y serta memprediksi nilai Y jika nilai X berubah. Jika nilai $p < 0,05$, maknanya terdapat hubungan antara X dan Y signifikan atau X berpengaruh nyata terhadap Y (Seltman, 2018).

2.10.2 Statistik Nonparametrik

Statistik nonparametrik ialah pendekatan analisis statistik yang tidak mengharuskan data mengikuti distribusi normal maupun memiliki variansi homogen. Teknik ini sangat berguna untuk data yang tidak memenuhi asumsi parametrik, seperti data ordinal atau data dengan distribusi tidak normal (Maryadi, 2020).

A. Uji *Kruskal-Wallis*

Uji *Kruskal-Wallis* pertama kali dikembangkan oleh W.H. Kruskal dan Wallis pada tahun 1952. Uji ini digunakan untuk membandingkan lebih dari dua kelompok sampel yang tidak saling berhubungan. Metode ini biasanya digunakan jika kita ingin mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan antara tiga atau lebih kelompok data yang bersifat bebas satu sama lain. Uji

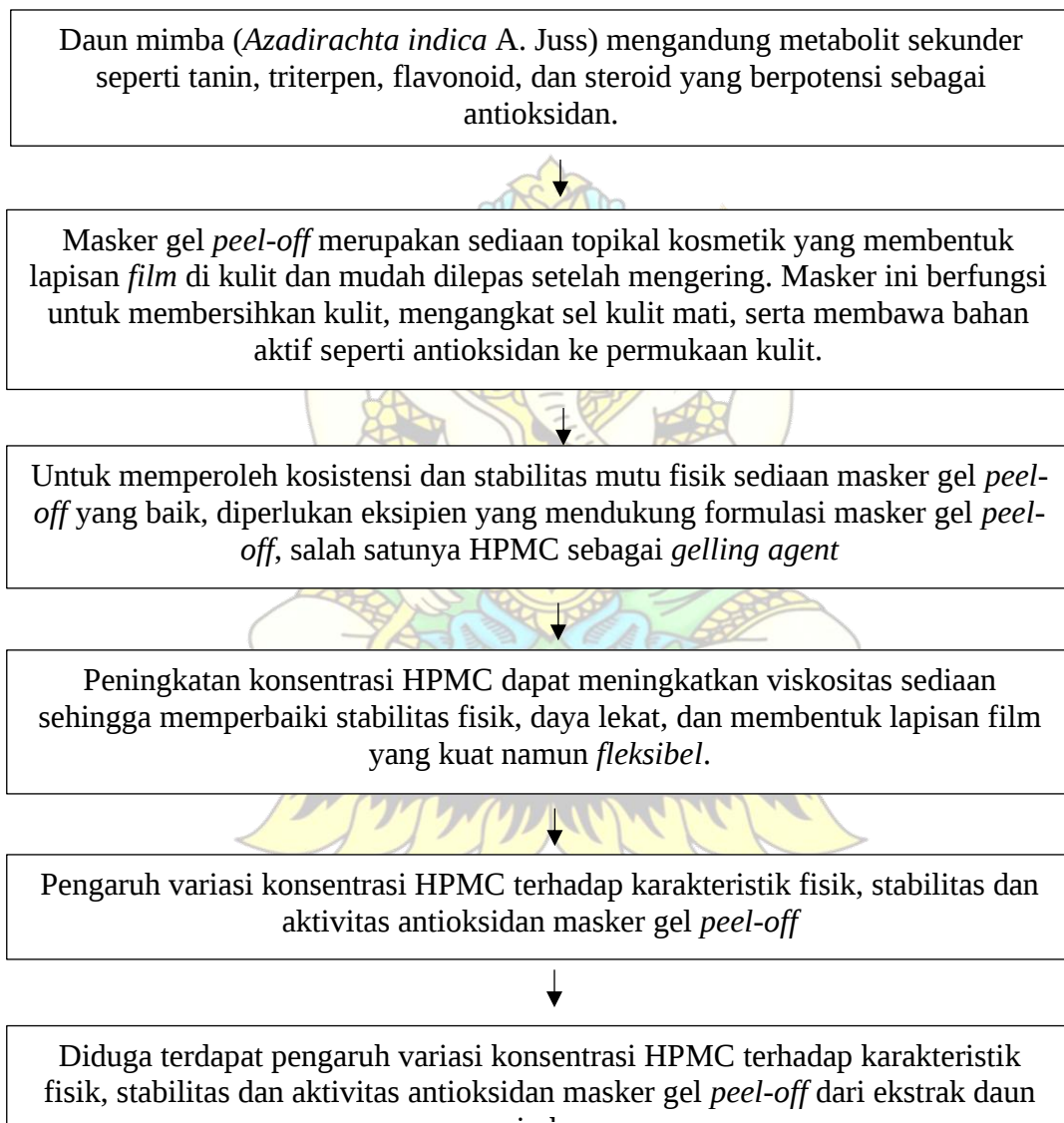
ini digunakan ketika data tidak memenuhi syarat analisis parametrik, seperti data yang tidak berdistribusi normal atau varians antar kelompok yang tidak sama. Selain itu, sampel yang digunakan dalam uji ini harus bersifat acak dan saling independent (Quraissy & Hasni, 2021). Langkah-langkah dalam uji ini dilakukan dengan cara memberi urutan atau peringkat pada semua data dari setiap kelompok. Setelah itu, rata-rata peringkat dari masing-masing kelompok dibandingkan untuk melihat apakah ada perbedaan di antara mereka. Bila hasil perhitungan memperlihatkan nilai p lebih kecil dari batas kesalahan yang telah ditetapkan ($p < \alpha$), maka dapat dikatakan bahwa perbedaan antara kelompok-kelompok tersebut bersifat signifikan atau nyata (Jan & Shieh, 2025).

B. Uji Friedman

Uji Friedman ialah metode nonparametrik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan antara tiga atau lebih kelompok data yang diukur secara berulang. Uji ini sangat berguna dalam pengujian yang melibatkan desain berulang tanpa harus memenuhi asumsi distribusi normal dan mengetahui apakah perlakuan yang berbeda memberikan efek yang berbeda secara signifikan. Setiap hasil pengamatan dari kelompok diberi peringkat (ranking) dalam setiap blok atau perlakuan. Setelah itu, hasil peringkat tersebut dibandingkan untuk melihat apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar kelompok. Tingkat signifikansi yang umum digunakan adalah 0,05. Artinya, jika nilai Chi-Square hitung (X^2 hitung) lebih besar atau sama dengan nilai Chi-Square tabel (X^2 tabel), maka hipotesis nol (H_0) ditolak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok yang diuji (Na'imah & Rohmaniah, 2020).

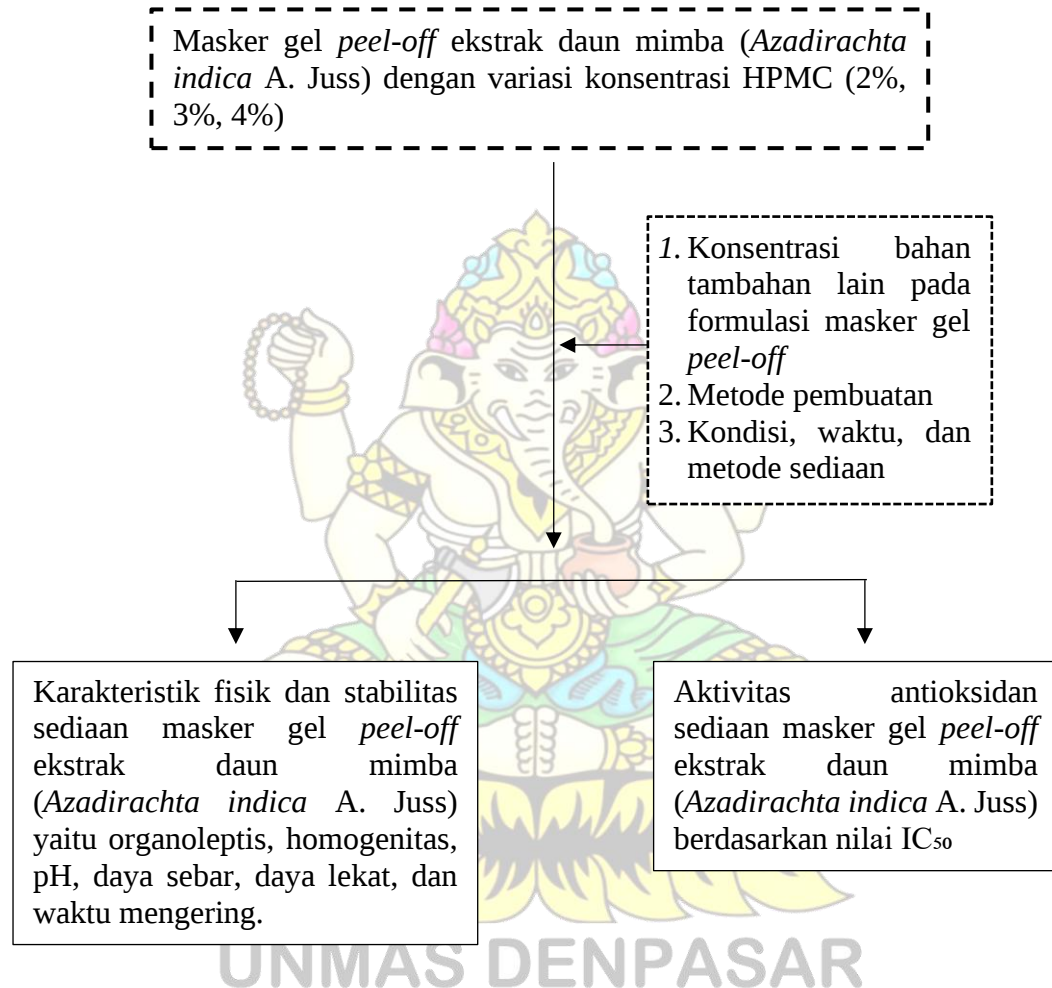
2.11 Kerangka Konseptual

2.11.1 Kerangka Teori



Gambar 2. 3 Kerangka Teori

2.11.2 Kerangka Konsep



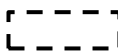
Keterangan:



: Variabel terikat



: Variabel kontrol



: Variabel bebas

Gambar 2. 4 Kerangka Konsep

2.12 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu:

1. Diduga variasi konsentrasi HPMC berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik fisik dan stabilitas masker gel *peel-off* ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.).
2. Diduga variasi konsentrasi HPMC berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan masker gel *peel-off* ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica* A. Juss.) yang diukur berdasarkan nilai IC_{50} .

