BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tumbuhan Matoa (*Pometia pinnata)*



Gambar 1. Tumbuhan Matoa
(*Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2025*)

Pometia pinnata (famili Sapindaceae), atau yang populer dikenal dengan nama matoa, merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan yang menjadi identitas flora khas Papua. Tanaman ini tumbuh secara liar di hutan-hutan Papua pada kisaran elevasi dataran rendah hingga sekitar 1.200 meter di atas permukaan laut (mdpl). Sebagai tanaman yang toleran terhadap berbagai kondisi lingkungan, distribusi geografis matoa cukup luas dan tidak terbatas pada wilayah Papua saja. Di Indonesia, tanaman ini juga tersebar di berbagai wilayah lainnya, seperti Maluku, Sulawesi, Kalimantan, dan Jawa, dengan batas ketinggian mencapai

±1.400 mdpl. Secara internasional, keberadaan matoa tercatat di beberapa negara tropis lainnya, antara lain Malaysia, Papua New Guinea, serta Australia bagian tropis (Yana Yuli, 2022).

Sebagai negara dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi, Indonesia memiliki beragam spesies tanaman buah yang berpotensi dikembangkan, termasuk matoa. Di samping memiliki nilai ekonomi yang dihasilkan dari buahnya, tanaman ini juga menarik perhatian dalam bidang pengembangan obat tradisional. Penelitian terkini mengungkapkan bahwa matoa mengandung senyawa bioaktif penting, seperti flavonoid, tanin, dan saponin. Kandungan metabolit sekunder tersebut berkontribusi signifikan terhadap aplikasi etnofarmasi, sehingga membuka peluang pengembangan matoa sebagai sumber bahan baku obat-obatan tradisional (Putri dkk., 2023).

2.1.1 Taksonomi Tumbuhan Matoa

Kingdom : Plantae

Divisi : Trapcheophyta

Subdivisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Sapindales

Famili : Sapindaceae

Genus : Pometia

Spesies : *Pometia pinnata* (Yana, 2022)

2.1.2 Morfologi Tumbuhan Matoa

Pometia pinnata J.R. dan G.Forst (famili Sapindaceae), atau matoa, merupakan flora ikonik Papua dengan klasifikasi tumbuhan dikotil yang tergolong dalam ordo Sapindales. Tanaman ini memiliki sistem perakaran tunggang yang berwarna coklat dan mampu menembus permukaan tanah secara vertikal, terutama pada pohon berusia puluhan tahun (BPTP Papua, 2014). Batang matoa (Pometia pinnata) memiliki struktur berkambium, tumbuh tegak dengan ketinggian mencapai 20–40 meter dan diameter hingga 1,8 meter. Bentuk batangnya silindris, berwarna putih kecokelatan, serta permukaan yang kasar, yang merupakan ciri khas dari spesies ini (Khairunnisa dkk., 2025). Percabangannya membentuk pola simpodial yang bercabang banyak dan simetris, menciptakan tajuk rindang yang khas.

Matoa berdaun majemuk berseling dengan 4-12 pasang anak daun yang tersusup berselang-seling. Helaian daun berbentuk jorong dengan panjang 30-40 cm dan lebar 8-15 cm, memiliki tekstur tebal dan kaku dengan ujung meruncing (*acuminatus*), pangkal tumpul (*obtusus*), serta tepi rata. Pertulangan daun menyirip (*pinnate*) dengan permukaan halus dan alur pada bagian pertulangan. Warna daun muda berwarna merah cerah yang berubah menjadi hijau tua seiring pertambahan umur, dengan tangkai daun utama berwarna coklat kehijauan yang dapat mencapai panjang lebih dari 1 meter (BPTP Papua, 2014).

Bunga matoa tersusun dalam infloresensia majemuk berbentuk corong di ujung batang dengan tangkai bulat pendek berwarna hijau. Kelopak bunga hijau sedangkan mahkota terdiri dari 3-4 helai berbentuk pita berwarna kuning dengan benang sari putih pendek dan berjumlah banyak (BPTP Papua, 2014). Buah matoa

(Pometia pinnata) memiliki bentuk bulat hingga agak lonjong, dengan panjang sekitar 5–6 cm dan diameter 1–3 cm. Kulit buahnya licin dan berwarna hijau kekuningan muda hingga coklat kemerahan saat matang. Daging buah berwarna putih transparan, bertekstur lembek hingga kenyal, serta mengandung biji bulat berwarna coklat muda (Santini dkk., 2023). Terdapat dua varietas utama di Papua, yaitu matoa kelapa (daging kenyal) dan matoa papeda (daging lembek lengket).

2.1.3 Manfaat Tumbuhan Matoa (*Pometia pinnata)*

Tanaman matoa (*Pometia pinnata*) memiliki beragam manfaat farmakologis yang berasal dari kandungan metabolit sekundernya, seperti flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, terpenoid, serta vitamin A, C, dan E. Senyawa-senyawa tersebut berperan penting sebagai antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas dan meningkatkan sistem imun. Aktivitas antioksidan pada berbagai bagian tanaman, terutama kulit batang dan daun, menunjukkan nilai IC50 yang kuat berada pada kisaran 45–72 ppm, menandakan kapasitas antioksidan yang tinggi. Kandungan vitamin C dalam kulit buah dan buah matoa juga berperan sebagai donor elektron untuk menetralisir radikal bebas sehingga melindungi sel tubuh dari kerusakan oksidatif (Rahmah dkk., 2021).

Ekstrak matoa juga terbukti memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan. Berbagai bagian seperti daun, kulit batang, dan kulit buah mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*) maupun Gram negatif (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumoniae*). Senyawa flavonoid, tanin, saponin, dan alkaloid bekerja dengan merusak dinding sel bakteri, menghambat sintesis protein, serta

mengganggu permeabilitas membran sel. Beberapa penelitian menunjukkan diameter zona hambat ekstrak daun matoa dapat mendekati efektivitas antibiotik standar seperti ampisilin atau kloramfenikol, sehingga berpotensi dikembangkan sebagai agen antibakteri alami (Safira dkk., 2025).

Kulit buah matoa juga memiliki aktivitas biologis yang kuat. Ekstrak etanol dan aseton kulit buah menunjukkan aktivitas antibakteri dan antioksidan yang tinggi berkat kandungan polifenol dan vitamin C yang melimpah. Serbuk kulit buah matoa yang diformulasikan sebagai effervescent bahkan menghasilkan nilai IC50 sebesar 71,92 ppm, termasuk kategori antioksidan kuat. Senyawa fenolik dalam kulit buah bertindak sebagai penangkap radikal bebas sekaligus mendukung peningkatan imunitas tubuh melalui stimulasi produksi interferon (Rahmah dkk., 2021).

Secara keseluruhan, tanaman matoa memiliki manfaat luas sebagai sumber antioksidan, antibakteri, serta agen peningkat imun tubuh. Potensi bioaktif ini berasal dari berbagai metabolit sekunder yang tersebar pada hampir seluruh bagian tanaman. Dengan sifat farmakologis yang luas dan didukung oleh banyak penelitian, matoa berpotensi besar dikembangkan sebagai bahan baku fitofarmaka dan produk kesehatan berbasis bahan alam Indonesia (Safira dkk., 2025).

2.1.4 Kandungan Kimia Tumbuhan

Tanaman matoa merupakan salah satu tanaman Indonesia yang memiliki kandungan fitokimia cukup kompleks sehingga memberikan banyak peluang pemanfaatan di bidang kesehatan. Berdasarkan hasil identifikasi fitokimia,

diketahui bahwa sebagian besar bagian tanaman ini, seperti daun, kulit batang, kulit buah, dan bijinya, mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, fenol, polifenol, alkaloid, saponin, terpenoid, steroid, dan kumarin. Senyawa-senyawa tersebut berperan sebagai dasar terbentuknya aktivitas farmakologis matoa, mulai dari antioksidan hingga antimikroba. Flavonoid dan fenolik, misalnya, berfungsi dalam menetralisir radikal bebas, sedangkan alkaloid dan triterpenoid mendukung aktivitas antibakteri dan penghambatan enzim α-glukosidase (Rahmawati dkk., 2021).

Setiap bagian tanaman matoa memiliki karakteristik kandungan kimia yang berbeda sehingga memberikan aktivitas biologis yang juga beragam. Daun matoa mengandung kombinasi alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan steroid yang berkontribusi pada aktivitas antioksidan dan antimikroba. Kulit batangnya mengandung senyawa flavonoid, tanin, saponin, dan triterpenoid yang diketahui memiliki aktivitas kuat sebagai antioksidan dan antimikroba. Bagian biji memiliki konsentrasi polifenol yang cukup tinggi, sehingga berperan dalam mekanisme antidiabetes melalui penghambatan α-glukosidase. Bahkan, dari ekstrak diklorometana kulit batang matoa telah berhasil diisolasi senyawa steroid yang menunjukkan potensi sitotoksik kuat dan dapat diarahkan untuk penelitian lebih lanjut sebagai agen antikanker (Rahmawati dkk., 2021).

Kandungan kimia yang sangat beragam, tanaman matoa menunjukkan potensi yang luas untuk dikembangkan sebagai bahan obat alami. Kandungan flavonoid, alkaloid, dan triterpenoid sebagai senyawa bioaktif utama menjadikan tanaman ini relevan untuk penelitian lanjutan dalam bidang farmasi, terutama dalam

pengembangan fitofarmaka. Hal ini memperkuat bahwa matoa bukan hanya tanaman konsumsi, tetapi juga memiliki nilai strategis sebagai sumber senyawa bioaktif yang bermanfaat dalam meningkatkan kesehatan (Rahmawati dkk., 2021).

Berdasarkan hasil penelitian Putri dkk., (2023) menunjukkan jenis flavonoid yang terdapat dalam ekstrak daun matoa berdasarkan subkelas sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan Senyawa Flavonoid Dalam Daun Matoa

Nama Senyawa	**Kelas**	**Berat molekul (m/z)**	**Peak area (%)**
Epigallocatechin	Flavonoid	306	2×10^3
Vanillin	Phenolic	150,9	6.4×10^{10}
p-hydroxybenzaldehyde	Phenolic acid	123,1	3.4
p-Coumaroyl glycolic acid	Phenolic acid	219	$1,6 \times 10^2$
Syringic acid	Phenolic acid	200	$3,1 \times 10^3$
Gallic acid	Phenolic acid	171,1 [6]	$6,5 \times 10^6$
Phenol	Phenolic	91,2	$5,2 \times 10^9$
Jasmonic acid	Organic compound	210	$1,2 \times 10^5$
Vanillic acid	Phenolic acid	170,1	$3,3 \times 10^7$
Tannin	Tannin	922	6,1
Apigenin 7-O-diglucuronide	Flavonoid	621,9	3,4
Benzene	Aromatic	77,2	$7,6 \times 10^9$

2.1.5 Aktivitas Tanaman Matoa (*Pometia pinnata*)

a. Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan tanaman matoa berasal dari kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, fenol, tanin, dan vitamin C yang terdapat pada daun, kulit batang, serta kulit buahnya. Senyawa-senyawa ini berperan sebagai donor hidrogen dan penangkap radikal bebas, sehingga mampu menghambat terjadinya stres oksidatif pada sel. Studi komprehensif menunjukkan bahwa ekstrak matoa, terutama yang menggunakan pelarut etanol, memiliki kapasitas antioksidan yang kuat melalui mekanisme stabilisasi radikal reaktif serta penghambatan reaksi oksidasi. Temuan ini menegaskan bahwa matoa merupakan kandidat potensial sebagai sumber antioksidan alami yang dapat digunakan dalam pengembangan fitoterapi (Safira dkk., 2025).

Penelitian lain yang memperkuat bahwa ekstrak kulit buah matoa memiliki nilai IC_{50} sebesar 71,92 ppm pada uji DPPH, yang termasuk dalam kategori aktivitas antioksidan kuat. Aktivitas ini sangat dipengaruhi oleh keberadaan polifenol, flavonoid, dan vitamin C yang tinggi pada kulit buah matoa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah kulit buah matoa memiliki prospek pengembangan sebagai bahan baku untuk produk pangan fungsional atau suplemen herbal dengan aktivitas antioksidan yang signifikan (Rahmah dkk., 2021).

b. Aktivitas Antibakteri

Tanaman matoa menunjukkan aktivitas antibakteri yang meluas terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Ekstrak daun matoa, terutama

menggunakan pelarut etanol, dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Klebsiella pneumoniae*. Aktivitas ini berkaitan dengan kandungan flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, serta terpenoid yang bekerja dengan merusak membran sel bakteri, mengganggu permeabilitas dinding sel, serta menghambat sintesis protein. Secara umum, daya hambat yang dihasilkan berada pada kategori sedang hingga kuat, tergantung konsentrasi dan jenis ekstrak yang digunakan, sehingga menunjukkan potensi matoa sebagai sumber senyawa antibakteri alami (Safira dkk., 2025).

Studi fitokimia LC-MS pada ekstrak etanol daun *Pometia pinnata* (matoa) menunjukkan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid, termasuk **quercetin, kaempferol,** dan **asam galat,** yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan antibakteri ekstrak tersebut (Putri dkk., 2023; Razoki, 2023). Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun matoa juga memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Streptococcus mutans*, dengan zona hambat sebesar 12 mm pada konsentrasi 25%, 12,5 mm pada konsentrasi 50%, dan 12,6 mm pada konsentrasi 75%; sementara formula nanopartikel ekstrak menghasilkan zona hambat 8–10,1 mm, mengindikasikan potensi aplikasi terhadap bakteri penyebab karies dan halitosis (Fahira dkk., 2023).

c. Aktivitas Antijamur

Ekstrak etanol daun matoa (Pometia pinnata J.R. & G.Forst) diketahui memiliki aktivitas antijamur yang berasal dari kandungan metabolit sekunder

seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan terpenoid. Senyawa-senyawa tersebut mampu menghambat pertumbuhan jamur melalui mekanisme kerusakan membran sel, peningkatan permeabilitas dinding sel, serta gangguan sintesis komponen sel jamur. Aktivitas antijamur ekstrak daun matoa telah diuji terhadap jamur Trichophyton mentagrophytes menggunakan metode difusi agar dan menunjukkan adanya zona hambat yang meningkat seiring peningkatan konsentrasi ekstrak. Pada konsentrasi 10%, 20%, dan 30%, ekstrak etanol daun matoa menghasilkan diameter zona hambat berturut-turut sebesar 23,05 mm, 24,86 mm, dan 25,05 mm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa daun matoa memiliki potensi sebagai sumber bahan alam antijamur yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk pengobatan infeksi jamur, termasuk kandidiasis yang disebabkan oleh *Candida albicans* (Sidoretno & Gustari, 2021).

Selain itu, aktivitas antijamur pada berbagai ekstrak daun yang mengandung flavonoid, tanin, saponin, dan alkaloid menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Candida albicans*. Senyawa flavonoid diketahui dapat merusak membran sel jamur dan menghambat pembentukan biofilm, sedangkan tanin berperan dalam menginaktivasi enzim serta mengganggu permeabilitas dinding sel jamur. Mekanisme tersebut mendukung potensi ekstrak daun matoa sebagai kandidat antijamur alami terhadap *Candida albicans* karena memiliki kandungan metabolit sekunder yang serupa (Abirami dkk, 2020).

d. Aktivitas Antimikroba Berbasis Nanopartikel

Formulasi nanopartikel berbahan dasar ekstrak daun matoa memberikan peningkatan signifikan pada efektivitas antimikroba. Ukuran partikel yang kecil memungkinkan penetrasi lebih efektif ke membran sel bakteri, sehingga aktivitas antibakteri dari senyawa bioaktif seperti flavonoid dan alkaloid dapat bekerja lebih maksimal. Dalam beberapa penelitian, nanopartikel ekstrak daun matoa menghasilkan zona hambat yang lebih luas dibandingkan ekstrak biasa dan pada beberapa kondisi mendekati efektivitas antibiotik kontrol seperti ampisilin. Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan ekstrak matoa dalam bentuk nanopartikel berpotensi menjadi agen antimikroba inovatif yang relevan dalam menghadapi meningkatnya resistensi antibiotik (Safira dkk., 2025).

e. Aktivitas Antidiabetes

Bagian biji dan kulit batang *Pometia pinnata* dilaporkan memiliki aktivitas antidiabetes melalui mekanisme penghambatan enzim α-glukosidase dan peningkatan sensitivitas reseptor insulin. Ekstrak etanol biji matoa kaya akan polifenol dan flavonoid yang berperan sebagai inhibitor kompetitif terhadap α-glukosidase, sehingga mampu menurunkan kecepatan absorpsi glukosa dan mencegah lonjakan glukosa postprandial. Selain itu, beberapa senyawa triterpenoid yang teridentifikasi dalam ekstrak kulit batang matoa menunjukkan efek hipoglikemik melalui peningkatan pemanfaatan glukosa di jaringan perifer. Aktivitas ini menunjukkan bahwa matoa berpotensi menjadi sumber agen antidiabetes alami yang efektif (Rahmawati dkk., 2021).

f. Aktivitas Antiinflamasi

Ekstrak daun dan kulit batang matoa mengandung flavonoid dan saponin yang memiliki kemampuan untuk menghambat proses inflamasi. Mekanisme antiinflamasi tersebut berkaitan dengan kemampuan flavonoid menekan jalur pensinyalan NF-κB dan menurunkan produksi mediator inflamasi seperti TNF-α dan IL-6. Aktivitas ini didukung oleh kehadiran tanin yang mampu menghambat aktivitas enzim proinflamasi dan mengurangi permeabilitas kapiler. Dengan demikian, ekstrak matoa memiliki potensi untuk dimanfaatkan pada kondisi peradangan akut maupun kronis (Rahmawati dkk., 2021).

g. Aktivitas Sitotoksik dan Antikanker

Beberapa penelitian melaporkan bahwa fraksi tertentu dari kulit batang matoa memiliki aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker. Senyawa steroid dan triterpenoid yang berhasil diisolasi dari ekstrak diklorometana kulit batang menunjukkan kemampuan menghambat proliferasi sel kanker melalui induksi apoptosis dan penghambatan siklus sel. Mekanisme ini terjadi melalui penurunan ekspresi protein antiapoptosis serta peningkatan regulasi protein proapoptosis pada lini sel kanker tertentu. Temuan ini mengindikasikan bahwa matoa memiliki prospek sebagai sumber senyawa antikanker dari bahan alam (Rahmawati dkk., 2021).

2.2 Ekstraksi

2.2.1 Definisi Eksraksi

Ekstraksi merupakan tahapan fundamental dalam kajian fitokimia untuk memperoleh senyawa bioaktif dari bahan alam melalui proses pemisahan berbasis perbedaan polaritas antara pelarut dan komponen kimia yang terkandung dalam matriks tanaman. Proses ini berlangsung hingga tercapai kondisi kesetimbangan, yaitu ketika konsentrasi senyawa terlarut pada fase pelarut telah stabil dan tidak lagi terjadi perpindahan massa secara signifikan dari jaringan tanaman ke pelarut. Setelah proses ekstraksi selesai, tahap berikutnya adalah pemisahan pelarut dari sampel melalui penyaringan untuk memperoleh ekstrak kasar. Namun, ekstrak kasar tersebut umumnya masih berupa campuran kompleks yang terdiri dari berbagai metabolit primer dan sekunder dengan karakteristik kimia sangat beragam. Kompleksitas ini menyebabkan isolasi senyawa tunggal tidak dapat dilakukan hanya dengan satu metode pemisahan. Oleh karena itu, diperlukan proses lanjutan berupa fraksinasi, yaitu pemisahan ekstrak berdasarkan perbedaan polaritas, kelarutan, atau ukuran molekul untuk menghasilkan fraksi-fraksi yang lebih sederhana sehingga mempermudah proses pemurnian senyawa target pada tahap isolasi selanjutnya (Mukhriani, 2014).

Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian bahan alam sangat beragam, antara lain maserasi, perkolasi, sokletasi, refluks, distilasi uap, hingga teknik modern seperti microwave-assisted extraction (MAE) dan ultrasound-assisted extraction (UAE). Pemilihan metode yang tepat sangat bergantung pada sifat kimia, stabilitas, dan polaritas senyawa bioaktif yang ingin diperoleh.

Misalnya, sokletasi menggunakan pemanasan kontinu dalam jangka waktu lama dengan suhu mendekati titik didih pelarut, sehingga kurang direkomendasikan untuk senyawa termolabil karena paparan panas yang berulang dapat menyebabkan degradasi struktur kimianya. Sebaliknya, metode seperti maserasi atau MAE lebih aman untuk senyawa sensitif terhadap panas karena dapat meminimalkan kerusakan termal dan mempertahankan integritas komponen bioaktif dalam ekstrak. Pertimbangan tersebut menunjukkan bahwa proses ekstraksi harus dilakukan dengan pendekatan selektif dan berbasis karakteristik senyawa agar hasil yang diperoleh optimal serta memiliki aktivitas biologis yang tetap stabil (Ramadhani, 2025).

2.2.2 Jenis Ekstraksi

a. Maserasi

Maserasi merupakan salah satu teknik ekstraksi konvensional yang paling banyak digunakan dalam penelitian bahan alam karena prosedurnya sederhana dan tidak memerlukan pemanasan, sehingga cocok untuk senyawa-senyawa yang bersifat termolabil. Pada metode ini, simplisia direndam dalam pelarut yang sesuai pada suhu ruang dalam wadah tertutup untuk mencegah kehilangan pelarut akibat penguapan. Selama perendaman, dilakukan pengadukan secara berkala untuk meningkatkan proses difusi senyawa aktif dari matriks tanaman ke dalam pelarut. Setelah mencapai waktu ekstraksi yang ditentukan, larutan ekstrak kemudian dipisahkan melalui penyaringan dan pelarutnya dapat diuapkan kembali menggunakan penguapan vakum (rotary evaporator) untuk memperoleh ekstrak kental. Efektivitas maserasi sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter penting,

termasuk suhu selama proses, lamanya waktu perendaman, serta jenis dan polaritas pelarut yang digunakan, karena ketiga faktor tersebut menentukan efisiensi transfer massa dan kelarutan senyawa target (Bitwell dkk., 2023; Fakhruzy, 2020)

b. Perkolasi

Perkolasi merupakan teknik ekstraksi secara kontinu yang banyak digunakan dalam pembuatan sediaan ekstrak cair seperti tincture dan ekstrak ethanolik. Proses ini dilakukan dengan melewatkan pelarut secara konstan melalui serbuk tanaman yang telah diatur kepadatannya dalam sebuah perkolator. Pelarut baru yang mengalir dari bagian atas akan melarutkan senyawa aktif dalam tanaman, kemudian keluar sebagai ekstrak jernih dengan konsentrasi senyawa lebih stabil. Ukuran partikel simplisia menjadi faktor kritis dalam metode ini; serbuk yang terlalu halus dapat menyebabkan sumbatan pada saluran perkolator dan menghasilkan ekstrak yang keruh akibat terikutnya partikel koloid. Oleh karena itu, ukuran partikel harus diatur pada tingkat tertentu agar pelarut dapat mengalir optimal dan menghasilkan ekstrak yang berkualitas tinggi (Bitwell dkk., 2023).

c. Soxhletasi (Sokletasi)

Sokletasi merupakan teknik ekstraksi berkesinambungan yang menggunakan pelarut panas untuk meningkatkan efisiensi ekstraksi dan rendemen senyawa aktif. Pada metode ini, sampel ditempatkan dalam thimble, kemudian pelarut dipanaskan hingga menguap dan mengalir ke kondensor. Setelah mengalami kondensasi, pelarut menetes kembali ke dalam thimble, mengekstraksi senyawa aktif secara berulang hingga ruang ekstraksi penuh dan pelarut kembali

tersifon ke labu dasar. Siklus tersebut terus berulang sehingga memungkinkan proses pelindian berlangsung lebih efektif tanpa harus mengganti pelarut secara manual. Penggunaan pemanasan membuat metode ini sangat efisien untuk senyawa yang stabil terhadap panas, namun tidak cocok bagi senyawa yang mudah terdegradasi pada suhu mendekati titik didih pelarut (Bitwell dkk., 2023).

d. Digesti (Infus dan Dekokta)

Digesti merupakan metode ekstraksi dengan pelarut panas yang menghasilkan larutan encer dari senyawa aktif yang mudah larut, terutama senyawa polar seperti fenolik, tanin, dan glikosida. Pada proses ini, simplisia direndam dalam pelarut mendidih umumnya air dan kemudian dibiarkan dalam keadaan tertutup selama sekitar 15 menit agar senyawa aktif dapat terlarut secara optimal. Teknik ini meliputi dua bentuk utama, yaitu infus (penyeduhan pada suhu mendidih dalam waktu singkat) dan dekokta (perebusan simplisia selama beberapa menit). Meskipun metode digesti efektif untuk pengekstrakan cepat, teknik ekstraksi lain seperti perkolasi sering dianggap lebih efisien karena aliran pelarut yang kontinu mampu menghasilkan ekstrak dengan kadar senyawa aktif lebih konsisten dan tidak mengalami degradasi akibat pemanasan yang terlalu lama (Bitwell dkk., 2023).

2.3 Jamur

Jamur ialah mikroorganisme berbentuk sel atau benang bercabang. Mikroorganisme ini memiliki dinding sel yang kaku dan tersusun atas polisakarida atau kitin, memiliki nukleosis dan spora, tidak berklorofil dan berkembang biak secara seksual dan aseksual. Tubuh jamur pada dasarnya terdiri atas dua bagian

yaitu miselium dan spora. Miselium terdiri atas kumpulan filamen-filamen yang disebut dengan hifa. Sama halnya dengan bakteri, jamur tertentu juga merupakan flora normal dalam tubuh, ketika tubuh lemah jamur dapat berubah menjadi lebih patogen. Infeksi yang disebabkan oleh jamur disebut mikosis (Wattimena 1990, dalam Munawwaroh 2016).

2.3.1 Penggolongan Jamur

Jamur dibagi kedalam dua kelompok utama yaitu: khamir dan kapang.

a. Khamir (Ragi)

Merupakan mikroorganime bersel tunggal yang dapat diidentifikasi dari bentuk, ukuran dan warnanya. Bentukdari sel ini biasanya lonjing, bulat atau memanjang yang berkembangbiak dengan membentuk tunas dan membentuk koloni yang baah dan berlendir. ukuran dari khamir erkisar antara 1-5 μm lebarnya dan panjangnya 5-30 μm, warna khamir jika dilihat dari mikroskop yaitu krem pucat atau seperti buram (Gandahusada dkk., 2004).

b. Kapang

Merupakan mikroorganisme bersel banyak berbentuk seperti serbuk dengan kapas atau sepertibenang-benang halus. Struktur kapang terdiri atass benang-benang sel panjang yang dihubungkan bersama dari ujung ke ujung yang disebut hyfa. Hyfa ada yang memiliki dinding penyekat yang disebut hyfa 25 bersepta dan yang tidak mempunyai penyekat disebut hifa senosit. Hyfa bisa bersifat sebagai hyfa vegetatif yang berfungsi mengambil makanan untuk pertumbuhan, hyfa reproduktif yang berperan dalaam

pembentukan spora, dan hyfa udaara yang berfungssi untuk mengmbil oksigen (Gandahusada dkk., 2004).

2.3.2 *Candida albicans*

Jamur *Candida albicans* secara makroskopis berbentuk bulat, lonjong atau bulat lonjong. Koloninya pada medium padat sedikit menimbul dari permukaan medium, dengan permukaan halus, licin atau berlipat-lipat, berwarna putih kekuningan dan berbau ragi (Indrayati & Sari, 2018). *Candida albicans* merupakan jamur yang mudah berkembang pada iklim tropis karena pertumbuhan jamur *Candida albicans* terdapat pada suhu 25-37°C, tetapi jamur *Candida albicans* juga dapat tumbuh pada iklim dingin (Angraeni dkk, 2019).

Candida albicans sering dideskripsikan sebagai jamur dimorfik yang memiliki kemampuannya untuk tumbuh dalam dua bentuk yang berbeda yaitu sebagai sel tunas yang akan berkembang menjadi blastospora dan menghasilkan kecambah yang akan membentuk hifa semu. Perbedaan bentuk ini tergantung pada faktor eksternal yang mempengaruhinya. *Candida albicans* memiliki pertumbuhan yang cepat yaitu sekitar 48-72 jam dengan pertumbuhan optimum pada pH antara 2,5-7,5 dan temperatur berkisar 20°C-38°C. Kemampuan *Candida albicans* tumbuh pada suhu 37°C, sedangkan spesies yang patogen akan tumbuh secara mudah pada suhu 25°C-37°C dan spesies yang cenderung saprofit kemampuan tumbuhnya menurun pada temperatur yang semakin tinggi. *Candida albicans* dapat tumbuh baik pada media padat, tetapi kecepatan pertumbuhannya lebih tinggi pada

media cair. Pertumbuhan juga lebih cepat pada kondisi asam dibandingkan dengan pH normal atau alkali (Hartini, 2017).

2.3.2.1 Klasifikasi *Candida albicans*

Klasifikasi *Candida albicans* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi

Phylum : *Ascomycota*

Subphulum : *Saccharamycotina*

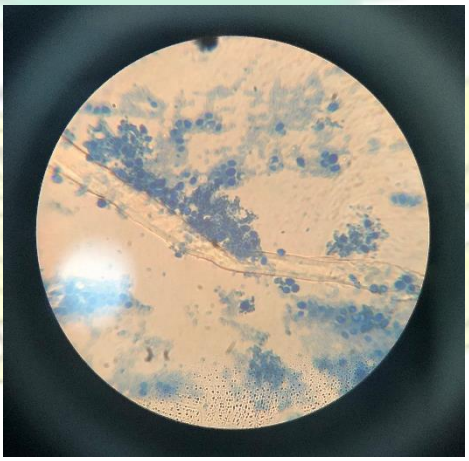
Class : *Saccharamycetes*

Ordo : *Saccharamycetales*

Family : *Saccharomycetaceae*

Genus : *Candida*

Spesies : *Candida albicans* (Hartini, 2017)



Gambar 2. Hasil Pengamatan Mikroskopis *Candida albicans* ATCC 14053

2.3.2.2 Morfologi *Candida albicans*

Candida albicans memiliki bentuk lonjong bertunas daan menghasilkan pseudomisellium dalam biakan, jaringan dan eksudat. *Candida albicans* memiliki ukuran 2-3 mm x 4-6 mm. *Candida albicans* merupakan anggota flora normal 26 selaput lendir, saluran pernafasan, saluran pencernaan, dan genitalia wanita. *Candida albicans* dapat melakukan invasi dalam aliran darah, trombofiebitis, endokarditas atau infeksi pada mata dan organ lain. *Candida albicans* mampu meragikan glukosa dan maltosa, menghasilkan asam dan gas, tidak bereaksi dengan laktosa. *Candida albicans* dapat dibedakan dengan cara peragian dengan sifat koloni dan morfologi koloni (Jawetz dkk, 1986). *Candida albicans* dikembangbiakkan secara invitro pada media SDA (Sabouraud Dextrose Agar) atau PDA (Potatoes Dexstrose Agar) selama 2-4 hari pada suhu 37°C atau suhu ruang. Besar koloni jamur ini tergantung pada umur biakan. Bagian tepi koloni *Candida albicans* berupa hifa semu sebagai benang-benang halus yang masuk ke dalam media, pada media cair biasanya tumbuh pada dasar tabung (Dumilah, 1992).

2.3.2.3 Patogenesis *Candida albicans*

Menurut Komariah dan Sjam (2012) tahapan patogenesis *Candida albicans* dalam rongga mulut terbagi menjadi tiga tahapan yaitu:

1. Tahap Akuisisi

   Tahap akuisisi merupakan proses di mana sel-sel jamur memasuki rongga mulut. Biasanya, tahap ini terjadi melalui makanan dan minuman yang dikonsumsi dan mengandung kontaminasi jamur *Candida albicans*.

2. Tahap Stabilitas Pertumbuhan

   Tahap stabilitas pertumbuhan adalah fase lanjutan di mana *Candida albicans* yang telah memasuki rongga mulut akan menetap, berkembang, dan membentuk populasi di dalamnya. Saliva dalam rongga mulut yang terus-menerus bergerak menyebabkan *Candida albicans* dapat tertelan bersama dengan saliva dan keluar dari mulut. Tahap ini merupakan tahap awal dari potensi terjadinya infeksi. Faktor lain yang mempengaruhinya yaitu penggunaan gigi palsu dan kebersihan rongga mulut.

3. Tahap Perlekatan (adesi) dan Penetrasi

   Tahap perlekatan (adesi) dan penetrasi adalah fase di mana terjadi interaksi antara sel *Candida albicans* dengan sel host. Proses penetrasi ke dalam sel inang dipengaruhi oleh kemampuan *Candida albicans* untuk menempel pada sel inang, merusaknya, dan masuk ke dalamnya. Infeksi yang disebabkan oleh *Candida albicans* dapat bertahan lebih lama karena enzim fosfolipase yang dimiliki oleh jamur *Candida albicans*. Penetrasi yang terus-menerus dapat menyebabkan iritasi dan luka lokal yang menjadi pintu masuk bagi jamur untuk menginfeksi mulut.

2.4 Sariawan

Sariawan atau pseudomembranous candidiasis (Thrush) merupakan infeksi pada rongga mulut yang menjadi habitat sejumlah besar spesies. mikroorganisme yang hidup berdampingan satu sama lain sebagai mikrobiota normal. Terdapat lebih dari 20 spesies candida yang menyebabkan oportunistik, *Candida albicans* adalah jamur yang umum terjadi pada individu sehat. *Candida albicans* umumnya

merupakan flora normal yang dapat ditemukan dalam rongga mulut yang sehat pada konsentrasi rendah. Sariawan atau pseudomembranous candidiasis (Thrush) adalah infeksi oportunistik yang disebabkan oleh pertumbuhan jamur permukaan dalam jumlah banyak. Biasanya dijumpai pada lidah, mukosa rongga mulut, dan palatum lunak (Williams & Lewis, 2011).

2.4.1 Pengobatan Sariawan

Terapi untuk sariawan atau *kandidiasis pseudomembranosa (Thrush)* melibatkan dua jenis terapi utama. Terapi kausatif melibatkan pemberian antifungi dalam bentuk suspensi oral atau tablet nystatin dan ketokonazole. Selain itu, terapi paliatif atau simptomatik dilakukan dengan memberikan obat antiinflamasi topikal, seperti benzydiamine HCl, sebagai obat kumur 5 ml larutan tiga kali sehari. Benzydiamine ini juga dapat digunakan sebagai anestesi topikal untuk meredakan rasa sakit atau ketidaknyamanan pada area sariawan. Semakin akut kondisi sariawan, pasien dapat diberikan terapi suportif, termasuk pemberian multivitamin seperti vitamin B kompleks, vitamin C, vitamin E, dan seng (Williams & Lewis, 2011).

2.5 Antijamur

Antijamur adalah zat yang berkhasiat yang digunakan untuk mengatasi penyakit yang disebabkan oleh jamur. Pada umumnya suatu senyawa dikatakan sebagai zat antijamur apabila senyawa tersebut mampu menghambat pertumbuhan jamur. Agen antijamur bekerja dengan cara menyebabkan kerusakan dinding sel, perubahan permeabilitas sel, perubahan molekul protein dan asam nukleat,

penghambatan kerja enzim, atau penghambatan sintesis asam nukleat dan juga protein. Kerusakan pada salah satu daerah tersebut dapat menyebabkan matinya sel jamur (Pelezar dan Chan, 1988).

2.5.1 Mekanisme Kerja Antijamur

Mekanisme penghambatan antijamur yaitu (Pelezar dan Chan, 1988):

a. Kerusakan pada dinding sel

   Dinding sel adalah pelindung bagi sel dan berperan dalam proses fisiologi tertentu. Strukturnya dapat dirusak dengan cara menghambat pembentukan dinding sel atau mengubah bentuk dinding sel tersebut.

b. Perubahan permeabilitas sel

   Membran sitoplasma mempertahankan bahan-bahan tertentu di dalam sel serta selektif mengatur aliran keluar-masuknya zat antara sel dengan daerah luarnya. Membran memelihara intergritas komponen-komponen seluler. Membran sitoplasma merupakan situs beberapa reaksi enzim. Kerusakan pada membran sitoplasma akan meyebabkan terhambatnya pertumbuhan sel atau matinya sel jamur.

c. Perubahan molekul protein dan asam nukleat

   Suatu sel hidupnya tergantung pada terdapatnya molekul-molekul protein dan asam nukleat pada membran alamiahnya. Perubahan protein dan asam nukleat dapat merusak sel tanpa bisa diperbaiki kembali. Suhu dan konsentrasi tinggi beberapa zat kimia dapat menyebabkan terjadinya denaturasi komponen komponen seluler yang vital pada jamur.

d. Penghambatan sintesis asam nukleat dan protein

DNA, RNA, dan protein berperan sangat penting di dalam proses kehidupan normal sel. Jadi, gangguan apapun yang terjadi pada pembentukan DNA, RNA, dan protein pada jamur akan memyebabkan kerusakan total pada sel jamur (Pelczar dan Chan, 1988).

Ada banyak faktor dan keadaan yang bisa mempengaruhi aktivitas antimikroba dalam menghambat atau membunuh organisme patogen. Hal ini harus dipertimbangkan agar zat antimikroba yang digunakandapat bekerja dengan efektif. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas zat antimikroba menurut Pelczar (1988) yaitu :

a. Konsentrasi Zat Antimikroba

Semakin tinggi konsentrasi suatu zat antimikroba akan semakin tinggi pula daya antimikrobanya, artinya mikroba akan lebih cepat terbunuh jika konsentrasi zat antimikrobanya lebih tinggi

b. Jumlah Mikroorganisme

Semakin banyak jumlah mikroorganisme maka akan semakin membutuhkan waktu yang lama untuk membunuhnya

c. Suhu

Suhu yang tinggi dapat meningkatkan keefektifan disinfektan. Hal ini dikarenakan suatu zat kimia dapat merusak mikroorganisme melalui reaksi kimia. Reaksi kimia daapat dipercepat dengan menaikkan suhu

d. Spesies Mikroorganisme

Spesies mikroorganisme menunjukkan ketahanan yang berbeda- beda terhadap suatu bahan kimia tertentu

e. Keasaman atau Kebasahan (pH)

Mikroorganisme yang tumbuh pada pH asam akan lebih mudah dibunuh pada kondisi suhu yang rendah dan dengan waktu yang singkat jika dibandingkan dengan mikroorganisme yang tumbuh pada pH basa.

Davis dan Stout mengklasifikasikan aktivitas penghambatan berdasarkan diameter zona hambat sebagai berikut (Simatupang dkk., 2017):

1. Zona hambat 20 mm atau lebih dikategorikan sangat kuat.
2. Zona hambat 11-20 mm dikategorikan kuat.
3. Zona hambat 5-10 mm dikategorikan sedang.
4. Zona hambat 5 m atau kurang dikategorikan lemah.

2.5.2 Uji Aktivitas Antijamur

Uji antijamur bertujuan untuk mengukur respon pertumbuhan populasi mikroorganisme terhadap agen antimikroba. Tujuan dari uji antimikroba adalah untuk memperoleh suatu sistem pengobatan yang efektif dan efisien. Uji aktivitas antimikroba yang sering digunakan antara lain yaitu metode dilusi dan difusi (Pratiwi, 2008).

2.5.2.1 Metode Dilusi

a. Metode Dilusi Cair

Metode ini mengukur KHM (kadar hambat minimum) dan KBM (kadar bunuh minimum). Metode yang dilakukan adalah dengan membuat seri pengenceran agen antimikroba pada medium cair yang ditambahkan mikroba uji. Penetapan KHM berdasarkan kejernihan larutan uji dengan kadar terkecil tanpa adanya pertumbuhan mikroba uji. Larutan yang ditetapkan sebagai KHM tersebut kemudian dikultur ulang pada media cair tanpa penambahan mikroba uji. Media cair yang jernih setelah inkubasi ditetapkan sebagai KBM (Pratiwi, 2008).

b. Metode Dilusi Padat

Metode ini sama dengan metode dilusi cair, tetapi menggunakan media padat (solid). Keuntungan metode ini yaitu satu agen antimikroba yang diuji dapat digunakan untuk menguji beberapa mikroba uji (Pratiwi, 2008).

2.5.2.2 Metode Difusi

Metode difusi agar atau disebut juga tes Kirby & Bauer dibagi menjadi tiga metode yaitu: metode lubang (sumuran), metode gores silang, dan metode cakram (Pratiwi, 2008).

a. Metode Lubang/ Perforasi

Jamur uji yang usianya 18-24 jam disuspensikan ke dalam media agar pada suhu sekitar 45°C. Suspensi jamur kemudian dituangkan kedalam cawan petri steril.setelah agar memadat, dibuat lubang-lubang (sumuran) dengan diameter

6 mm kemudian dimasukkan larutan yang akan diuji aktivitasnya sebanyak 20 µL dan diinkubasi pada suhu 370 C selama 18-24 jam. Aktiitas antijamur dapat dilihat dari daerah yang jernih yang mengelilingi lubang perforasi (Pratiwi, 2008).

b. Metode Gores Silang

Kertas saring di celupkan kedalam larutan zat yang akan diuji, kemudian diletakkan diatas permukaan agar padat. Selanjutnya digores dengan suspensi fungi konsentrasi 90% pada agar melalui kertas saringnya, diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 370C. Aktivitas antijamur dapat dilihat melalui daeah yang terlihat bening yang tidak ditumbuhi jamur dekat kertas saring (Pratiwi, 2008).

c. Metode Kertas Cakram

Kertas cakram dicelupkan kedalam larutan zat yang akan diuji sejumlah volum tertentu dengan kadar tertentu pula. Kertas cakram diletakkan di atas permukaan agar padat yang telah dituangkan jamur uji sebelumya. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 2 sampai hari. Aktivitas antijamur dapat dilihat dari daerah hambat di sekeliling kertas cakram (Pratiwi, 2008).

2.6 *Edible film*

2.6.1 Pengertian Edible film

Edible film didefinisikan sebagai lapisan tipis berbahan biopolimer alami, seperti polisakarida, protein, atau lipid, yang bersifat dapat dimakan serta mampu terurai secara biologis tanpa meninggalkan residu berbahaya. Pemanfaatan biopolimer dalam *Edible film* didasarkan pada sifatnya yang aman, non-toksik, dan

kompatibel dengan sistem pangan, sekaligus memiliki kemampuan membentuk lapisan film yang stabil. Selain itu, *Edible film* berfungsi sebagai penghalang terhadap perpindahan massa yang tidak diinginkan, seperti difusi oksigen, uap air, serta penguapan senyawa volatil dari produk pangan, sehingga berperan dalam menjaga stabilitas fisik dan kimia pangan (Dirpan dkk., 2023).

Selain sifatnya yang dapat dimakan, *Edible film* juga memiliki fungsi protektif yang signifikan. Lapisan ini mampu bertindak sebagai penghalang fisik terhadap uap air, oksigen, cahaya, dan kontaminan mikrobiologis yang dapat mempercepat proses kerusakan pangan. Dengan kemampuannya memodifikasi kondisi mikro di permukaan produk, *Edible film* tidak hanya berperan sebagai kemasan pasif, tetapi juga sebagai sistem *active packaging* yang dapat memperpanjang umur simpan, mempertahankan kualitas organoleptik, serta meningkatkan keamanan produk pangan (Yemenicioğlu, 2024).

Perkembangan terkini menunjukkan bahwa *Edible film* tidak hanya difungsikan sebagai pelindung, tetapi juga diarahkan menjadi sistem kemasan aktif yang mampu membawa senyawa bioaktif tertentu. *Edible film* dapat diformulasikan dengan komponen antimikroba, antioksidan, maupun zat nutrisi, sehingga berkontribusi langsung terhadap peningkatan nilai fungsional produk pangan. Karakteristik ini membedakan *Edible film* dari kemasan plastik konvensional yang bersifat pasif dan hanya berfungsi sebagai pelindung fisik. Oleh karena itu, *Edible film* dipandang sebagai teknologi pengemasan yang adaptif terhadap tuntutan konsumen modern akan produk yang aman, sehat, alami, dan ramah lingkungan (Yemenicioğlu, 2024).

Secara aplikatif, *Edible film* dapat digunakan dalam dua bentuk utama, yaitu edible coating yang diaplikasikan langsung pada permukaan produk melalui teknik pencelupan atau penyemprotan, serta *Edible film* berupa lembaran mandiri yang berfungsi menyerupai kemasan fleksibel. Kedua bentuk ini memiliki tujuan yang sama, yakni mempertahankan kelembapan, menunda oksidasi lipid, serta meminimalkan kerusakan fisik pada produk pangan segar maupun olahan. Selain itu, sifat biodegradabilitas *Edible film* menjadikannya alternatif yang berkelanjutan dibandingkan plastik sintetis, karena mampu terurai secara alami tanpa menghasilkan polutan mikroplastik, sehingga mendukung upaya pengurangan limbah plastik global (Khan, 2024; Coatings Review, 2022).

2.6.2 Jenis – Jenis *Edible film*

Edible film dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan polimer pembentuk film (film former) menjadi beberapa kategori utama, yaitu *Edible film* berbasis polisakarida, protein, lipid, komposit, dan polimer sintetik (Han, 2020). Klasifikasi ini didasarkan pada sumber bahan baku dan sifat fungsional yang ditimbulkan oleh matriks polimer utama.

1. *Edible film* Berbasis Polisakarida

Edible film berbasis polisakarida merupakan jenis yang paling banyak dikembangkan karena ketersediaan melimpah, biaya relatif murah, dan sifat fisik yang mudah dimodifikasi. Polisakarida yang umum digunakan meliputi kitin, kitosan, pati, selulosa dan turunannya, pektin, alginat, karragenan, dan gum (Campos dkk., 2011). Film jenis ini memiliki sifat transparansi yang baik,

permeabilitas terhadap oksigen rendah, serta resistensi terhadap lemak dan minyak, namun umumnya bersifat hidrofilik sehingga memiliki permeabilitas uap air yang tinggi (Han, 2020). Untuk mengatasi kelemahan tersebut, polisakarida sering dikombinasikan dengan lipid atau protein untuk meningkatkan resistensi terhadap kelembaban (Campos dkk., 2011).

2. *Edible film* Berbasis Protein

Edible film berbasis protein dibuat dari sumber protein hewani atau nabati seperti gelatin, whey protein, casein, albumin telur, kolagen, soy protein, dan zein (Gennadios dkk., 1994). Film protein memiliki sifat pembentuk film yang sangat baik, menghasilkan film yang transparan, fleksibel, dan memiliki kekuatan mekanik tinggi (Han, 2020). Kelebihan utama film berbasis protein adalah kemampuannya membentuk ikatan silang melalui reaksi enzimatis, kimiawi, atau panas, sehingga sifat barrier dan mekaniknya dapat diperbaiki (Gennadios dkk., 1994). Namun, film protein juga sensitif terhadap kelembaban dan rentan terhadap mikroorganisme, sehingga memerlukan penambahan pengawet atau modifikasi (Rowe dkk., 2009).

3. *Edible film* Berbasis Lipid

Edible film berbasis lipid menggunakan bahan-bahan seperti lilin beeswax, lilin karnauba, asam lemak, gliserida, acetylated monogliserida, dan resin shellac (Bourlieu dkk., 2009). Film jenis ini memberikan resistensi yang sangat baik terhadap transmisi uap air karena sifat hidrofobiknya, sehingga cocok untuk aplikasi pengemasan produk dengan kadar air tinggi (Han, 2020). Namun, film lipid umumnya tidak transparan, memiliki sifat mekanik yang lemah, dan permeabilitas

oksigen yang tinggi, sehingga jarang digunakan sebagai film mandiri (Bourlieu dkk., 2009). Pada aplikasi praktis, lipid biasanya diinkorporasikan ke dalam matriks polisakarida atau protein untuk menghasilkan film komposit dengan sifat barrier yang optimal (Rowe dkk., 2009).

4. *Edible film* Komposit

Edible film komposit mengkombinasikan dua atau lebih komponen polimer (polisakarida-protein, polisakarida-lipid, atau protein-lipid) untuk memanfaatkan kelebihan masing-masing komponen dan mengkompensasi kelemahannya (Han, 2020). Film komposit menunjukkan sifat barrier yang superior terhadap uap air, oksigen, dan lipida dibandingkan film tunggal (Campos dkk., 2011). Pembentukan film komposit dapat dilakukan melalui teknik layer-by-layer, emulsi, atau pencampuran langsung untuk menghasilkan film bilayer atau multicomponent film (Gennadios dkk., 1994). Pendekatan ini memungkinkan pengembangan *Edible film* dengan sifat fungsional yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik produk pangan atau farmasi (Han, 2020).

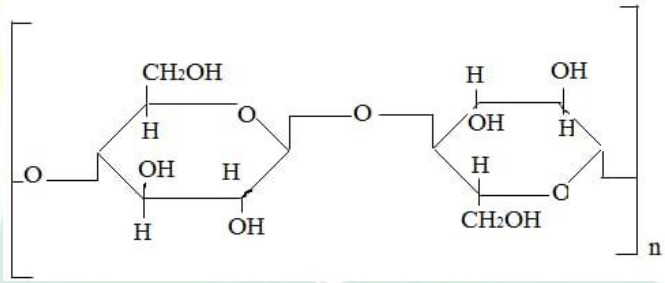
5. *Edible film* Berbasis Polimer Sintetik

Untuk aplikasi farmasi dan nutraceutical, *Edible film* sering menggunakan polimer sintetik yang food-grade dan pharmaceutical-grade seperti polivinil alkohol (PVA), polivinilpirolidon (PVP), dan polietilen oksida (PEO) (Pratiwi dan Tobi, 2023). Polimer sintetik ini memberikan sifat mekanik yang superior, keseragaman yang tinggi, dan kontrol pelepasan zat aktif yang lebih presisi dibandingkan polimer alami (Rowe dkk., 2009). PVA merupakan pilihan utama karena sifatnya yang tidak

beracun, biokompatibel, dan mampu membentuk film dengan kekuatan tarik tinggi serta transparansi optis yang baik (Nisar dkk., 2021). Kombinasi polimer sintetik dengan bahan alami seperti ekstrak tumbuhan memungkinkan pengembangan *Edible film* dengan sifat fisik optimal dan aktivitas biologik terhadap patogen (Pratiwi dan Tobi, 2023).

2.6.3 Preformulasi

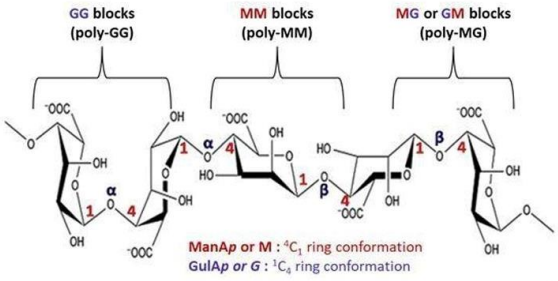
1. Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC)



Gambar 3. Struktur Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC)

Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) merupakan polimer semi-sintetik turunan selulosa yang bersifat hidrofilik, biodegradable, dan mampu membentuk lapisan film yang transparan serta fleksibel sehingga banyak digunakan pada formulasi *Edible film* (Sapper & Chiralt, 2018). HPMC berfungsi sebagai polimer pembentuk matriks film yang mampu meningkatkan kekuatan mekanik, stabilitas, dan kemampuan penghalang terhadap uap air pada *Edible film* (Vieira dkk., 2011). Selain itu, HPMC memiliki kemampuan membentuk film homogen dengan karakteristik elastis dan mudah larut dalam air sehingga sering digunakan dalam pengembangan edible coating maupun *Edible film* pangan (Ayranci & Tunc, 2011).

2. Sodium Alginat

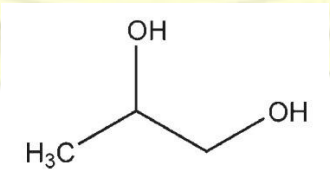


Gambar 4. Struktur Sodium Alginat

(Abka-Khajouei dkk., 2022)

Sodium alginat merupakan polimer alami golongan polisakarida yang diperoleh dari rumput laut coklat (*brown algae*) dan memiliki kemampuan membentuk gel serta film yang baik pada formulasi *Edible film* (Lee & Mooney, 2012). Sodium alginat berfungsi sebagai pembentuk matriks film yang mampu menghasilkan *Edible film* dengan sifat mekanik yang baik, transparan, biodegradable, dan memiliki kemampuan mempertahankan kelembapan (Rhim, 2004). Pada formulasi *Edible film*, sodium alginat sering dikombinasikan dengan plasticizer untuk meningkatkan elastisitas dan mengurangi sifat rapuh film (Syarifuddin dkk., 2025).

3. Propilen Glikol

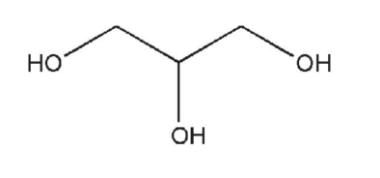


Gambar 5. Struktur Propilen Glikol

(Rowe dkk., 2009).

Propilen glikol merupakan cairan jernih, tidak berwarna, higroskopis, dan mudah larut dalam air yang banyak digunakan sebagai plasticizer dalam formulasi *Edible film* (Rowe dkk., 2009). Sebagai plasticizer, propilen glikol bekerja dengan mengurangi gaya tarik antar rantai polimer sehingga meningkatkan fleksibilitas, elastisitas, dan daya regang film (Han, 2020). Penambahan propilen glikol pada *Edible film* dapat meningkatkan mobilitas rantai polimer serta mengurangi sifat rapuh pada film berbasis HPMC maupun polisakarida lainnya (Kumar dkk., 2022).

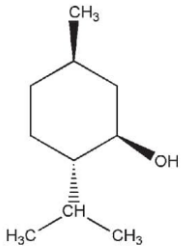
4. Gliserin



Gambar 6. Struktur Gliserin
(Rowe dkk., 2009).

Gliserin atau gliserol merupakan senyawa cair kental, tidak berwarna, dan bersifat higroskopis yang umum digunakan sebagai plasticizer pada *Edible film* (Vieira dkk., 2011). Gliserin bekerja dengan menyisip di antara rantai polimer dan membentuk interaksi hidrogen sehingga mampu meningkatkan fleksibilitas, elastisitas, dan kelembutan *Edible film* serta mengurangi sifat rapuh pada matriks polimer (Han, 2020). Penggunaan gliserin pada *Edible film* berbasis alginat, karagenan, maupun pati diketahui mampu memperbaiki sifat mekanik dan meningkatkan kemampuan peregangan film (Larasati dkk., 2024).

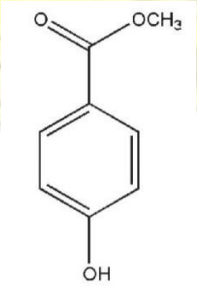
5. Mentol



Gambar 6. Struktur Kimia Mentol
(Rowe dkk., 2009).

Mentol adalah senyawa monoterpenoid yang diperoleh dari minyak mint dan berfungsi sebagai perasa (flavoring agent) yang memberikan sensasi rasa dingin dan menyegarkan (Kementerian Kesehatan RI, 2014). Mentol ditambahkan dalam *Edible film* untuk meningkatkan kenyamanan penggunaan terutama jika film digunakan di rongga mulut, serta memiliki sifat antimikroba ringan yang dapat memberikan efek sinergis dengan zat aktif antibakteri lainnya (Rowe dkk., 2009). Mentol juga dapat berfungsi sebagai penetration enhancer yang meningkatkan absorpsi zat aktif melalui jaringan oral (Han, 2020).

6. Nipagin (Methyl Paraben)



Gambar 7. Struktur Nipagin (Methyl Paraben)
(Rowe dkk., 2009).

Nipagin (methyl paraben) merupakan ester dari asam p-hidroksibenzoat yang banyak digunakan sebagai pengawet antimikroba dalam sediaan farmasi dan pangan, termasuk formulasi *Edible film* . Nipagin bekerja dengan menghambat pertumbuhan mikroorganisme, terutama bakteri dan jamur, melalui gangguan terhadap sistem enzim dan permeabilitas membran sel mikroba, sehingga mampu memperlambat proses kerusakan mikrobiologis selama penyimpanan (Rowe dkk., 2009; Han, 2020). Penggunaan nipagin dalam konsentrasi rendah dilaporkan efektif dalam mempertahankan stabilitas mikrobiologis sediaan serta dinilai aman untuk aplikasi pangan apabila digunakan sesuai dengan batas yang direkomendasikan dalam peraturan yang berlaku (Kementerian Kesehatan RI, 2014).

7. Akuades

Akuades adalah air suling yang berfungsi sebagai pelarut atau medium pendispersi untuk melarutkan atau mendispersikan semua komponen dalam formulasi *Edible film* (Rowe dkk., 2009). Akuades memiliki kepolaran yang tinggi sehingga mampu melarutkan polimer PVA, PEG 400, sukrosa, dan garam paraben, serta mendispersi ekstrak kental dan mentol (Han, 2020). Penggunaan akuades sebagai pelarut utama memastikan homogenitas campuran dan membantu proses pencetakan film melalui metode casting (Pratiwi dan Tobi, 2023).