

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Matoa

2.1.1 Taksonomi Tanaman Matoa

Divisi : Tracheophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Sapindales

Famili : Sapindaceae

Genus : *Pometia*

Spesies : *Pometia pinnata* J.R. & G.Forst. (Yana, 2022).

2.1.2 Morfologi Tanaman Matoa

Tanaman matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G.Forst.) adalah flora endemik Indonesia yang tumbuh subur di Papua daerah tropis dengan curah hujan tinggi hingga ±1200 mdpl. Matoa termasuk famili Sapindaceae dengan batang silindris putih keabuan, akarnya kuat terdiri dari akar tunggang dan akar papan yang menopang pohon besar berkanopi lebar. Daun matoa merupakan daun majemuk berseling dengan 4–12 pasang anak daun berwarna merah muda dan hijau tua saat dewasa, bentuk daunnya jorong, kaku, dan runcing, kerimbunan daun mendukung fotosintesis dan melindungi dari sinar matahari (Pasaribu, 2021).



Gambar 1. Tumbuhan Matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G.Forst.)
(Tehuayo *et al.*, 2023).

2.1.2.1 Bagian Vegetatif

A. Akar

Akar tanaman matoa merupakan akar tunggang berwarna coklat dengan permukaan kasar dan sistem perakaran kuat bercabang banyak. Akar ini mampu menembus tanah hingga lapisan dalam, berfungsi menopang pohon yang besar serta menyerap air dan unsur hara dari tanah bagian bawah (Tehuayo *et al.*, 2023).

B. Batang

Batang tanaman matoa berbentuk silindris, tumbuh tegak berwarna coklat keputihan dengan permukaan kasar akibat lentisel, diameternya dapat mencapai 1,8 meter dan tingginya 20–40 meter. Batang yang besar dan kokoh berfungsi menopang tajuk lebat, sedangkan kekasaran permukaannya disebabkan aktivitas kambium dan pembentukan sel gabus pada kulit batang (Tehuayo *et al.*, 2023).

C. Daun

Daun tanaman matoa merupakan daun majemuk menyirip yang tersusun berseling dengan 4–12 pasang anak daun, daun muda berwarna merah cerah dan

berubah hijau tua saat menua. Anak daun berbentuk lonjong berujung runcing, bertepi sedikit berombak, dan berpermukaan halus, ukurannya sekitar 30–40 cm panjang dan 6–15 cm lebar, dengan tulang daun menyirip serta helaian tebal dan kaku sebagai adaptasi terhadap iklim tropis lembap (Tehuayo *et al.*, 2023).

2.1.2.2 Bagian Generatif

A. Bunga

Bunga tanaman matoa merupakan bunga majemuk yang tumbuh di ujung batang dalam bentuk malai atau tandan, bunganya kecil menyerupai corong dengan warna merah, hijau, atau kuning, dan permukaan halus, tiap bunga memiliki tangkai hijau, kelopak berambut halus, serta putik bertangkai dengan pangkal putih membulat. Bunga matoa bersifat hermafrodit karena memiliki benangsari dan putik dalam satu bunga, dengan periode pembungaan biasanya berlangsung sekali setahun pada bulan Juli hingga Oktober (Tehuayo *et al.*, 2023).

B. Buah

Buah matoa berbentuk bulat hingga lonjong dengan panjang sekitar 5–6 cm, saat muda berwarna hijau dan berubah menjadi merah kehitaman saat matang, kulitnya halus dan licin, dengan daging buah putih kekuningan bertekstur lembek menyerupai rambutan atau kelengkeng. Buah matoa beraroma khas dan bercita rasa manis perpaduan antara rambutan, kelengkeng, dan durian. Berdasarkan teksturnya, matoa terdiri dari dua jenis: Matoa Kelapa, yang dagingnya kenyal dan mudah lepas dari biji, serta Matoa Papeda, yang lebih lembek dan lengket (Tehuayo *et al.*, 2023).

2.1.3 Kandungan Kimia

Hasil uji fitokimia memperlihatkan bahwa ekstrak etanol dari kulit batang dan daun matoa mengandung beragam senyawa metabolit sekunder, antara lain alkaloid, flavonoid, glikosida, saponin, tanin, steroid, serta triterpenoid. Dari senyawa-senyawa tersebut, flavonoid, tanin, dan saponin tergolong dalam kelompok senyawa fenolik yang memiliki peranan penting sebagai agen antibakteri alami (Rahmawati, 2021).

Berdasarkan hasil penelitian Putri *et al.*, (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	$6,4 \times 10^{10}$
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	$6,5 \times 10^6$
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	$7,6 \times 10^9$

2.1.4 Bioaktivitas Tanaman Matoa

Menurut penelitian Risna (2023) ekstrak etanol daun matoa memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan konsentrasi 1%, 1,5% dan 2% yaitu 12,36 mm, 13,26 mm, 13,63 mm, mengacu pada kriteria daya hambat menurut Davis dan Stout (1971), sangat kuat (zona bening >20 mm), kuat (zona bening 10-20 mm), sedang (zona bening 5-10 mm) dan lemah (zona bening <5), aktivitas antibakteri yang dihasilkan masuk dalam kategori kuat. Penelitian lain dari Yusuf (2024) menunjukkan bahwa ekstrak terpurifikasi daun matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G. Forst.) dengan konsentrasi 1%, 1,5%, dan 2% dapat diformulasikan dalam bentuk sediaan gel, di mana aktivitas antibakterinya terhadap *Staphylococcus aureus* dikategorikan sedang pada formula 1 dengan zona hambat $9,93 \pm 0,48$ mm, serta meningkat menjadi kategori kuat pada formula 2 dengan zona hambat $10,34 \pm 0,223$ mm dan formula 3 sebesar $10,82 \pm 0,367$ mm. Ukuran diameter zona hambat yang terbentuk dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai potensi aktivitas senyawa bioaktif yang terdapat dalam ekstrak daun matoa, semakin besar zona hambat yang muncul, menunjukkan bahwa senyawa bioaktif tersebut memiliki kemampuan yang lebih kuat dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

2.2 Ekstraksi

2.2.1 Defenisi Ekstraksi

Ekstraksi dalam farmasi dan bahan alam adalah proses pemisahan senyawa aktif dari matriks tumbuhan atau bahan padat menggunakan pelarut yang sesuai. Tahapannya meliputi penetrasi pelarut, pelarutan senyawa aktif, difusi keluar dari

matriks, dan pengumpulan larutan ekstrak. Efisiensi proses ini dipengaruhi oleh ukuran partikel, rasio pelarut terhadap padatan, suhu, dan lama ekstraksi (Zhang *et al.*, 2018).

2.2.2 Metode Ekstraksi

Metode ekstraksi umumnya terbagi menjadi dua, yaitu ekstraksi konvensional (maserasi, perkolasi, refluks, sokhlet) dan ekstraksi modern atau terasisted (ultrasonik, microwave, cairan bertekanan). Metode konvensional memanfaatkan perendaman atau pemanasan dengan volume pelarut besar dan waktu lama, sedangkan metode modern lebih efisien karena membutuhkan waktu dan pelarut lebih sedikit, meski memerlukan peralatan khusus (Abubakar dan Haque, 2020).

2.2.2.1 Ekstraksi Cara Dingin

A. Maserasi

Maserasi adalah metode ekstraksi dengan merendam bahan yang telah digerus dalam pelarut pada suhu ruang hingga senyawa aktif larut. Metode ini sederhana dan cocok untuk senyawa sensitif terhadap panas, namun memerlukan waktu lama dan menghasilkan ekstrak lebih sedikit dibanding metode berbasis panas (Osorio-Tobón 2020).

B. Perkolasi

Perkolasi adalah metode ekstraksi di mana pelarut dialirkan terus-menerus melalui bahan padat dalam perkolator, sehingga senyawa aktif larut secara bertahap.

Metode ini lebih efisien daripada maserasi, namun tetap membutuhkan volume pelarut besar dan waktu relatif lama (Zhang *et al.*, 2018)

2.2.2.2 Ekstraksi Cara Panas

A. Reflux

Ekstraksi refluks dilakukan dengan memanaskan campuran bahan dan pelarut sehingga pelarut menguap lalu terkondensasi kembali untuk terus bersentuhan dengan bahan padat. Sirkulasi pelarut panas ini membuat ekstraksi lebih cepat dan efisien, namun berisiko menyebabkan degradasi pada senyawa yang sensitif terhadap panas (Zhang *et al.*, 2023).

B. Sokletasi

Metode Soxhlet menggunakan alat khusus di mana pelarut menguap, menetes melalui bahan padat dalam thimble, lalu kembali ke wadah secara berulang. Proses siklik ini memungkinkan kontak pelarut maksimal dan menghasilkan ekstraksi lebih sempurna, namun memerlukan waktu lama serta suhu tinggi yang dapat merusak senyawa sensitif (Osorio-Tobón 2020).

C. Infusa

Infundasi merupakan metode ekstraksi dengan pelarut air, pada waktu proses infusdasi berlangsung, temperatur pelarut air harus mencapai suhu 90°C selama 15 menit (Fernanda, 2019).

D. Dekokta

Dekokta dilakukan dengan merebus bahan padat seperti akar, kulit kayu, atau biji dalam pelarut (umumnya air) selama waktu tertentu untuk melarutkan senyawa aktif yang memerlukan panas tinggi, metode ini cocok untuk senyawa tahan panas

dan penggunaan tradisional, namun dapat merusak senyawa sensitif terhadap panas serta menghasilkan residu lebih kompleks (Jibhkate *et al.*, 2023).

2.3 Kulit

Kulit merupakan organ terbesar dan terluar tubuh manusia dengan luas sekitar 2 m², berfungsi melindungi tubuh dari lingkungan luar. Struktur kulit terdiri atas beberapa lapisan jaringan serta kelenjar keringat dan sebacea yang menjaga kelembapan, mengeluarkan sisa metabolisme, dan melindungi dari gesekan, tekanan, mikroorganisme, serta bahan kimia. Kulit juga berperan sebagai indra peraba, pengatur suhu, tempat pembentukan vitamin D, serta penyimpanan lemak dan air. Seiring usia, produksi kolagen dan sebum menurun sehingga kulit menjadi kering dan berkeriput, sehingga perawatan kulit diperlukan untuk menjaga kesehatan, fungsi, dan penampilannya (Maharani, 2019)

2.3.1 Struktur Kulit



Gambar 2. Struktur Kulit

(Lotfollahi, 2024)

Kulit merupakan sistem integumen yang berperan sebagai organ terbesar tubuh manusia, melapisi seluruh permukaan luar dengan luas sekitar dua meter persegi dan berat sekitar 4,5 hingga 5 kilogram, atau sekitar 12–15% dari total berat

tubuh orang dewasa. Sebagai garis pertahanan pertama terhadap pengaruh lingkungan eksternal, kulit tersusun atas tiga lapisan utama, yaitu epidermis dibagian terluar, dermis di lapisan tengah, dan jaringan subkutan di bagian terdalam. Setiap lapisan memiliki struktur, komposisi, dan fungsi yang berbeda sesuai perannya masing-masing (Lotfollahi, 2024).

A. Epidermis

Epidermis memiliki ketebalan antara 0,5 hingga 1,5 mm, bergantung pada lokasi tubuh, paling tipis di kelopak mata dan paling tebal di telapak tangan serta telapak kaki. Lapisan ini tidak mengandung pembuluh darah dan tersusun dari sel-sel skuamosa berlapis yang mengalami keratinisasi. Kulit pada telapak tangan, kaki, dan sidik jari disebut kulit tebal (thick skin), sedangkan bagian tubuh lainnya disebut kulit tipis (thin skin) (Lotfollahi, 2024).

1. Stratum Corneum

Stratum corneum adalah lapisan terluar dan tertebal epidermis, terdiri atas 25–30 lapisan keratinosit datar tanpa inti yang kaya keratin. Lapisan ini menjadi penghalang kuat dan tahan air dengan pH 4–6,5 untuk menjaga keseimbangan asam kulit serta mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Regenerasinya berlangsung sekitar empat minggu, namun pada kulit menua proses ini melambat, menyebabkan kulit lebih kering dan menebal akibat paparan UV (Lotfollahi, 2024).

2. Stratum Lucidum

Stratum lucidum hanya terdapat pada kulit tebal seperti telapak tangan, kaki, dan sidik jari. Tersusun atas 2–3 lapisan keratinosit transparan tanpa inti, lapisan ini tampak jernih karena mengandung protein eleidin, prekursor keratin. Meski tipis,

stratum lucidum berfungsi meningkatkan ketahanan kulit terhadap gesekan dan tekanan pada area dengan beban mekanis tinggi (Honari *et al.*, 2017).

3. Stratum Granulosum

Stratum granulosum terdiri atas 3–5 lapisan sel datar hasil diferensiasi dari stratum spinosum. Sel-selnya mengandung granula keratohialin sebagai prekursor keratin dan granula lamelar berisi glikolipid yang berfungsi sebagai perekat antarsel serta menahan air. Sel-sel ini terus bermaturasi hingga membentuk lapisan tanduk pada stratum corneum (Lopez-Ojeda W. *et al.*, 2024).

4. Stratum Spinosum

Stratum spinosum terdiri atas 8–10 lapisan sel keratinosit poligonal dengan tonjolan berduri yang terhubung melalui desmosom, memperkuat ikatan antar sel. Lapisan ini mengandung sel Langerhans untuk pertahanan imun dan berperan dalam diferensiasi menuju stratum corneum. Seiring penuaan, lapisan ini menipis sehingga kulit menjadi lebih rapuh dan kurang elastis (Lotfollahi, 2024).

5. Stratum Basale

Stratum basale adalah lapisan terdalam epidermis yang terdiri atas satu lapisan sel kuboid aktif membelah sebagai pembentuk keratinosit baru. Lapisan ini mengandung melanosit penghasil melanin dan sel Merkel sebagai reseptor sensorik, serta dipisahkan dari dermis oleh membran basal. Aktivitas mitosisnya penting untuk regenerasi kulit, namun menurun seiring usia sehingga perbaikan kulit menjadi lebih lambat (Lotfollahi, 2024).

B. Dermis

Dermis merupakan lapisan kulit yang tersusun atas jaringan ikat kaya kolagen dan elastin, memberikan kekuatan serta elastisitas pada kulit. Di dalamnya terdapat fibroblas yang memproduksi serat-serat tersebut untuk menjaga struktur kulit. Di bawahnya terdapat hipodermis, lapisan berisi jaringan lemak yang berfungsi sebagai pelindung, penyimpan energi, dan pengatur suhu. Hipodermis juga mengandung sel punca mesenkimal yang dapat membentuk fibroblas dan berperan dalam regenerasi jaringan (Brito *et al.*, 2024).

2.3.2 Fungsi Kulit

Fungsi utama kulit menurut Kligman (2020), yaitu:

A. Fungsi Proteksi (Pelindung)

Kulit berperan sebagai garis pertahanan pertama tubuh terhadap lingkungan luar. Ia melindungi dari bahaya fisik, kimia, mikroba, serta paparan sinar ultraviolet. Lapisan terluar, yaitu stratum korneum, memiliki peran vital sebagai penghalang biologis yang mampu mengenali serta merespons agen infeksi melalui sistem imun bawaan, termasuk aktivasi reseptor Toll-like (TLRs).

B. Fungsi Sensorik (Sensasi)

Kulit berfungsi sebagai organ indra utama yang mendeteksi berbagai rangsangan seperti panas, dingin, sentuhan, tekanan, maupun rasa nyeri. Kemampuan ini sangat penting untuk melindungi tubuh dari bahaya karena memungkinkan respons cepat terhadap perubahan lingkungan.

C. Fungsi Imunologis

Selain sebagai pelindung fisik, kulit juga berperan dalam sistem pertahanan imun tubuh. Sel-sel seperti keratinosit, sel Langerhans, melanosit, dan sel T berkolaborasi untuk mengenali serta melawan mikroorganisme yang berhasil menembus lapisan kulit.

D. Fungsi Metabolik dan Endokrin

Sebagai “pabrik biologis” aktif, kulit mampu mensintesis berbagai senyawa penting seperti protein struktural, lipid, hormon, dan vitamin D. Selain itu, kulit memiliki fungsi endokrin yang berinteraksi erat dengan sistem saraf dan sistem imun.

E. Fungsi Regenerasi dan Perbaikan Diri

Kulit juga berperan dalam interaksi sosial dan ekspresi emosional, misalnya melalui perubahan warna kulit, ekspresi wajah, serta tekstur permukaannya yang mencerminkan kondisi fisiologis maupun psikologis seseorang.

2.4 Luka

Luka adalah terputusnya kontinuitas jaringan akibat cedera atau tindakan pembedahan yang menyebabkan kerusakan atau hilangnya sebagian jaringan. Luka dapat muncul akibat gangguan pada kulit, mukosa, atau jaringan organ, baik secara disengaja (seperti operasi atau pungsi vena) maupun tidak disengaja (kecelakaan). Berdasarkan penyebabnya, luka dibedakan menjadi akibat trauma tumpul menimbulkan memar, lecet, atau robek—dan trauma tajam yang menyebabkan luka sayat, tusuk, atau bacok (Wintoko, 2020).

2.4.1 Klasifikasi Luka

2.4.1.1 Berdasarkan Penyebabnya

Menurut (Oktaviani *et al.*, 2019) terdapat 6 jenis luka berdasarkan penyebabnya, yaitu sebagai berikut:

A. Luka lecet (Vulnus excoriasi)

Luka ini terjadi akibat gesekan dengan permukaan keras, seperti saat terjatuh dari motor dan bergesekan dengan aspal. Luka biasanya dangkal namun mengenai ujung saraf nyeri, sehingga menimbulkan rasa sakit lebih hebat dibanding luka robek.

B. Luka sayat (Vulnus sciissum)

Luka ini terjadi akibat sayatan benda tajam seperti logam atau kayu. Luka yang terbentuk biasanya sempit dan tipis, serta dapat pula terjadi secara sengaja dalam prosedur medis atau pengobatan.

C. Luka robek atau parut (Vulnus laseratumI)

Luka ini umumnya disebabkan oleh benturan dengan benda keras seperti jatuh, terkena ranting, atau batu, yang mengakibatkan robekan pada kulit. Luka memiliki dimensi panjang, lebar, dan cukup dalam.

D. Luka gigitan (Vulnus morsum)

Luka ini terjadi akibat gigitan, baik oleh manusia maupun hewan seperti serangga, ular, atau hewan buas. Perlu diwaspadai terutama jika luka disebabkan oleh gigitan ular berbisa karena dapat menimbulkan bahaya serius.

E. Luka bakar (Vulnus cobustion)

Luka ini merupakan kerusakan jaringan yang disebabkan oleh paparan suhu tinggi. Penanganannya didasarkan pada tingkat keparahan luka yang dibagi menjadi empat derajat serta persentase area tubuh yang mengalami luka bakar.

2.4.1.2 Berdasarkan Kontaminasi

Menurut (Firdaus *et al.*, 2020) terdapat 4 jenis luka berdasarkan kontaminasi, yaitu sebagai berikut:

A. Luka bersih (Clean wounds)

Luka bedah yang tidak terkontaminasi dan tidak mengalami proses peradangan (inflamasi). Jenis luka ini umumnya menutup dengan baik, dengan risiko terjadinya infeksi hanya sekitar 1–5%.

B. Luka bersih terkontaminasi (Clean contaminated wounds)

Jenis luka pembedahan yang melibatkan saluran pernapasan, pencernaan, genital, atau saluran kemih dalam keadaan terkontrol, sehingga kontaminasi tidak selalu terjadi, risiko terjadinya infeksi pada luka tersebut berkisar antara 3–11%.

C. Luka terkontaminasi (Contaminated wounds)

Luka ini tergolong luka terbuka yang masih baru, dapat terjadi akibat kecelakaan atau tindakan pembedahan dengan kerusakan jaringan yang cukup luas, meskipun telah dilakukan dengan teknik aseptik. Luka jenis ini juga dapat disebabkan oleh kontaminasi dari saluran pencernaan dan mencakup insisi akut serta peradangan nonpurulen. Risiko infeksi pada luka ini diperkirakan sekitar 10–17%.

D. Luka kotor atau infeksi (Dirtywounds)

Merupakan jenis luka yang muncul pada area yang telah terkontaminasi bakteri, termasuk luka yang disebabkan oleh tindakan pembedahan di lingkungan yang tidak steril, seperti operasi darurat di lapangan. Risiko terjadinya infeksi pada jenis luka ini mencapai lebih dari 27%.

2.4.1.3 Berdasarkan Waktu Penyembuhan

Menurut (Firdaus *et al.*, 2020) terdapat 2 jenis luka berdasarkan waktu penyembuhan, yaitu sebagai berikut:

A. Luka akut

Luka akut umumnya terjadi akibat trauma, dan apabila ditangani dengan cepat, proses penyembuhannya berlangsung sesuai perkiraan, yaitu sekitar 2 hingga 6 minggu.

B. Luka kronik

Luka kronis merupakan luka yang berlangsung dalam jangka waktu lama, sering kambuh, atau mengalami hambatan dalam proses penyembuhan. Luka ini gagal sembuh dalam waktu yang seharusnya, yaitu lebih dari 6 minggu, dan memiliki risiko tinggi untuk muncul kembali.

2.4.2 Tahapan Penyembuhan Luka

Menurut (Wintoko, 2020) terdapat tiga fase penyembuhan luka, yaitu sebagai berikut:

A. Fase Inflamasi

Fase inflamasi dimulai segera setelah luka dan berlangsung hingga sekitar hari kelima, pada tahap ini terjadi penyempitan pembuluh darah dan hemostasis melalui

pembentukan gumpalan darah oleh trombosit dan jala fibrin. Trombosit melepaskan sitokin serta faktor pertumbuhan seperti TGF- β 1 sebagai mediator inflamasi. Selain itu, terjadi angiogenesis melalui pembentukan kapiler baru. Ciri fase ini meliputi pembengkakan, kemerahan, nyeri, peningkatan suhu lokal, dan gangguan fungsi.

B. Fase Proliferasi

Fase proliferasi atau fibroplasia berlangsung sekitar tiga minggu dan ditandai pembentukan jaringan granulasi yang membuat luka tampak merah segar. Jaringan ini mengandung fibroblas, makrofag, sel endotel, serta komponen seperti kolagen, fibronektin, dan asam hialuronat. Fibroblas memproduksi kolagen dan matriks ekstraseluler untuk menyatukan tepi luka dan membentuk jaringan parut, sementara makrofag melepaskan faktor pertumbuhan yang menstimulasi proses ini. Tahap ini berlanjut dengan epitelialisasi, yaitu migrasi keratinosit untuk menutup permukaan luka.

C. Fase Remodelling

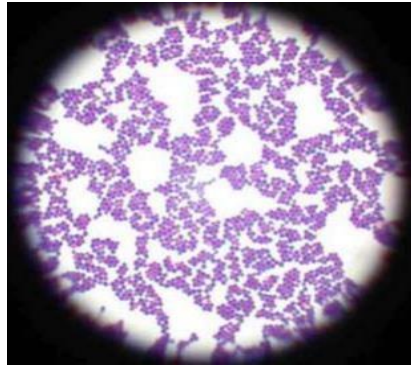
Fase remodelling atau maturasi berlangsung selama beberapa minggu hingga dua tahun untuk memulihkan struktur jaringan mendekati normal. Pada tahap ini, inflamasi mereda, sel radang diserap, kapiler menutup, dan kolagen baru terbentuk untuk meningkatkan kekuatan jaringan. Proses ini mencakup penataan ulang kolagen dan pembentukan jaringan parut matang, dengan kekuatan akhir sekitar 50–80% dari jaringan normal.

2.5 *Staphylococcus aureus* ATCC 6538

Klasifikasi *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 menurut Pinho (2025) Adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Bacteria
Filum	: Firmicutes
Kelas	: Bacilli
Ordo	: Bacillales
Famili	: Staphylococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i>

Nama *Staphylococcus* berasal dari bentuknya yang khas, yaitu sel-sel berbentuk bulat (kokus) yang tersusun membentuk kelompok menyerupai buah anggur, pola ini terjadi karena proses pembelahan sel berlangsung ke berbagai arah tanpa adanya pemisahan sempurna antar sel, bentuk berkelompok tersebut menjadi ciri penting untuk mengenali *Staphylococcus aureus* di bawah mikroskop. Menurut Ogston (1883), istilah *Staphylococcus* diambil dari kata Yunani “*staphyle*” yang berarti segerombol anggur, menggambarkan kumpulan bakteri kokus yang dapat menyebabkan peradangan dan pembentukan nanah pada jaringan tubuh (Pinho *et al.*, 2025).



Gambar 3. Bentuk Mikroskopik *Staphylococcus aureus*
(Mahmoud, 2020)

Staphylococcus aureus ATCC 6538 memiliki kemampuan beradaptasi yang tinggi terhadap lingkungan tubuh manusia, bakteri ini dapat hidup berdampingan dengan mikroorganisme lain dengan membentuk lapisan pelindung yang disebut biofilm serta memproduksi berbagai toksin (racun) yang berperan dalam menimbulkan penyakit. Interaksi antara kondisi tubuh inang dan aktivitas gen virulensi bakteri inilah yang menentukan apakah *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 tetap menjadi flora normal yang tidak berbahaya atau berubah menjadi penyebab infeksi (Touaitia *et al.*, 2025).

Kolonisasi alami *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 paling sering terjadi pada kulit dan bagian dalam lubang hidung manusia. Namun, ketika kulit mengalami luka, goresan, atau iritasi, bakteri ini dapat menembus lapisan kulit dan masuk ke jaringan yang lebih dalam, setelah itu, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 menempel kuat pada jaringan menggunakan protein permukaan yang disebut MSCRAMMs (microbial surface components recognizing adhesive matrix molecules), proses ini memungkinkan bakteri berkembang biak dan menimbulkan

infeksi kulit seperti bisul, abses, atau luka bernanah yang sering disertai nyeri dan peradangan (Peng *et al.*, 2023).

2.6 Metode Uji Aktivitas Anitibakteri

2.6.1 Metode Difusi

Pada pengujian antibakteri dengan metode difusi terbagi atas:

A. Difusi Cakram

Metode difusi cakram merupakan teknik uji kepekaan antimikroba standar yang akurat dan banyak digunakan di laboratorium diagnostik. EUCAST dan CLSI merekomendasikan waktu inkubasi 16–18 jam untuk sebagian besar mikroba. Metode Kirby-Bauer ini bersifat ekonomis, fleksibel, dan memungkinkan pengamatan visual, serta dapat digunakan untuk uji direct susceptibility testing (DST). Namun, kelemahannya adalah membutuhkan tenaga lebih banyak karena pengukuran dilakukan manual dan hasilnya dapat bervariasi antar pelaksana (Nurul, 2023).

B. Difusi Sumuran

Metode difusi sumuran sering digunakan untuk menilai aktivitas antimikroba, terutama dari ekstrak tanaman. Prinsipnya, mikroba diinokulasikan pada media agar, lalu dibuat lubang berdiameter 6–8 mm untuk menampung larutan uji, kontrol positif, dan negatif. Sebanyak 20– 100 μL larutan uji dimasukkan ke tiap lubang, kemudian diinkubasi pada 37°C selama ± 24 jam. Agen antimikroba berdifusi ke agar dan menghambat pertumbuhan mikroba, membentuk zona bening di sekitar lubang. Metode ini juga digunakan untuk menentukan Konsentrasi Hambat

Minimum (KHM), di mana semakin tinggi konsentrasi zat, semakin luas zona hambat yang terbentuk (Balouiri *et al.*, 2016).

2.6.2 Metode Dilusi

Pada pengujian antibakteri dengan metode dilusi terbagi atas:

A. Dilusi Cair/Serial Dilusi

Metode serial dilusi digunakan untuk memperkirakan jumlah mikroorganisme dalam sampel serta mengurangi kepadatan bakteri melalui pengenceran bertingkat (1:9), sehingga tiap tahap mengandung 1/10 jumlah sel dari tahap sebelumnya (Zaini, 2021). Prinsipnya, sampel diencerkan menjadi beberapa konsentrasi dan dicampur dengan suspensi bakteri pada media. Metode ini mudah, ekonomis, dan memungkinkan kontak optimal antara sampel dan bakteri, namun memiliki keterbatasan variasi konsentrasi dan risiko kesalahan distribusi yang dapat menurunkan keakuratan hasil (Hasil *et al.*, 2022).

B. Dilusi Agar Solid

Metode dilusi padat digunakan untuk menguji aktivitas antimikroba dan menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) pada media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri dan zat uji. Prinsipnya adalah pengenceran bertingkat untuk menilai pertumbuhan koloni pada berbagai konsentrasi antimikroba. Metode ini efisien dan memungkinkan uji banyak sampel sekaligus, namun memiliki kelemahan seperti sulit menjaga suhu agar, pembacaan titik akhir yang tidak selalu jelas, serta memerlukan waktu dan sumber daya besar (Nurul, 2023).

2.7 Benang Jahit Luka

Benang bedah atau benang operasi (suture) merupakan material berbentuk benang yang digunakan untuk mengikat pembuluh darah (ligasi) atau menyatukan jaringan yang terpisah (aproksimasi). Pemilihan jenis benang jahit bergantung pada tiga faktor utama, yaitu bahan penyusunnya, kemampuan tubuh untuk menyerap benang tersebut, serta struktur filamennya. Saat ini, bahan benang jahit terus mengalami perkembangan agar sesuai dengan kebutuhan medis. Secara umum, benang bedah yang baik harus memiliki kekuatan tarik (tensile strength) tinggi untuk menahan jaringan hingga proses penyembuhan selesai, memiliki laju penyerapan (absorption rate) yang sesuai, serta berukuran diameter sekecil mungkin namun tetap aman bagi jaringan yang dijahit. Selain itu, benang harus bersifat non-alergenik, tidak menimbulkan reaksi inflamasi, memiliki kemampuan simpul yang baik, daya kapilaritas rendah untuk mencegah penyerapan cairan jaringan yang dapat menyebabkan infeksi, dan mudah disterilisasi sebelum digunakan (Andryszczyk *et al.*, 2021).

A. Benang *Nonabsorbable*

Benang jahit operasi *nonabsorbable* merupakan jenis benang yang tidak diserap oleh tubuh dan mampu mempertahankan kekuatan tariknya selama lebih dari 2–3 bulan. Jenis benang ini digunakan pada kondisi yang memerlukan daya tahan jangka panjang, mulai dari saat benang dijahitkan ke jaringan hingga waktu pengangkatannya (Aktu *et al.*, 2024).

Menurut Moenadjat (2025) terdapat 4 macam benang *nonabsorbable*, sebagai berikut:

1. Silk (Sutra)

Silk adalah benang alami (natural) multifilamen yang dikepang (braided) dari kepompong ulat sutra *Bombyx mori* atau laba-laba. Benang ini memiliki kekuatan tarik tinggi dan mudah digunakan karena lentur serta simpulnya kuat

2. Linen

Benang linen berasal dari tanaman rami (*Linum usitatissimum*) dengan komponen utama selulosa. Seratnya dipilin dan dilapisi wax. Karakteristiknya mirip dengan silk dalam hal reaksi jaringan dan kemudahan penggunaan, tetapi tidak sebaik silk dalam kekuatan simpul.

3. Cotton (Kapas)

Berasal dari serat bunga kapas (*Gossypium sp.*) dengan kandungan utama selulosa. Dikepang (braided) dan memiliki reaksi jaringan serupa silk, tetapi simpulnya tidak sekuat silk dan lebih sulit ditangani.

4. Stainless Steel

Benang ini merupakan logam campuran berbasis besi dengan tambahan Cr, Ni, dan Mo, umumnya menggunakan stainless steel 316L yang tahan korosi dan memiliki kekuatan tarik tinggi (1,4–4,8 GPa). Berbentuk monofilamen atau multifilamen, digunakan pada prosedur ortopedi, fiksasi tulang, tendon, dan sternum. Keunggulannya inert biologis, namun kaku dan sulit disimpul.

B. Benang *Absorbable*

Benang jahit operasi jenis *absorbable* adalah benang yang dapat diserap oleh tubuh dan akan kehilangan sebagian besar atau seluruh kekuatannya dalam waktu sekitar tiga bulan setelah pembedahan. Jenis benang ini umumnya digunakan pada kondisi dengan risiko infeksi rendah pada area jahitan maupun jaringan luka (Szabelski 2024).

Menurut Moenadjat (2025) terdapat 4 macam benang *absorbable*, sebagai berikut:

1. Plain Catgut

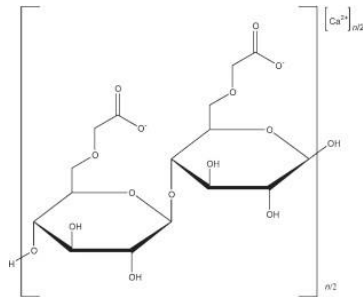
Plain catgut dibuat dari lapisan submukosa usus domba atau kambing yang kaya kolagen. Struktur multifilamennya dipuntir (*twisted*) dan diserap tubuh melalui proses enzimatik dalam waktu $\pm 70-90$ hari. Benang ini lentur dan mudah digunakan.

2. Chromic Catgut

Merupakan modifikasi dari plain catgut yang dilapisi garam kromium (*chromium trioxide*) untuk memperlambat degradasi dan mengurangi reaksi jaringan. Absorpsi berlangsung 2–3 minggu, dan kekuatan tarik bertahan lebih lama dibandingkan plain catgut.

2.8 Pre-Formulasi

2.8.1 Na CMC



Gambar 4. Struktur Na CMC

(Rowe *et al.*, 2009)

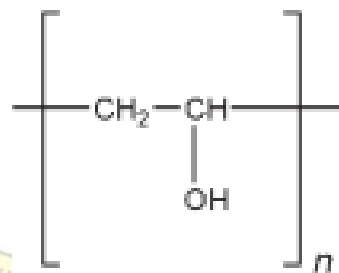
Sodium Carboxymethyl Cellulose (Na-CMC) adalah polimer hasil modifikasi dari selulosa yang memiliki sifat hidrofilik dan sering dimanfaatkan dalam bidang farmasi sebagai pembentuk lapisan (film former) pada sistem penghantaran obat serta sebagai bahan pelapis (coating agent) pada benang bedah. Senyawa ini bersifat biokompatibel, mudah terurai secara biologis (biodegradable), dan tidak bersifat toksik, sehingga aman digunakan pada jaringan tubuh manusia (Rakhmatullayeva, D., *et al.*, 2023).

Na-CMC bersifat sangat mudah larut dalam air karena gugus karboksimetilnya meningkatkan sifat hidrofilik dari selulosa dasar. Selain itu, kestabilan Na-CMC terhadap variasi pH dan suhu perlu dievaluasi karena perubahan kondisi tersebut dapat mempengaruhi kekentalan dan kestabilan sediaan yang terbentuk (Tenorová *et al.*, 2022).

Film Na-CMC diketahui memiliki kekuatan tarik dan kelenturan yang baik, menjadikannya bahan pelapis yang tidak mudah retak saat diaplikasikan pada substrat seperti benang jahit (Lan *et al.*, 2018). Hasil penelitian menunjukkan

bahwa kombinasi Na-CMC dengan polimer biopolimer lain (misalnya kitosan atau PVA) mampu meningkatkan sifat adhesi dan ketahanan film tanpa menurunkan kekuatan tarik benang secara signifikan (Rakhmatullayeva, D., *et al.*, 2023).

2.8.2 PVA



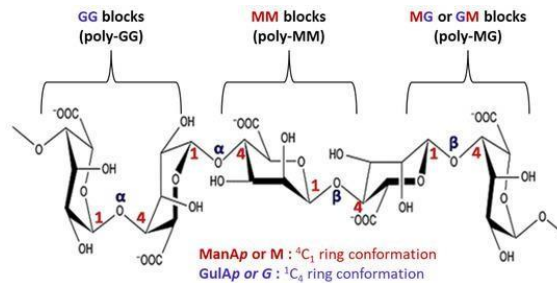
Gambar 5. Struktur PVA
(Rowe *et al.*, 2009)

PVA merupakan polimer larut air dengan kekuatan tarik dan kelenturan tinggi, sehingga banyak digunakan pada aplikasi biomedis seperti film dan filamen. Pada tahap preformulasi, dikaji sifat kelarutan, viskositas, serta pengaruh suhu pelarutan, karena derajat polimerisasi dan hidrolisis PVA memengaruhi sifat tersebut. PVA dengan derajat polimerisasi tinggi menghasilkan film kuat tetapi sulit larut, sedangkan derajat hidrolisis tinggi meningkatkan kekuatan mekanik namun menurunkan kelarutan. Oleh karena itu, pemilihan tipe PVA disesuaikan untuk memperoleh keseimbangan antara kelarutan dan kekuatan mekanik dalam formulasi (Agrawal *et al.*, 2023).

PVA digunakan sebagai bahan pembentuk film dan penguat struktur benang. Polimer ini bersifat larut air, biokompatibel, dan memiliki kemampuan membentuk

serat atau filamen melalui proses elektrospinning maupun pencetakan (extrusion) (Türkoğlu *et al.*,2024).

2.8.3 Na-Alginat

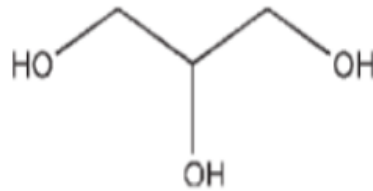


Gambar 6. Struktur Na-Alginat
(Abka-Khajouei *et al.*, 2022)

Na-alginate merupakan polimer anionik alami yang banyak dimanfaatkan dalam bidang biomedis karena biokompatibilitas, biodegradabilitas, dan kemampuan membentuk gel ionik yang sangat baik. Dalam sistem berbasis Na-alginate, ion kalsium (Ca^{2+}) berperan penting sebagai agen pengikat silang yang menghubungkan gugus karboksilat ($-COO^-$) antar rantai polimer, membentuk struktur tiga dimensi yang stabil dan elastis (Tan *et al.*, 2023).

Dalam formulasi benang bedah atau filamen biopolimer, mekanisme pengikatan silang ini menghasilkan struktur gel kuat dan fleksibel, memungkinkan benang mempertahankan bentuknya sambil tetap lentur dan dapat terdegradasi secara biologis. Selain itu, tingkat kekuatan dan porositas gel dapat diatur melalui variasi konsentrasi Na-alginate dan Ca^{2+} , sehingga sifat mekanik dan degradasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi medis seperti penyembuhan luka atau penghantaran obat (Tan *et al.*, 2023).

2.8.4 Gliserin



Gambar 7. Struktur Gliserin

(Rowe *et al.*, 2009)

Gliserin merupakan cairan seperti sirup, jernih, tidak berbau, manis diikuti rasa hangat, dan higroskopis. Jika disimpan beberapa lama pada suhu rendah dapat memadat membentuk massa hablur tidak berwarna yang tidak melebur hingga suhu mencapai lebih kurang 200. Gliserin larut bila dicampur dengan air, dan dengan etanol (95%), praktis tidak larut dengan kloroform, eter dan minyak lemak (Departemen Kesehatan Indonesia, 1979).

Gliserin berfungsi dengan membentuk lapisan higroskopis yang dapat menarik dan menyerap air dari udara, kemudian mempertahankannya untuk mencegah dehidrasi pada lapisan stratum korneum. Karena sifatnya yang higroskopis, gliserin mampu mengikat molekul air sehingga menjaga kestabilan kelembapan dengan menyerap uap air dari lingkungan serta mengurangi kehilangan air dari sediaan (Zurairah, 2024).

2.8.5 Aquadest

Aquades adalah air yang dimurnikan yang diperoleh dengan destilasi, perlakuan menggunakan penukaran ion, osmosis balik, atau proses lain yang sesuai. Dibuat dari air yang memenuhi persyaratan air murni, tidak mengandung zat

tambahan lainnya, pemerian cairan jenuh, tidak berwarna dan tidak berbau (Departemen Kesehatan Indonesia, 1979).

2.9 Sifat Mekanik Benang

Secara mekanik, benang *absorbable* biasanya bersifat lebih lentur, dan mudah diikat. Pemilihan jenis benang jahit yang tepat perlu mempertimbangkan beberapa faktor penting seperti kekuatan tarik, kekuatan simpul, dan elastisitas. Kekuatan tarik menunjukkan kemampuan benang menahan tarikan pada tepi luka agar tetap menyatu selama penyembuhan, sedangkan kekuatan simpul menggambarkan ketahanan simpul terhadap tekanan jaringan dan dipengaruhi oleh jenis benang, apakah monofilamen atau multifilamen. Elastisitas berperan dalam kemampuan benang meregang dan kembali ke bentuk semula saat tekanan hilang, sehingga benang dapat menyesuaikan perubahan tekanan pada jaringan selama proses penyembuhan. Secara ideal, benang jahit yang baik harus memiliki kekuatan tarik cukup untuk menjaga luka tetap tertutup, simpul yang kuat dan stabil (Emru, 2021).

2.9.1 *Tensile Strength* (Kuat Tarik)

Kekuatan tarik merupakan salah satu parameter mekanik utama pada bahan benang jahit luka, yang menunjukkan kemampuan maksimum benang untuk menahan beban hingga terjadi putus pada bagian penampangnya. Nilai kekuatan tarik yang tinggi sangat diperlukan agar benang tidak hanya berfungsi dalam mendekatkan tepi luka operasi, tetapi juga tetap kuat menahan berbagai aktivitas, Tensile strength yang baik berada pada yaitu sekitar 17,5 N-39,00 N/mm² (Oliveira *et al.*, 2024).

2.9.2 Modulus Elastisitas

Elastisitas pada benang jahit menggambarkan kemampuan benang untuk kembali ke bentuk serta panjang semula setelah mengalami peregangan karena pembengkakan jaringan luka. Jenis benang yang memiliki elastisitas tinggi, contohnya polybutester (Novafil™), cenderung tidak melukai atau memotong kulit ketika terjadi edema, tetapi tetap mampu mempertahankan pertemuan tepi luka setelah pembengkakan berkurang (Tajrian *et al.*, 2015). Nilai modulus elastisitas ideal berada di kisaran 0,001-57 N/mm² yang mengikuti nilai normal modulus elastisitas kulit manusia (Norahan *et al.*, 2023).

2.9.3 Elongasi

Elongasi benang jahit luka menggambarkan kemampuan benang untuk meregang ketika diberikan gaya tarik sebelum akhirnya putus. Sifat ini menunjukkan elastisitas dan fleksibilitas suatu benang jahit. Semakin tinggi nilai elongasi, semakin besar kemampuan benang untuk menyesuaikan diri terhadap gerakan jaringan, pembengkakan (edema), atau tarikan otot tanpa menyebabkan robekan pada jaringan yang dijahit. Sebaliknya, benang dengan elongasi yang rendah bersifat kaku dan tidak lentur, sehingga lebih mudah menyebabkan tension pada luka atau bahkan cutting effect (benang memotong jaringan). elongasi benang *absorbable* yang baik sekitar 15-35% (Frazza *et al.*, 1971).