

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G.Forst.)



Gambar 1 Tumbuhan Matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G.Forst.) (Garuda *et al.*, 2014).

2.1.1 Taksonomi Matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G.Forst.)

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Sub kingdom	: <i>Tracheobonta</i> (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan biji)
Divisio	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Sub Divisi	: <i>Angiospermae</i>
Class	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Sapindales</i>
Famili	: <i>Sapindaceae</i>
Genus	: <i>Pometia</i>
Spesies	: <i>Pometia pinnata</i> J.R dan G.Forst

2.1.2 Morfologi Tanaman Matoa (*Pometia pinnata* J.R. & G.Forst.)

Matoa merupakan tanaman pohon dan kayu yang berasal dari keluarga Sapindaceae yang banyak ditemukan sepanjang wilayah Kepulauan Andaman, Srilanka, China bagian selatan, Vietnam, Malaysia, Indonesia, Filipina, Papua Nugini dan sebagian wilayah Kepulauan Pasifik Selatan. Pohon matoa tersebar di daerah subtropis dan tropis dengan letak geografis 140LU sampai 200LS. Pohon matoa telah dijadikan identitas flora di Indonesia khususnya daerah Papua. Perbedaan warna kulit buah saat masak dijadikan dasar umum dalam membedakan jenis matoa yaitu matoa kulit buah merah, kuning dan hijau. Tekstur aril buah matoa juga dapat dibedakan sebagai matoa kelapa dengan ciri daging buah yang kenyal dan lepas dan buah berdiameter 2,2-2,9 cm. Matoa papeda bertekstur aril buah sedikit lembek dan lengket dan buah berdiameter lebih kecil 1,4-2,0 cm. Daging buah matoa memiliki aroma dan rasa khas rambutan, lengkeng dan durian (Garuda et al., 2014).

Matoa berakar tunggang dengan warna coklat yang dapat dapat naik kepermukaan tanah apabila tanaman telah berumur puluhan tahun. Batangnya bisa mencapai ketinggian 20-40 meter dengan diameter batang dapat mencapai 1,8 meter berbentuk silindris berwarna coklat keputih-putihan dengan permukaan kasar. Pertumbuhan cabang simpodial sehingga membentuk pohon yang rindang. Daun matoa berdaun majemuk yang berseling 4 sampai 12 pasang anak daun, daun muda berwarna merah cerah dan akan berubah hijau saat dewasa. Helaian daun berbentuk jorong tebal yang kaku dengan ujung meruncing (*acuminatus*), berpangkal daun tumpul (*obtusus*) dengan tepi yang rata, tulang daun menyirip

(pinnate) serta berlekuk. Buah matoa berbentuk bulat dan lonjong dengan panjang 5-6 sentimeter dengan daging buah putih kekuningan. Biji matoa berbentuk bulat dengan warna coklat muda atau kehitaman. Perbanyakkan secara generatif pohon pertama kali akan berbuah pada umur 4-5 tahun dan perbanyakkan secara vegetatif (cangkok, stek, sambung) yang dapat mulai berbuah umur 2-3 tahun (Garuda et al., 2014).

2.1.3 Kandungan Kimia dan Bioaktivitas (*Pometia pinnata* J.R. & G.Forst.)

Daun matoa (*Pometia pinnata* J.R & G.Forst.) diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder yang berperan penting dalam aktivitas farmakologisnya, terutama sebagai antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, dan penyembuh luka.

Flavonoid merupakan kelompok senyawa fenolik terbesar yang banyak ditemukan di alam. Keanekaragaman flavonoid lebih disebabkan oleh variasi tingkat hidroksilasi, alkoksilasi, dan glikosilasi pada struktur dasarnya. Salah satu mekanisme melibatkan pembentukan kompleks dengan protein melalui interaksi nonspesifik, termasuk ikatan hidrogen, gaya hidrofobik, dan ikatan kovalen (Goetie et al., 2022). Flavonoid juga dapat membentuk kompleks dengan protein ekstraseluler dan protein terlarut, sehingga mengganggu integritas membran sel bakteri dan menyebabkan kebocoran isi intraseluler (Siregar et al., 2023). Selain itu, mekanisme antibakterinya mencakup penghambatan enzim mikroba, adhesin, serta protein transpor selubung sel, dan gangguan membran mikroba, terutama oleh flavonoid lipofilik (Goetie et al., 2022).

Saponin memberikan efek antibakteri dengan meningkatkan permeabilitas membran sel bakteri yang dapat menyebabkan lisis sel. Mekanisme ini melibatkan interaksi dengan komponen membran yang mengakibatkan gangguan struktural dan akhirnya ruptur sel (Goetie et al., 2022). Saponin juga berfungsi sebagai antibakteri dengan mendenaturasi protein; sifat permukaannya menyerupai deterjen, sehingga mampu mengurangi tegangan permukaan dinding sel bakteri dan mengganggu permeabilitas membran bakteri. Saponin menembus membran sitoplasma, mengganggu integritasnya, dan menyebabkan kebocoran sitoplasma hingga akhirnya mengakibatkan kematian sel (Abad et al., 2007).

Tanin berfungsi sebagai antibakteri dengan cara menghambat enzim transkriptase dan DNA topoisomerase yang esensial dalam sintesis DNA bakteri. Enzim transkriptase berperan dalam proses transkripsi genetik, sedangkan DNA topoisomerase berfungsi mengatasi stres selama replikasi DNA. Gangguan pada kedua enzim tersebut menghambat kemampuan bakteri dalam memproduksi DNA baru yang diperlukan untuk pembentukan sel, sehingga pertumbuhan dan proliferasi bakteri terhambat (Tridesianti et al., 2025).

Triterpenoid dan steroid merupakan kelompok metabolit sekunder yang berasal dari jalur biosintesis isoprenoid melalui rute mevalonat (MVA) atau metil eritritol fosfat (MEP). Senyawa ini tersusun atas unit isoprena (C_5H_8) yang membentuk kerangka C_{30} pada triterpenoid dan mengalami modifikasi menjadi kerangka C_{27} pada steroid. Proses biosintesisnya dimediasi oleh enzim squalene

synthase dan cytochrome P450 monooxygenase yang berperan dalam pembentukan gugus fungsi hidroksil, epoksida, atau keton yang menentukan aktivitas biologisnya. Secara kimia, triterpenoid memiliki rangka siklik stabil seperti oleanan, ursan, dan lupanan, sedangkan steroid memiliki kerangka siklopentanoperhidrofenantren. Senyawa-senyawa ini banyak ditemukan pada daun, kulit batang, dan akar tumbuhan, serta diketahui memiliki aktivitas antiinflamasi, antidiabetes, antimikroba, hepatoprotektor, dan antikanker (Malhotra et al., 2022).

Bioaktivitas daun matoa telah dibuktikan melalui berbagai penelitian. Berdasarkan hasil uji Minimum Inhibitory Concentration (MIC), aktivitas penghambatan masih terlihat hingga konsentrasi 12,5 µg/mL, dengan zona hambat terhadap *Staphylococcus aureus* sebesar $10,16 \pm 0,11$ mm dan terhadap *Pseudomonas aeruginosa* sebesar $9,12 \pm 0,18$ mm. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak memiliki potensi antibakteri terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Mekanisme antibakterinya dikaitkan dengan keberadaan metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, saponin, alkaloid, dan steroid/triterpenoid yang bekerja melalui penghambatan sintesis asam nukleat, kerusakan membran sel, inaktivasi enzim, serta gangguan pembentukan dinding sel bakteri (Pharmaceutical, 2023).

Penelitian *in vivo* menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun matoa dosis 200 mg/kg BB memberikan efek paling optimal dalam mempercepat regenerasi jaringan dan penutupan luka, dengan persentase penyembuhan mencapai 89,24% dalam 14 hari. Analisis statistik menggunakan SPSS® menunjukkan tidak terdapat perbedaan

signifikan antar kelompok, namun secara biologis dosis 200 mg/kg BB terbukti paling efektif dalam mempercepat penyembuhan luka bakar derajat II pada tikus uji (Fardah et al., 2020).

Hasil analisis LC–MS menunjukkan keberadaan dua flavonoid utama, yaitu epigallocatechin dan apigenin-7-O-diglucuronide, yang masing-masing termasuk dalam subkelas flavan-3-ol (katekin) dan flavon. Epigallocatechin memiliki aktivitas antioksidan kuat melalui mekanisme penangkapan radikal bebas dan peningkatan aktivitas fibroblas serta sintesis kolagen, yang berkontribusi pada percepatan penutupan luka. Senyawa ini juga memiliki aktivitas antibakteri dengan mengganggu permeabilitas membran dan pembentukan biofilm *Staphylococcus aureus*. Sementara itu, apigenin-7-O-diglucuronide memiliki aktivitas antiinflamasi melalui penghambatan enzim siklooksigenase (COX) dan lipooksigenase (LOX), serta penurunan produksi sitokin proinflamasi seperti IL-1 β dan TNF- α , sehingga mendukung fase epitelisasi dan remodeling jaringan.

Selain itu, teridentifikasi pula flavonol seperti kaempferol dan quercetin beserta turunannya, yaitu kaempferol-3-O-rhamnoside (afzelin), quercetin-3-O-rhamnoside, kaempferol-3-O-glucoside (astragalin), quercetin-3-O-glucoside (isoquercetin), dan rutin (quercetin-3-O-glucosyl-(1 \rightarrow 4)-rhamnoside). Senyawa-senyawa ini berperan sebagai antioksidan dan antimikroba yang efektif terhadap bakteri Gram positif, terutama *Staphylococcus aureus*, serta mampu menstimulasi sintesis kolagen dan proliferasi keratinosit sehingga mempercepat proses penyembuhan luka. Keberadaan senyawa tanin yang terdeteksi pada m/z 922 juga memberikan efek astringen dengan membentuk lapisan pelindung pada permukaan

luka dan menghambat pertumbuhan mikroba. Senyawa lain seperti asam jasmonat dan benzena aromatik ditemukan dalam jumlah kecil dan berperan dalam mekanisme pertahanan tanaman serta mendukung stabilitas kimia ekstrak (Lulustyaningati et al., 2023).

Uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun matao memiliki aktivitas yang signifikan. Metode DPPH menunjukkan nilai IC_{50} sebesar $41,83 \pm 0,17 \mu\text{g/mL}$ yang termasuk kategori sangat kuat, sedangkan metode ABTS menunjukkan nilai IC_{50} sebesar $151,02 \pm 0,03 \mu\text{g/mL}$. Kandungan total fenol tercatat sebesar $197,21 \pm 0,21 \text{ mg GAE/g}$ dan total flavonoid sebesar $28,73 \pm 0,07 \text{ mg QE/g}$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa senyawa fenolik dan flavonoid merupakan metabolit sekunder utama yang berperan dalam aktivitas antioksidan daun matao melalui mekanisme donasi atom hidrogen dan transfer elektron untuk menetralkan radikal bebas (Pharmaceutical, 2023).

2.2 Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu proses penyarian zat aktif dari bagian tanaman obat yang bertujuan untuk menarik komponen kimia yang terdapat dalam bagian tanaman obat tersebut. Peran ekstraksi dalam analisis fitokimia sangat penting karena sejak awal hingga akhir menggunakan proses ekstraksi, termasuk farmasinasi dan pemurnian. Tujuan dari ekstraksi adalah untuk menarik semua zat aktif dan komponen kimia yang terdapat dalam simplisia (Depkes, 2000).

A. Metode Ekstraksi

Secara umum metode ekstraksi dibedakan berdasarkan ada tidaknya proses pemanasan, berikut jenis-jenis metode ekstraksi (Sudarwati et al., 2019).

1. Ekstraksi Cara Dingin

Metoda ekstraksi cara dingin ini maksudnya proses ekstraksi berlangsung tanpa adanya proses pemanasan, tujuannya untuk menghindari rusaknya senyawa yang diinginkan karena adanya pemanasan. Ekstraksi yang termasuk kedalam ekstraksi cara dingin yaitu:

a. Maserasi

Maserasi merupakan cara penyarian yang sederhana. Maserasi dilakukan dengan cara merendam serbuk simplisia dalam cairan penyari. Cairan penyari akan menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung zat aktif, zat aktif akan larut dengan karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam sel dengan yang di luar sel, maka larutan yang terpekat didesak keluar. Peristiwa tersebut berulang sehingga terjadi keseimbangan konsentrasi antara larutan di luar sel dan di dalam sel (Sudarwati *et al.*, 2019).

b. Perkolasi

Perkolasi adalah proses penyarian simplisia dengan jalan melewati pelarut yang sesuai secara lambat pada simplisia dalam suatu percolator. Perkolasi bertujuan supaya zat berkhasiat tertarik seluruhnya dan biasanya dilakukan untuk zat berkhasiat yang tahan ataupun tidak tahan pemanasan. Cairan penyari dialirkan dari atas ke bawah melalui serbuk tersebut, cairan penyari akan melarutkan zat aktif sel-sel yang dilalui sampai mencapai keadaan jenuh. Gerak kebawah disebabkan oleh kekuatan gaya beratnya sendiri dan cairan di atasnya, dikurangi dengan daya kapiler

yang cenderung untuk menahan. Kekuatan yang berperan pada perkolasi antara lain: gaya berat, kekentalan, daya larut, tegangan permukaan, difusi, osmosa, adesi, daya kapiler dan daya geseran (friksi) (Sudarwati *et al.*, 2019).

2. Ekstraksi cara panas

Cara Panas Metoda ekstraksi ini melibatkan panas dalam prosesnya. Dengan adanya panas maka akan mempercepat proses ekstraksi dibandingkan dengan ekstraksi cara dingin. Berikut yang termasuk kedalam ekstraksi cara panas;

a. Refluks

Salah satu metode sintesis senyawa anorganik adalah refluks, metode ini digunakan apabila dalam sintesis tersebut menggunakan pelarut yang volatil. Pada kondisi ini jika dilakukan pemanasan biasa maka pelarut akan menguap sebelum reaksi berjalan sampai selesai. Prinsip dari metode refluks adalah pelarut volatil yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi, namun akan didinginkan dengan kondensor sehingga pelarut yang tadinya dalam bentuk uap akan mengembun pada kondensor dan turun lagi ke dalam wadah reaksi sehingga pelarut akan tetap ada selama reaksi berlangsung. Sedangkan aliran gas N₂ diberikan agar tidak ada uap air atau gas oksigen yang masuk terutama pada senyawa organologam untuk sintesis senyawa anorganik karena sifatnya reaktif (Sudarwati *et al.*, 2019).

b. Sokletasi

Sokletasi adalah suatu metode atau proses pemisahan suatu komponen yang terdapat dalam zat padat dengan cara penyaringan

berulang-ulang dengan menggunakan pelarut tertentu, sehingga semua komponen yang diinginkan akan terisolasi. Sokletasi digunakan pada pelarut organik tertentu. Dengan cara pemanasan, sehingga uap yang timbul setelah dingin secara kontinyu akan membasahi sampel, secara teratur pelarut tersebut dimasukkan kembali ke dalam labu dengan membawa senyawa kimia yang akan diisolasi tersebut. Pelarut yang telah membawa senyawa kimia pada labu distilasi yang diuapkan dengan rotary evaporator sehingga pelarut tersebut dapat diangkat lagi bila suatu campuran organik berbentuk cair atau padat ditemui pada suatu zat padat, maka dapat diekstrak dengan menggunakan pelarut yang diinginkan (Sudarwati *et al.*, 2019).

c. Infusa

Infusdasi merupakan metode ekstraksi dengan pelarut air. Pada waktu proses infusdasi berlangsung, temperatur pelarut air harus mencapai suhu 90°C selama 15 menit. Rasio berat bahan dan air adalah 1 : 10, artinya jika berat bahan 100 gr maka volume air sebagai pelarut adalah 1000 ml. Cara yang biasa dilakukan adalah serbuk bahan dipanaskan dalam panci dengan air secukupnya selama 15 menit terhitung mulai suhu mencapai 90°C sambil sekali-sekali diaduk. Saring selagi panas melalui kain flanel, tambahkan air panas secukupnya melalui ampas hingga diperoleh volume yang diinginkan. Apabila bahan mengandung minyak atsiri, penyaringan dilakukan setelah dingin (Sudarwati *et al.*, 2019).

d. Dekoktasi

Dekoktasi adalah metode ekstraksi yang dilakukan melalui proses perebusan, di mana air digunakan sebagai pelarut pada suhu antara 90-95°C selama sekitar 30 menit (Dahlia, 2019).

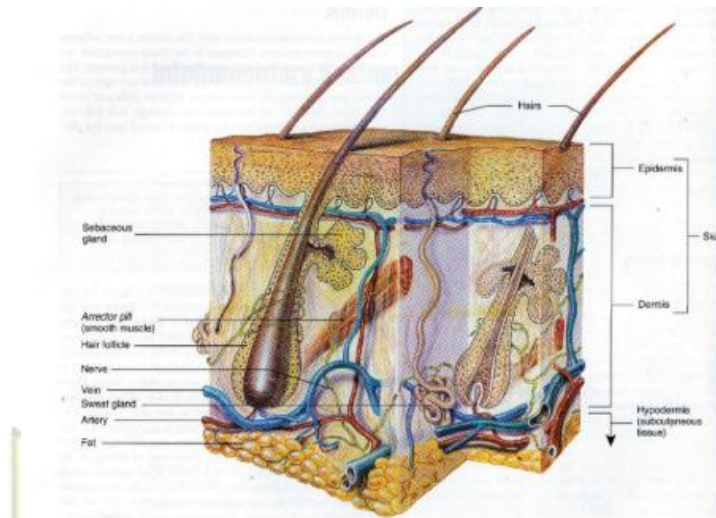
e. Destilasi

Destilasi adalah proses pemisahan campuran dari dua atau lebih cairan berdasarkan perbedaan titik didih dari komponen yang menyusunnya (Tania, 2018). Zat dengan titik didih yang lebih rendah akan menguap terlebih dahulu, sedangkan zat dengan titik didih lebih tinggi akan tetap berada dalam bentuk cair (Susanti, 2010). Selama proses pendinginan, uap yang terbentuk akan terkondensasi, memisahkan senyawa-senyawa tersebut menjadi destilat, yang terdiri dari air dan senyawa yang diekstraksi (Sudarwati *et al.*, 2019).

2.3 Kulit

Kulit menutupi seluruh tubuh untuk melindungi jaringan dan organ yang ada di dalam tubuh dari lingkungan eksternal. Kulit memiliki pH sedikit asam sekitar 4.2 sampai 6 sebagai perlindungan dan mempertahankan flora normal kulit yang disebut "*acid mantle*". Kulit dapat dibagi menjadi tiga lapisan, yaitu lapisan epidermis, dermis, dan hipodermis atau subkutan. Setiap lapisan kulit terdiri dari berbagai tipe jaringan dan memiliki fungsi yang berbeda (Wijaya, 2018).

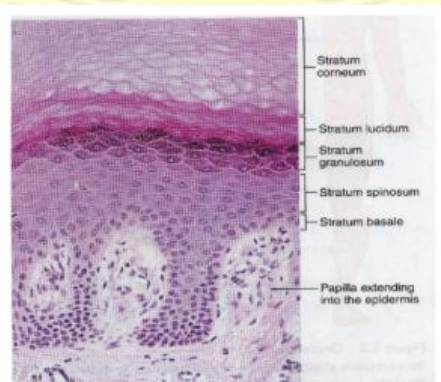
Menurut Wijaya, 2018 lapisan kulit terdiri dari;



Gambar 2 struktur anatomi kulit (Wintoko *et al.*, 2020).

A. Epidermis

adalah lapisan pertama kulit yang terdiri dari jaringan epithelial (stratified squamous epithelium). Lapisan epidermis sangat tipis, ketebalan 0,04 mm, tidak memiliki pembuluh darah, regenerasi sel setiap 4-6 minggu, dan mendapatkan nutrisi dari difusi kapiler lapisan papilaris dari bagian lapisan dermis. Lapisan epidermis dan dermis dibatasi oleh membran yang disebut sebagai the Basement Membrane Zone (BMZ). Lapisan epidermis terdiri dari lima lapisan, yaitu;



Gambar 3 lapisan epidermis (Wijaya, 2018).

1. Lapisan Korneum

Lapisan paling tebal dari epidermis sekitar 75% dari total ketebalan. Lapisan ini terdiri dari sel cornified (sel mati yang terbungkus protein padat yaitu protein keratin). Keratin adalah campuran serabut keratin dan keratohyalin. Sel cornified berfungsi sebagai kekuatan struktur korneum dan sel ini mudah hilang pada saat mandi atau saat menggosok (*scrubbing*) permukaan kulit.

2. Lapisan Lusidium

Lapisan tipis dan terang (transparan) dengan inti yang tidak terlihat dan hanya berada di beberapa area kulit yang tebal seperti telapak tangan dan kaki.

3. Lapisan Granulosum

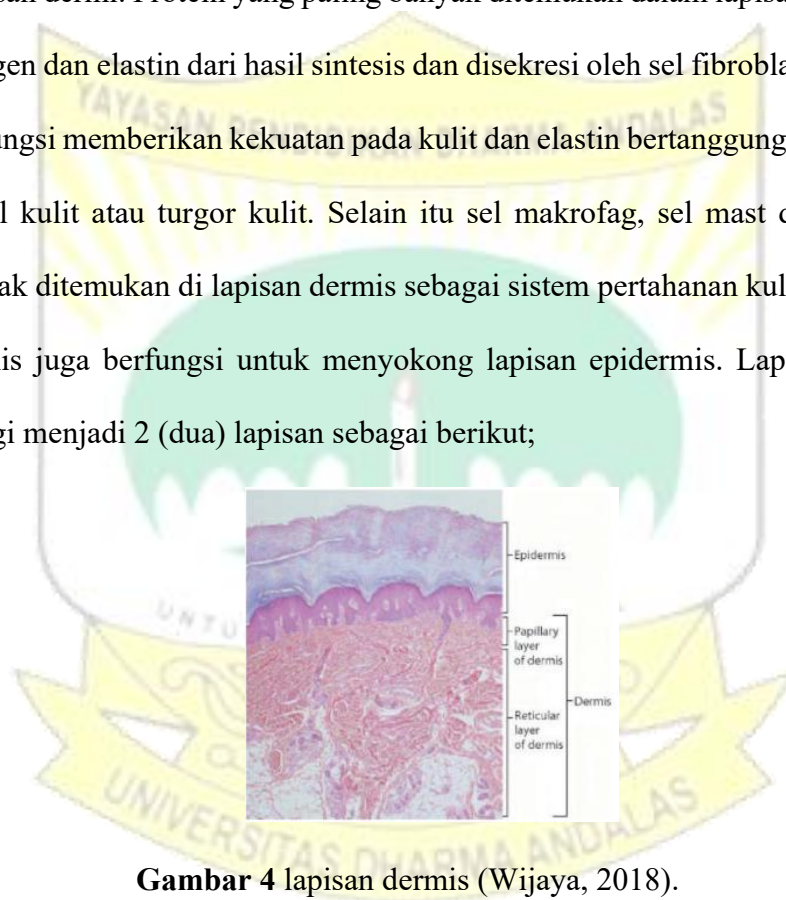
Lapisan yang terdiri dari glikolipid yang memperlambat kehilangan air di epidermis. Proses keratinisasi (penebalan membran plasma sel) dimulai dari lapisan ini. Terdapat sel langerhans yang berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tubuh.

4. Lapisan Basale atau Germinativum

Lapisan terdalam dari lapisan epidermis yang aktif terjadi proses mitosis. Lapisan ini terdapat sel melanosit yang menghasilkan melanin dan keratinosit. Melanin berfungsi sebagai pelindung keratinosit dan ujung saraf di lapisan dermis dari sinar ultraviolet serta memberikan warna kulit. Pada gambar 1.2 akan dapat dilihat seluruh lapisan epidermis.

B. Dermis

Lapisan Dermis Lapisan dermis adalah lapisan kedua dari kulit yang disusun oleh jaringan konektif dengan ketebalan 2-4 mm. Lapisan ini menjadi lapisan yang paling tebal antara lapisan kulit dan terdiri dari banyak sel, sehingga disebut sebagai "True Skin" yang memegang peranan penting. Lapisan dermi. Protein yang paling banyak ditemukan dalam lapisan ini adalah kolagen dan elastin dari hasil sintesis dan disekresi oleh sel fibroblast. Kolagen berfungsi memberikan kekuatan pada kulit dan elastin bertanggung jawab pada recoil kulit atau turgor kulit. Selain itu sel makrofag, sel mast dan limfosit banyak ditemukan di lapisan dermis sebagai sistem pertahanan kulit . Lapisan dermis juga berfungsi untuk menyokong lapisan epidermis. Lapisan dermis dibagi menjadi 2 (dua) lapisan sebagai berikut;



Gambar 4 lapisan dermis (Wijaya, 2018).

1. Lapisan Papilaris

Lapisan ini disusun oleh jaringan loose connective yang memiliki reseptor sentuhan (*Meissner's Corpuscles*), reseptor nyeri dan kapiler. Lapisan papilaris juga akan membentuk suatu pola yang terlihat sebagai sidik jari (*fingerprint*) yang membedakan setiap individu. Serabut kolagen

dan reticular dapat ditemukan pada lapisan ini. Sel mast juga dapat ditemukan pada lapisan papilaris sebagai sel efektor primer dalam proses reaksi alergi.

2. Lapisan Retikularis

Lapisan terdalam yang berisi pembuluh darah, folikel rambut, kelenjar keringat, kelenjar minyak (*sebaceous*), saraf atau reseptor deep pressure. Selain itu terdapat juga serabut kolagen dan elastin yang mengumpul dan membentuk sebuah pola disebut garis "*cleavage*" atau "*Langer's*". Garis tersebut berfungsi dalam proses tindakan pembedahan yang harus mengikuti garis cleavage secara paralel, sehingga proses penyembuhan luka akan cepat, mengurangi jaringan scar dan mencegah infeksi.

C. Lapisan Hipodermis

Lapisan terakhir dari kulit yang terdiri dari pembuluh limfatik dan pembuluh darah besar untuk mensuplai nutrisi pada kulit. Lapisan ini juga disebut subkutis atau subkutan sebagai tempat penyimpanan lemak dan jaringan adipose. Lemak pada setiap individu berbeda jumlah dan lokasinya yang tergantung usia, jenis kelamin dan diet. Lemak pada lapisan ini berfungsi sebagai padding atau insulation yang berarti memberi tahanan dan penghantar panas dalam proses pengaturan suhu. Jaringan adipose juga berfungsi sebagai bantalan lapisan kulit, otot dan tulang.

2.4 Luka

Luka adalah terputusnya kontinuitas jaringan karena cedera atau pembedahan. Luka bisa diklasifikasikan berdasarkan struktur anatomis, sifat, proses penyembuhan, dan lama penyembuhan. Baranoski and Ayello (2012), menyatakan bahwa fisiologis proses penyembuhan luka bersifat kompleks yang dimulai dari awal cedera dan berakhir ketika luka menutup sempurna. Setiap tahapan proses penyembuhan luka akan berlangsung secara berkelanjutan dan melibatkan sel-sel dalam tubuh sebagai fasilitasi hemostasis, melawan infeksi, pertumbuhan kapiler baru, jaringan granulasi serta proses epitelisasi sampai luka menutup. Berikut uraian tiga tahapan fisiologis proses penyembuhan luka (Wijaya, 2018);

1. Inflamasi

Proses inflamasi berlangsung dari awal cedera sampai 3 hari dan maksimal dapat terjadi sampai 5 hari. Sama halnya dengan pendapat Hess (1999) yang menyatakan inflamasi berakhir hari ke-4 sampai hari ke-6. Tahapan inflamasi yang melebihi 6 hari akan menjadi tanda awal dari proses infeksi. Selama proses inflamasi terjadi beberapa peristiwa fisiologis yang berlangsung, yaitu;

a. Hemostasis

Vasokonstriksi sementara pembuluh darah pada daerah yang cedera dan penghentian pendarahan oleh bendungan platelet (trombosit) dengan membentuk serabut fibrin dalam proses pembekuan darah. Setelah terbentuk serabut fibrin, maka dilanjutkan proses fibrinolisis untuk memecahkan bekuan darah dan mempercepat proses migrasi sel ke ruang

kulit yang cedera. Proses vasokonstriksi hanya bersifat sementara untuk menghentikan pendarahan kemudian dilanjutkan dengan agen vasodilator (Wijaya, 2018).

b. Eritema dan panas (Rubor dan Kalor)

Jaringan rusak akan berespon pengeluaran histamin dari sel mast dan ditambah mediator lainnya yang akan menyebabkan vasodilatasi pembuluh darah di sekeliling area cedera. Vasodilatasi tersebut mengakibatkan aliran darah akan lebih banyak menuju ke area cedera, sehingga menjadi merah dan terasa hangat (Wijaya, 2018).

c. Nyeri (Dolor)

Jaringan rusak akibat cedera akan mengenai ujung saraf bebas, sehingga mengeluarkan mediator nyeri seperti prostaglandin, serotonin dan lainnya. Mediator nyeri tersebut akan dibawa ke otak untuk dipersepsikan sebagai sensasi nyeri (Wijaya, 2018).

d. Edema (Tumor) dan penurunan fungsi jaringan (Functio Laesa)

Aliran darah yang menuju area cedera disertai dengan peningkatan permeabilitas kapiler akan menyebabkan cairan dari intravaskular masuk ke interstisial, sehingga terjadi edema lokal dan fungsi sendi atau jaringan sekitar menurun menyebabkan area cedera tidak dapat digerakkan atau gerakannya terbatas (Wijaya, 2018).

e. Destruktif

Pada area cedera akan memicu agen kemotaktik memasukkan leukosit polimorfonuklear (polimorf) dan makrofag dari kapiler. Fungsi

dari polimorf dan makrofag adalah membersihkan jaringan mati (devitalisasi) dan bakteri serta fibrin yang berlebihan. Sel tersebut juga menstimulasi sel fibroblast untuk menyintesis kolagen dan menghasilkan faktor-faktor dalam pembentukan pembuluh darah atau kapiler baru yang disebut angiogenesis pada tahapan proses penyembuhan luka selanjutnya (Wijaya, 2018).

2. Proliferasi

Tahapan ini berlangsung dari hari pertama sampai 21 hari (3 minggu). Tahapan proliferasi sangat dipengaruhi oleh keberadaan sel fibroblas yang akan menyintesis kolagen sebagai bahan dasar membentuk jaringan granulasi. Lapisan dermis yang banyak terdapat sel fibroblas akan mempercepat proses penyembuhan luka, sehingga pada tahapan ini tidak boleh diganggu atau dihambat oleh teknik perawatan luka yang tidak tepat seperti penggunaan cairan cuci luka. Serabut fibrin yang mulai berkurang dengan proses fibrinolisis dan adanya kolagen akan membentuk kapiler baru (angiogenesis) dari tunas endotel dan membentuk jaringan granulasi. Berikut peristiwa yang terjadi pada tahapan proliferasi:

a. Sintesis kolagen

Sel fibroblast yang terdapat pada lapisan dermis distimulasi oleh makrofag untuk menghasilkan kolagen yang menjadi substansi dalam pembentukan jaringan baru atau granulasi. Kolagen yang terbentuk juga dapat memberikan tensile strength (kekuatan regangan) dan strukturnya (Wijaya, 2018).

b. Pembentukan jaringan granulasi

Jaringan granulasi terbentuk dari gelung kapiler baru yang menopang kolagen dan substansi dasar. Jaringan granulasi yang baru tumbuh sangat rapuh dan mudah berdarah, sehingga dalam perawatan luka perlu teknik yang tepat dalam mencuci dan memilih bahan balutan untuk mencegah trauma berulang (Wijaya, 2018).

c. Epitelisasi

Jaringan granulasi yang sudah terbentuk akan dilanjutkan dengan proses migrasi sel epitel dari pinggir luka sampai menutupi luka keseluruhannya. Proses ini terus berlanjut sampai ke tahapan maturasi. Epitelisasi hanya dapat bergerak di atas jaringan hidup, maka dari itu adanya dermis mengering atau jaringan mati (slough dan nekrotik) akan menghambat dan menghentikan migrasi sel epitel (Wijaya, 2018).

3. Maturasi

Tahapan ini berlangsung dari hari ke 21 (3 minggu) sampai 2 tahun. Pembentukan serabut kolagen masih terjadi pada tahapan ini, akan tetapi serabut tersebut akan disusun rapi (reorganize) menyesuaikan jaringan sekitarnya yang sehat. Proses ini berlangsung sampai mencapai sekitar 80% kekuatan kulit (tensile strength) sebelumnya. Jaringan yang baru ini akan tetap berisiko rusak atau dapat kembali menjadi luka oleh karena tensile strength kurang dibandingkan kulit yang tidak mengalami cedera (Wijaya, 2018).

2.4.1 Luka Berdasarkan Stadium.

a. Stage I.

Lapisan epidermis utuh, namun terdapat eritema atau perubahan warna (Wijaya, 2018).

b. Stage II

Kehilangan kulit superfisial dengan kerusakan lapisan epidermis dan dermis. Eritema di jaringan sekitar yang nyeri, panas, dan edema. Exudate sedikit sampai sedang (Wijaya, 2018).

c. Stage III

Kehilangan jaringan sampai dengan jaringan sub cutan, dengan terbentuknya rongga (cavity), exudate sedang sampai banyak (Wijaya, 2018).

d. Stage IV

Hilangnya jaringan sub cutan dengan terbentuknya rongga (cavity) yang melibatkan otot, tendon dan atau tulang. Exudat sedang sampai banyak (Wijaya, 2018).

2.4.2 Luka Berdasarkan Lama Penyembuhan

bisa dibedakan menjadi akut dan kronis. Luka dikatakan akut jika penyembuhan terjadi dalam 2-3 minggu. Sedangkan luka kronis adalah segala jenis luka yang tidak ada tanda-tanda sembuh dalam jangka lebih dari 4-6 minggu. Luka insisi bisa dikategorikan luka akut jika proses penyembuhan berlangsung sesuai dengan proses penyembuhan normal, tetapi bisa juga dikatakan luka kronis jika penyembuhan terlambat (delayed healing) atau jika menunjukkan tanda-tanda infeksi (Ronald, 2015).

2.4.3 Faktor Yang Mempengaruhi Penyembuhan Luka

a. Status imunologi atau kekebalan tubuh

Penyembuhan luka adalah proses biologis yang kompleks, terdiri dari serangkaian peristiwa berurutan bertujuan untuk memperbaiki jaringan yang terluka. Peran sistem kekebalan tubuh dalam proses ini tidak hanya untuk mengenali dan memerangi antigen baru dari luka, tetapi juga untuk proses regenerasi sel

b. Kadar gula darah

Peningkatan gula darah akibat hambatan sekresi insulin, seperti pada penderita diabetes melitus, juga menyebabkan nutrisi tidak dapat masuk ke dalam sel, akibatnya terjadi penurunan protein dan kalori tubuh. Rehidrasi dan pencucian luka dengan dilakukan rehidrasi dan pencucian luka, jumlah bakteri di dalam luka akan berkurang, sehingga jumlah eksudat yang dihasilkan bakteri akan berkurang (Ronald, 2015).

c. Nutrisi

Nutrisi memainkan peran tertentu dalam penyembuhan luka. Misalnya, vitamin C sangat penting untuk sintesis kolagen, vitamin A meningkatkan epitelisasi, dan seng (zinc) diperlukan untuk mitosis sel dan proliferasi sel. Semua nutrisi, termasuk protein, karbohidrat, lemak, vitamin, dan mineral, baik melalui dukungan parenteral maupun enteral, sangat dibutuhkan. Malnutrisi menyebabkan berbagai perubahan metabolik yang mempengaruhi penyembuhan luka (Ronald, 2015).

d. Kadar albumin darah

Albumin sangat berperan untuk mencegah edema, albumin berperan besar dalam penentuan tekanan onkotik plasma darah. (Ronald, 2015).

e. Suplai oksigen dan vaskulerisasi

Oksigen merupakan prasyarat untuk proses reparatif, seperti proliferasi sel, pertahanan bakteri, angiogenesis, dan sintesis kolagen. Penyembuhan luka akan terhambat bila terjadi hipoksia jaringan (Ronald, 2015).

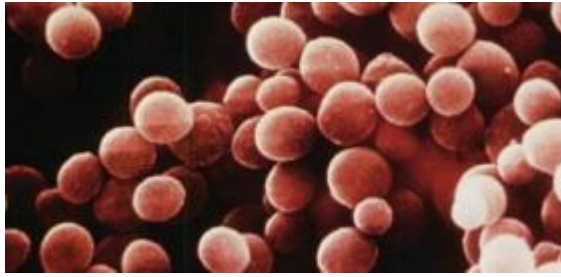
f. Nyeri

Rasa nyeri merupakan salah satu pencetus peningkatan hormon glukokortikoid yang menghambat proses penyembuhan luka (Kartika *et al.*, 2015). Kortikosteroid Steroid memiliki efek antagonis terhadap faktor-faktor pertumbuhan dan deposisi kolagen dalam penyembuhan luka. Steroid juga menekan sistem kekebalan tubuh/sistem imun yang sangat dibutuhkan dalam penyembuhan luka (Ronald, 2015).

2.5 Bakteri *Staphylococcus aureus*

Adapun klasifikasi dari bakteri *Staphylococcus aureus* adalah sebagai berikut (Rosenbach, 1884)

Domain	: <i>Bacteria</i>
Phylum	: <i>Firmicutes</i>
Class	: <i>Bacilli</i>
Ordo	: <i>Bacillales</i>
Family	: <i>Staphylococcaceae</i>
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i>



Gambar 5 bakteri *Staphylococcus aureus* (Bashabsheh *et al.*, 2024).

2.5.1 Morfologi *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif berbentuk kokus yang tersusun berkelompok menyerupai buah anggur. Nama *Staphylococcus* berasal dari kata Yunani *staphyle* yang berarti “tandan anggur” dan *kokkos* yang berarti “beri”. Bakteri ini termasuk dalam famili *Micrococcaceae*, bersifat katalase positif serta oksidase negatif, dan umumnya ditemukan pada kulit serta saluran hidung manusia sehat sebagai bagian dari flora normal (Bashabsheh *et al.*, 2024).

Koloni *Staphylococcus aureus* pada media padat memiliki ciri morfologi yang halus, bulat, sedikit meninggi, dan berwarna kuning keemasan. Warna khas tersebut dihasilkan oleh pigmen *stafyloxantin*, yaitu sejenis karotenoid yang berfungsi melindungi bakteri dari proses fagositosis. Ketika ditumbuhkan pada media darah (*blood agar*), *Staphylococcus aureus* menghasilkan zona hemolisis akibat aktivitas enzim hemolisin yang merusak sel darah merah di sekitar koloni (Bashabsheh *et al.*, 2024).

2.5.2 Patogenesitas *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus merupakan bakteri patogen oportunistik yang dapat menyebabkan infeksi ketika menembus pertahanan alami tubuh, terutama melalui luka pada kulit atau pada individu dengan sistem imun yang lemah. Proses patogenesisnya diawali dengan tahap adhesi, yaitu kemampuan bakteri menempel pada jaringan inang melalui berbagai protein permukaan yang disebut *Microbial Surface Components Recognizing Adhesive Matrix Molecules* (MSCRAMMs). Protein-protein ini, seperti *fibronectin-binding protein* (FnBPs), *collagen-binding protein* (Cna), dan *clumping factor* (ClfA dan ClfB), memungkinkan bakteri menempel kuat pada jaringan yang mengandung kolagen, fibrinogen, serta matriks ekstraseluler lainnya. Selain itu, asam teikoat dan lipoteikoat pada dinding sel turut meningkatkan kemampuan adhesi terhadap sel inang. Setelah proses adhesi, *Staphylococcus aureus* melanjutkan tahap invasi, yaitu penetrasi ke dalam jaringan tubuh inang dengan menghasilkan berbagai enzim seperti hialuronidase, fibrinolisin, dan protease yang berfungsi merusak jaringan serta menguraikan protein imun, termasuk imunoglobulin dan komponen komplemen. Aktivitas enzim tersebut memungkinkan bakteri menghindari fagositosis dan membentuk abses sebagai tempat perlindungan dari sistem imun (Otto, 2014).

Staphylococcus aureus memiliki kemampuan membentuk biofilm, yaitu lapisan pelindung yang tersusun dari matriks polimerik ekstraseluler. Biofilm berfungsi memperkuat perlindungan terhadap sistem imun serta meningkatkan resistensi terhadap antibiotik dan disinfektan, sehingga sering menyebabkan infeksi kronis, terutama pada alat medis implan. Bakteri ini juga memiliki strategi

penghindaran sistem imun melalui produksi faktor virulensi seperti protein A yang mengikat bagian Fc dari imunoglobulin G untuk menghambat opsonisasi dan fagositosis. Selain itu, *Staphylococcus aureus* menghasilkan berbagai toksin seperti *Panton-Valentine leukocidin* (PVL) yang menghancurkan leukosit, serta toksin superantigen seperti enterotoksin dan *toxic shock syndrome toxin-1* (TSST-1) yang dapat mengaktifasi sel T secara berlebihan dan memicu respons imun sistemik. Kombinasi antara kemampuan adhesi, invasi, pembentukan biofilm, serta penghindaran imun menjadikan *Staphylococcus aureus* mampu bertahan di dalam tubuh inang dan menyebabkan berbagai infeksi mulai dari infeksi kulit superfisial hingga penyakit sistemik berat seperti sepsis, pneumonia, endokarditis, dan osteomielitis (Otto, 2014).

2.6 Antibakteri

Antibakteri adalah zat yang memiliki sifat membunuh bakteri (toksik), terutama bakteri merugikan manusia yang biasanya menyebabkan infeksi. Zat atau agen yang digunakan sebelumnya ditentukan harus bersifat toksisitas selektif, yaitu suatu zat berbahaya bagi bakteri atau parasit tetapi tidak membahayakan inang (host). Toksisitas selektif bersifat relatif, yaitu suatu zat (obat) pada konsentrasi tertentu dapat ditoleransi oleh host yang dapat merusak bakteri (Suwandi, 2012).

Berdasarkan sifat toksisitas selektif maka sifat antibakteri terbagi menjadi 2, yaitu bakteristatik (menghambat pertumbuhan bakteri) dan bakterisid (membunuh bakteri). Konsentrasi minimal yang diperlukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri dikenal sebagai Kadar Hambat Minimal (KHM), sedangkan

konsentrasi minimal yang diperlukan untuk membunuh mikroba disebut dengan Kadar Bunuh Minimal (KBM). Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas antibakteri diantaranya adalah pH lingkungan, komponen perbenihan bakteri, stabilitas zat aktif, besarnya inokulum, lamanya inkubasi dan aktifitas metabolic bakteri (Suwandi, 2012).

2.7 Metode Uji Aktivitas Antibakteri

A. Metode Difusi

1. Metode difusi cakram

Dalam prosedur yang umum ini, cawan agar diinokulasi dengan inokulum standar mikroorganisme uji. Kemudian, cakram kertas saring (berdiameter sekitar 6 mm) yang berisi senyawa uji pada konsentrasi yang diinginkan diletakkan di atas permukaan agar. Cawan Petri diinkubasi dalam kondisi yang sesuai. Umumnya, agen antimikroba berdifusi ke dalam agar dan menghambat perkecambahan serta pertumbuhan mikroorganisme uji, kemudian diameter zona pertumbuhan inhibisi diukur menunjukkan media pertumbuhan, suhu, periode inkubasi, dan ukuran inokulum yang dipersyaratkan oleh standar CLSI (Balouiri et al., 2016).

2. Metode difusi cara sumuran

Metode sumuran adalah metode yang dilakukan dengan membuat beberapa lubang pada media agar yang telah diberi bakteri. Lubang-lubang tersebut kemudian diisi dengan zat antibakteri yang akan di uji. Kemudian media agar di inkubasi selama 24 jam dan diamati zona hambat yang terbentuk pada sekeliling lubang (Santoso *et al.*, 2020).

3. Metode cara parit

Metode parit adalah metode dengan cara membuat lempengan agar yang telah dilakukan inokulasi dengan bakteri dibuat sebidang parit. Kemudian di isi dengan zat antimikroba, kemudian di inkubasi pada waktu dan suhu yang optimum yang sesuai dengan mikroba uji. Hasil pengamatan yang akan diperoleh adalah ada atau tidaknya zona hambat yang terbentuk disekitar parit (Santoso *et al.*, 2020).

B. Metode Delusi

1. Metode dilusi cair/broth dilution test.

Metode ini mengukur MIC (*Minimum Inhibitor Concentration*), MBC (*Minimum Bactericidal Concentration* atau Kadar Bunuh Minimum/KBM). Cara yang dilakukan adalah membuat seri pengenceran agen antimikroba pada medium cair yang ditambahkan dengan mikroba uji. Larutan uji agen antimikroba pada kadar terkecil yang terlihat jernih tanpa adanya pertumbuhan mikroba uji ditetapkan sebagai KHM. Larutan uji yang ditetapkan sebagai KHM tersebut selanjutnya dikultur ulang pada media cair tanpa penambahan mikroba uji ataupun agen anti mikroba, dan di inkubasi selama 18-24 jam. Media cair yang tetap terlihat jernih setelah diinkubasi ditetapkan sebagai KBM (Pratiwi, 2008).

2. Metode dilusi padat / solid dilution test

Metode ini serupa dengan metode delusi cair namun menggunakan media padat (solid). Keuntungan metode ini adalah satu konsentrasi agen

antimikroba yang diuji dapat digunakan untuk beberapa mikroba uji (Pratiwi, 2008)

2.8 Film

Sediaan film pembalut luka (film dressing luka) merupakan lembaran tipis yang terbuat dari bahan polimer biokompatibel dan biodegradable, berfungsi sebagai lapisan pelindung yang menutup luka untuk mendukung proses penyembuhan jaringan secara optimal. Penelitian yang dilakukan oleh Santa *et al.*, (2025) menjelaskan bahwa film dressing adalah bentuk balutan modern yang bersifat semi-permeabel, yaitu memungkinkan pertukaran gas seperti oksigen dan karbon dioksida serta uap udara, tetapi mencegah penetrasi cairan dan mikroorganisme dari luar. Sifat ini penting untuk menjaga keseimbangan kelembaban pada luka, sehingga menciptakan lembap lingkungan yang mempercepat epitelisasi, mengurangi pembentukan jaringan parut, serta mencegah infeksi sekunder. Pembalut luka film memiliki keunggulan berupa transparansi, kenyamanan, dan kemampuan menyesuaikan bentuk permukaan kulit, yang memberikan kenyamanan lebih bagi pasien dan memungkinkan mengamati luka tanpa perlu melepas balutan (Bhoyar *et al.*, 2023).

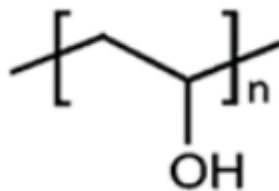
A. Macam Macam Sediaan Lapis Luka

1. Film dressing: Lapisan tipis, transparan, fleksibel, dan semi-permeabel yang menahan bakteri serta memungkinkan pertukaran gas, dengan kemampuan menahan kelembaban luka. Biasanya berupa poliuretan dengan perekat akrilik. Tidak menyerap cairan luka sehingga cocok untuk luka dangkal, donor graft, atau luka minor (Ariany, 2019).

2. Hidrogel multilayer (*multilayer dressing*) yang terdiri dari lebih dari dua lapisan dirancang untuk memenuhi persyaratan penyembuhan luka dengan pilihan sifat kimia dan fisik dari biomaterial penyusunnya. Pembalut luka hidrogel multilayer mengintegrasikan keunggulan masing-masing konstituen. Lapisan atas berfungsi sebagai penghalang untuk transisi bakteri dan sebagai membran pengontrol untuk lingkungan yang lembap. Lapisan bawah dengan struktur spons digunakan untuk penyerapan eksudat berlebih, adhesi ke permukaan luka dan dukungan untuk pembentukan jaringan baru (Tamahkar *et al.*, 2020).
3. Hydrocolloid: Lapisan yang bisa menyerap eksudat minimal hingga sedang, membentuk gel pada permukaan luka, menjaga kelembaban, dan menurunkan pH luka sehingga menghambat pertumbuhan bakteri (Bhoyar *et al.*, 2023).
4. Foam (busa): Lapisan penyerap eksudat yang semi-permeabel dan memberi perlindungan ekstra dari trauma luar, digunakan untuk luka dengan eksudat sedang hingga berat (Gefen *et al.*, 2024).

2.9 Preformulasi

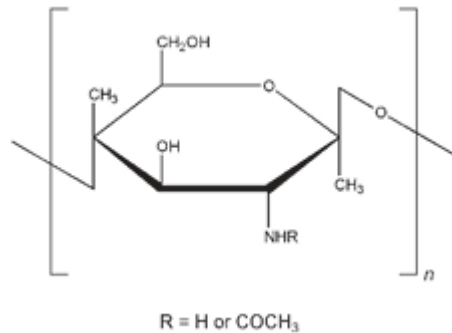
2.9.1 Polivinyl Alcohol



Gambar 6 Struktur Kimia Polivinylalcohol (Agustina, 2019)

Polyvinyl alcohol (PVA) merupakan salah satu polimer sintesis yang banyak digunakan dalam formulasi hidrogel untuk aplikasi medis, termasuk sebagai bahan dasar film pembalut luka (wound dressing). PVA memiliki sejumlah sifat fisikokimia yang unggul, seperti biokompatibilitas yang sangat baik, kelarutan dalam air, sifat biodegradabel, serta kemampuan membentuk jaringan tiga dimensi yang stabil melalui proses ikatan silang (cross-linking) baik secara fisik maupun kimia. Struktur molekul PVA yang kaya akan gugus hidroksil (-OH) memungkinkannya membentuk ikatan hidrogen yang kuat, sehingga menghasilkan film atau hidrogel yang memiliki daya serap air tinggi, elastisitas yang baik, serta kekuatan mekanik yang stabil. Sifat-sifat ini menjadikan PVA mampu mempertahankan kelembaban luka, menciptakan lingkungan lembap yang mendukung proses migrasi sel dan regenerasi jaringan, serta berpotensi mengurangi risiko infeksi. Selain itu, PVA bersifat tidak toksik, tidak karsinogenik, dan dapat dimodifikasi dengan bahan bioaktif seperti kitosan, kolagen, atau nanopartikel logam untuk meningkatkan aktivitas antibakteri, elastisitas, serta kemampuan respons terhadap rangsangan eksternal seperti pH atau suhu. Kombinasi sifat kimia yang stabil dan sifat fisik yang fleksibel ini menjadikan PVA sebagai material ideal untuk pengembangan sediaan film dan hidrogel modern pada perawatan luka (Liang et al., 2024).

2.9.2 Chitosan



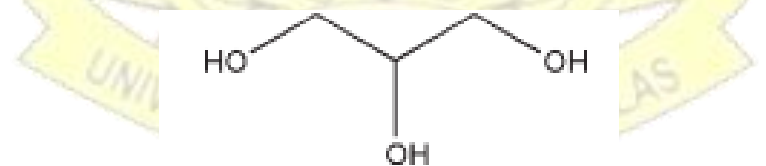
Gambar 7 Struktur Kimia Gliserin (Rowe *et al.*, 2009)

Kitosan adalah poliamina kationik dengan kepadatan muatan tinggi pada pH < 6,5, sehingga menempel pada permukaan bermuatan negatif dan mengkelat ion logam. Ini adalah polielektrolit linear dengan gugus hidroksil dan amino yang reaktif (tersedia untuk reaksi kimia dan pembentukan garam). Sifat kitosan terkait dengan karakter polielektrolit dan karbohidrat polimernya. Kehadiran sejumlah gugus amino memungkinkan kitosan bereaksi secara kimia dengan sistem anionik, yang mengakibatkan perubahan sifat fisikokimia dari kombinasi tersebut. Nitrogen dalam kitosan sebagian besar berbentuk gugus amino alifatik primer. Oleh karena itu, kitosan mengalami reaksi yang khas pada amina: misalnya, N-asilasi dan reaksi Schiff.

kitosan adalah agen peningkat viskositas yang sangat baik dalam lingkungan asam. Ia bertindak sebagai bahan pseudo-plastik, menunjukkan penurunan viskositas seiring dengan meningkatnya laju geser. Viskositas larutan kitosan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi kitosan, menurunnya suhu, dan meningkatnya derajat deasetilasi (Rowe *et al.*, 2009).

Kelarutan Kurang larut dalam air; hampir tidak larut dalam etanol (95%), pelarut organik lainnya, serta larutan netral atau basa pada pH di atas sekitar 6,5. Chitosan mudah larut dalam larutan encer maupun pekat dari sebagian besar asam organik, dan sampai batas tertentu dalam asam anorganik mineral (kecuali asam fosfat dan asam sulfat). Setelah larut, gugus amina dari polimer menjadi terprotonasi, menghasilkan polisakarida bermuatan positif (RNH_3^+) dan garam chitosan (klorida, glutamat, dll.) yang larut dalam air; kelarutannya dipengaruhi oleh derajat deasetilasi. Kelarutan juga sangat dipengaruhi oleh penambahan garam ke dalam larutan. Semakin tinggi kekuatan ionik, semakin rendah kelarutan akibat efek penggaraman keluar (salting-out), yang menyebabkan presipitasi chitosan dalam larutan. Ketika chitosan berada dalam larutan, tolakan antara unit yang telah deasetilasi dan unit glukosamin tetangganya menyebabkan chitosan berada dalam konformasi yang terbentang. Penambahan elektrolit mengurangi efek ini dan molekul menjadi lebih teratur (Rowe *et al.*, 2009).

2.9.3 Gliserin



Gambar 8 Struktur Kimia Gliserin (Rowe *et al.*, 2009)

Gliserin merupakan cairan seperti sirup, jernih, tidak berwarna, 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 digunakan dalam berbagai formulasi farmasi termasuk sediaan oral, otik, oftalmik, topikal, dan parenteral. Dalam formulasi farmasi topikal dan kosmetik, gliserin berperan digunakan terutama karena sifat humektan dan emoliennya dengan konsentrasi $\leq 30\%$. Gliserin digunakan sebagai pelarut atau pelarut bersama dalam krim dan emulsi. Gliserin juga digunakan dalam gel berair dan non air dan juga sebagai aditif dalam aplikasi tempelan. Dalam formulasi parenteral, gliserin digunakan terutama sebagai pelarut dan kosolvent. Dalam larutan oral, gliserin digunakan sebagai pelarut, pemanis bahan pengawet antimikroba dan bahan penambah viskositas (Rowe *et al.*, 2009).

Gliserin dalam formulasi film digunakan sebagai agen *plasticizer* (Kumar *et al.*, 2022). *Plasticizer* bekerja dengan tujuan memisahkan rantai polimer sehingga menyebabkan hasil sediaan film lebih fleksibel dan daya elongasi yang besar (Ismaya *et al.*, 2021).

2.9.4 Akuades

Akuades 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 minum, tidak mengandung zat tambahan lainnya, pemerian cairan jernih, tidak berwarna dan tidak berbau ((Departemen Kesehatan Indonesia, 1979).

2.10 Evaluasi Sediaan Film Pelindung Luka

a. evaluasi organoleptic dan homogenitas

Uji ini berfungsi untuk menilai penampilan fisik dan keseragaman film, seperti warna, kejernihan, kelicinan, dan antarmuka. Film yang homogen dan transparan menandakan bahwa dispersi bahan aktif serta polimer telah merata tanpa adanya gelembung atau kristalisasi yang dapat mempengaruhi pelepasan obat. Homogenitas juga menjamin bahwa dosis senyawa aktif yang menempel kenyamanan dan penerimaan pasien selama penggunaan. Dalam konteks pembalut luka, transparansi penting untuk memudahkan pemantauan luka tanpa membuka balutan, sehingga mengurangi risiko infeksi sekunder (Safta *et al.*, 2025).

b. Evaluasi keseragaman masa dan ketebalan

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap potongan film memiliki massa dan ketebalan yang seragam, karena parameter ini berpengaruh langsung terhadap konsistensi dosis bahan aktif, ketahanan mekanik, dan waktu degradasi film di kulit. Film yang terlalu tebal akan mengurangi permeabilitas gas dan kelembaban, sedangkan film yang terlalu tipis rentan robek. Ketebalan yang seragam juga menjadi indikator keberhasilan proses pencetakan (casting) dan pengeringan selama pembuatan. Ketidak homogenan dapat menyebabkan perbedaan laju pelepasan senyawa bioaktif, sehingga mempengaruhi efektivitas penyembuhan luka. Oleh karena itu, parameter ini menjadi bagian penting dari kontrol mutu formulasi film (Safta *et al.*, 2025).

c. Evaluasi derajat pengembangan film

Fungsi utama uji ini adalah untuk menilai kemampuan film menyerap eksudat luka dan mempertahankan kelembaban optimal di area luka. Derajat pengembangan yang tinggi menandakan bahwa polimer memiliki kemampuan baik untuk mengembang dalam kondisi lembap, sehingga membentuk lapisan gel yang mendukung proses debridemen autolitik. Mekanisme ini membantu pengangkatan jaringan nekrotik secara alami tanpa merusak jaringan sehat. Selain itu, pengembangan yang cukup memastikan sustained release bahan aktif seperti polifenol dan flavonoid, yang berperan dalam aktivitas antioksidan dan antibakteri. Kelembaban yang stabil juga mempercepat pembentukan jaringan granulasi dan epitelisasi (Safta *et al.*, 2025)

d. Evaluasi sifat mekanik (kekerasan, dan ketahanan lipat)

Evaluasi ini menentukan sejauh mana film dapat menahan gaya fisik seperti peregangan, lipatan, dan tekanan tanpa mengalami kerusakan. Kekuatan mekanik yang baik menunjukkan bahwa struktur polimer stabil dan tahan terhadap deformasi selama aplikasi di kulit. Elastisitas yang tinggi penting agar film dapat mengikuti pergerakan tubuh tanpa mudah robek, menjaga kenyamanan pasien. Ketahanan lipat yang tinggi (>300 kali) mengindikasikan fleksibilitas jangka panjang, sehingga film tidak retak selama penyimpanan atau pemakaian (Safta *et al.*, 2025).

e. Evaluasi uji transparansi

Uji transparansi film dilakukan untuk menilai kemampuan film dalam menghambat atau meneruskan cahaya, terutama cahaya UV, karena tingkat

transmisi cahaya sangat mempengaruhi stabilitas dan efektivitas film sebagai pembalut luka. Paparan cahaya terutama UVB dapat mempercepat oksidasi komponen pada luka dan meningkatkan kerusakan jaringan, sehingga memperlambat penyembuhan luka. Penelitian Liu et al. menunjukkan bahwa UVB memperlambat penyembuhan luka dengan menghambat migrasi keratinosit, mengganggu dinamika focal adhesion, serta menurunkan kemampuan reepitelisasi. Oleh karena itu, film yang baik harus memiliki tingkat transparansi yang terkontrol (tidak terlalu tinggi) agar mampu memberikan perlindungan dari cahaya berlebih, terutama sinar UV, sekaligus tetap memungkinkan pemantauan visual terhadap kondisi luka. Pengujian transparansi menjadi penting untuk memastikan film mampu menjaga kestabilan bahan aktif, mencegah degradasi akibat cahaya, dan mendukung proses penyembuhan luka secara optimal (Han Liu *et al.*, 2016).

