

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Kenop (*Gomphrena globosa* L.)

1. Definisi

Gomphrena globosa L., juga dikenal sebagai kenop atau masyarakat Bali umumnya menyebut bunga ratna merupakan tanaman yang tumbuh baik di lingkungan optimal maupun sub-optimal yang memiliki berbagai manfaat. Tumbuhan berbunga ini merupakan dari famili Amaranthaceae yang dikenal karena bunganya berbentuk bola (*globosa*) berwarna mencolok (merah, ungu, putih, atau pink). Berasal dari Panama, Brazil, dan Guatemala. Menyebar ke Asia sebagai tanaman yang digunakan dalam pengobatan tradisional juga tanaman hias karena memiliki bentuk dan warna bunga yang tahan lama dan unik. Di Indonesia tanaman ini banyak dibudidayakan sebagai tanaman hias, sumber pewarna alami (betasianin), dan bahan teh. Khususnya di Bali, bunga ratna ini sering digunakan untuk sarana upacara. Tanaman ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional lokal untuk berbagai keluhan seperti peradangan dan gangguan pencernaan (Anaswara *et al.*, 2022).

Pemanfaatan bahan herbal di Indonesia semakin diminati seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pengobatan berbasis alam yang relatif terjangkau. Kondisi geografis Indonesia sebagai wilayah tropis turut mendukung ketersediaan berbagai jenis tanaman herbal yang berpotensi dikembangkan sebagai bahan obat. Selain faktor ekonomi dan ketersediaan, obat herbal umumnya dipersepsikan lebih aman karena berasal dari bahan alami. Beberapa penelitian melaporkan bahwa obat herbal memiliki efektivitas terapeutik yang baik dengan risiko efek samping yang

lebih ringan dibandingkan obat sintetis. Oleh karena itu, penggunaan tanaman herbal sebagai alternatif atau pendamping terapi medis terus mengalami peningkatan dan menjadi fokus penelitian ilmiah (Safitri *et al.*, 2021).

2. Klasifikasi

Kingdom : *Plantae*

Divisio : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Ordo : *Caryophyllales*

Famili : *Amaranthaceae*

Genus : *Gomphrena*

Spesies : *Gomphrena globosa* L.

3. Morfologi



Sumber: Socfindo Conservation (2025)

Gambar 1. Tanaman Kenop (*Gomphrena globosa* L.)

Kenop atau yang disebut dengan Bunga Ratna merupakan tanaman yang memiliki batang tegak, bercabang, tekstur agak lunak hingga sedikit berkayu. Tanaman ini memiliki tinggi berkisar antara $\pm 20 - 60$ cm tergantung kultivar dan

kondisi tumbuh. Daun kenop merupakan daun tunggal yang berbentuk oval hingga elips dan permukaan agak berbulu. Bunga kenop tersusun dalam kepala berbentuk bola kecil yang rapat dengan braktea yang kaku sehingga bunga tetap tahan lama (baik sebagai bunga potong maupun bahan pewarna kering). Struktur akar berupa akar serabut/tunggang yang memungkinkan tanaman toleran pada kondisi tanah agak kering. Penelitian karakterisasi di Bali mendokumentasikan fenotipe lokal tanaman kenop dengan warna bunga merah muda (pink) serta variasi morfologi yang khas. Variasi tersebut diduga dipengaruhi oleh interaksi antara faktor lingkungan, seperti kondisi tanah dan iklim, serta faktor genetik tanaman. Kenop memiliki distribusi yang cukup luas di wilayah tropis dan subtropis, khususnya di Indonesia. Tanaman ini mudah ditemukan di pekarangan rumah, taman, maupun kebun, sehingga keberadaannya relatif melimpah dan mudah diakses. Kondisi tersebut menjadi penting dalam konteks pemanfaatan lokal karena mendukung ketersediaan bahan baku yang berkelanjutan untuk keperluan penelitian maupun produksi berbasis tanaman obat (Redana *et al.*, 2025).

4. Manfaat

Gomphrena globosa L. (kenop) merupakan tumbuhan yang sejak lama dikenal dan dimanfaatkan sebagai tanaman hias karena bentuk bunganya yang menarik dan daya tahannya yang tinggi. Namun, dalam dua dekade terakhir, perhatian ilmiah terhadap tanaman ini meningkat secara signifikan seiring ditemukannya kandungan metabolit sekunder yang kompleks dan beragam. Senyawa-senyawa tersebut meliputi flavonoid, betalain, dan komponen bioaktif lain yang berpotensi memberikan aktivitas farmakologis. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kenop berpeluang diaplikasikan dalam bidang farmasi, pangan fungsional, dan

kosmetik berbasis bahan alam. Bukti empiris menunjukkan bahwa *Gomphrena globosa* L., selain dikenal sebagai tanaman hias, juga memiliki sejarah pemanfaatan dalam pengobatan tradisional di berbagai budaya untuk menangani beragam kondisi kesehatan seperti peradangan, gangguan pencernaan, demam, infeksi, dan gangguan metabolik lainnya, sesuai dengan kandungan fitokimia bioaktifnya seperti flavonoid, fenolik, serta betasianin yang berkontribusi terhadap aktivitas farmakologisnya (Anaswara *et al.*, 2022).

Beberapa penelitian *in vivo* dan *in vitro* di Indonesia mengindikasikan potensi antiinflamasi kenop. Meilina *et al.* (2022) melaporkan bahwa ekstrak etanol bunga/daun kenop mampu menurunkan respons inflamasi pada model hewan uji, dengan efektivitas yang mendekati obat standar pada dosis tertentu. Dengan demikian, kenop mempunyai potensi sebagai sumber agen antiinflamasi alami yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk aplikasi terapeutik ringan hingga sedang.

Selain itu, antioksidan adalah salah satu manfaat yang paling konsisten dilaporkan. Beberapa studi Indonesia membandingkan aktivitas antioksidan seduhan atau ekstrak kenop dengan standar seperti vitamin C menggunakan metodologi DPPH dan FRAP. Rohmah *et al.* (2023) menemukan bahwa seduhan bunga kenop menunjukkan aktivitas penangkap radikal yang signifikan dan, dalam beberapa kondisi ekstraksi, mendekati aktivitas vitamin C. Aktivitas antioksidan ini secara biologis penting karena peradangan kronis seringkali diperburuk oleh stres oksidatif. Oleh sebab itu, kemampuan kenop untuk menetralkan radikal bebas mendukung perannya sebagai agen protektif terhadap kerusakan oksidatif serta sebagai penopang aktivitas antiinflamasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Suleman *et al.* (2024) menunjukkan bahwa senyawa seperti flavonoid, tanin, dan saponin yang teridentifikasi dalam ekstrak memiliki aktivitas terhadap bakteri penyebab jerawat *Staphylococcus aureus*. Selain itu, penelitian *in vitro* terhadap aktivitas antimikroba terhadap patogen lain seperti *Salmonella* spp. dan *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa ekstrak kenop memiliki efek hambat, meskipun efektivitas relatif bergantung pada bagian tanaman, metode ekstraksi, dan pelarut yang digunakan.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kenop dapat digunakan sebagai sumber pewarna alami berbasis betasianin yang berwarna merah-ungu. Pigmen ini dapat diekstraksi dan digunakan pada produk pangan atau indikator pH alami, namun kestabilannya dipengaruhi oleh kondisi ekstraksi (jenis pelarut, suhu, lama maserasi) dan perlakuan pasca-ekstraksi. Karena tren konsumen yang semakin menghindari pewarna sintetis, pemanfaatan betalain kenop sebagai pewarna alami mempunyai prospek komersial yang menjanjikan jika masalah stabilitas dapat diatasi melalui formulasi yang tepat. Hasil penelitian ini juga penting untuk memberikan dasar ilmiah dalam pemilihan pelarut yang paling efektif untuk mengekstraksi senyawa antiinflamasi dari batang kenop. Selain itu, temuan penelitian ini berpotensi mendukung pemanfaatan batang kenop sebagai sumber bahan alam antiinflamasi yang ekonomis dan aplikatif (Illing, 2021).

B. Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan senyawa aktif atau metabolit sekunder dari material biologis, seperti tumbuhan, hewan, dan mikroba, dengan menggunakan pelarut atau teknik tertentu hingga diperoleh ekstrak yang mengandung campuran senyawa terlarut. Tujuan utama proses ekstraksi adalah

memperoleh senyawa bioaktif dalam bentuk larutan atau larutan pekat, memisahkannya dari matriks padat, meningkatkan tingkat kemurnian, serta mempermudah analisis kimia dan pengujian aktivitas biologis, seperti antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba. Efektivitas ekstraksi sangat ditentukan oleh berbagai faktor, antara lain jenis pelarut, suhu, waktu kontak, metode ekstraksi, serta ukuran partikel sampel yang digunakan. Pemilihan kondisi ekstraksi yang tepat akan memengaruhi jumlah dan jenis metabolit sekunder yang berhasil ditarik dari bahan uji. Oleh karena itu, dalam penelitian laboratorium modern, teknik ekstraksi dipandang sebagai faktor kunci penentu kualitas fitokimia suatu ekstrak (Lestari *et al.*, 2020).

Jenis-jenis ekstraksi yang dapat digunakan dalam melakukan ekstraksi bahan alam, diantaranya:

1. Maserasi

Maserasi adalah cara pengambilan zat yang paling mudah dan hingga saat ini masih sering digunakan dalam penelitian bahan alami. Cara kerjanya adalah dengan memakai pelarut yang tepat untuk masuk ke dalam sel sampel, sehingga zat aktif bisa keluar karena perbedaan tingkat konsentrasi antara cairan di dalam dan luar sel. Proses ini dilakukan dengan merendam material kasar, umumnya berupa serbuk bahan alam, ke dalam pelarut seperti air, etanol, metanol, atau pelarut lain yang sesuai. Maserasi biasanya berlangsung pada suhu kamar atau suhu rendah dalam wadah tertutup selama waktu tertentu dengan pengadukan sesekali untuk meningkatkan kontak antara pelarut dan bahan. Setelah proses perendaman selesai, larutan disaring dan residu ditekan guna memperoleh cairan ekstrak yang mengandung senyawa terlarut (Ningsih *et al.*, 2025).

2. Perkolasi

Perkolasi adalah metode ekstraksi di mana pelarut yang telah jenuh terus-menerus diganti dengan pelarut baru yang segar sehingga terjadi pemekaran kontak pelarut dengan sampel. Sampel ditempatkan dalam alat perkolator, pelarut dialirkan dari atas ke bawah secara bertahap. Teknik ini banyak digunakan untuk minyak atsiri atau senyawa ekstraktif dari bahan padat. Metode ini lebih efisien dibandingkan maserasi dalam waktu dan penggunaan pelarut, serta cocok untuk ekstraksi dalam skala besar. Namun, efisiensi tetap dipengaruhi jenis pelarut, rasio pelarut terhadap bahan, dan sifat senyawa target (Zhang *et al.*, 2018).

3. Soxhlet

Ekstraksi Soxhlet merupakan salah satu metode ekstraksi padat-cair yang dirancang untuk memperoleh senyawa aktif dari matriks bahan yang sulit diekstraksi dengan perendaman biasa. Dalam metode ini, pelarut dipanaskan hingga menguap, kemudian mengalir ke kondensor untuk didinginkan sehingga menetes ke dalam ruang yang berisi sampel. Ketika ruang ekstraksi terisi hingga batas tertentu, cairan akan kembali ke labu melalui sifon, membawa senyawa terlarut dalam proses sirkulasi berulang. Keunggulan Soxhlet terletak pada mekanisme refluks kontinu yang memastikan pelarut segar terus bersentuhan dengan sampel tanpa perlu penambahan manual. Dengan demikian, semua pelarut dalam sistem tetap berada dalam sirkulasi tertutup, membuat ekstraksi berlangsung stabil dan efisien. Ekstraksi Soxhlet pada tanaman obat mampu meningkatkan efisiensi ekstraksi alkaloid dan fenolik hingga dua kali lipat (Fitriana *et.al*, 2020).

4. Refluks

Refluks adalah metode ekstraksi dengan pemanasan di bawah titik didih pelarut, di mana uap pelarut yang terbentuk akan mengembun kembali dan turun ke labu ekstraksi. Metode ini memungkinkan ekstraksi pada suhu konstan dalam waktu tertentu, biasanya 2 – 4 jam. Proses refluks dilakukan pada suhu sekitar 60 – 70°C tergantung jenis pelarut yang digunakan. Keunggulan metode refluks adalah efisiensi ekstraksi yang tinggi karena pemanasan mempercepat pelarutan senyawa aktif, serta penggunaan pelarut yang lebih sedikit dibanding sokletasi. Namun, metode ini juga berisiko merusak senyawa termolabil akibat paparan panas yang cukup lama (Zhang *et al.*, 2018).

5. Ekstraksi Ultrasonik (UAE)

Ultrasonic Assisted Extraction (UAE) merupakan metode ekstraksi modern yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk merusak dinding sel tanaman sehingga mempercepat pelepasan senyawa aktif. Mekanisme ini memungkinkan proses ekstraksi berlangsung lebih cepat, umumnya dalam rentang 5 – 30 menit, dengan efisiensi yang tinggi dibandingkan metode konvensional. Selain itu, UAE membutuhkan volume pelarut yang lebih sedikit, sehingga lebih ramah terhadap prinsip efisiensi dan keberlanjutan laboratorium. Penerapan teknik ini terbukti mampu meningkatkan rendemen ekstrak serta kandungan fenolik total secara signifikan pada berbagai bahan herbal. Efek kavitasi ultrasonik mempercepat difusi pelarut ke dalam sel dan memfasilitasi keluarnya senyawa bioaktif dari matriks jaringan tanaman (Safitri, 2021).

C. Pelarut

Pelarut merupakan zat cair yang digunakan untuk melarutkan dan mengekstrak senyawa aktif dari material padat seperti serbuk tanaman, yang bertujuan untuk memisahkan metabolit sekunder dari matriks sel tumbuhan. Pelarut N-heksana digunakan untuk melarutkan senyawa non-polar, etil asetat digunakan untuk melarutkan senyawa semi polar, etanol dan metanol digunakan untuk melarutkan senyawa polar (Riskiana *et al.*, 2025)

1. N-heksana

N-heksana adalah pelarut non-polar yang termasuk ke dalam alifatik hidrokarbon memiliki struktur karbon rantai jenuh. Karena sifat non-polar, n-heksana sangat efisien untuk melarutkan senyawa lipofilik, seperti minyak atsiri, lemak, lilin, steroid, triterpenoid, terpenoid non-polar, dan senyawa non-polar lainnya. Dalam proses ekstraksi tumbuhan, n-heksana sering dipilih untuk tahap *defatting*, yaitu menghilangkan komponen lemak/minyak terlebih dahulu agar tidak mengganggu ekstraksi senyawa polar di tahap selanjutnya. Heksana sering dimanfaatkan untuk mendapatkan minyak dari biji-bijian seperti kacang dan rami (Pradita *et al.*, 2017). Menurut Utomo (2016) dalam Dusak (2024) N-heksana juga berfungsi untuk membersihkan tekstil, furnitur, sepatu, dan cetakan.

2. Etil Asetat

Etil asetat adalah pelarut dengan polaritas menengah (semi-polar). Karena itu, ideal untuk melarutkan senyawa dengan polaritas sedang sampai semi-nonpolar misalnya aglikon flavonoid, fenolik moderat, tanin tertentu, senyawa terpenoid semi-polar, dan metabolit sekunder dengan struktur sedang. Pelarut ini tidak se-

polar air maupun alkohol, tetapi juga tidak se-non-polar hidrokarbon seperti n-heksana (Vittaya *et al.*, 2023).

3. Etanol

Etanol (C_2H_5OH) merupakan pelarut cair dengan daya pelarut yang tinggi. Pelarut etanol, terutama dalam konsentrasi seperti 70 % atau 96 %, secara luas digunakan dalam penelitian fitokimia dan farmasi untuk mengekstrak metabolit sekunder dari tumbuhan (flavonoid, fenolik, alkaloid, tanin, terpenoid, dsb.). Karakteristik utama etanol yaitu: kemampuan membentuk ikatan hidrogen, kelarutan yang relatif luas, serta sifat fisik yang memudahkan evaporasi/penghilangan pelarut setelah ekstraksi. Kombinasi polaritas dan kemampuan untuk melarutkan senyawa dengan kepolaran berbeda membuat etanol cukup fleksibel sebagai pelarut dalam rangka mendapatkan ekstrak kasar yang beragam (Pramushinta *et al.*, 2025).

Selain itu, etanol dianggap lebih aman dibandingkan pelarut toksik lainnya, sehingga cocok untuk ekstrak yang ditujukan pada aplikasi konsumsi atau fitofarmaka. Etanol tergolong pelarut yang mudah menguap dan mudah repurifikasi, memudahkan proses konsentrasi ekstrak tanpa residu berbahaya yang tinggi. Etanol dianggap sebagai pelarut hijau karena toksisitasnya yang relatif rendah, dan juga karena bioetanol (termasuk semua etanol *food grade*) berasal dari tanaman (Cole Parmer, 2022).

4. Metanol

Metanol (CH_3OH) adalah pelarut organik polar termasuk golongan alkohol protik yang sangat umum digunakan dalam penelitian fitokimia. Polaritas dan kemampuannya membentuk ikatan hidrogen membuat metanol mampu melarutkan

beragam senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan, terutama senyawa polar sampai semi-polar seperti fenol, flavonoid (glikosida maupun aglikon), tanin, saponin, alkaloid, dan senyawa fenolik lainnya. Teknik ekstraksi menggunakan metanol sering dilakukan dengan metode maserasi atau refluks, tergantung tujuan (skrining, isolasi, uji aktivitas). Namun, metanol bersifat toksik bagi manusia, sehingga ekstrak yang menggunakan metanol tidak aman untuk dikonsumsi tanpa proses penghilangan pelarut (evaporasi, uap, residu) dengan benar (Yulis dkk, 2020).

D. Kandungan Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder adalah sebagian kecil dari karbon, nitrogen, dan energi yang digunakan oleh tumbuhan untuk membuat molekul organik. Meskipun molekul-molekul ini tidak secara langsung membantu tumbuhan tumbuh atau berkembang, mereka tetap dihasilkan oleh tumbuhan. Metabolit sekunder juga merupakan senyawa organik yang tidak terlibat langsung dalam proses penting seperti fotosintesis, pertumbuhan, atau reproduksi. Sebaliknya, metabolit ini berfungsi sebagai alat adaptasi, pertahanan terhadap stres biotik/abiotik, interaksi dengan organisme lain (herbivora, patogen), dan komunikasi ekologi, seperti perlindungan terhadap herbivora, patogen, radiasi UV, atau persaingan antar tumbuhan (Perangin – Angin *et al.*, 2019).

Metabolit sekunder adalah senyawa yang dibuat atau disintesis oleh tumbuhan. Jenis-jenis metabolit sekunder meliputi alkaloid, flavonoid, senyawa fenolik, tanin, saponin, triterpenoid, dan steroid. Senyawa ini merupakan hasil dari proses biosintesis yang berasal dari metabolit primer, biasanya dihasilkan oleh organisme

untuk melindungi diri terhadap lingkungan sekitar atau serangan dari makhluk hidup lainnya (Nasrul & Chatri, 2024).

Golongan-golongan utama senyawa metabolit sekunder dalam tanaman, diantaranya:

1. Alkaloid

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder yang mengandung atom nitrogen, biasanya bersifat basa, dan sering ditemukan di dalam jaringan tertentu pada tumbuhan. Alkaloid dikenal karena memiliki aktivitas fisiologis yang kuat, mulai dari berfungsi sebagai obat pereda nyeri, pengatur suasana hati, hingga racun. Alkaloid berperan penting dalam proses metabolisme dan pengendalian pertumbuhan pada sistem biologis tanaman (Billa & Chatri, 2025). Menurut Wink (2008) yang disebutkan oleh Maisarah, dkk (2023), alkaloid pada tumbuhan berfungsi sebagai racun yang membantu melindungi tanaman dari serangga dan hama, serta berperan dalam mengatur pertumbuhan dan menyimpan nitrogen serta unsur penting lain yang dibutuhkan tanaman.

2. Flavonoid

Flavonoid adalah kelompok senyawa polifenol yang menyebabkan warna kuning, merah, atau biru pada bunga dan buah. Struktur dasar flavonoid adalah flavon, dan senyawa ini dikenal memiliki aktivitas antioksidan yang kuat. Flavonoid berperan dalam melindungi tumbuhan dari radiasi UV, menarik penyerbuk, serta memiliki aktivitas biologis seperti antiinflamasi dan antimikroba (Roy *et al.*, 2022). Menurut Ratih dan Habibah (2023), flavonoid merupakan kelompok senyawa metabolit sekunder yang berasal dari turunan flavon utama, dapat larut dalam air, dan bisa dikeluarkan dengan cara ekstraksi menggunakan

etanol 70%. Flavonoid juga termasuk dalam kelompok senyawa fenolik yang jumlahnya paling banyak ditemukan pada tumbuhan.

3. Tanin

Tanin adalah senyawa metabolit sekunder yang termasuk polifenol yang biasanya berstruktur besar dan mampu membentuk kompleks dengan protein (gulma sifat mengendap). Tanin secara umum dibedakan menjadi tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis; keduanya terdapat pada tumbuhan, tetapi tanin terkondensasi cenderung lebih dominan. Tannin merupakan polifenol larut dalam air yang ditemukan dalam banyak makanan berbasis tumbuhan. Tanin memiliki aktivitas pertahanan, terutama sebagai antifungi. Tannin dapat mengganggu permeabilitas dinding sel jamur sehingga metabolisme sel jamur terhambat. Oleh karena itu, tanin membantu tanaman melawan infeksi jamur dan patogen (Jirna *et al.*, 2020).

4. Terpenoid

Terpenoid adalah zat yang berasal dari unit isoprena atau senyawa terpen. Umumnya, terpenoid terdiri dari kelompok hidrokarbon, glikosida, eter, alkohol, keton, aldehida, asam karboksilat, dan ester. Terpenoid dibentuk melalui jalur biosintesis mevalonat maupun metil eritritol fosfat, menghasilkan beragam struktur mulai dari minyak atsiri hingga molekul kompleks seperti steroid, senyawa ini berperan penting dalam fisiologi tumbuhan sebagai komponen aroma, penarik penyerbuk, serta mekanisme pertahanan terhadap patogen dan herbivora, sekaligus memiliki aktivitas biologis luas seperti antiinflamasi, antimikroba, dan antioksidan, sehingga banyak dimanfaatkan dalam bidang farmasi, pangan, dan kosmetik (Azalia *et al.*, 2023).

5. Saponin

Putri *et al.*, (2023) menjelaskan saponin sebagai senyawa bioaktif yang mampu menurunkan tegangan permukaan dan memodifikasi permeabilitas membran sel, sehingga menghasilkan berbagai aktivitas biologis seperti antimikroba, antiinflamasi, sitotoksik, serta imunomodulator. Saponin merupakan kelompok senyawa metabolit sekunder berbentuk glikosida yang tersusun atas aglikon yang dapat berupa triterpenoid atau steroid yang terikat pada satu atau lebih gugus gula. Struktur inilah yang membuat saponin memiliki sifat amfifilik, yaitu mampu berinteraksi dengan air sekaligus lipid, sehingga ketika dikocok dalam air akan menghasilkan busa. Pada manusia, berbagai penelitian menunjukkan bahwa saponin memiliki potensi sebagai antimikroba, antiinflamasi, hipokolesterolemik, imunomodulator, dan antikanker, walaupun aktivitas tersebut sangat bergantung pada jenis saponin dan konfigurasi gulanya.

E. Inflamasi

Inflamasi adalah reaksi kompleks yang terjadi pada jaringan yang memiliki pembuluh darah ketika ada infeksi atau cedera. Reaksi ini melibatkan pergerakan protein darah ke area yang rusak atau terinfeksi. Inflamasi merupakan cara tubuh merespons kerusakan, dan termasuk dalam respons sistem kekebalan alami. Meski inflamasi berperan penting dalam mengatasi infeksi dan memperbaiki jaringan, ternyata bisa juga menyebabkan kerusakan jaringan dan penyakit. Proses inflamasi memiliki lima gejala utama yang disebut tanda kardinal inflamasi, yaitu kemerahan, panas, nyeri, bengkak, dan gangguan fungsi. Kemerahan terjadi karena aliran darah ke area yang rusak meningkat, sementara panas terjadi karena respons tubuh terhadap peradangan (Ansar & Ghosh, 2016).

Inflamasi akut terjadi ketika ada gangguan dari dalam tubuh atau luar. Proses inilah yang menyebabkan perubahan aliran darah ke area yang terkena, serta melebarnya pembuluh darah. Proses ini didukung oleh zat seperti prostaglandin, leukotrien, dan oksida nitrat. Untuk mengurangi inflamasi akut, umumnya digunakan obat antiinflamasi nonsteroid (NSAID), seperti aspirin. Aspirin bekerja dengan menghambat enzim siklooksigenase (COX-1 dan COX-2) yang terlibat dalam produksi prostaglandin, salah satu penyebab peradangan (Nurprilinda, 2024).

Inflamasi kronik lebih rumit dan bisa berlangsung dalam bulan atau tahun. Inflamasi ini muncul jika penyebab awal tidak teratasi, paparan terus-menerus pada faktor penyebab, atau terjadi karena sistem kekebalan tubuh menyerang jaringan sehat. Sitokin seperti IFN- γ dan TNF- α berperan dalam inflamasi kronik. Sel T helper 1, sel NK, dan sel T sitotoksik melepaskan IFN- γ , sementara makrofag menghasilkan TNF- α . IFN- γ membantu meningkatkan fungsi sel penunjuk antigen (APC), serta memperkuat respons sitokin. Selain itu, IFN- γ juga aktif dalam menghancurkan mikroba dan berperan dalam reaksi alergi seperti granuloma sarkoid. TNF- α bekerja bersama IFN- γ dalam mengaktifkan makrofag dan berperan dalam sejumlah respons inflamasi kronis (Nurprilinda, 2024).

Pada kondisi normal, mediator inflamasi akan dihancurkan setelah dilepaskan dan dihasilkan kembali jika ada pemicu. Selama proses inflamasi, tubuh menghasilkan sinyal untuk menghentikan reaksi. Mekanisme ini meliputi perubahan dari mediator proinflamasi menjadi mediator antiinflamasi seperti lipoksin, sitokin antiinflamasi, faktor pertumbuhan transformasi beta (TGF- β), serta perubahan kolinergik yang menghambat produksi TNF- α di makrofag. Sistem ini

penting untuk mencegah terjadinya peradangan yang berlebihan, yang bisa merusak jaringan (Nurprilinda, 2024).

Efek samping yang ditimbulkan oleh obat antiinflamasi sintetis mendorong pengembangan alternatif terapi yang berasal dari bahan alam, khususnya tanaman. Tanaman obat banyak dipilih karena dinilai lebih aman dan memiliki potensi farmakologis yang luas. Berbagai tanaman asli Indonesia telah dibuktikan secara ilmiah memiliki aktivitas antiinflamasi. Aktivitas tersebut berkaitan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan terpenoid. Senyawa-senyawa ini bekerja melalui mekanisme penghambatan mediator inflamasi, penurunan sitokin proinflamasi, serta inhibisi enzim yang berperan dalam jalur inflamasi (Manurung & Sumiwi, 2016).

F. Uji Antiinflamasi

Uji antiinflamasi merupakan rangkaian uji biologis yang digunakan untuk mengevaluasi kemampuan suatu senyawa atau ekstrak untuk menghambat proses inflamasi, yaitu respons biologis tubuh terhadap cedera, infeksi, paparan iritan, atau mediator pro – inflamasi seperti prostaglandin, sitokin, atau *nitric oxide* (NO). Secara teoritis, inflamasi dimulai dari aktivasi mediator inflamasi yang menyebabkan vasodilatasi, peningkatan permeabilitas kapiler, dan migrasi leukosit ke jaringan yang rusak. uji antiinflamasi diukur dari kemampuan suatu zat atau obat untuk menekan tanda-tanda ini dan dibagi menjadi dua metode, yaitu *in vitro* dan *in vivo* (Laksmitawati & Tiffani, 2020).

1. Uji *in vitro*

Uji antiinflamasi *in vitro* merupakan pendekatan laboratorium yang digunakan untuk mengukur potensi suatu senyawa atau ekstrak dalam menekan mekanisme dan

mediator inflamasi tanpa menggunakan organisme hidup secara utuh. Pendekatan ini mencakup beberapa metode yang sering digunakan dalam penelitian awal skrining antibakteri, farmasetika hingga penemuan obat karena relatif lebih cepat, terkontrol, dan hemat biaya dibandingkan dengan uji *in vivo*, serta membantu mengidentifikasi mekanisme aksi molekuler spesifik sebelum pengujian lanjutan. Secara umum, uji *in vitro* meliputi inhibisi denaturasi protein, stabilisasi membran sel darah merah, penghambatan enzim pro-inflamasi seperti siklooksigenase (COX) dan lipoksigenase (LOX), serta penilaian produksi mediator inflamasi seperti nitric oxide (NO) dan sitokin pada kultur sel makrofag yang distimulasi lipopolisakarida (LPS). Denaturasi protein menjadi model uji klasik di mana perubahan struktur protein hidrolik seperti albumin akibat stres panas atau pH diukur, lalu kemampuan senyawa uji untuk mencegah perubahan tersebut dievaluasi sebagai indikator aktivitas antiinflamasi *in vitro* (Peiris *et al.*, 2025).

2. Uji *in vivo*

Uji antiinflamasi *in vivo* merupakan pendekatan eksperimental menggunakan hewan percobaan seperti tikus atau mencit untuk mengevaluasi efektivitas senyawa, ekstrak tumbuhan, atau obat dalam menekan respon inflamasi yang diinduksi melalui agen tertentu. Metode *in vivo* penting karena mencerminkan respons sistemik organisme termasuk interaksi farmakokinetik dan farmakodinamik yang tidak dapat ditangkap oleh uji *in vitro*. Model yang paling sering digunakan adalah *carrageenan-induced paw edema* (edema kaki akibat karagenan) pada tikus atau mencit yang menyebabkan pembengkakan akut sebagai manifestasi inflamasi lokal; volumenya diukur dengan pletismometer pada beberapa interval waktu setelah induksi inflamasi untuk menilai persentase penghambatan edema oleh perlakuan uji

dibandingkan dengan kontrol. Dalam model ini, mediator inflamasi seperti histamin, bradikinin, dan prostaglandin dilepaskan secara berurutan sehingga menghasilkan fase awal dan fase akhir inflamasi yang dapat dipantau secara kuantitatif dari perubahan volume edema kaki hewan uji (Kumar *et al.*, 2025).

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk uji aktivitas antiinflamasi ekstrak etanol 70% dan 96% batang kenop (*Gomphrena globosa* L.) adalah metode *in vitro*, dengan jenis uji stabilisasi membran sel darah merah manusia. Eritrosit atau sel darah merah merupakan unsur utama dalam darah yang berperan dalam transportasi oksigen dari paru-paru menuju seluruh jaringan tubuh serta mengembalikan karbon dioksida ke paru-paru untuk diekskresikan. Sel darah merah memiliki bentuk cakram bikonkaf dengan cekungan pada kedua sisinya, yang berfungsi memperbesar luas permukaan sel sehingga proses pertukaran gas berlangsung lebih optimal. Sel darah merah (eritrosit) tidak hanya berfungsi sebagai pengangkut oksigen, tetapi juga terlibat secara tidak langsung dalam dinamika peradangan. Pada kondisi inflamasi, lingkungan biologis di sekitar eritrosit mengalami perubahan, termasuk peningkatan mediator proinflamasi seperti sitokin, radikal bebas, dan enzim lisosomal. Mediator-mediator ini dapat menyebabkan kerusakan membran eritrosit, meningkatkan kerapuhan osmotik, serta mempercepat terjadinya hemolisis. Ketika hemolisis terjadi, hemoglobin bebas dapat meningkatkan stres oksidatif dan memperparah respons inflamasi, karena hemoglobin mampu mengaktifkan jalur inflamasi melalui peroksidasi lipid dan aktivasi makrofag (Vallelian *et al.*, 2022).

Secara umum, kerusakan pada membran lisosom dapat menyebabkan keluarnya enzim fosfolipase A2 yang berperan dalam hidrolisis fosfolipid membran. Proses

tersebut menghasilkan berbagai mediator inflamasi yang dapat memperparah respons peradangan pada jaringan. Oleh karena itu, stabilitas membran sel memegang peranan penting dalam mencegah lisis sel dan keluarnya komponen sitoplasma ke lingkungan sekitarnya. Pemeliharaan integritas membran sel mampu membatasi kerusakan jaringan serta menghindari peningkatan respons inflamasi yang berlebihan. Senyawa yang mampu meningkatkan atau mempertahankan stabilitas membran diharapkan dapat memberikan efek protektif yang signifikan terhadap sel. Dalam konteks ini, agen antiinflamasi berperan penting dengan menghambat peningkatan permeabilitas membran dan menekan pelepasan mediator inflamasi (Fujiati *et al.*, 2022).