

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kesehatan adalah salah satu hal yang penting dimana bisa mempengaruhi kualitas hidup setiap individu. Adapun perilaku efektif untuk menjaga kesehatan tubuh salah satunya adalah kebersihan tangan, karena tangan adalah salah satu anggota tubuh yang sangat berperan penting dalam beraktivitas sehari-hari. Salah satu tindakan pencegahan dari penyakit ini adalah menjaga kebersihan tangan atau mencuci tangan secara rutin. Cuci tangan merupakan langkah awal untuk menghindari berbagai jenis kuman penyebab penyakit infeksi, tetapi langkah ini sering kali diabaikan ataupun sering terlewatkan begitu saja.(Purbosari ddk 2021). Tangan merupakan media utama penularan berbagai penyakit infeksi, khususnya yang disebabkan oleh bakteri seperti *Escherichia coli*, *Salmonella*, dan bakteri penyebab diare serta infeksi saluran pencernaan. Kontaminasi bakteri di tangan dapat menyebabkan penyakit seperti diare, keracunan makanan, demam tifoid, hingga infeksi saluran cerna lainnya. Ketidak bersihan tangan meningkatkan risiko penyebaran bakteri ini ke makanan maupun area lain yang sering disentuh (Irfan ddk,2022).

Bakteri yang sering di temukan pada kasus – kasus infeksi dengan prevalensi yang tinggi yaitu *E. coli* yang merupakan kelompok besar dan beragam bakteri gram-negatif bersifat motil dengan flagella peritriks dan termasuk dalam famili Enterobacteriaceae. Bakteri *Escherichia coli* disebut juga sebagai flora normal saluran pencernaan pada manusia.yang secara umum menghuni usus manusia yang sehat. Bakteri ini juga bersifat patogen oportunistik. Banyak strain yang tidak berbahaya; namun, beberapa strain bersifat patogen dan dapat menimbulkan ancaman kesehatan serius, termasuk diare dan penyakit gastrointestinal, infeksi saluran kemih, penyakit pernapasan, dan pneumonia(Adhikari dkk, 2020).

Menurut ACS Environmental Au (2023), kontaminasi *Escherichia coli* (*E. coli*) pada tangan manusia cukup tinggi secara global, terutama pada negara-negara dengan pendapatan rendah dan menengah ke bawah. Rata-rata prevalensi

E. coli pada tangan adalah sekitar 62% (dengan rentang antara 5% sampai 100%). Prevalensi ini jauh lebih tinggi di negara berpendapatan rendah dan menengah ke bawah yakni sekitar 69%, dibandingkan dengan hanya sekitar 6% di negara berpendapatan menengah ke atas dan tinggi (Cantrell dkk, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa faktor kebersihan dan akses terhadap fasilitas yang memadai sangat berperan dalam penyebaran bakteri patogen pada tangan manusia. Sementara itu, di Indonesia, menurut pedoman dari Kemenkes, melakukan kebersihan tangan menggunakan hand sanitizer yang tidak terlihat kotor atau cuci tangan secara rutin dapat mengurangi dan menurunkan angka kematian sampai satu juta per tahun. Selain itu, praktik kebersihan tangan yang baik juga mampu menurunkan angka kuman pada telapak tangan sampai 58% (Purbosari ddk, 2021).

Melakukan kebersihan pada tangan dengan mencucinya di air mengalir adalah hal yang paling efektif tetapi beberapa keadaan seperti sedang bepergian dan ketersediaan tempat cuci tangan yang jauh menyebabkan *hand sanitizer* sebagai alternatif pilihan. Saat mencuci tangan dengan sabun yang sesuai diikuti dengan penggunaan antiseptik tangan adalah dua metode kebersihan tangan paling penting. Namun, pemakaian bahan kimia aktif ini juga menimbulkan masalah. Penggunaan alkohol dalam sediaan antiseptik secara berulang dapat mengiritasi kulit; sebuah studi survei menemukan 32,9% tenaga medis mengalami retak kulit akibat hand sanitizer menurut, (Narulita ddk, 2024) Kondisi ini menimbulkan kebutuhan produk baru akan alternatif terapi yang lebih aman dan efektif, terutama berbasis bahan alam yang memiliki aktivitas antibakteri namun minim efek samping. Di sisi lain pemanfaatan bahan alam sebagai antibakteri semakin mendapat perhatian.

Tanaman kapulaga (*Amomum compactum*) dikenal memiliki aktivitas antibakteri yang baik, dan ekstrak kapulaga menggunakan pelarut etanol telah terbukti efektif terutama terhadap bakteri *Escherichia coli*. Penelitian terdahulu melaporkan bahwa ekstrak kapulaga menunjukkan efek antibakteri yang signifikan. Ekstrak etanol buah kapulaga memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan berbagai bakteri termasuk *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Streptococcus pyogenes*, dengan aktivitas antibakteri yang relatif lebih condong terhadap *E. coli*. Buah Kapulaga (*Amomum compactum*), rempah herbal Indonesia yang dikenal sebagai “Queen of Spices”, kaya akan senyawa bioaktif

seperti minyak atsiri (misal 1,8-sineol/eucalyptol), flavonoid, fenolik, terpenoid, alkaloid, tanin, dan saponin(Sukandar ddk, 2015). Senyawa-senyawa tersebut dikenal memiliki aktivitas antimikroba. Sebagai contoh, ekstrak etil asetat biji kapulaga lokal menghambat pertumbuhan *E. coli* dengan zona hambat sekitar 13,50 mm pada konsentrasi 3200 µg/mL. Pemanfaatan kapulaga dalam formulasi pembersih tangan alami belum banyak dilakukan dan masih sedikit, sehingga menjadi peluang besar untuk pengembangan produk pembersih tangan berbasis bahan alami yang efektif dan aman.

Sejalan dengan kebutuhan tersebut, pelarut etanol juga telah terbukti efektif digunakan dalam ekstraksi buah kapulaga (*Amomum compactum*) untuk uji aktivitas antibakteri karena kemampuannya melarutkan berbagai senyawa bioaktif, yang berkontribusi signifikan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. Hal ini didukung oleh identifikasi kimiawi senyawa bioaktif yang tinggi pada ekstrak etanol, yang juga berperan dalam aktivitas antibakteri dan potensial sebagai bahan aktif dalam formulasi gel hand sanitizer, sehingga membuka peluang inovasi produk sanitasi tangan yang menggabungkan manfaat tradisional kapulaga dengan teknologi formulasi(Juliana ddk, 2022).

Untuk memadukan efektivitas antibakteri kapulaga dengan kenyamanan pemakai, penelitian ini memilih bentuk sediaan gel. Gel (hidrogel) bersifat semi-padat sehingga mudah diaplikasikan dan tidak mudah tumpah. Sifat viskositasnya yang tepat membuat gel mudah meresap dan cepat kering dengan sensasi dingin yang menyenangkan tanpa meninggalkan rasa lengket(Sun dkk, 2023). Jika dibandingkan sediaan cair, hidrogel sanitizer lebih mudah dibawa dan diterapkan di mana saja serta memiliki risiko bocor lebih rendah. Gel juga dapat menghambat laju penguapan alkohol, sehingga bahan aktif lebih lama kontak dengan permukaan kulit dan tersebar lebih merata. Dengan latar tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan formulasi gel hand sanitizer berbahan ekstrak kapulaga yang efektif membunuh *E. coli*, sekaligus aman dan nyaman digunakan.

1.2 Identifikasi Masalah

- a. Pemanfaatan bahan alam, khususnya ekstrak kapulaga, sebagai antibakteri dalam produk hand sanitizer masih sangat terbatas
- b. Diperlukan formulasi gel yang stabil (fisik dan kimia), efektif dalam menghambat bakteri, namun tetap nyaman dan tidak menimbulkan iritasi pada kulit.
- c. Efektivitas antibakteri dari formulasi gel hand sanitizer berbasis ekstrak kapulaga terhadap *Escherichia coli* perlu diteliti secara spesifik.

1.3 Batas Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pembuatan dan evaluasi sediaan gel hand sanitizer dengan ekstrak kapulaga sebagai bahan aktif antibakteri. Pengujian aktivitas antibakteri hanya dilakukan secara in vitro terhadap bakteri *Escherichia coli*. Aspek toksikologi atau uji keamanan pada manusia tidak termasuk dalam ruang lingkup penelitian ini.

1.4 Rumusan Masalah

- a. Apakah ekstrak etanol buah kapulaga menunjukkan aktivitas antibakteri berdasarkan zona hambatnya?
- b. Apakah ekstrak etanol buah kapulaga dapat di formulasikan kedalam sediaan gel Hand Sanitizer?
- c. Apakah gel Hand Sanitizer ekstrak etanol buah kapulaga dapat memberikan aktivitas zona hambat?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah :

- a. Apakah ekstrak etanol buah kapulaga (*Amomum compactum*) memiliki aktivitas antibakteri yang ditunjukkan oleh terbentuknya zona hambat terhadap bakteri uji tertentu pada berbagai konsentrasi ekstrak.
- b. Apakah formulasi ekstrak etanol buah kapulaga ke dalam sediaan gel hand sanitizer yang memenuhi persyaratan fisik (organoleptik, pH, viskositas, homogenitas, dan stabilitas) yang baik.

- c. Evaluasi aktivitas antibakteri sediaan gel hand sanitizer ekstrak etanol buah kapulaga berdasarkan diameter zona hambat terhadap bakteri uji dan menentukan konsentrasi ekstrak yang memberikan daya hambat paling efektif.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan formulasi sediaan topikal berbasis bahan alam, yang memiliki aktivitas antibakteri, serta memperkaya pengetahuan tentang penggunaan kapulaga dalam farmasi. Diharapkan Formula gel hand sanitizer ekstrak kapulaga dapat menjadi alternatif produk sanitasi tangan yang efektif, aman, dan ramah lingkungan. Masyarakat akan memperoleh opsi produk kebersihan tangan berbasis bahan alami yang dapat mengurangi ketergantungan pada senyawa kimia sintetis.

1.7 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di beberapa laboratorium yang berada di lingkungan Fakultas Farmasi Universitas Bakti Tunas Husada yang beralamat di Jl. Letjen Mashudi No.20, Setiaratu, Kec. Cibeureum, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat 46196, dengan rincian lokasi sebagai berikut :

- a. Laboratorium Famakognosi , untuk proses ekstraksi buah kapulaga (*Amomum compactum L.*)
- b. Laboratorium Teknologi Formulasi, untuk pembuatan sediaan dan karakterisasi sediaan.
- c. Laboratorium Mikrobiologi Farmasi, untuk uji aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* secara *in vitro*

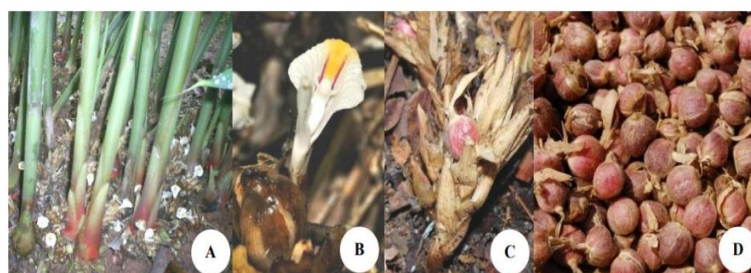
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kapulaga (*Amomum compactum*)

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Buah Kapulaga (*Amomum compactum*)

Kapulaga (*Amomum compactum*) adalah tanaman herba tahunan dari famili **Zingiberaceae** (jahe-jahean) yang tumbuh liar maupun dibudidayakan di daerah tropis Indonesia. Tanaman ini memiliki batang semu yang tersusun atas pelepah daun, rizoma (umbi bawah tanah) yang membesar, serta daun berbentuk lanset. Bagian tumbuhan yang paling sering dimanfaatkan adalah **buah kapulaga** yang bulat telur dan berbiji banyak (Irfan dkk, 2022). Buah kapulaga berwarna coklat atau kuning muda dengan aroma khas dan rasa pedas-manis. Karena aromanya yang kuat, buah kapulaga banyak digunakan sebagai **rempah penyedap** masakan (jahe pedas alami) sekaligus bahan obat tradisional (Putri 2020).



Gambar 2.1 Tanaman Kapulaga (*Amomum compactum*): A. batang ; B. Bunga; C. Buah; D. Biji (Alkandahri dkk, 2025).

Klasifikasi Tanaman Kapulaga (*Amomum compactum*) berdasarkan (Alkandahri dkk, 2025) yakni sebagai berikut:

Kingdom (Kerajaan)	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta (Angiospermae)
Kelas	: Liliopsida (Monocotyledonae)
Ordo (Bangsa)	: Zingiberales
Famili (Suku)	: Zingiberaceae
Genus (Marga)	: Amomum Roxb.
Spesies	: Amomum compactum Sol. ex Maton

2.1.2 Morfologi Tanaman

Kapulaga merupakan tanaman **perennial** dengan ketinggian 1–1,5 meter. Batang kapulaga merupakan batang semu yang tersusun dari pelepah daun, berbentuk silindris dan tumbuh tegak. Satu rumpun kapulaga dapat memiliki 20–30 batang semu yang tumbuh dari rizoma (umbi bawah tanah). Daunnya tunggal dan menjari, berwarna hijau tua, tepi halus, bertangkai pendek. Buah kapulaga berbentuk hampir bulat telur dengan panjang sekitar 1–1,8 cm dan lebar 1,5 cm. Pada permukaan buah terdapat tiga alur memanjang yang membagi buah menjadi tiga ruang. Kulit buah berwarna kuning muda hingga cokelat kekuningan, menebal saat matang. Setiap buah kapulaga memiliki tiga ruang yang berisi biji kecil berwarna cokelat kemerahan (3–5 mm x 2–3,5 mm) dengan selaput aril putih tipis. Biji inilah yang memberi aroma khas kapulaga saat digiling (Irfan dkk,2022).

2.1.3 Kandungan Senyawa Kimia

Buah kapulaga kaya **minyak atsiri** sebagai kandungan utamanya. Badan POM RI melaporkan bahwa minyak atsiri buah kapulaga tersusun dari berbagai komponen, dengan **1,8-sineol** (cineol) sebagai komponen dominan (kadar 40–60%). Komponen utama lainnya termasuk **α -terpineol**, **β -pinen**, **α -pinen**, **terpinena**, **linalool**, dan lain-lain. Selain minyak atsiri, kapulaga juga mengandung senyawa fenolik seperti **tannin** dan **flavonoid**, serta terpenoid non-volatile dan saponin. Misalnya, ekstrak metanol buah kapulaga diketahui mengandung golongan senyawa fenol, tanin, dan terpenoid. Kestabilan senyawa kimia dalam kapulaga dipengaruhi iklim, cara panen, dan proses pengeringan (simplisia), sehingga perlu distandarisasi mutu dengan pengukuran kadar minyak atsiri dan parameter kimia lain (Nurcholis ddk,2022).

2.1.4 Manfaat Tanaman Kapulaga

Secara tradisional, buah kapulaga digunakan sebagai bumbu dapur dan obat herbal. Kapulaga telah digunakan untuk mengobati penyakit pencernaan (mual, sakit perut), infeksi, sakit kepala, batuk, serta meningkatkan nafsu makan. Berbagai penelitian modern juga menunjukkan aktivitas farmakologis kapulaga, seperti **antibakteri** dan **antioksidan**. Misalnya, ekstrak buah kapulaga menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* pada in vitro, menunjukkan potensi sebagai antiseptik alami. Komponen fenolik dan terpenoid dalam kapulaga diduga berperan

dalam efek antimikroba dan antiinflamasi tersebut. Dengan begitu, buah kapulaga berpotensi dikembangkan menjadi bahan aktif formulasi topikal (seperti hand sanitizer berbasis herbal) maupun obat tradisional lainnya (Irfan dkk,2022).

2.2 Simplisia

Simplisia adalah bahan alam (tumbuhan utuh atau bagian tumbuhan) yang digunakan sebagai bahan baku obat tradisional, baik dalam bentuk segar maupun kering sebelum diproses lebih lanjut. Menurut BPOM RI (2019), simplisia mencakup bahan alam yang belum melalui pengolahan kimia lanjutan. Mutu simplisia diatur dalam monografi resmi (*Materia Medika Indonesia dan Farmakope Herbal Indonesia*). Parameter mutu simplisia mencakup kondisi fisik dan kimia, misalnya **kadar air** (biasanya <10% untuk simplisia kering) dan penampilan organoleptik (warna, bau, rasa) yang khas. Simplisia terbagi menjadi tiga jenis, yaitu simplisia hewani, simplisia nabati, dan simplisia pelikan. Simplisia hewani berasal dari hewan, baik berupa hewan utuh, bagian tubuh hewan, atau eksudat (cairan yang keluar secara alami atau melalui proses tertentu). Simplisia nabati berasal dari tumbuhan, yang dapat berupa tanaman utuh, bagian-bagiannya, atau eksudat yang dihasilkan secara alami maupun melalui proses tertentu. Sementara itu, simplisia pelikan atau mineral merupakan bahan yang berasal dari alam dan diperoleh tanpa melalui proses pengolahan yang kompleks, contohnya adalah mineral (Utami dkk,2013). Sebagai bahan baku, simplisia buah kapulaga harus memenuhi standar mutu tertentu. Hal tersebut menjadi klasifikasi simplisia berdasarkan sumbernya, penetapan mutu simplisia menjadi langkah penting untuk menjamin konsistensi kualitas bahan, seperti halnya pada simplisia buah kapulaga (Triyanti ddk,2025).

2.3 Standarisasi Simplisia

Standarisasi simplisia, bahan baku harus memenuhi tiga aspek pokok, yaitu kualitas, keamanan, dan manfaat. Sebelum diproses menjadi bahan ekstrak, simplisia harus memenuhi syarat yang telah ditetapkan dalam monografi. Proses standarisasi pada tanaman obat bertujuan untuk memastikan identitas, mutu, dan kemurnian bahan tersebut (Nikmatul dkk, 2018).

Standarisasi simplisia adalah langkah penting dalam proses pengembangan obat yang berasal dari bahan alam tumbuhan. Proses ini dilakukan untuk menjamin keamanan serta kestabilan ekstrak yang dihasilkan. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa simplisia memiliki mutu dan kualitas yang konsisten serta dapat dipertanggungjawabkan (Wibowo dkk,2024). Karakterisasi simplisia terdapat dua parameter, diantaranya adalah parameter spesifik dan parameter non-spesifik. Parameter spesifik mencakup analisis kimia, baik kualitatif maupun kuantitatif, yang bertujuan mengidentifikasi senyawa aktif penyumbang efek farmakologis suatu ekstrak. Sementara itu, parameter nonspesifik meliputi beragam analisis fisik, kimia, dan mikrobiologi yang ditujukan untuk memastikan keamanan dan kestabilan ekstrak. Parameter spesifik mencakup analisis kimia, baik kualitatif maupun kuantitatif, yang bertujuan mengidentifikasi senyawa aktif penyumbang efek farmakologis suatu ekstrak. Sementara itu, parameter nonspesifik meliputi beragam analisis fisik, kimia, dan mikrobiologi yang ditujukan untuk memastikan keamanan dan kestabilan ekstrak (Mangalu dkk,2022).

2.3.1 Parameter Spesifik

Parameter simplisia meliputi :

a. Parameter identitas

Parameter identitas bertujuan untuk memberikan penjelasan yang objektif mengenai nama suatu tumbuhan. Prinsipnya adalah memastikan bahwa ekstrak tanaman memiliki identitas senyawa yang digunakan dalam analisis. Deskripsi tata nama suatu tumbuhan meliputi informasi mengenai nama ekstrak, nama ilmiah (latin), bagian tanaman yang dimanfaatkan, serta nama dalam bahasa Indonesia (Sadik dkk,2022).

b. Parameter Organoleptik

Uji organoleptik adalah metode awal yang dilakukan secara sederhana dan dengan pendekatan seobyektif mungkin, yaitu dengan menilai ciri-ciri fisik bahan menggunakan pancaindra, seperti bentuk, warna, aroma, dan rasa. Bertujuan untuk memastikan keaslian tanaman simplisia yang dipilih, karena setiap jenis simplisia memiliki ciri khas tersendiri dalam hal bentuk, warna, bau, dan rasa(Sadik dkk,2022).

c. Mikroskopik

Uji mikroskopik adalah tahap lanjutan dari uji organoleptik yang dilakukan untuk mengamati struktur mikro khas suatu tanaman. Tujuan dari uji ini adalah untuk menghindari kesalahan dalam mengidentifikasi jenis simplisia yang tampak serupa dan sulit dibedakan dengan pengamatan menggunakan pancaindra. Dalam proses ini, mikroskop digunakan untuk mengamati ciri-ciri khusus pada simplisia tanaman, seperti sayatan melintang, sayatan radial, atau serbuk simplisia (Pranoto 2024).

2.3.2 Parameter nonspesifik

Parameter non – spesifik meliputi :

a. Susut Pengerinan

Tujuan dari uji susut pengeringan adalah untuk menentukan berapa banyak zat yang hilang saat bahan dikeringkan pada suhu 105°C selama 30 menit atau hingga beratnya tetap konstan. Hasil pengujian ini kemudian dinyatakan dalam bentuk persentase (%). Uji ini berguna untuk mengukur kadar senyawa yang menguap selama proses pengeringan. Secara umum, nilai susut pengeringan yang ideal tidak melebihi 10%, kecuali ada aturan khusus yang menetapkan lain. Proses pengeringan ini penting untuk menurunkan kadar air dalam sampel. karena kadar air yang tinggi dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme (Panca dkk, 2024).

b. Penetapan Kadar Sari Larut Air

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengukur jumlah air yang terdapat dalam ekstrak. Kandungan air yang berlebih dapat meningkatkan risiko pertumbuhan mikroorganisme, sehingga dapat merusak metabolit sekunder yang terkandung di dalamnya. Selain itu, pengujian kadar sari air memberikan gambaran awal mengenai kandungan senyawa metabolit sekunder dalam simplisia yang bersifat larut dalam air (Tandi dkk, 2021).

c. Penetapan Kadar Sari Larut Etanol

Prinsip dari penetapan ini adalah melarutkan ekstrak menggunakan pelarut yang sesuai, kemudian menentukan jumlah zat terlarut yang setara dengan jumlah senyawa yang terkandung secara gravimetri (Wandira dkk, 2023).

d. Penetapan Kadar Air.

Penentuan kadar air dalam bahan atau sediaan dilakukan melalui berbagai metode yang sesuai, seperti titrasi, distilasi. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas maksimum atau kisaran kadar air yang dianggap dapat diterima, karena hal tersebut berkaitan erat dengan kemurnian bahan serta risiko kontaminasi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah destilasi, yang bekerja berdasarkan prinsip penguapan air dengan bantuan cairan pembawa kimia. Cairan pembawa ini memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan air, bersifat tidak larut dalam air, dan mempunyai berat jenis yang lebih rendah. Penentuan kadar air dalam bahan atau sediaan dilakukan melalui berbagai metode yang sesuai, seperti titrasi, distilasi, atau teknik gravimetri. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas maksimum atau kisaran kadar air yang dianggap dapat diterima, karena hal tersebut berkaitan erat dengan kemurnian bahan serta risiko kontaminasi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah destilasi, yang bekerja berdasarkan prinsip penguapan air dengan bantuan cairan pembawa kimia. Cairan pembawa ini memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan air, bersifat tidak larut dalam air, dan mempunyai berat jenis yang lebih rendah (Simanjutak dkk,2025).

e. Penetapan Kadar Abu

Kadar abu ditentukan dengan mengoksidasi senyawa organik pada suhu tinggi, biasanya $^{\circ}\text{C}$, kemudian menimbang residu yang tersisa setelah proses pembakaran. Tahap ini menggunakan tungku dengan suhu terkontrol. Prinsip penentuan kadar abu total didasarkan pada pemanasan pada suhu tertentu untuk menguraikan dan menguapkan senyawa organik dan turunannya, meninggalkan residu yang terdiri dari mineral dan senyawa anorganik (Simanjutak dkk,2025).

2.4 Metode Ekstraksi

Ekstraksi tanaman adalah proses pemisahan komponen, baik padat maupun cair, dari suatu bahan tumbuhan melalui metode kimia. Tujuan dari proses ini adalah untuk memperoleh atau memisahkan senyawa tertentu dari simplisia atau campuran yang terkandung di dalamnya. Pemilihan metode ekstraksi disesuaikan dengan karakteristik senyawa, jenis pelarut, serta peralatan yang tersedia. Prinsip

dasar ekstraksi dilandasi oleh konsep kesesuaian sifat kepolaran antara zat terlarut dan medium pelarut yang digunakan. Komponen yang memiliki karakteristik polar cenderung dapat terlarut dengan baik dalam medium pelarut yang juga bersifat polar, seperti etanol, metanol, butanol, maupun air, sementara itu komponen yang bersifat nonpolar hanya dapat mengalami pelarutan dalam medium nonpolar seperti eter, kloroform, dan n-heksana. Penentuan tipe serta mutu pelarut yang tepat memegang peranan krusial dalam menentukan tingkat keberhasilan proses ekstraksi yang dilakukan (Wiranata dkk,2022).

Ekstraksi dapat dilakukan melalui berbagai metode. Metode ekstraksi secara dingin meliputi teknik perkolasi dan maserasi, sedangkan metode ekstraksi panas mencakup soxhletasi, digesti refluks, dekokta, dan infusa. Di antara metode-metode tersebut, maserasi merupakan teknik yang paling umum digunakan, terutama karena cocok untuk skala industri kecil hingga menengah. Proses ini dilakukan dengan merendam bahan dalam pelarut pada suhu ruang, sehingga risiko kerusakan metabolit menjadi lebih rendah (Kasim dkk,2020). Sementara itu, ekstraksi kinetik adalah varian maserasi yang disertai dengan pengadukan. Sedangkan ekstraksi digestif dilakukan mirip maserasi, namun pada suhu lebih tinggi, yakni sekitar 40-60°C, dengan pengadukan terus menerus selama proses berlangsung. Maserasi dilakukan dengan merendam serbuk tanaman dalam pelarut dalam wadah kedap udara dan inert pada suhu ruangan. Proses ini berhenti ketika konsentrasi senyawa aktif dalam pelarut dan jaringan tanaman mencapai kesetimbangan (Huda dkk,2022).

2.5 Bakteri *Escherichia coli*

2.5.1 Klasifikasi Bakteri *Escherichia coli*

Escherichia coli adalah bakteri Gram negatif berbentuk basil, kelompok organisme prokariotik yang tidak memiliki membran inti dan umumnya berukuran mikroskopis, dengan ukuran sel sekitar $\pm 0,5-1 \mu\text{m}$ bersifat fakultatif anaerob, dan merupakan flora normal pada usus manusia. Bakteri ini dapat tumbuh pada suhu antara 7°C hingga 50°C, menjadikannya mikroba mesofilik. Metabolismenya bersifat heterotrofik, bergantung pada senyawa organik untuk energi dan pertumbuhan.. Mikroorganisme ini menghasilkan energi melalui proses respirasi

seluler, di mana glukosa diubah menjadi ATP. Genom *E. coli* (kromosom dan plasmid) memiliki panjang antara 4.5 sampai 5.5 juta pasang basa (Mbp) mengkode sekitar 4 500-5500 gen. Panjang kromosom *E. coli* 1000 kali lebih panjang dibandingkan selnya (Winianti,. dkk.2018). Meskipun sebagian besar strain bersifat tidak patogen, beberapa dapat menimbulkan diare, infeksi saluran kemih, dan berbagai infeksi oportunistik. Bakteri Gram negatif seperti *E.coli* memiliki membran luar lipopolisakarida (LPS) yang dapat menghambat penetrasi senyawa antibakteri (Doyle dkk,2011).

Domain : Bacteria
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Gammaproteobacteria
 Ordo : Enterobacterales
 Famili : Enterobacteriaceae
 Genus : *Escherichia*
 Spesies : *Escherichia coli*

Klasifikasi Bakteri *Escherichia coli* berdasarkan (Ochman dkk,. 2023) sebagai berikut :



Gambar 2.2 *Bacteria Escherichia coli*(Nugroho. 2019)

2.6 Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan, baik ekstrak, senyawa aktif maupun sediaan farmasi, dalam menghambat atau membunuh pertumbuhan bakteri. Metode yang umum digunakan dalam pengujian antibakteri meliputi difusi dan dilusi. Salah satu bentuk metode difusi

yang banyak di gunakan adalah **metode sumuran (*well diffusion method*)**. Pada metode ini, media padat seperti *Mueller-Hinton Agar* diinokulasikan dengan suspensi bakteri uji, kemudian dibuat sumuran menggunakan yang selanjutnya diisi dengan ekstrak uji pada konsentrasi tertentu untuk diamati zona hambatnya setelah inkubasi 24 jam pada suhu 37°C (Rahmawati dkk,2022).

2.6.1 Metode Sumuran

Metode sumuran atau **well diffusion method** adalah metode uji aktivitas antibakteri berbasis difusi dimana ekstrak atau larutan uji dimasukkan ke dalam sumuran (well) yang dibuat pada media agar yang telah diinokulasi bakteri uji. Difusi senyawa aktif dari sumuran ke permukaan media akan menghasilkan zona hambat berbentuk lingkaran bening di sekitar sumuran apabila ekstrak memiliki aktivitas antibakteri. Luas atau diameter zona hambat yang terbentuk kemudian diukur sebagai indikator kekuatan antibakteri dari bahan yang diuji (Novia Putri ddk., 2023). Metode ini digunakan karena hasil dapat diamati secara jelas, dan mampu membandingkan efektivitas berbagai konsentrasi ekstrak serta kontrol pembanding secara kuantitatif.

Tabel 2.1 Klasifikasi Zona Hambat Bakteri berdasarlan (Bryan dkk,2024).

Zona Hambat (mm)	Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri
≤ 5 mm	Lemah
6 – 10 mm	Sedang
11 – 20 mm	Kuat
≥ 21 mm	Sangat kuat

2.7 Formulasi Sedian Gel Hand Sanitizer ini perlu di ganti

Hand sanitizer merupakan zat antiseptik dengan persentase alkohol sebesar 60-95%. Menurut Food and Drug Administration (FDA), alkohol yang terdapat pada Hand sanitizer memiliki kemampuan aktivitas bakteorisida yang baik terhadap bakteri Gram positif dan Gram negative sehingga mampu menghilangkan kuman kurang dari 30 detik. Berdasarkan penelitian mengenai efektivitas Hand sanitizer dalam menghilangkan kuman, penggunaan antiseptik ini memberikan pengaruh positif signifikan terhadap penurunan jumlah angka kuman. Pada perlakuan tanpa Hand sanitizer jumlah angka kuman masih tinggi, sedangkan pada perlakuan Hand sanitizer jumlah angka kuman jauh lebih rendah. Menurut Raka (2019) penggunaan

sabun mampu membunuh kuman dengan tingkat efektifitas 73%, namun apabila tidak memungkinkan mencuci tangan menggunakan air dan sabun dapat disubstitusi dengan Hand sanitizer karena zat antiseptik ini mampu mengurangi jumlah angka kuman sebanyak 17,29 CFU/cm² dengan efektifitas sebanyak 60%(Sambara dkk, 2023).

Hand sanitizer gel pada umumnya berasal dari bahan alkohol (etanol, propanol, isopropanol) dengan konsentrasi $\pm$ 50% sampai 70% yang dicampurkan bersama dengan jenis disinfektan yang lain seperti klorheksidin, triklosan, dan bahan pengental, misal karbomer, gliserin, sehingga menjadikannya serupa gel atau busa untuk mempermudah dalam penggunaannya, tanpa membutuhkan air dan sabun. Hand sanitizer gel memiliki penampilan menarik, mudah merata dan lebih mudah tersebar serta penyerapannya yang baik pada kulit manusia (Hapsari, 2015). Penggunaan alkohol sebagai bahan antiseptik hand sanitizer memiliki beberapa kekurangan yaitu mudah terbakar dan pada pemakaian berulang menyebabkan kekeringan dan iritasi pada kulit. Mengingat beberapa kekurangan penggunaan antiseptik tangan dari golongan alkohol tersebut, timbul keinginan untuk mendapatkan antiseptik dengan aman apabila diaplikasikan pada telapak tangan secara berulang dengan penerapan antiseptik yang berbahan dasar alam (Cory Linda Fitri, 2023).

Tabel 2.2 Pembuatan *Gel Hand Sanitizer* Ekstrak (Rakhmadhan Niah ddk, 2021)

Bahan	F0	F2	F3
Ekstrak	1,5	1,5	1,5
CMC-Na	0,5	1	2
Propilenglikol	7,5	7,5	7,5
Gliserin	5	5	5
Etanol 96%	5	5	5
DMDM	0,05	0,05	0,05
Essen	Qs	Qs	Qs
Aquadest	50	50	50

Tabel 2.3 Analisis Mutu Fisik Sediaan *Gel Hand Sanitizer*

Parameter Uji	Metode Evaluasi
Organoleptik	Pengamatan visual (warna, bau, bentuk)
pH	pH meter
Viskositas	Viscometer Brookfield
Homogenitas	Uji sebar pada kaca objek
Daya Sebar	Pengujian diameter sebar (g/berat tertentu)
Daya Lekat	Lama melekat sebelum terlepas
Stabilitas Penyimpanan	Observasi 1–4 minggu
Uji Antibakteri Sediaan (KHM)	Metode sumuran/ difusi

2.8 Tinjauan Bahan

Gel hand sanitizer merupakan sediaan gel pembersih tangan berbahan dasar alkohol atau bahan aktif antibakteri lain yang diformulasikan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme pada kulit tangan tanpa menggunakan air. Sediaan gel memiliki viskositas lebih tinggi dibanding bentuk cair sehingga lebih mudah diaplikasikan, tidak mudah menetes, serta memberikan waktu kontak lebih lama terhadap bakteri, sehingga meningkatkan efektivitas antimikroba. Formulasi hand sanitizer umumnya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu bahan aktif (alkohol atau ekstrak herbal), gelling agent, humektan, bahan tambahan stabilisator, serta air sebagai pelarut (Mahardika dkk, 2021).

2.8.1 Alkohol (Etanol)

Alkohol mampu men-denaturasi serta menggumpalkan protein pada lapisan membran lipid mikroorganisme. Etanol, misalnya, mematikan bakteri dengan cara merusak struktur protein dan membrannya, yang akhirnya mengganggu proses metabolisme dan menyebabkan sel mengalami lisis. Gugus -OH pada etanol berinteraksi dengan protein mikroba, mengubah struktur dan fungsi alaminya, sehingga aktivitas enzim terhambat dan protein menjadi mengendap. Etanol, khususnya pada konsentrasi 60–70%, merupakan bahan aktif utama yang paling sering digunakan dalam hand sanitizer. Mekanisme kerjanya meliputi denaturasi protein bakteri, pelarutan membran lipid, serta perusakan integritas dinding sel hingga mengakibatkan kehancuran sel mikroba. Rentang konsentrasi etanol yang optimal dalam hand sanitizer adalah 60–80%, karena pada kadar tersebut kemampuannya menembus sel bakteri dan efektivitas antibakterinya paling tinggi

(BPOM RI, 2019). Selain itu, etanol bersifat mudah menguap, sehingga cepat kering dan menimbulkan sensasi dingin di kulit (Setiawan dkk, 2022).

2.8.2 Bahan Aktif Herbal Ekstrak Buah Kapulaga (*Amomum compactum*)

Ekstrak buah kapulaga digunakan sebagai agen antibakteri alami karena mengandung **minyak atsiri**, terutama 1,8-sineol, α -terpineol, α -pinen, dan flavonoid. Senyawa-senyawa ini bekerja sebagai **antibakteri, antiinflamasi, dan antioksidan**. Minyak atsiri kapulaga mampu merusak dinding sel bakteri Gram negatif seperti *Escherichia coli*, menyebabkan kebocoran sitoplasma dan gangguan metabolisme sel. Pemanfaatan ekstrak kapulaga dalam gel hand sanitizer memberikan dua manfaat, yaitu sebagai bahan aktif antibakteri dan sebagai komponen pemberi aroma alami yang khas dan tidak menyengat (Tarigan, 2023).

2.8.3 Gelling Agent

Gelling agent berfungsi untuk memberikan konsistensi gel yang stabil, homogen, dan mudah diaplikasikan. Beberapa bahan pengental yang umum digunakan dalam formulasi hand sanitizer antara lain Carbopol, yang merupakan polimer sintesis mampu membentuk gel jernih dengan viskositas tinggi meski pada konsentrasi rendah (0,5–1%). Carbopol memerlukan penambahan basa seperti triethanolamine (TEA) untuk proses netralisasi agar terbentuk gel yang stabil. Selain itu merupakan polimer selulosa yang dapat menghasilkan gel yang stabil, tidak lengket, serta kompatibel dengan berbagai bahan aktif. Sementara itu, HPMC (Hydroxypropyl Methylcellulose) memberikan tekstur gel yang lebih kental dan mudah diserap, meskipun tingkat kejernihannya lebih rendah dibandingkan Carbopol. Pemilihan jenis gelling agent sangat memengaruhi stabilitas fisik, viskositas, serta kemampuan sebar (spreadability) dari sediaan hand sanitizer (Bethari Arthamadia 2021).

2.8.4 Bahan Tambahan (Aditif)

Bahan tambahan pada formula gel hand sanitizer berbasis ekstrak buah kapulaga mencakup propilenglikol 7,5% sebagai humektan dan ko-solvent yang menjaga kelembaban kulit serta meningkatkan penetrasi ekstrak kapulaga ke lapisan kulit untuk efek antibakteri optimal, mencegah pengeringan gel selama penyimpanan dan aplikasi sehingga mempertahankan viskositas stabil. (Lidah 2022.) membuktikan propilenglikol 5-10% menurunkan evaporasi air hingga 30%

pada formula hand sanitizer gel); gliserin 5% berperan sebagai emolien untuk mengurangi efek pengeringan etanol, menjaga kelembutan kulit pasca-penggunaan, serta meningkatkan adhesi gel pada permukaan kulit sehingga memperpanjang kontak bahan aktif dengan mikroba (Sriambarwati dkk. 2023) menemukan gliserin 3-7% efektif mengurangi iritasi kulit hingga 25% pada tes patch hand sanitizer); etanol 96% 5%, methylparaben 0,05%, essen (Qs), dan aquadest 50% yang secara keseluruhan meningkatkan stabilitas fisik, sensorik, dan mikrobiologi sediaan tanpa menjadi bahan aktif utama, mendukung dispersi homogen, mencegah kontaminasi, serta meningkatkan kenyamanan aplikasi pada kulit (Lutfiah, 2020).

2.9 Kelebihan dan kekurangan Gel

2.9.1 Kelebihan

Untuk bentuk hidrogel: efek pendinginan pada kulit saat digunakan, penampilan sediaan yang jernih dan elegan, pada pemakaian di kulit setelah kering meninggalkan film tembus pandang, elastis, mudah dicuci dengan air, pelepasan obatnya baik, kemampuan penyebarannya pada kulit baik

2.9.2 Kekurangan

Untuk bentuk hidrogel: harus menggunakan zat aktif yang larut di dalam air sehingga diperlukan penggunaan peningkat kelarutan seperti surfaktan agar gel tetap jernih pada berbagai perubahan temperatur, tetapi gel tersebut sangat mudah dicuci atau hilang ketika berkeringat, kandungan surfaktan yang tinggi dapat menyebabkan iritasi dan harga lebih mahal

2.9.3 Keunggulan

Sediaan gel memiliki empat kegunaan utama. Pertama, gel dapat digunakan sebagai sistem yang sesuai untuk pemberian oral dalam bentuk sediaan tertentu, sebagai kulit kapsul yang terbuat dari gelatin, maupun untuk sediaan obat long-acting yang diberikan melalui injeksi intramuskular. Kedua, bahan pembentuk gel (gelling agent) berfungsi sebagai bahan pengikat dalam proses granulasi tablet, bahan pelindung koloid pada suspensi, bahan pengental pada sediaan cairan oral, serta sebagai basis untuk suppositoria. Ketiga, dalam bidang kosmetik, gel banyak dimanfaatkan dalam berbagai produk seperti sampo, parfum, pasta gigi, produk

perawatan kulit, dan perawatan rambut. Keempat, gel juga digunakan sebagai media penghantaran obat yang diberikan secara topikal (nonsteril) maupun secara steril untuk aplikasi yang dimasukkan ke dalam rongga tubuh atau mata.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deteminasi Tumbuhan

Determinasi tanaman dilakukan untuk memastikan identitas botani tanaman yang digunakan dalam penelitian. Sampel buah kapulaga (*Amomum compactum*) dideterminasi di Laboratorium Terpadu Universitas Bakti Tunas Husada. Identifikasi dilakukan berdasarkan karakter morfologi tumbuhan dengan mengacu pada literatur botani sehingga diperoleh kepastian bahwa tanaman yang digunakan adalah *Amomum compactum*.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan meliputi timbangan analitik, blender, ayakan mesh no.40, oven pengering, rotavapor (rotary evaporator), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu), pH meter digital, tanur (B-ONE), viskometer Brookfield, *laminar air flow*, alat uji homogenitas (kaca objek, kaca penutup), endapan (centrifuge), inkubator, perlengkapan laboratorium (gelas ukur, corong, labu ukur, tabung reaksi, kertas, Pengaduk magnetik, Mikropipet (Eppendorf) dan tip steril, Cawan petri dan alat sumur/cakram kertas steril, Autoklaf (All American), Inkubator, jarum ose (Ramadan, 2022).

3.2.2 Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi Natrium CMC – Na sebagai pembentuk gel, gliserin, natrium hidroksida dan TEA (untuk penyesuaian pH dan pembentukan gel, metilparaben, aquades steril, dan larutan standar flavonoid (kuersetin). Untuk analisis fitokimia diperlukan pereaksi khusus seperti reagen Mayer dan Dragendorff (alkaloid), HCl pekat dan serbuk Mg (flavonoid – Shinoda), asam sulfat dan asam asetat (sterol/steroid – Liebermann-Burchard), FeCl₃ (fenol/tanin), ammonium hidroksida (fenol), dan pereaksi H₂SO₄ (tannin). Media kultur bakteri (agar Mueller-Hinton) dan kontrol antibakteri.

3.3 Preparasi Simplisia

Buah kapulaga diperoleh dari daerah Singaparna, Kabupaten Tasikmalaya. Sampel dipilih dalam kondisi matang, utuh, tidak berjamur, tidak terserang hama, dan bebas dari kerusakan mekanis. Tahap awal dilakukan sortasi basah untuk memisahkan kotoran serta bagian tanaman yang rusak. Sampel kemudian dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih dan ditiriskan. Buah kapulaga selanjutnya dirajang menjadi ukuran yang lebih kecil untuk mempercepat proses pengeringan. Pengeringan dilakukan menggunakan oven pada suhu 40–50°C hingga diperoleh simplisia yang kering dan mudah dipatahkan. Simplisia yang telah kering dilakukan sortasi kering untuk menghilangkan pengotor yang masih tersisa, kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk. Serbuk simplisia kemudian diayak menggunakan ayakan mesh nomor 60 sehingga diperoleh ukuran partikel yang seragam. Simplisia disimpan di dalam wadah tertutup rapat dan terlindung dari cahaya sampai digunakan untuk proses ekstraksi (Bubonja dkk, 2020).

3.4 Karakteristik Simplisia

Simplisia buah kapulaga (*Amomum compactum*) berbentuk buah sejati tipe kotak yang hampir bulat atau menggembung, dengan permukaan licin bergaris-garis membujur dan tiga alur panjang yang membaginya menjadi tiga kompartemen; kulit buah berwarna kecoklatan atau kuning muda kecoklatan, berisi tiga ruang dengan biji bersudut tidak beraturan yang berkerut dan menempel pada plasenta, biji berwarna coklat kemerahan, serta menunjukkan bau aromatik khas dan rasa agak pedas (Nofriyaldi dkk, 2023). Tanaman ini merupakan perdu tahunan setinggi 1,5-2 m dengan daun lanset hijau terang yang beraroma saat dimemarkan. Kandungan senyawa kimia Secara farmakognosti, simplisia ini mengandung senyawa flavonoid, saponin, steroid, polifenol, dan minyak atsiri yang mendukung aktivitas farmakologisnya, dengan parameter mutu meliputi kadar air <10% (rata-rata 8%), susut pengeringan <10% (rata-rata 8,88%), kadar sari larut air >10,7% (rata-rata 11%) serta derajat kehalusan serbuk mesh 60 (sangat kasar) yang memenuhi syarat pengolahan lanjutan. Kandungan bioaktifnya yang kaya akan minyak atsiri, terpenoid, tanin, alkaloid, fenol, pati,

gula, lemak, protein, dan silikat berkontribusi pada sifat antibakteri serta antiinflamasi, sebagaimana dikonfirmasi oleh studi identifikasi senyawa bioaktif dan uji farmakognosti yang menegaskan potensinya sebagai obat tradisional (Tarigan, 2023).

3.5 Ekstraksi

Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Sebanyak 500 gram serbuk simplisia dimasukkan ke dalam bejana maserasi kemudian ditambahkan etanol 96% dengan perbandingan 1:10 (b/v). Campuran direndam selama 3×24 jam pada suhu ruang sambil sesekali diaduk. Setelah proses maserasi selesai, filtrat dipisahkan menggunakan kertas saring dan residu dimaserasi kembali sebanyak dua kali menggunakan pelarut baru. Seluruh filtrat digabungkan kemudian diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40–50°C hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak yang dihasilkan ditimbang untuk menghitung rendemen menggunakan rumus berikut:

Rendemen (%)

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Bobot ekstra kental}}{\text{Bobot simplisia awal}} \times 100\%$$

Ekstrak kemudian disimpan dalam wadah tertutup rapat pada suhu 4–8°C hingga digunakan pada tahap penelitian berikutnya (Nofriyaldi dkk, 2023).

3.6 Karakteristik Ekstrak Kapulaga

Ekstraksi serbuk buah kapulaga dapat dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% sebagai pelarut. Serbuk simplisia ditimbang 250g kemudian direndam dalam pelarut etanol 96% sebanyak 250mL selama 3×24 jam, dengan rasio 1:10 pada suhu ruang dengan pengadukan rutin untuk meningkatkan proses difusi. Setelah perendaman, campuran disaring untuk memisahkan filtrat dan ampas. Filtrat yang diperoleh diuapkan menggunakan rotary evaporator atau waterbath dengan suhu rendah hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak selanjutnya disimpan pada wadah tertutup rapat dan disimpan di suhu rendah. Rendemen ekstrak dihitung berdasarkan perbandingan antara berat ekstrak kering yang dihasilkan dengan berat serbuk simplisia awal. Penggunaan etanol 96% dipilih karena dapat mengekstraksi senyawa metabolit sekunder seperti minyak atsiri,

flavonoid, dan saponin dengan baik, serta tetap menjaga stabilitas senyawa aktif tanpa pemanasan berlebih(Wahidah dkk,2024)

Rendemen ekstrak yang diperoleh ditentukan menggunakan rumus berikut:

$$(Rendemen \%) = \frac{Bobot \text{ ekstra kental}}{Bobot \text{ simplisia awal}} \times 100$$

3.7 TFC (Total Flavonoid Content)

Penetapan kadar flavonoid total ekstrak etanol buah kapulaga (*Amomum compactum*) dilakukan menggunakan metode kolorimetri aluminium klorida ($AlCl_3$) dengan kuersetin sebagai larutan standar. Metode ini didasarkan pada pembentukan kompleks antara ion aluminium (Al^{3+}) dengan gugus hidroksil flavonoid sehingga menghasilkan warna kuning yang intensitasnya sebanding dengan kadar flavonoid dalam sampel. Intensitas warna yang terbentuk diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.(Efrilia dkk,. 2025).

$$\text{Rumus : Total Flavonoid} = \frac{c \times V \times Fp}{m} \quad (1)$$

Ket :

c : kesetaran kuersetin (mg/L)

V : Volume Sampel (L)

Fp : Faktor Pengenceran

m: massa sampel

3.7.1 TFC (Total Flavonoid Content) Kuersetin

Sebanyak 10 mg kuersetin ditimbang secara teliti kemudian dilarutkan menggunakan etanol 96% hingga volume 10 mL sehingga diperoleh larutan induk dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan induk kemudian diencerkan untuk memperoleh larutan standar dengan konsentrasi 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Sebanyak 0,5 mL larutan standar kuersetin dicampurkan dengan 1,5 mL etanol, 0,1 mL larutan aluminium klorida ($AlCl_3$) 10%, 0,1 mL kalium asetat 1 M, kemudian ditambahkan akuades hingga volume 5 mL. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang terlindung dari cahaya. Selanjutnya

larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 400–500 nm untuk menentukan panjang gelombang maksimum (Efrilia dkk, 2025). Masing-masing larutan standar kuersetin (20, 40, 60, 80, dan 100 ppm) diperlakukan dengan prosedur yang sama seperti pada penentuan panjang gelombang maksimum. Setelah inkubasi selama 30 menit, absorbansi setiap larutan diukur pada panjang gelombang maksimum yang telah diperoleh. Data absorbansi kemudian diplot terhadap konsentrasi sehingga diperoleh kurva kalibrasi dan persamaan regresi linear yang digunakan untuk menghitung kadar flavonoid total sampel (Santhini dkk, 2022).

3.7.2 Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak

Sebanyak 10 mg ekstrak etanol buah kapulaga ditimbang secara teliti kemudian dilarutkan menggunakan etanol 96% hingga volume 10 mL. Larutan sampel dipipet sebanyak 0,5 mL, kemudian ditambahkan 1,5 mL etanol, 0,1 mL larutan AlCl_3 10%, 0,1 mL kalium asetat 1 M, dan akuades hingga volume 5 mL. Campuran dihomogenkan kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dan terlindung dari cahaya. Setelah inkubasi selesai, absorbansi larutan sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Nilai absorbansi yang diperoleh dimasukkan ke dalam persamaan regresi kurva baku kuersetin untuk memperoleh konsentrasi flavonoid dalam larutan sampel (Masfria dkk, 2024). Kadar flavonoid total dinyatakan sebagai **milligram Quercetin Equivalent per gram ekstrak (mg QE/g ekstrak)** dan dihitung menggunakan rumus berikut.

3.8 Uji Karakteristik Mutu Simplisia (*Amomum compactum*)

3.8.1 Uji Parameter Spesifik

a. Uji Organoleptik

Pemeriksaan organoleptik dilakukan untuk menilai karakteristik fisik simplisia buah kapulaga yang meliputi bentuk, warna, bau, dan rasa. Parameter organoleptik memberikan gambaran awal mengenai mutu dan identitas simplisia berdasarkan ciri khas aslinya. Buah kapulaga yang baik umumnya berwarna coklat kekuningan, beraroma khas aromatik, rasa sedikit pedas-aromatik, dan memiliki permukaan kulit buah yang kering. Pemeriksaan organoleptik ini

dilakukan sesuai metode pengamatan makroskopik sebagaimana dijelaskan oleh (Tarigan 2023).

b. Uji Makroskopik

Pemeriksaan makroskopik bertujuan untuk mengidentifikasi ciri morfologi buah kapulaga, seperti ukuran, bentuk, struktur permukaan, warna kulit buah, dan tampilan biji di dalam kapsul. Buah kapulaga (*Amomum compactum*) memiliki bentuk bulat-lonjong dengan diameter $\pm 0,8-1$ cm, kulit buah berserat halus, dan berisi biji kecil berwarna coklat gelap. Pemeriksaan ini penting untuk memastikan keaslian simplisia serta menghindari pemalsuan. Metode pengamatan merujuk pada standar pemeriksaan makroskopik simplisia menurut Pemeriksaan mikroskopik dilakukan untuk mengidentifikasi fragmen jaringan diagnostik yang khas pada buah kapulaga. Fragmen yang diamati meliputi struktur perikarp, trikoma, sklereida, sel sekretori minyak atsiri, serta serbuk biji. Preparat dibuat dari serbuk simplisia dan diamati menggunakan mikroskop cahaya. Pemeriksaan mikroskopik membantu memastikan bahwa simplisia berasal dari spesies tanaman yang benar. Metode pemeriksaan mengacu pada (Nofriyaldi dkk, 2023).

3.8.2 Uji Parameter Non Spesifik

a. Susut Pengerinan

Penetapan susut pengerinan dilakukan untuk mengetahui jumlah senyawa yang hilang selama proses pemanasan, meliputi kandungan air dan senyawa volatil yang terdapat dalam simplisia buah kapulaga (*Amomum compactum*). Parameter ini digunakan sebagai salah satu indikator mutu simplisia karena berhubungan dengan stabilitas bahan selama penyimpanan. Botol timbang terlebih dahulu dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama ± 30 menit, kemudian didinginkan di dalam desikator hingga mencapai suhu ruang dan ditimbang hingga bobot tetap. Selanjutnya, sebanyak **1 sampai 2 g** serbuk simplisia ditimbang secara teliti ke dalam botol timbang. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama **30 menit**, kemudian didinginkan dalam desikator selama ± 15 menit dan ditimbang kembali. Proses pemanasan, pendinginan, dan penimbangan diulangi hingga diperoleh **bobot konstan** (Setiawan dkk, 2022).

$$\text{Rumus : Susut pengerinan (\%)} = \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

b. Penetapan Kadar Air

Penetapan kadar air simplisia buah kapulaga (*Amomum compactum*) dilakukan menggunakan **metode destilasi azeotrop** dengan pelarut toluena jenuh air. Metode ini bertujuan untuk menentukan kadar air dalam simplisia berdasarkan volume air yang terdestilasi bersama pelarut toluena. Penggunaan toluena dipilih karena tidak bercampur dengan air dan memiliki titik didih yang lebih tinggi, sehingga air dapat dipisahkan secara sempurna dari simplisia tanpa merusak komponen penyusunnya. Alat destilasi terlebih dahulu dirangkai sesuai metode destilasi azeotrop. Sebanyak **200 mL toluena jenuh air** dimasukkan ke dalam labu alas bulat, kemudian dilakukan destilasi selama ± 2 jam hingga seluruh air yang terdapat pada toluena terkumpul di tabung penerima dan volume air menjadi tetap (Wegadkk,2020).

Setelah itu, air pada tabung penerima dibuang hingga permukaan air tepat berada pada skala nol. sebanyak **5 g** serbuk simplisia buah kapulaga yang telah ditimbang secara teliti dimasukkan ke dalam labu destilasi yang berisi toluena jenuh air. Campuran dipanaskan secara perlahan hingga mendidih dan proses destilasi dilakukan dengan kecepatan sekitar **2 tetes per detik**. Setelah sebagian besar air terdestilasi, kecepatan destilasi ditingkatkan menjadi sekitar **4 tetes per detik** hingga tidak terlihat lagi penambahan volume air pada tabung penerima. Destilasi dilanjutkan selama **5 menit** untuk memastikan seluruh air telah terpisahkan dari simplisia. Setelah proses destilasi selesai, alat didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Volume air yang terkumpul pada tabung penerima kemudian dibaca dengan ketelitian **0,05 mL**. Kadar air simplisia dihitung berdasarkan volume air hasil destilasi terhadap bobot simplisia yang digunakan (Agustini dkk,2026).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{p-(q-r)}{p} \times 100\%$$

Keterangan : p =bobot simplisia awal (dalam gram)

q =bobot cawan + simplisia setelah kering (dalam gram)

r =bobot cawan kosong (dalam gram)

c. Uji Kadar Abu

Penetapan kadar abu total dilakukan untuk mengetahui jumlah residu anorganik yang tersisa setelah seluruh senyawa organik dalam ekstrak mengalami proses pembakaran. Parameter ini digunakan sebagai salah satu indikator mutu ekstrak dan dapat menggambarkan kandungan mineral maupun cemaran anorganik yang terdapat dalam sampel. Krus porselen terlebih dahulu dipijarkan di dalam tanur pada suhu **600°C** selama ± 30 menit, kemudian didinginkan di dalam desikator hingga mencapai suhu ruang dan ditimbang sampai diperoleh bobot tetap. Selanjutnya, sebanyak **2 g** ekstrak etanol buah kapulaga ditimbang secara seksama dan dimasukkan ke dalam krus porselen yang telah diketahui bobotnya. Sampel kemudian dipijarkan secara bertahap hingga tidak berasap, selanjutnya dimasukkan ke dalam tanur pada suhu **600°C** selama $\pm 3-4$ jam atau hingga diperoleh abu berwarna putih keabu-abuan yang menandakan seluruh senyawa organik telah habis terbakar. Setelah proses pengabuan selesai, krus dikeluarkan dari tanur, didinginkan di dalam desikator selama ± 30 menit, kemudian ditimbang. Proses pemijaran, pendinginan, dan penimbangan diulangi hingga diperoleh **bobot konstan**. Kadar abu total dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Maryam dkk, 2024).

$$\text{Kadar Abu Total (\%)} = \frac{W_2 - W_0}{W_1} \times 100\%$$

Keterangan:

- W_0 = Bobot krus kosong (g)
- W_1 = Bobot sampel ekstrak (g)
- W_2 = Bobot krus beserta abu setelah pemijaran (g)

d. Kadar Sari Larut Etanol

Sebanyak 5 g serbuk simplisia dimaserasi dengan 100 mL etanol P selama 24 jam (pengocokan 6 jam pertama), kemudian filtrat diuapkan 20 mL dalam cawan datar yang telah ditara pada suhu 105°C hingga bobot konstan. Uji kadar sari larut etanol menggambarkan banyaknya senyawa aktif yang terekstraksi dalam pelarut etanol, terutama flavonoid dan minyak atsiri (Muslihin dkk, 2022).

$$\text{Rumus: kadar sari larut etanol (\%)} = \frac{\text{massa sari (g)}}{\text{massa sampel (g)}} \times \frac{100}{20} \times 100\%$$

e. Kadar Sari Larut Air

Prosedur serupa dilakukan menggunakan air kloroform jenuh sebagai pelarut. Setelah proses maserasi dan penguapan, residu pada suhu 105°C ditimbang hingga bobot stabil. Kadar sari larut air menunjukkan kandungan metabolit polar seperti tanin, gula, dan glikosida. Pemeriksaan dilakukan berdasarkan (Rezeki, 2023).

$$\text{Rumus: Kadar sari larut air (\%)} = \frac{\text{massa sari (g)}}{\text{massa sampel (g)}} \times \frac{100}{20} \times 100\%$$

3.9 Skrining Fitokimia Simplisia Dan Ekstrak Buah Kapulaga

Skrining fitokimia yang dilakukan pada penelitian ini meliputi uji tannin, uji alkaloid, uji saponin, uji flavonoid, uji steroid dan triterpenoid, serta uji polifenol. Pengujian Efektivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Kapulaga.

a. Uji Alkaloid

Sampel dimaserasi dengan metanol, dipanaskan hingga volumenya berkurang, kemudian filtrat direaksikan dengan reagen Mayer, Wagner, Bouchard, dan Dragendorff. Terbentuknya endapan putih (Mayer), coklat tua (Wagner), coklat muda (Bouchard), atau merah bata (Dragendorff) menunjukkan hasil positif (Rusmayanti dkk 2022).

b. Uji Flavonoid

Satu gram ekstrak dilarutkan dengan 1mL etanol 96%, lalu ditambahkan serbuk magnesium, kemudian ditambahkan HCL pekat. Apabila terbentuk warna oranye, merah atau kuning, berarti positif flavonoid (Setiawan dkk, 2022).

c. Uji Saponin

Satu gram ekstrak ditambahkan 5 mL air panas, didinginkan lalu kocok kuat-kuat selama 10 detik. Apabila terbentuk busa setinggi 1-10 cm selama tidak kurang dari 10 menit dan pada penambahan 1 tetes HCl 2 N busa tidak hilang maka positif saponin (Putri dkk, 2023).

d. Uji Tanin

Satu gram ekstrak ditambahkan 5 mL akuades dan dipanaskan selama 5 menit, dikocok hingga homogen lalu disaring. Filtrat hasil saringan ditambahkan FeCl₃ 3% sebanyak 2 tetes, jika menghasilkan warna hitam kehijauan atau hijau violet

maka positif senyawa tannin.

e. Uji Kuinon

Filtrat dipanaskan dan direaksikan dengan NaOH. Endapan berwarna merah menunjukkan adanya kuinon.

f. Uji Steroid dan Triterpenoid

Satu gram ekstrak ditambahkan 3 mL eter kemudian dikocok. Lapisan eter diambil lalu ditambahkan 2-3 tetes pereaksi Liebermen Bouchard. Apabila terbentuk warna merah keunguan, berarti positif terpenoid tetapi apabila terbentuk warna hijau berarti positif steroid.

3.10 Formulasi Sediaan Gel

3.10.1 Pembuatan *Gel Handsanitizer*

Disiapkan mortir dan stamper. Ditimbang Carbomer 940 sebanyak 0,5 gram, kemudian ditaburkan di atas aquadest 20 mL yang telah dipanaskan hingga suhu 80°C. Carbomer yang telah ditaburkan diaduk dengan cepat di dalam mortir sampai mengembang dan membentuk massa gel, kemudian ditambahkan TEA sebanyak 2 tetes untuk membantu proses pengentelan. Metil paraben ditimbang sebanyak 0,2 gram dan dilarutkan dalam 5 mL air panas, kemudian dimasukkan ke dalam mortir dan diaduk hingga homogen. Setelah itu, ditambahkan gliserin sebanyak 1 mL dan kembali diaduk sampai tercampur merata (Nawangsari dkk, 2025).

Ekstrak kapulaga ditimbang sesuai formula, yaitu 0,5 gram untuk formula II, 1 gram untuk formula III, dan 1,5 gram untuk formula IV, sedangkan formula I tidak menggunakan ekstrak dan berfungsi sebagai kontrol negatif. Gel lidah buaya ditimbang sesuai formulasi dan dimasukkan ke dalam mortir, kemudian seluruh bahan digerus hingga homogen. Setelah itu, ditambahkan aquadest hingga volume mencapai 100 mL untuk masing-masing formula dan digerus sampai terbentuk gel yang konsisten. Terakhir, ditambahkan parfum beberapa tetes yang sebelumnya telah dilarutkan dalam aquadest, kemudian seluruh komponen diaduk hingga campuran benar-benar homogen (Lindah dkk, 2022).

Tabel 3.1 Formulasi Gel Ektrak Buah Kapulaga (*Amomum compactum*)

Nama Bahan	Satuan	F0	F1	F2	Fungsi
Ekstrak Etanol kapulaga	Gram	0	0,5	1	Bahan Aktif
Gel Lidah Buaya	Gram	0	0,5	1	Bahan Aktif/Pelembab
CMC Na	Gram	0,5	0,5	0,5	Basis Gel
DMDM	Gram	0,2	0,2	0,2	Pengawet
Gliserin	mL	1	1	1	Humektan
TEA	Tetes	2	2	2	Alkalizing Agent
Parfum Lemon	Tetes	q.s	q.s	q.s	Pengharum
Aquades	mL	Ad 100 mL	Ad 100 mL	Ad 100 mL	Pelarut

3.11 Uji Aktivitas Antibakteri Metode Sumuran (Well Diffusion)

Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan dengan metode difusi sumuran pada media Nutrient Agar (NA). Kultur *Escherichia coli* yang telah diremajakan disuspensikan hingga mencapai kekeruhan standar. Media NA steril dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan memadat. Setelah itu, permukaan media diinokulasikan secara merata dengan suspensi *E. coli* menggunakan cotton swab steril. Selanjutnya, pada media dibuat beberapa sumuran menggunakan bor steril dengan diameter tertentu. Ke dalam setiap sumuran diteteskan larutan ekstrak sesuai konsentrasi yang telah ditentukan. Penelitian ini juga menggunakan kontrol positif, yaitu antibiotik standar, serta kontrol negatif berupa pelarut yang digunakan untuk melarutkan ekstrak. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu sekitar 37°C selama 18–24 jam. Setelah inkubasi, zona bening di sekitar sumuran diamati dan diukur. Diameter zona hambat tersebut digunakan sebagai indikator kekuatan aktivitas antibakteri ekstrak terhadap bakteri *E. coli* (Indica dkk, 2025). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol kapulaga terhadap *E. coli* menggunakan metode difusi sumuran pada media Nutrient Agar melibatkan pembuatan lubang berdiameter 6 mm pada agar yang telah diinokulasi bakteri, kemudian diteteskan 50 µL ekstrak per sumuran. Media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, diikuti pengukuran diameter zona hambat (DZ) yang menunjukkan difusi senyawa

antibakteri seperti flavonoid dan 1,8-sineol ke dalam media. Metode ini efektif untuk *E. coli* karena memungkinkan pengamatan zona bening yang merata, meskipun Mueller Hinton Agar lebih standar; Nutrient Agar mendukung pertumbuhan baik bakteri Gram-negatif ini (Nofriyaldi dkk, 2022).

3.11.1 Uji Aktivitas Anti Bakteri Sediaan Gel Hand Sanitizer

Uji aktivitas antibakteri sediaan gel hand sanitizer yang mengandung ekstrak etanol kapulaga (*Amomum compactum*) terhadap bakteri *Escherichia coli* dilakukan dengan metode difusi sumuran (well diffusion method). Pada metode ini, lubang sumuran dengan diameter 6 mm dibuat pada media Mueller Hinton Agar (MHA) yang telah diinokulasi dengan kultur bakteri. Sampel formulasi gel, terdiri dari F0 (kontrol tanpa ekstrak), F1 (mengandung 0,5 g ekstrak), F2 (1 g ekstrak), dan F3 (1,5 g ekstrak), diaplikasikan sebanyak 50 μ L ke dalam masing-masing sumuran. Media kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Setelah inkubasi, diameter zona hambat (DZ) diukur menggunakan kaliper dengan memperhitungkan diameter sumuran. Positive control menggunakan klorheksidin 0,2% dan negative control berupa gel basis tanpa ekstrak. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan menggunakan uji statistik Kruskal-Wallis atau ANOVA untuk menilai perbedaan signifikan antar formulasi dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$

3.11.2 Persiapan Pengujian

Untuk persiapan kultur, bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922 dikulturkan terlebih dahulu pada media Nutrient Agar semalam, kemudian disuspensi hingga mencapai kekeruhan standar McFarland 0,5 (sekitar $1,5 \times 10^8$ CFU/mL). Suspensi ini kemudian disebar rata pada permukaan MHA dengan menggunakan swab steril. Pembuatan sumuran dilakukan setelah media tersebut mengeras, dan sumuran dikeringkan untuk mengoptimalkan difusi sampel. Setelah aplikasi sampel pada sumuran, media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Interpretasi zona hambat mengikuti standar Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) dengan klasifikasi $DZ \geq 15$ mm menunjukkan aktivitas antibakteri sangat kuat, 10-14 mm kuat, 5-9 mm sedang, dan < 5 mm lemah. Hal ini memungkinkan penilaian kuantitatif terhadap efektivitas antibakteri masing-masing formulasi gel hand sanitizer yang diuji (Dyah dkk, 2016).

3.11.3 Uji Aktivitas Antibakteri dari Ekstrak Kapulaga

Prosedur uji aktivitas antibakteri ekstrak kapulaga terhadap E.coli dengan metode difusi sumuran pada media Nutrient Agar dimulai dari persiapan bakteri, di mana suspensi bakteri disesuaikan dengan standar McFarland 0,5 (setara $1,5 \times 10^8$ CFU/mL) dan disebar merata pada permukaan agar menggunakan swab steril. Setelah agar memadat, lubang sumuran berdiameter 6 mm dibuat menggunakan cork borer, kemudian dikosongkan dan dikeringkan untuk memastikan difusi optimal (Balouiri dkk, 2016). Selanjutnya, 50 μ L ekstrak kapulaga pada konsentrasi variabel (misalnya 0,5-1,5%) ditetaskan ke dalam sumuran, disertai kontrol positif seperti klorheksidin dan kontrol negatif aquades. Media diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, diikuti pengukuran diameter zona hambat (DZ) termasuk sumuran menggunakan kaliper, dengan interpretasi ≥ 15 mm sebagai sangat kuat dan 10-14 mm sebagai kuat (CLSI Morales, 2024)

3.12 Analisis Data

Data hasil uji aktivitas antibakteri dari ekstrak kapulaga serta berbagai formula gel hand sanitizer dianalisis berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar sumuran. Penilaian awal efektivitas antibakteri mengikuti klasifikasi, yaitu diameter zona hambat > 20 mm dikategorikan sangat kuat, 10–20 mm kuat, 5–10 mm sedang, dan 0–5 mm lemah. Untuk mengetahui adanya perbedaan efektivitas antibakteri antar kelompok sampel, data zona hambat kemudian dianalisis menggunakan One-Way ANOVA dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Analisis ini memungkinkan penentuan apakah variasi konsentrasi ekstrak kapulaga dalam formulasi gel memberikan pengaruh signifikan terhadap besarnya zona hambat yang dihasilkan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan nilai $p < 0,05$, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan bermakna antar perlakuan, sehingga efektivitas antibakteri ekstrak maupun gel kapulaga dapat dibandingkan secara statistik dan terukur.

3.13 Jadwal Penelitian

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan			
		Des	Jan	Feb	Mar
1.	Persiapan Bahan				
2.	Pembuatan Simplisia				
3.	Pemeriksaan mtu simplisia				
4.	Pembuatan ekstrak				
5.	Pemeriksaan mutu ekstrak				
6.	Pembuatan kombinasi ekstrak				
7.	Uji aktivitas antidiabetes				
8.	Analisis data				

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Determinasi Tanaman Kapulaga

Determinasi tanaman dilakukan untuk memastikan bahan uji yang digunakan kebenaran dan kejelasan suatu tanaman yang akan digunakan pada saat proses penelitian dan bertujuan untuk menghindari adanya kesalahan dalam pemilihan suatu sampel bahan(Komala, dkk 2020). Proses determinasi tanaman dilakukan di laboratorium terpadu Universitas Bakti Tunas Husada Tasikmalaya Jawa Barat dengan No S -168/BA – 154/LT – UBTH / TT / 2025 tanaman yang diteliti adalah buah kapulaga (*Amomum compactum*). Hasil determinasi menunjukkan bahwa tanaman yang dideterminasi adalah jenis kapulaga *Ammomum compactum* sol. Ex Maton dari suku suku Zingiberaceae. Pada pengujian ini Sampel yang digunakan sebagai bahan uji dalam penelitian ini berupa buah kapulaga segar yang diperoleh langsung setelah dipanen dari perkebunan di kabupaten Singaparna Tasikmalaya, kemudian dikeringkan sebelum digunakan dalam proses penelitian.

Lampiran 1.

4.2 Preparasi Simplisia

Pada penelitian ini diawali dengan pengumpulan bahan baku berupa buah kapulaga (*Amomum compactum*) sebanyak 1,15kg yang didapatkan dari daerah Singaparna, Kabupaten Singaparna kota Tasikmalaya, Jawa Barat. Pemilihan bahan dari satu lokasi budidaya bertujuan untuk memperoleh bahan tanaman yang memiliki karakteristik relatif seragam sehingga variasi kandungan metabolit sekunder akibat perbedaan kondisi lingkungan dapat diminimalkan. Faktor lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya, curah hujan, jenis tanah, ketinggian tempat, dan umur panen yang diketahui memengaruhi proses biosintesis serta akumulasi metabolit sekunder pada tanaman obat(Trifan dkk, 2021). Setelah proses sortasi selesai, buah kapulaga dicuci menggunakan air mengalir untuk menghilangkan tanah, debu, dan pengotor lain yang masih menempel pada permukaan buah. Selanjutnya pada proses pencucian, bobot sampel buah tercatat

sebesar 1,05kg. Hasil ini menunjukkan bahwa adanya penurunan bobot yang terjadi menunjukkan bahwa proses pencucian efektif dalam menghilangkan pengotor yang menempel pada permukaan buah, seperti tanah, debu, dan sisa bahan asing, tanpa menyebabkan kehilangan bagian buah dalam jumlah yang signifikan (Montagnac dkk, 2026). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa proses pencucian telah dilakukan secara optimal sehingga menghasilkan bahan baku yang lebih bersih untuk selanjutnya digunakan pada tahap pengeringan.

Buah kapulaga kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu **40°C** hingga bobot bahan menjadi **1kg**. **Hal ini menunjukkan bahwa selama proses pengeringan biji buah kapulaga mengalami proses** penguapan air bebas maupun air yang terikat di dalam jaringan tanaman (Abidin dkk, 2022). Penggunaan suhu tersebut bertujuan untuk menurunkan kadar air simplisia tanpa menyebabkan kerusakan senyawa aktif yang terkandung di dalam buah kapulaga. Suhu pengeringan yang relatif rendah dipilih untuk mempertahankan kestabilan flavonoid dan minyak atsiri yang diketahui bersifat sensitif terhadap suhu tinggi (Wang dkk, 2021). Setelah proses pengeringan selesai, buah kapulaga dihaluskan menggunakan blender. Serbuk yang dihasilkan kemudian diayak menggunakan ayakan **mesh 60** untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih seragam. Hasil penapisan diperoleh serbuk simplisia sebanyak **700 gram**, sedangkan partikel yang tidak lolos penapisan akan dihaluskan kembali hingga seluruh simplisia memiliki ukuran yang sesuai. Proses penghalusan dan penapisan bertujuan untuk memperkecil serta menyeragamkan ukuran partikel sehingga luas permukaan simplisia yang kontak dengan pelarut menjadi lebih besar. Ukuran partikel yang lebih kecil akan mempercepat difusi pelarut ke dalam jaringan tanaman dan mempermudah keluarnya senyawa metabolit sekunder dari sel simplisia selama proses ekstraksi sehingga senyawa aktif lebih mudah tersari (Azwanida, 2015).

4.3 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan proses pemisahan senyawa metabolit sekunder dari bahan alam menggunakan pelarut yang sesuai berdasarkan prinsip perbedaan kelarutan (Komala dkk, 2020). Pada penelitian ini, simplisia buah kapulaga diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Metode

maserasi dipilih karena prosesnya berlangsung pada suhu ruang sehingga dapat meminimalkan kerusakan senyawa aktif yang bersifat termolabil, seperti flavonoid dan komponen minyak atsiri yang terkandung dalam buah kapulaga (Azwanida, 2022). Setelah proses maserasi selesai, filtrat diuapkan menggunakan rotary evaporator hingga diperoleh ekstrak kental berwarna cokelat kemerahan dengan aroma khas kapulaga. Berdasarkan hasil penimbangan, diperoleh data rendemen ekstrak seperti pada Tabel 4.1.

Perhitungan Rendemen Ekstrak

- Bobot simplisia awal : 700 gram
- Jumlah Ekstrak Kental : 18.9343

$$\frac{18.9343 \text{ gram}}{700 \text{ gram}} \times 100\% = 2.7049\%$$

Hasil ekstraksi buah kapulaga (*Amomum compactum*) menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96% menghasilkan ekstrak kental dengan rendemen sebesar 2,7049%. Nilai rendemen merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menilai efisiensi proses ekstraksi, yaitu kemampuan pelarut dalam menyari senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam simplisia. Meskipun demikian, besarnya rendemen tidak selalu mencerminkan tingginya kandungan senyawa aktif karena ekstrak yang dihasilkan dapat mengandung berbagai senyawa lain yang turut terlarut selama proses ekstraksi (Wolfender dkk, 2015). Rendemen yang diperoleh pada penelitian ini diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain karakteristik bahan baku, sifat fisikokimia pelarut, serta kondisi selama proses ekstraksi dan pemekatan ekstrak (Lefebvre, 2020). Penggunaan etanol 96% sebagai pelarut memiliki kandungan air yang relatif rendah sehingga lebih selektif dalam melarutkan senyawa semipolar hingga nonpolar, seperti flavonoid dalam bentuk aglikon, terpenoid, steroid, dan sebagian komponen minyak atsiri. Sebaliknya, senyawa yang bersifat sangat polar tidak dapat terekstraksi secara optimal sehingga jumlah ekstrak yang dihasilkan cenderung lebih sedikit (Ishamel, 2021). Selain itu, buah kapulaga diketahui mengandung minyak atsiri yang didominasi oleh senyawa-senyawa volatil sehingga sebagian komponennya berpotensi mengalami penguapan selama proses pemekatan menggunakan *rotary evaporator*, meskipun dilakukan pada tekanan rendah. Kondisi tersebut dapat mengurangi massa ekstrak yang

diperoleh dan berkontribusi terhadap rendahnya nilai rendemen. Oleh karena itu, nilai rendemen tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah senyawa yang berhasil tersari, tetapi juga oleh karakteristik kimia simplisia, jenis pelarut yang digunakan, serta kondisi ekstraksi dan pemekatan yang diterapkan (Ashokkumar dkk, 2021)

Tabel 4.1 Preparasi Simplisia

Parameter	Hasil
Bobot simplisia	700 g
Rendemen Simplisia	60,87%
Pelarut	Etanol 96%
Volume pelarut	6 L
Metode ekstraksi	Maserasi
Lama ekstraksi	3 × 24 jam
Bobot ekstrak kental	18,9343 g
Rendemen ekstrak	2,7049%

4.3 Parameter Nonspesifik

Pengujian parameter nonspesifik dilakukan untuk mengetahui mutu simplisia secara umum yang berkaitan dengan kestabilan bahan selama penyimpanan dan proses pengolahan. Parameter nonspesifik meliputi susut pengeringan, kadar abu total, kadar air, kadar sari larut air, dan kadar sari larut etanol. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa simplisia memenuhi persyaratan mutu sehingga kandungan senyawa aktif tetap terjaga dan aman digunakan sebagai bahan baku pembuatan ekstrak. Parameter nonspesifik merupakan salah satu pengujian yang penting dalam standarisasi simplisia karena dapat memberikan informasi tingkat kemurnian, kestabilan, serta kemungkinan adanya kontaminasi anorganik maupun kadar air yang dapat memengaruhi kualitas simplisia(Dian dkk,2025).

Tabel 4.2 Parameter Nonspesifik

Parameter non spesifik simplisia	Hasil (%)	Standar Deviasi	Persyaratan
Susut pengeringan	10,86	$\pm 0,37\%$	$\leq 10\%$
Kadar abu total	3,59	$\pm 1,13\%$	$\leq 10\%$
Kadar air	5,00	$\pm 2,00\%$	$\leq 10\%$
Kadar sari larut air	8,21	$\pm 5,62\%$	$\leq 9,2\%$
Kadar sari larut etanol	24,24%	$\pm 1,94 \%$	$\leq 2,7\%$

4.3.1 Susut Pengeringan

Pada penelitian ini, nilai susut pengeringan yang diperoleh menunjukkan bahwa selain air, terdapat komponen lain yang ikut menguap selama proses pemanasan. Susut pengeringan menunjukkan jumlah komponen yang hilang selama proses pemanasan pada suhu 105°C , yang umumnya terdiri atas air bebas serta senyawa volatil seperti minyak atsiri (Marbun dkk,2025). Hal ini menunjukkan bahwa nilai susut pengeringan tidak hanya dipengaruhi oleh kadar air tetapi juga oleh senyawa volatil yang mudah menguap selama pemanasan.

Nilai susut pengeringan yang sedikit tinggi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti ketebalan simplisia saat proses pengeringan, lama penyimpanan sebelum analisis, serta kelembapan lingkungan. Simplisia yang belum benar-benar mencapai kondisi kering konstan akan menunjukkan nilai susut pengeringan yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan oven pada suhu 40°C selama proses pengeringan awal bertujuan menjaga kestabilan flavonoid dan minyak atsiri, tetapi dapat menyebabkan masih tersisnya sedikit kelembapan dalam jaringan tanaman.

4.3.2 Kadar Abu

Hasil pengujian kadar abu total menunjukkan nilai rata-rata sebesar $3,59 \pm 1,13\%$, sehingga masih berada di bawah batas maksimum 10%. Kadar abu total menggambarkan jumlah residu anorganik yang tertinggal setelah simplisia dibakar pada suhu tinggi. Residu tersebut berasal dari mineral alami tanaman maupun kontaminan seperti pasir, tanah, dan debu yang mungkin masih menempel pada bahan baku. Nilai kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa proses sortasi dan pencucian simplisia telah dilakukan dengan baik sehingga kandungan kontaminan

anorganik dapat diminimalkan. Standar deviasi sebesar 1,13% menunjukkan adanya variasi antarulangan yang masih dapat diterima. Perbedaan ini kemungkinan dipengaruhi oleh distribusi mineral yang tidak merata pada bagian buah kapulaga atau perbedaan kecil dalam proses pengabuan. Hasil kadar abu pada penelitian ini memenuhi persyaratan mutu simplisia sehingga dapat dikatakan bahwa simplisia memiliki tingkat kemurnian yang baik dan layak digunakan sebagai bahan baku ekstraksi.

4.3.3 Kadar Air

Berdasarkan hasil perhitungan dari volume air yang diperoleh melalui metode destilasi azeotrop, kadar air simplisia diperkirakan sebesar $5,00 \pm 2,00\%$. Nilai ini berada di bawah batas maksimum 10%, sehingga menunjukkan bahwa simplisia memiliki kadar air yang rendah. Kadar air merupakan parameter penting karena berkaitan langsung dengan stabilitas simplisia selama penyimpanan. Simplisia dengan kadar air rendah memiliki risiko yang lebih kecil terhadap pertumbuhan jamur, bakteri, maupun aktivitas enzim yang dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif. Pengeringan pada suhu 40°C yang dilakukan pada penelitian ini diduga cukup efektif untuk menurunkan kadar air tanpa merusak kandungan flavonoid dan minyak atsiri yang bersifat sensitif terhadap panas.

4.3.4 Kadar Sari Larut Air

Pengujian kadar sari larut air menghasilkan rata-rata sebesar $8,21 \pm 5,62\%$. Nilai ini sedikit lebih rendah yang di berikan dari standar Farmakope Herbal, di mana persyaratan minimal untuk kadar sari larut air 9,2% yang tercantum. Kadar sari larut air mencerminkan jumlah senyawa yang dapat larut dalam pelarut air, seperti gula, glikosida, tanin, sebagian flavonoid, dan senyawa fenolik polar. Hasil yang lebih rendah dari persyaratan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kondisi simplisia, ukuran partikel, proses ekstraksi, maupun variasi teknis selama penguapan filtrat. Simpangan baku yang relatif besar (5,62%) menunjukkan adanya variasi hasil antarulangan. Salah satu penyebabnya adalah terdapat satu ulangan dengan nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dua ulangan lainnya, sehingga meningkatkan variasi data. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan standarisasi.

4.3.5 Kadar Sari Larut Etanol

Pada penelitian ini digunakan etanol 96% sebagai pelarut karena memiliki sifat semipolar sehingga mampu melarutkan berbagai golongan metabolit sekunder dalam buah kapulaga. Kadar sari larut etanol merupakan salah satu parameter spesifik yang digunakan untuk memperkirakan jumlah senyawa yang dapat tersari oleh pelarut etanol, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kandungan metabolit sekunder yang berpotensi berperan terhadap aktivitas farmakologis simplisia. Nilai kadar sari larut etanol yang diperoleh tidak hanya dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan, tetapi juga oleh karakteristik senyawa penyusun simplisia. Etanol 96% merupakan pelarut yang memiliki sifat polar hingga semipolar, sehingga mampu melarutkan senyawa seperti flavonoid, senyawa fenolik, sebagian alkaloid, glikosida, serta beberapa golongan terpenoid. Etanol juga bersifat relatif aman, mudah diuapkan, dan banyak digunakan dalam standardisasi simplisia maupun ekstraksi bahan alam (Committee and No 2015). Tingginya kadar sari larut etanol pada penelitian ini mengindikasikan bahwa simplisia buah kapulaga mengandung komponen semipolar dalam jumlah yang cukup besar, terutama flavonoid dan senyawa fenolik yang diduga berperan terhadap aktivitas antibakteri. Standar deviasi sebesar 1,91% menunjukkan bahwa hasil antarulangan relatif homogen. Angka kecil tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan jumlah residu setelah penguapan filtrat, homogenitas serbuk simplisia, maupun ketelitian pada saat penimbangan (Syafitri dkk, 2022). Nilai standar deviasi yang rendah menunjukkan bahwa metode pengujian memiliki presisi yang baik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa simplisia buah kapulaga memiliki **kadar sari larut etanol sebesar $24,15 \pm 1,91\%$** . Nilai tersebut menunjukkan bahwa sekitar seperempat komponen kimia yang terdapat dalam simplisia dapat larut dalam pelarut etanol 96%

4.4 Parameter Spesifik

Tabel 4.3 Parameter Spesifik

Parameter	Hasil Pengamatan
Warna	Cokelat kemerahan (caramel)
Bau	Bau khas kapulaga, aromatik kuat
Rasa	Sepat, pedas, sedikit manis



Pengamatan organoleptik dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik simplisia melalui pengamatan menggunakan pancaindra. Parameter yang diamati meliputi warna, bau, dan rasa. Pengamatan organoleptik merupakan tahap awal standardisasi simplisia karena dapat memberikan informasi mengenai identitas bahan serta mendeteksi adanya kerusakan atau penurunan mutu akibat proses penyimpanan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa simplisia buah kapulaga memiliki warna cokelat kemerahan (caramel), aroma khas kapulaga yang relatif kuat, serta rasa sepat, pedas, dan sedikit manis. Karakteristik tersebut sesuai dengan sifat alami buah kapulaga yang mengandung minyak atsiri, flavonoid, tanin, serta berbagai senyawa fenolik. Warna cokelat kemerahan yang diperoleh diduga merupakan hasil proses penguapan menggunakan watter batch pada suhu 40°C. Selama proses pengeringan terjadi penurunan kadar air sehingga warna coklat bening alami buah berubah menjadi cokelat akibat proses oksidasi enzimatis dan reaksi pencoklatan nonenzimatis (non-enzymatic browning).

Penggunaan suhu pengeringan yang relatif rendah bertujuan mempertahankan kandungan senyawa aktif, khususnya flavonoid dan minyak atsiri, sehingga perubahan warna yang terjadi masih dalam batas normal. Aroma khas kapulaga berasal dari kandungan minyak atsiri yang tersusun atas berbagai komponen monoterpen dan seskuiterpen, seperti 1,8-cineole, α -terpineol, limonene, dan sabinene. Senyawa-senyawa tersebut memberikan aroma khas yang menjadi ciri utama buah kapulaga (Juliana dkk,2023) melaporkan bahwa minyak atsiri merupakan komponen yang paling mudah mengalami penguapan apabila simplisia dipanaskan atau disimpan dalam waktu yang lama. Rasa sepat yang teramati menunjukkan adanya kandungan tanin dan senyawa polifenol dalam simplisia. Sementara itu, rasa pedas dan sedikit manis berasal dari kombinasi minyak atsiri dan senyawa terpenoid yang secara alami terdapat pada buah kapulaga. Hasil

organoleptik tersebut mengindikasikan bahwa simplisia masih memiliki karakteristik khas tanaman sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku penelitian.

4.5 Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia merupakan pengujian kualitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan golongan senyawa metabolit sekunder di dalam simplisia maupun ekstrak. Senyawa metabolit sekunder berperan penting dalam aktivitas farmakologi tanaman obat karena diketahui memiliki aktivitas sebagai antibakteri, antioksidan, antiinflamasi, antidiabetes, dan antikanker. Pada buah kapulaga (*Amomum compactum*), metabolit sekunder yang umum ditemukan meliputi flavonoid, polifenol, tanin, saponin, alkaloid, steroid, triterpenoid, dan minyak atsiri. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut sangat dipengaruhi oleh asal tanaman, metode ekstraksi, jenis pelarut, dan kondisi lingkungan tempat tumbuh. Skrining fitokimia pada penelitian ini dilakukan terhadap simplisia dan ekstrak etanol buah kapulaga menggunakan pereaksi spesifik untuk setiap golongan senyawa. Hasil pengujian ditampilkan pada

Tabel 4.4 Skrining Fitokimia

Golongan Senyawa	Simplisia Ekstrak Etanol	
Alkaloid	(+)	(+)
Saponin	(+)	(+)
Polifenol	(+)	(+)
Tanin	(-)	(+)
Flavonoid	(+)	(+)
Kuinon	(+)	(+)
Triterpenoid	(-)	(-)
Steroid	(+)	(+)
Monoterpenoid/Seskuiterpenoid	(+)	(+)

Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa simplisia dan ekstrak etanol buah kapulaga (*Amomum compactum*) mengandung berbagai metabolit sekunder yang berpotensi berperan sebagai antibakteri. Uji alkaloid menggunakan pereaksi Mayer dan Dragendorff memberikan hasil positif yang ditandai dengan terbentuknya endapan akibat pembentukan kompleks tidak larut antara alkaloid dan ion logam

pada pereaksi. Uji saponin juga menunjukkan hasil positif dengan terbentuknya busa stabil, yang menandakan adanya senyawa saponin sebagai surfaktan alami (Nazzaro dkk, 2020). Pengujian polifenol menggunakan FeCl_3 menghasilkan perubahan warna biru kehitaman yang mengindikasikan adanya senyawa fenolik, sedangkan uji flavonoid menunjukkan perubahan warna kuning hingga jingga pada lapisan amil alkohol. Kedua golongan senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas antioksidan sekaligus antibakteri melalui mekanisme denaturasi protein, penghambatan aktivitas enzim, gangguan sintesis asam nukleat, kerusakan membran sel, serta penghambatan pembentukan biofilm bakteri (Mahfur , 2023; Kumar & Pandey, 2021).

Pada penelitian ini, tanin tidak terdeteksi pada simplisia, tetapi menunjukkan hasil positif pada ekstrak etanol, yang diduga disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi tanin setelah proses ekstraksi sehingga lebih mudah terdeteksi.

Pada pengujian proses ekstraksi yang menyebabkan senyawa tanin menjadi lebih terkonsentrasi di dalam ekstrak dibandingkan simplisia di karenakan , sebagian besar tanin masih terikat dalam matriks jaringan tanaman melalui interaksi dengan komponen penyusun dinding sel, seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, maupun protein. Kondisi tersebut mengakibatkan jumlah tanin bebas yang dapat bereaksi dengan pereaksi identifikasi relatif rendah sehingga respons yang dihasilkan belum mencapai batas deteksi pada pengujian kualitatif. Sebaliknya, proses ekstraksi menggunakan etanol mampu melarutkan serta melepaskan senyawa tanin dari matriks jaringan tanaman, sehingga konsentrasinya dalam ekstrak meningkat dan keberadaannya lebih mudah teridentifikasi melalui pembentukan kompleks atau perubahan warna spesifik setelah penambahan pereaksi(Suprayogi dkk, 2024). Selain dipengaruhi oleh proses ekstraksi, perbedaan hasil skrining fitokimia juga berkaitan dengan karakteristik metode pengujian yang bersifat kualitatif. Metode ini hanya digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu golongan metabolit sekunder tanpa memberikan informasi mengenai kadar senyawa yang terkandung. Oleh karena itu, senyawa yang terdapat dalam konsentrasi rendah pada simplisia berpotensi menghasilkan respons negatif semu (*false negative*) akibat sensitivitas metode yang terbatas(Manalu dkk, 2024). Setelah melalui proses ekstraksi, konsentrasi senyawa

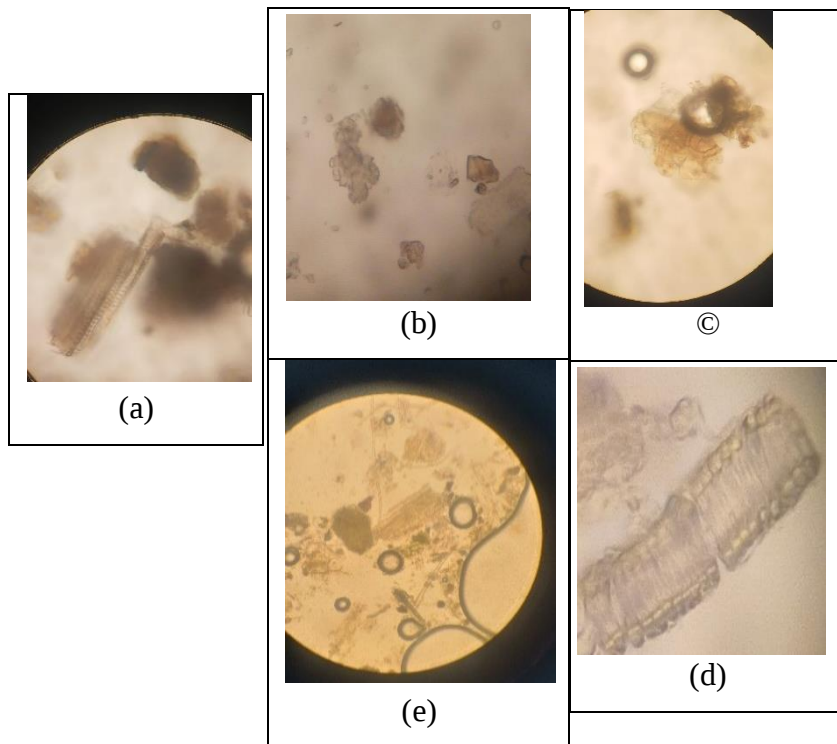
aktif menjadi lebih tinggi sehingga mampu memberikan respons positif terhadap pereaksi yang digunakan.

Tanin diketahui mampu mengikat protein membran dan enzim bakteri sehingga menghambat metabolisme sel dan menyebabkan kematian bakteri (Haslam, 2021). Selain itu, hasil uji kuinon menunjukkan hasil positif yang ditandai perubahan warna kuning kemerahan setelah penambahan NaOH, mengindikasikan adanya senyawa yang dapat mengganggu fungsi membran dan sistem respirasi bakteri sehingga menghambat pertumbuhannya (Cowan, 2020). Pengujian triterpenoid dan steroid menunjukkan bahwa hanya steroid yang terdeteksi, sedangkan triterpenoid tidak ditemukan, kemungkinan karena kadarnya sangat rendah atau berada di bawah batas deteksi metode yang digunakan. Steroid diketahui memiliki aktivitas antibakteri melalui peningkatan permeabilitas membran sel yang menyebabkan keluarnya komponen intraseluler (Harborne, 2021). Sementara itu, uji monoterpenoid dan seskuipterpenoid memberikan hasil positif pada simplisia maupun ekstrak, menunjukkan adanya komponen utama minyak atsiri seperti 1,8-cineole, α -terpineol, limonene, dan α -terpinyl acetate yang berperan dalam aktivitas antibakteri melalui kerusakan membran sel, peningkatan permeabilitas membran, serta penghambatan pembentukan biofilm, sekaligus memberikan aroma khas pada buah kapulaga (Salehi dkk, 2021).

4.6 Uji Mikroskopik

Uji mikroskopik merupakan salah satu tahapan standardisasi simplisia yang bertujuan untuk memastikan identitas bahan baku melalui pengamatan fragmen jaringan tumbuhan menggunakan mikroskop. Identifikasi mikroskopik menjadi parameter spesifik yang penting karena setiap tanaman memiliki karakter anatomi yang khas sehingga dapat digunakan untuk membedakan simplisia asli dengan simplisia yang mengalami pemalsuan atau kontaminasi. Menurut **Farmakope Herbal Indonesia Edisi II**, pengamatan mikroskopik dilakukan untuk memastikan kesesuaian struktur jaringan penyusun simplisia sehingga mutu bahan baku tetap terjamin. Pada penelitian ini, pengamatan dilakukan terhadap serbuk simplisia buah kapulaga menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 $\times$. Hasil pengamatan

menunjukkan adanya beberapa fragmen anatomi khas yang masih dapat dikenali dengan baik.



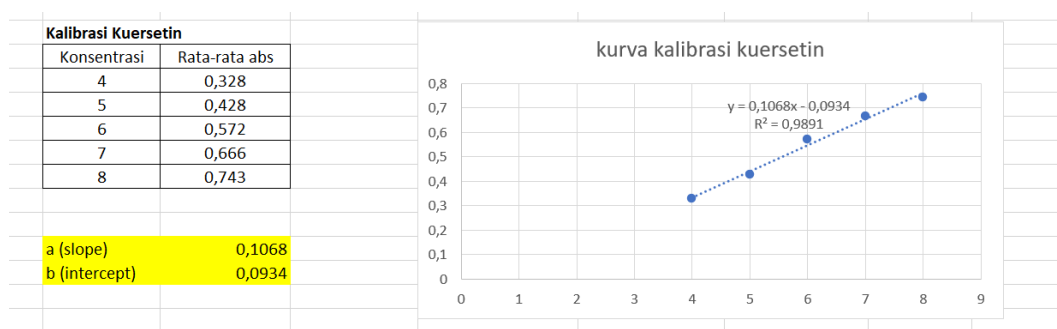
Gambar 4.1 Hasil Pengamatan Mikroskopik Simplisia Buah Kapulaga

Hasil pengamatan mikroskopik menunjukkan bahwa simplisia buah kapulaga memiliki beberapa fragmen anatomi khas, yaitu pembuluh kayu (xilem), perisperm, endosperm yang mengandung sel minyak, berkas pembuluh dengan sklerenkim, serta epikarpium dengan rambut penutup. Keberadaan fragmen-fragmen tersebut menunjukkan bahwa simplisia yang digunakan masih memiliki struktur anatomi yang sesuai dengan karakteristik *Amomum compactum* dan tidak mengalami kerusakan yang berarti selama proses preparasi. Pembuluh kayu berfungsi sebagai jaringan pengangkut air dan mineral, sedangkan perisperm merupakan jaringan cadangan makanan yang menjadi ciri khas famili Zingiberaceae. Sel minyak yang terdapat pada endosperm menunjukkan adanya kandungan minyak atsiri yang berperan dalam aktivitas antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi. Selain itu, berkas pembuluh dengan sklerenkim dan epikarpium dengan rambut penutup merupakan struktur penyokong dan pelindung yang

menjadi karakter anatomi buah kapulaga. Hasil pengamatan ini sejalan dengan penelitian (Irfan dan Haryoto ,2022 serta Mahfur dkk,2023).

4.7 Penetapan Kadar Flavonoid Total

Penetapan kadar flavonoid total dilakukan untuk mengetahui jumlah flavonoid yang terkandung dalam ekstrak etanol buah kapulaga. Flavonoid merupakan salah satu golongan metabolit sekunder yang berperan penting dalam berbagai aktivitas biologis, termasuk sebagai antioksidan dan antibakteri. pada penelitian ini menggunakan metode kolorimetri aluminium klorida ($AlCl_3$) dengan kuersetin sebagai larutan standar. Metode ini banyak digunakan karena memiliki sensitivitas dan selektivitas yang baik terhadap senyawa flavonoid yang mengandung gugus hidroksil sehingga mampu membentuk kompleks berwarna kuning yang dapat diukur menggunakan spektrofotometer UV–Vis (Shraim dkk,2021).



Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Kuersetin

Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh persamaan regresi linear: $y = 0,1068x - 0,0934$. Persamaan regresi tersebut menunjukkan adanya hubungan linear antara konsentrasi kuersetin dan nilai absorbansi sehingga dapat digunakan untuk menghitung kadar flavonoid total ekstrak. Nilai **R^2 sebesar 0,9891** menunjukkan bahwa sekitar **98,91% variasi absorbansi dapat dijelaskan oleh perubahan konsentrasi kuersetin**, sehingga hubungan keduanya bersifat linear dan kurva kalibrasi layak digunakan sebagai dasar penentuan kadar flavonoid total. Pada metode spektrofotometri UV-Vis, nilai koefisien determinasi yang mendekati 1 menunjukkan linearitas yang baik, meskipun untuk metode analisis yang divalidasi umumnya diharapkan nilai $R^2 \geq 0,99$. Dengan demikian, nilai R^2 yang diperoleh masih dapat diterima, tetapi menunjukkan bahwa masih terdapat deviasi

kecil yang kemungkinan berasal dari proses preparasi larutan standar, kesalahan pemipetan, atau pembacaan absorbansi pada spektrofotometer (Revista De dkk, 2016)

Ekstrak Kapulaga								
Sampel	Konsentrasi	Absorbansi	Kadar (ppm)	Kadar (g QE/100g)	Kadar (mg QE/g)	Rata-rata	STD	%STD
Ekstrak	5000	0,5504	4,279	0,086	0,856	0,856	0,001	0,001
	5000	0,5512	4,287	0,086	0,857			
	5000	0,5502	4,277	0,086	0,855			

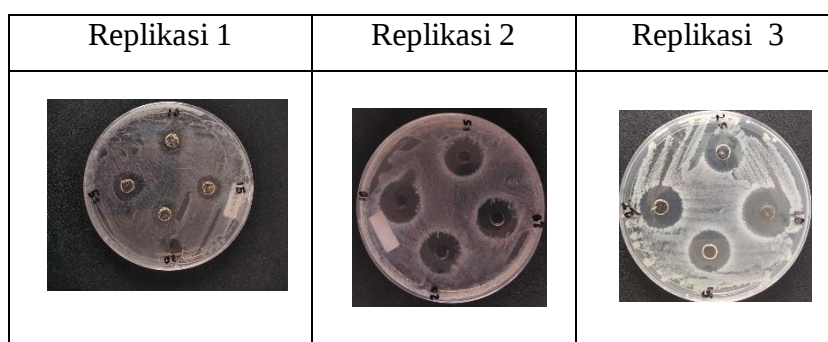
Gambar 4.3 Hasil Data total Flavonoid pada Ekstrak Buah Kapulaga

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol buah kapulaga memiliki kadar flavonoid total sebesar $0,8562 \pm 0,0010$ mg QE/g ekstrak. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan kurva baku kuersetin dengan persamaan regresi $y = 0,1068x - 0,0934$, yang menunjukkan hubungan linear antara konsentrasi standar dan absorbansi. Hubungan linear ini menandakan bahwa metode spektrofotometri UV–Vis yang digunakan memiliki kemampuan yang baik dalam mengukur kadar flavonoid total sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk menggambarkan kandungan flavonoid pada ekstrak.

Metode aluminium klorida ($AlCl_3$) dipilih karena ion aluminium mampu membentuk kompleks stabil dengan gugus hidroksil pada struktur flavonoid sehingga menghasilkan warna kuning yang intensitasnya sebanding dengan konsentrasi flavonoid dalam sampel. Semakin tinggi konsentrasi flavonoid, semakin besar absorbansi yang terbaca pada spektrofotometer UV–Vis. Oleh karena itu, kuersetin digunakan sebagai standar karena merupakan salah satu flavonoid yang stabil, mudah diperoleh, dan memiliki karakteristik reaksi yang baik dengan pereaksi aluminium klorida. Berdasarkan hasil pengukuran, ketiga replikasi memberikan nilai absorbansi yang sangat berdekatan, yaitu 0,5502–0,5512, dengan standar deviasi kadar flavonoid hanya 0,0010 mg QE/g. Nilai simpangan baku yang sangat kecil menunjukkan bahwa metode analisis memiliki presisi yang baik dan menghasilkan pengukuran yang konsisten antarulangan. Konsistensi hasil ini mengindikasikan bahwa proses preparasi sampel, pengenceran, serta pengukuran menggunakan spektrofotometer telah dilakukan secara baik sehingga variasi analisis dapat diminimalkan.

4.8 Pembahasan Uji Aktivitas Antibakteri

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol buah kapulaga mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* pada seluruh konsentrasi yang diuji. Rata-rata diameter zona hambat meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak, yaitu $5,03 \pm 0,58$ mm (10%), $7,30 \pm 0,76$ mm (15%), $7,10 \pm 1,02$ mm (20%), dan $10,48 \pm 3,87$ mm (25%). Sementara itu, kontrol positif menghasilkan zona hambat sebesar $17,05 \pm 0,30$ mm, sedangkan kontrol negatif tidak menunjukkan adanya zona hambat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak cenderung meningkatkan aktivitas antibakteri, meskipun daya hambatnya masih lebih rendah dibandingkan kloramfenikol.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Bakteri

Aktivitas antibakteri ekstrak diduga berasal dari kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, saponin, polifenol, steroid, dan minyak atsiri yang telah teridentifikasi melalui skrining fitokimia. Flavonoid bekerja dengan merusak membran sel dan menghambat sintesis asam nukleat bakteri, sedangkan saponin, tanin, dan minyak atsiri meningkatkan permeabilitas membran sehingga menyebabkan kebocoran komponen sel bakteri. Keberadaan flavonoid total sebesar **0,8562 mg QE/g ekstrak** juga mendukung aktivitas antibakteri ekstrak terhadap *Escherichia coli* (Salehi dkk, 2023). Analisis statistik menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dan homogen sehingga memenuhi syarat untuk dianalisis menggunakan **One-Way ANOVA**. Hasil ANOVA menunjukkan nilai signifikansi **0,262 ($p > 0,05$)**, sehingga tidak terdapat perbedaan yang bermakna antar konsentrasi ekstrak. Hasil uji lanjut Tukey juga menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berada dalam satu kelompok homogen. Meskipun secara deskriptif terjadi peningkatan diameter zona hambat, peningkatan tersebut belum signifikan secara statistik. Tidak signifikannya hasil penelitian diduga dipengaruhi oleh jumlah replikasi yang

terbatas ($n = 3$) serta variasi kemampuan senyawa aktif berdifusi ke dalam media agar. Selain itu, faktor seperti homogenitas inokulum, ketebalan media, dan karakteristik senyawa aktif juga dapat memengaruhi besar kecilnya zona hambat. Hasil penelitian ini sejalan dengan Juliana et al. (2023) dan Mahfur et al. (2023) yang melaporkan bahwa ekstrak etanol buah kapulaga mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antibakteri, namun efektivitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi senyawa aktif dan metode pengujian.

4.9 Evaluasi Gel Hand Sanitizer

Evaluasi sediaan gel hand sanitizer dilakukan untuk mengetahui mutu fisik sediaan yang meliputi organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, serta tingkat penerimaan panelis melalui uji hedonik. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa sediaan yang dihasilkan memiliki karakteristik fisik yang baik, stabil, aman digunakan, dan dapat diterima oleh pengguna.

Tabel 4.5 Evaluasi Gel Hand Sanitizer

Parameter	F0 (Basis)	F1 Ekstrak (20%)	F2 (Ekstrak 25%)
Bentuk	Gel	Gel	Gel
Warna	Bening	Kuning Kecoklatan	Kuning Kecoklatan lebih pekat
Aroma	Tidak berbau	Khas kapulaga	Khas kapulaga
Homogenitas	Homogen	Homogen	Homogen
pH	3,7	5,0	4,5
Viskositas	5150	$4887 \pm 25,2$	$5037 \pm 293,8$

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki bentuk gel dengan tekstur homogen tanpa adanya butiran kasar. Basis gel (F0) berwarna bening, sedangkan formula yang mengandung ekstrak etanol buah kapulaga (F1 dan F2) berwarna kuning kecokelatan dengan aroma khas kapulaga. Perubahan warna tersebut disebabkan oleh pigmen alami serta kandungan metabolit sekunder, seperti flavonoid dan senyawa fenolik, yang ikut terekstraksi selama proses maserasi menggunakan etanol. Meskipun demikian, secara visual seluruh formula masih menunjukkan penampilan yang baik dan tidak mengalami pemisahan fase.

Nilai pH yang diperoleh yaitu **3,7 pada F0, 5,0 pada F1, dan 4,5 pada F2**. Formula F1 dan F2 telah memenuhi kisaran pH sediaan topikal yang sesuai dengan pH fisiologis kulit (4,5–6,5), sehingga diharapkan aman digunakan tanpa

menyebabkan iritasi. Sementara itu, pH basis (F0) yang lebih rendah diduga dipengaruhi oleh komposisi basis gel sebelum penambahan ekstrak dan penyesuaian pH. Penambahan ekstrak buah kapulaga serta proses formulasi menyebabkan pH sediaan menjadi lebih mendekati pH kulit, sehingga meningkatkan kenyamanan saat penggunaan (Rowe dkk, 2021).

Hasil pengujian viskositas menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki viskositas berkisar **4887–5150 cPs**. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran viskositas yang baik untuk sediaan gel hand sanitizer sehingga sediaan mudah dikeluarkan dari wadah, tidak terlalu encer, dan tetap mampu melekat pada permukaan kulit. Perbedaan viskositas antarformula relatif kecil, sehingga penambahan ekstrak etanol buah kapulaga hingga konsentrasi 25% tidak memberikan perubahan yang berarti terhadap kekentalan gel. Hal ini menunjukkan bahwa basis gel mampu mempertahankan stabilitas fisik meskipun ditambahkan ekstrak tanaman.

Selain evaluasi fisik, dilakukan pula uji hedonik terhadap 30 panelis untuk mengetahui tingkat penerimaan sediaan. Hasil analisis menggunakan uji Friedman menunjukkan bahwa parameter warna, tekstur, aroma, dan kenyamanan memiliki nilai signifikansi berturut-turut **0,756; 0,570; 0,148; dan 0,980** ($p > 0,05$), sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap tingkat kesukaan panelis pada ketiga formula. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan ekstrak etanol buah kapulaga hingga konsentrasi 25% tidak menurunkan penerimaan panelis terhadap karakteristik fisik sediaan.

4.10 Uji Aktivitas Antibakteri Gel Hand Sanitizer

Uji aktivitas antibakteri dilakukan untuk mengetahui kemampuan sediaan gel hand sanitizer yang mengandung ekstrak etanol buah kapulaga dalam menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Formula 1 (20%) dan Formula 2 (25%) mampu membentuk zona hambat terhadap bakteri uji yaitu *Escherichia coli*, sedangkan kontrol negatif (basis gel) tidak menunjukkan aktivitas antibakteri. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri berasal dari kandungan ekstrak etanol buah kapulaga yang ditambahkan ke dalam formulasi gel, bukan dari basis sediaan. Senyawa metabolit sekunder

seperti flavonoid, alkaloid, saponin, fenolik, dan minyak atsiri yang telah teridentifikasi pada skrining fitokimia diduga berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme kerusakan membran sel, peningkatan permeabilitas membran, serta penghambatan aktivitas enzim bakteri (Barraj 2021).

Pada hasil perbandingan antara **Formula 1 (F1)** dan **Formula 2 (F2)** menunjukkan nilai signifikansi sebesar **0,515 ($p > 0,05$)**. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara kedua formula dalam menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*, meskipun terdapat selisih rata-rata diameter zona hambat sebesar **0,83667 mm**. Selain itu, pada metode difusi agar, besar kecilnya zona hambat tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak, tetapi juga oleh kemampuan senyawa aktif berdifusi melalui media agar. Senyawa dengan ukuran molekul yang besar atau kelarutan yang rendah cenderung berdifusi lebih lambat sehingga peningkatan konsentrasi tidak selalu diikuti dengan peningkatan diameter zona hambat

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol buah kapulaga (*Amomum compactum*) sebagai bahan aktif gel hand sanitizer terhadap bakteri *Escherichia coli*, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ekstrak etanol buah kapulaga memenuhi karakteristik mutu simplisia dan ekstrak, serta mengandung senyawa metabolit sekunder berupa alkaloid, flavonoid, saponin, 52tatis, fenol, dan terpenoid yang berpotensi sebagai senyawa antibakteri.
2. Ekstrak etanol buah kapulaga berhasil diformulasikan ke dalam sediaan gel hand sanitizer yang memenuhi persyaratan mutu fisik, meliputi 52tastic52ic, homogenitas, Ph, viskositas, daya sebar, daya lekat, dan stabilitas, sehingga layak digunakan sebagai sediaan 52tatist.
3. Gel hand sanitizer yang mengandung ekstrak etanol buah kapulaga mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*, yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona hambat pada seluruh formula yang mengandung ekstrak.
4. Hasil analisis 52tastic menunjukkan bahwa data memenuhi asumsi normalitas ($p > 0,05$) dan homogenitas ($p = 0,103$), sehingga dapat dianalisis menggunakan One-Way ANOVA. Uji One-Way ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan ($p = 0,000$). Uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa Formula 1 dan Formula 2 tidak memiliki perbedaan yang signifikan ($p = 0,515$), sehingga peningkatan konsentrasi ekstrak pada Formula 2 belum memberikan
5. Peningkatan aktivitas antibakteri yang bermakna dibandingkan Formula 1.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai uji stabilitas jangka 52tatist (long-term stability) untuk mengetahui masa simpan sediaan gel hand sanitizer ekstrak etanol buah kapulaga.
2. Perlu dilakukan uji keamanan, seperti uji iritasi kulit dan uji toksisitas, sehingga keamanan penggunaan sediaan dapat dibuktikan sebelum diaplikasikan secara luas.

3. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan identifikasi dan kuantifikasi senyawa aktif menggunakan metode analisis seperti HPLC atau GC-MS agar senyawa yang berperan dalam aktivitas antibakteri dapat diketahui secara lebih spesifik.
4. Perlu dilakukan pengujian terhadap bakteri Gram positif maupun Gram 53tatisti lainnya untuk mengetahui spektrum aktivitas antibakteri ekstrak etanol buah kapulaga.
5. Berdasarkan hasil uji 53tastic yang menunjukkan bahwa Formula 1 dan Formula 2 tidak berbeda nyata, penelitian selanjutnya dapat mengevaluasi konsentrasi ekstrak yang lebih bervariasi atau melakukan modifikasi formula gel untuk memperoleh efektivitas antibakteri yang lebih optimal