

Formulation and Activity Test of Active Fraction Gel from Robusta Coffee Beans (*Coffea Canephora* L.) Against *Staphylococcus aureus* as a Treatment for Diabetic Ulcers

Formulasi Dan Uji Aktivitas Gel Fraksi Aktif Biji Kopi Robusta (*Coffea Canephora* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* sebagai Terapi Ulkus Diabetik

Putri Diana Br Tarigan ^a, Novitaria Br Sembiring ^{b,c*}, Muhammad Yunus ^{b,c}

^a Bachelor of clinical pharmacy, Faculty of Health Science, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia.

^b Departement of clinical pharmacy, Faculty of Health Science, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia.

^c PUII Phyto Degenerative & Lifestyle Medicine, Universitas Prima Indonesia, Medan, Indonesia.

*Corresponding Authors: novitariabrsembiring@unprimdn.ac.id

Abstract

Introduction: Diabetes mellitus is one of the health problems that deserves attention worldwide. Diabetes mellitus causes complications in various organs of the body. One of the complications of diabetes mellitus for sufferers is the appearance of diabetic wounds or gangrene and ulcers that cause susceptibility to bacterial infections. One of the bacteria that causes diabetic wounds is *Staphylococcus aureus*, which can be found on the skin surface as normal flora. **Objective:** This study aims to formulate the active fraction of robusta coffee beans (*Coffea Canephora* L.) into a gel preparation and evaluate its antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*. **Methods:** This experimental study involved the extraction of robusta coffee beans with 96% ethanol maceration, phytochemical screening, and fractionation using n-hexane, ethyl acetate, and water solvents. Furthermore, the fraction results were tested using the disk diffusion method to determine the active fraction in robusta coffee beans to be formulated into gel preparations with concentrations of 12.5%, 25%, and 50% and physical stability tests were conducted. Based on the results of the study, the water fraction and gel preparation of robusta coffee beans showed inhibition of antibacterial activity against *Staphylococcus aureus*, with the greatest inhibition at a concentration of 50%. Therefore, the active fraction gel of robusta coffee beans has the potential as a treatment for diabetic wounds. Organoleptic testing of the gel showed a distinctive honey smell, brown color, and a slightly acidic pH of formula 1.

Keywords: Diabetic wounds, *Staphylococcus aureus*, Robusta Coffee Beans, Active Fraction, Gel.

Abstrak

Latar Belakang: Diabetes melitus merupakan salah satu masalah kesehatan yang patut diperhatikan didunia. Diabetes melitus menyebabkan komplikasi pada berbagai organ tubuh, salah satu komplikasi diabetes melitus bagi penderita ialah munculnya luka diabetik atau gangren dan ulkus yang menyebabkan rentan terkena infeksi bakteri. Salah satu bakteri penyebab luka diabetes melitus ialah bakteri *Staphylococcus aureus* yang dapat ditemukan pada permukaan kulit sebagai kuman floral normal. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk memformulasikan fraksi aktif biji kopi robusta (*Coffea Canephora* L.) ke dalam sediaan gel dan mengevaluasi aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. **Metode:** Penelitian eksperimental ini meliputi ekstraksi biji kopi robusta dengan maserasi etanol 96%, skrining fitokimia, fraksinasi menggunakan pelarut n-heksana, etil asetat, dan air. Selanjutnya, hasil fraksi diuji dengan metode difusi cakram untuk melihat fraksi aktif pada biji kopi robusta yang akan diformulasikan menjadi sediaan gel dengan konsentrasi (12,5%, 25%, dan 50%) dan dilakukan uji stabilitas fisik. Berdasarkan hasil penelitian, bahwa fraksi air dan sediaan gel biji kopi robusta menunjukkan adanya penghambatan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, dengan penghambatan paling besar pada konsentrasi 50%. Oleh karena itu, gel fraksi aktif biji kopi robusta berpotensi sebagai pengobatan luka diabetes. Uji organoleptis gel menunjukkan bau khas madu, warna coklat, dan pH formula 1 yang sedikit asam, sedangkan formula 2 dan 3 dalam rentang pH yang baik. Daya sebar gel baik (6-7 cm), namun viskositas formula 1 dan 2 (1170-2013 cP) tidak memenuhi syarat, kemungkinan karena rendahnya konsentrasi gliserin.

Kata Kunci: Luka Diabetes, *Staphylococcus aureus*, Biji Kopi Robusta, Fraksi Aktif, Gel.



Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the [a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\) License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Article History:

Received: 13/12/2025,
Revisi: 26/02/2026,
Accepted: 26/02/2026,
Available Online : 07/03/2026.

QR access this Article



<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i1.1334>

Pendahuluan

Diabetes melitus merupakan salah satu permasalahan kesehatan global yang memerlukan perhatian serius. Pada tahun 1980, angka prevalensi diabetes melitus masih berada pada kisaran 4,7%. Namun, pada tahun 2014 World Health Organization (WHO) melaporkan bahwa prevalensi penyakit ini meningkat menjadi 8,5% dengan jumlah penderita mencapai sekitar 422 juta orang di seluruh dunia. Selanjutnya, pada tahun 2017 prevalensi diabetes melitus kembali mengalami peningkatan menjadi 8,8% dengan jumlah penderita sekitar 425 juta orang. WHO memperkirakan bahwa angka kejadian diabetes melitus akan terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun [21] [17].

Diabetes melitus adalah gangguan metabolik yang ditandai oleh kondisi hiperglikemia kronis akibat adanya kelainan pada sekresi insulin, penurunan sensitivitas jaringan terhadap hormon insulin, atau kombinasi dari kedua mekanisme tersebut [8]. Selain itu, diabetes melitus dapat menimbulkan berbagai komplikasi yang menyerang beragam organ tubuh. Komplikasi tersebut dapat memengaruhi fungsi mata, kulit, otak, ginjal, saraf, jantung, serta sistem pembuluh darah. Salah satu komplikasi yang sering terjadi pada penderita diabetes melitus adalah munculnya luka diabetik, termasuk gangren dan ulkus [7].

Luka kaki diabetik memerlukan penanganan khusus karena berpotensi menimbulkan masalah serius hingga berujung pada amputasi pada kondisi yang berat. Neuropati perifer akibat diabetes melitus juga berperan sebagai faktor utama terjadinya kekambuhan ulkus, dengan angka kekambuhan berkisar antara 40% hingga 80% per tahun [19]. Keberadaan luka kaki diabetik dapat meningkatkan morbiditas, menyebabkan kecacatan permanen, serta secara signifikan menurunkan kualitas hidup pasien. Secara khusus, penderita luka kaki diabetik mengalami keterbatasan mobilitas, gangguan penyesuaian psikososial, serta persepsi kesehatan diri yang lebih rendah dibandingkan pasien tanpa ulkus, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan tingkat kelangsungan hidup [2].

Staphylococcus aureus merupakan salah satu bakteri yang berperan sebagai penyebab infeksi pada luka. Luka didefinisikan sebagai kerusakan pada struktur anatomi kulit yang mengakibatkan terganggunya fungsi integritas kulit. *Staphylococcus aureus* secara alami dapat ditemukan pada permukaan kulit sebagai bagian dari flora normal, serta sering dijumpai pada pori-pori kulit, kelenjar keringat, dan saluran pencernaan. Meskipun demikian, bakteri ini dikenal sebagai mikroorganisme patogen oportunistik yang dapat menimbulkan berbagai manifestasi klinis ketika menginfeksi jaringan tubuh [16].

Sediaan gel dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengobatan luka karena memberikan efek mendinginkan akibat kandungan air yang tinggi, sehingga mempermudah penetrasi zat aktif ke dalam jaringan kulit. Selain itu, gel bersifat tidak lengket, mudah diaplikasikan, serta mudah dibersihkan, sehingga dapat membantu mempercepat proses penyembuhan luka [9]. Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang tinggi memiliki potensi besar dalam pemanfaatan tanaman sebagai sumber bahan baku obat tradisional, termasuk untuk terapi diabetes melitus (DM) [20].

Salah satu tanaman yang berpotensi dimanfaatkan adalah kopi, khususnya biji kopi yang memiliki nilai manfaat tertinggi dibandingkan bagian tanaman lainnya. Dalam bidang farmasi, biji kopi diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berperan dalam menurunkan risiko diabetes melitus. Aktivitas tersebut berkaitan dengan kandungan antioksidan yang mampu menangkal radikal bebas penyebab berbagai penyakit. Senyawa utama dalam biji kopi adalah asam klorogenat dan kafein, dimana asam klorogenat berperan dalam menurunkan hiperglikemia intraseluler serta memiliki aktivitas farmakologis seperti antibakteri dan antioksidan yang kuat [3]. Kopi Robusta memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri gram positif dan gram negatif, termasuk kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*.

Secara tradisional, masyarakat perkebunan kopi memanfaatkan bubuk Kopi Robusta sebagai terapi untuk mempercepat penyembuhan luka dengan cara diaplikasikan langsung pada permukaan luka [1].

Meskipun banyak penelitian telah menunjukkan bahwa kopi robusta (*Coffea Canephora*) memiliki sifat antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan bakteri lainnya, penelitian-penelitian tersebut umumnya masih terbatas pada uji in vitro dari ekstrak atau fraksi, dan belum dikembangkan lebih lanjut menjadi bentuk sediaan farmasi yang aplikatif, seperti gel topikal untuk luka diabetik. Sebagai contoh, penelitian oleh Andarini et al. menunjukkan bahwa fraksi biji kopi robusta memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* [23]. Serta penelitian oleh Amalia (2020) yang melaporkan bahwa senyawa aktif dalam kopi robusta memiliki potensi untuk mempercepat penyembuhan ulkus diabetikum melalui aktivitas antibakteri yang terdeteksi [24]. Meskipun demikian, penggunaan fraksi aktif biji kopi robusta dalam formulasi gel sebagai sediaan topikal untuk luka diabetik masih jarang ditemukan dalam literatur ilmiah yang ada hingga saat ini. Ketiadaan literatur yang komprehensif mengenai formulasi gel yang menggabungkan potensi antibakteri dan aktivitas terapeutik lainnya menunjukkan adanya kesenjangan ilmiah yang signifikan, sehingga menegaskan pentingnya penelitian ini untuk mengembangkan dan mengevaluasi sediaan gel fraksi aktif biji kopi robusta yang stabil dan efektif terhadap luka diabetik yang rentan terhadap infeksi bakteri.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental. Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan kerja, yaitu: identifikasi/determinasi tumbuhan, pengumpulan sampel, pembuatan serbuk simplisia biji kopi robusta (*Coffea Canephora* L.), pembuatan ekstrak dengan etanol 96%, uji skrining fitokimia, fraksinasi dengan pelarut n-heksana, etil asetat, dan air, formulasi sediaan gel, uji aktivitas antibakteri dengan bakteri *Staphylococcus aureus*, dan evaluasi sediaan. Penelitian dilakukan di Laboratorium terpadu Universitas Prima Indonesia. Sampel yang digunakan sebanyak 4 kg yang diambil dari daerah samosir.

Instrumen penelitian

Alat yang digunakan termasuk handschoon, masker, rak, tabung reaksi, gelas beker, cawan petri, gelas ukur, tabung Erlenmeyer, neraca analitik, api bunsen, jangka sorong, penggaris, autoklaf, yellow tip, jarum ose, inkubator, laminar air flow, rotary evaporator, corong pisah, objek glass, lumpang dan alu, cawan porselen, kaca arloji, mikro pipet, waterbath, dan pH meter untuk menjaga kebersihan dan kelancaran eksperimen.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Biji kopi robusta (*Coffea Canephora* L.) sebagai bahan aktif yang diperoleh dengan ekstraksi dan fraksinasi. Pelarut yang digunakan pada saat ekstraksi etanol 96%, n-Heksana, etil asetat sebagai pelarut pada saat fraksinasi, bahan yang digunakan untuk pembuatan gel berupa: carbopol, TEA, gliserin, metil paraben, propil glikol, aquadest, dan gel klindamisin sebagai kontrol positif. Medium yang digunakan adalah Nutrient Agar. Bakteri uji adalah *Staphylococcus aureus*.

Pengelolaan sampel

Sampel yang diambil sebanyak 4 kg buah segar biji kopi robusta yang berwarna merah yang telah dikupas kulitnya serta dicuci dengan bersih di air mengalir agar bersih dari kotoran dan partikel lainnya, setelahnya dilakukan pengeringan dibawah matahari, setelah kering sampel yang digunakan dilakukan sortasi kering untuk memisahkan sampel yang rusak selama proses pengeringan. Sampel yang didapatkan dari proses sortasi kering dihaluskan dengan blender agar berbentuk serbuk. Selanjutnya dilakukan perhitungan bobot simplisia menggunakan rumus berikut:

$$\text{Rendemen Simplisia} = \frac{\text{Berat simplisia yang diperoleh}}{\text{Berat simplisia awal}} \times 100\%$$

Pembuatan Ekstrak

Ekstraksi biji kopi robusta dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96%. Simplisia seberat 600 gram direndam dalam etanol selama 3 kali 24 jam tanpa melakukan remaserasi atau pergantian pelarut dengan perbandingan etanol dan simplisia 1:10. Pada hari ketiga larutan disaring menggunakan kertas saring. Larutan ekstrak yang didapat diuapkan menggunakan rotary vacuum evaporator pada suhu 70–75°C dan tekanan 400–500 mmHg untuk menghilangkan pelarut dan mendapatkan ekstrak kental. Rendemen

dihitung sebagai persentase bobot ekstrak terhadap bobot simplisia, menghasilkan ekstrak pekat berkonsentrasi 100%.

Berikut rumus untuk menentukan hasil rendemennya :

$$\text{Rendemen ekstrak} = \frac{\text{Berat ekstrak yang diperoleh}}{\text{Berat sample awal}} \times 100\%$$

Uji Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak biji kopi robusta. Pengujian ini meliputi identifikasi golongan senyawa flavonoid, fenolik, tanin, alkaloid, saponin, serta steroid/terpenoid dengan menggunakan metode reaksi warna dan pembentukan endapan sebagai indikator keberadaan senyawa tertentu.

Uji flavonoid dilakukan dengan menimbang sebanyak 1 g ekstrak biji kopi robusta yang kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Sampel selanjutnya ditambahkan serbuk magnesium (Mg) dan beberapa tetes larutan asam klorida (HCl). Terbentuknya perubahan warna menjadi kuning, merah, atau jingga menunjukkan reaksi positif yang menandakan adanya senyawa flavonoid dalam sampel.

Identifikasi senyawa fenolik dilakukan dengan memasukkan 1 g ekstrak biji kopi robusta ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 1–2 tetes larutan FeCl_3 . Munculnya warna hijau kehitaman atau biru kehitaman menunjukkan reaksi positif yang mengindikasikan keberadaan senyawa fenolik dalam ekstrak.

Uji tanin dilakukan dengan prosedur serupa, yaitu dengan menambahkan 1–2 tetes larutan FeCl_3 ke dalam tabung reaksi yang berisi 1 g ekstrak biji kopi robusta. Terbentuknya warna hijau kehitaman atau biru kehitaman menunjukkan adanya tanin. Konfirmasi lebih lanjut dilakukan dengan menambahkan larutan gelatin 1% yang mengandung natrium klorida. Terbentuknya endapan putih menunjukkan reaksi positif yang menandakan adanya senyawa tanin dalam sampel.

Pengujian alkaloid dilakukan dengan memasukkan 1 g ekstrak biji kopi robusta ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan pereaksi Dragendorff. Munculnya warna coklat kemerahan menunjukkan adanya senyawa alkaloid. Selain itu, penambahan pereaksi Mayer dalam suasana asam (HCl 2%) yang menghasilkan endapan putih juga menunjukkan hasil positif terhadap keberadaan alkaloid.

Uji saponin dilakukan dengan menambahkan aquadest ke dalam tabung reaksi yang berisi 1 g ekstrak biji kopi robusta, kemudian larutan dikocok kuat selama beberapa menit. Setelah itu ditambahkan larutan HCl 2 N. Apabila terbentuk busa stabil dengan tinggi sekitar 1–10 cm yang bertahan selama beberapa waktu, maka sampel dinyatakan positif mengandung senyawa saponin.

Identifikasi senyawa steroid dan terpenoid dilakukan dengan menambahkan 1–3 tetes pereaksi Liebermann–Burchard ke dalam tabung reaksi yang berisi 1 g ekstrak biji kopi robusta. Terbentuknya warna merah menunjukkan adanya senyawa terpenoid, sedangkan munculnya warna biru menunjukkan keberadaan senyawa steroid dalam sampel.

Fraksinasi

Fraksinasi ekstrak biji kopi robusta (*Coffea Canephora* L.) dilakukan menggunakan ekstrak etanol kental dengan tiga pelarut berbeda polaritas, yaitu n-heksana, etil asetat, dan air (aquadest panas). Ekstrak etanol disuspensikan dengan aquadest panas (1:10), kemudian dimasukkan ke dalam corong pisah dan diekstraksi berturut-turut dengan n-heksana dan etil asetat menggunakan metode partisi cair-cair sebanyak tiga kali. Setiap fraksi yang diperoleh diuapkan menggunakan rotary vacuum evaporator pada suhu 40°C dan dilanjutkan dengan waterbath hingga diperoleh fraksi kental n-heksana, etil asetat, dan air.

Hasil yang didapat dihitung nilai rendeman fraksinya dengan rumus berikut:

$$\text{Rendeman fraksi} = \frac{\text{Berat fraksi akhir}}{\text{Berat ekstrak awal}} \times 100\%$$

Prosedur Sterilisasi, Persiapan Media

Seluruh peralatan yang digunakan dalam penelitian terlebih dahulu dibersihkan menggunakan air dan deterjen, kemudian dikeringkan sebelum dilakukan proses sterilisasi. Alat-alat gelas dibungkus menggunakan aluminium foil dan disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Alternatif sterilisasi juga dapat dilakukan menggunakan oven pada suhu 170 °C selama 1 jam. Peralatan yang terbuat dari bahan karet disterilkan dengan cara direndam dalam larutan alkohol 70%. Jarum ose disterilkan melalui proses pemijaran di atas nyala api hingga berpijar, sedangkan ruang kerja pada Laminar Air Flow (LAF)

disterilkan menggunakan sinar ultraviolet dan penyemprotan alkohol 70% baik sebelum maupun setelah digunakan untuk menjaga kondisi aseptik [6].

Media pertumbuhan bakteri yang digunakan adalah Nutrient Agar (NA). Pembuatan media dilakukan dengan melarutkan 6 g serbuk nutrient agar ke dalam 200 mL aquadest, kemudian dipanaskan sambil diaduk hingga larutan menjadi homogen dan mendidih. Larutan media selanjutnya disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi selesai, media didinginkan hingga mencapai suhu sekitar 45 °C, kemudian dituangkan ke dalam cawan petri steril masing-masing sebanyak ± 20 mL dan dibiarkan hingga memadat pada suhu ruang [6].

Peremajaan bakteri dilakukan untuk memperoleh kultur bakteri yang aktif dan segar. Proses ini dilakukan dengan mengambil satu ose koloni bakteri *Staphylococcus aureus* kemudian digoreskan pada permukaan media agar miring secara aseptik. Kultur tersebut selanjutnya diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam hingga terbentuk pertumbuhan bakteri yang optimal [6].

Standar kekeruhan bakteri dibuat menggunakan larutan standar McFarland. Pembuatan standar ini dilakukan dengan mencampurkan 0,05 mL larutan $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1,75% dengan 9,95 mL larutan H_2SO_4 sehingga menghasilkan suspensi keruh yang digunakan sebagai pembanding kekeruhan dalam pembuatan suspensi bakteri [6].

Suspensi bakteri dibuat dengan mengambil dua ose koloni bakteri dari kultur yang telah diremajakan, kemudian disuspensikan ke dalam 10 mL larutan NaCl 0,9% steril. Suspensi tersebut dihomogenkan dan tingkat kekeruhannya disesuaikan dengan standar McFarland agar konsentrasi bakteri yang digunakan dalam pengujian menjadi seragam [6].

Uji Aktivitas Antibakteri

Uji antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram dengan konsentrasi fraksi 12,5%, 25%, dan 50%. Clindamycin dan gel clindamycin digunakan sebagai kontrol positif, sedangkan aquadest dan basis gel sebagai kontrol negatif. Media NA diinokulasi dengan suspensi bakteri, kemudian kertas cakram berisi sampel dan kontrol diletakkan di atas media. Selanjutnya, media diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam, dan aktivitas antibakteri ditentukan berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk disekitar cakram [6].

Pemilihan konsentrasi fraksi aktif biji kopi robusta dalam penelitian ini didasarkan pada studi awal dan literatur yang menunjukkan bahwa berbagai penelitian uji antibakteri kopi menggunakan rentang konsentrasi bertingkat untuk mengevaluasi efektivitasnya. Sebagai contoh, penelitian oleh Tanauma (2016) yang menguji aktivitas antibakteri ekstrak biji kopi robusta (*Coffea Canephora*) terhadap *Escherichia coli* dengan konsentrasi 10%, 50%, dan 100% menemukan bahwa semakin tinggi konsentrasi, semakin besar zona hambat yang dihasilkan, menunjukkan adanya hubungan antara kadar ekstrak dan aktivitas antibakteri [25]. Demikian pula, dalam penelitian oleh Andarini et al. (2019), fraksi biji kopi robusta menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi bertahap hingga 30%, yang diamati melalui analisis KLT-bioautografi [26]. Berdasarkan praktik dan hasil studi pendahuluan yang kami lakukan, konsentrasi di bawah 10% menunjukkan aktivitas antibakteri yang rendah atau tidak konsisten, sehingga ditetapkan tiga variasi konsentrasi yaitu 12,5%, 25%, dan 50% untuk menjelaskan hubungan antara kadar fraksi aktif dan efek antibakteri secara representatif.

Seluruh perlakuan dalam penelitian ini dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (triplo) untuk setiap konsentrasi dan kontrol, dengan tujuan untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas data. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen laboratorium dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yaitu variasi konsentrasi fraksi aktif biji kopi robusta (12,5%, 25%, dan 50%). Parameter yang diamati adalah diameter zona hambat terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode difusi cakram. Nilai diameter zona hambat dari setiap pengulangan dihitung rata-ratanya untuk menggambarkan aktivitas antibakteri pada setiap perlakuan, kemudian dianalisis secara statistik untuk menentukan perbedaan signifikan antar konsentrasi perlakuan.

Pembuatan Formulasi Gel Fraksi Aktif Biji Kopi Robusta

Pada pembuatan gel, karbopol terlebih dahulu dikembangkan dengan aquadest yang telah dipanaskan secara perlahan hingga semua aquadest yang digunakan dan digerus hingga homogen pada lumpang yang telah dipanaskan diatas waterbath (campuran), selanjutnya larutkan metil paraben dengan propilen glikol 6% dan gliserin 5% yang telah dicampur lalu aduk hingga homogen (campuran 2). Kemudian, campuran 1 dan 2 disatukan lalu digerus hingga homogen, selanjutnya tambahkan TEA sedikit demi sedikit hingga

membentuk basis gel. Selanjutnya, tambahkan sedikit demi sedikit fraksi air biji kopi robusta yang digunakan kedalam busur gel dan homogenkan [22].

Penggunaan gliserin 5% dan propilen glikol 6% dalam formulasi ini bertujuan untuk meningkatkan kelembapan produk serta memperbaiki stabilitas fisik dan karakteristik pelepasan zat aktif. Gliserin berfungsi sebagai humektan yang dapat menarik dan mempertahankan air dalam matriks gel, sehingga meningkatkan hidrasi permukaan kulit dan menjaga elastisitas produk. Di sisi lain, propilen glikol tidak hanya berfungsi sebagai humektan, tetapi juga sebagai ko-solven dan enhancer penetrasi yang dapat meningkatkan kelarutan serta membantu difusi zat aktif melalui lapisan kulit. Penelitian terbaru dalam jurnal *Pharmaceutics* (2021) melaporkan bahwa propilen glikol dapat meningkatkan permeasi zat aktif melalui mekanisme peningkatan fluiditas lipid stratum korneum [27].

Tabel 1. Bahan Formulasi

Bahan	Formulasi (%)			Kegunaan
	F1	F2	F3	
Fraksi Aktif Biji Kopi Robusta (<i>Coffea Chanephora</i> L.)	12,5	25	50	Zat aktif
Carbopol	1	1	1	Gelling agent
Propilenglikol	6	6	6	Humektan
Metil paraben	0,1	0,1	0,1	Pengawet
TEA	1	1	1	Alkalizing agent
Gliserin	5	5	5	Humektan
Aquadest ad	100	100	100	Pelarut

Keterangan :

F1 : Sediaan gel dengan fraksi aktif biji kopi robusta 12,5%

F2 : Sediaan gel dengan fraksi aktif biji kopi robusta 25%

F3 : Sediaan gel dengan fraksi aktif biji kopi robusta 50%

Selain itu, proporsi humektan dalam sistem hidrogel mempengaruhi viskositas dan pelepasan zat aktif. Penelitian dalam jurnal *Gels* (2023) menunjukkan bahwa peningkatan kadar humektan seperti gliserin dapat meningkatkan viskositas matriks hidrogel melalui interaksi hidrogen dengan jaringan polimer, yang pada akhirnya mempengaruhi laju difusi obat dari sistem gel. Kombinasi gliserin 5% dan propilen glikol 6% dalam penelitian ini dipilih untuk mencapai keseimbangan antara kelembapan, stabilitas viskositas, dan kemampuan pelepasan zat aktif, sehingga gel tetap melekat pada permukaan luka diabetik namun tetap memungkinkan difusi senyawa antibakteri secara optimal [28].

Proporsi tersebut juga mempertimbangkan keamanan dan kenyamanan penggunaan topikal, karena konsentrasi humektan dalam rentang 5–10% dilaporkan aman dan tidak menyebabkan iritasi signifikan pada aplikasi dermal jangka pendek. Dengan demikian, kombinasi gliserin dan propilen glikol dalam formula ini tidak hanya mendukung karakteristik fisik gel tetapi juga berkontribusi terhadap efektivitas penghantaran fraksi aktif dari biji kopi robusta [29].

Evaluasi Stabilitas Fisik

Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk menilai karakteristik fisik sediaan gel secara visual, meliputi bentuk, warna, dan bau [22].

Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan mengoleskan gel pada kaca objek dan mengamati keseragaman sediaan. Gel yang baik menunjukkan tampilan homogen tanpa butiran kasar [22].

Uji pH

Uji pH bertujuan untuk memastikan keamanan sediaan gel terhadap kulit. Pengukuran dilakukan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan buffer pH 4 dan 7. Sebanyak 1 g gel dilarutkan dalam 10 mL aquadest, kemudian pH diukur hingga stabil. Nilai pH gel yang aman berada pada rentang 4,5–8 (SNI 16-3499-1996) [22].

Uji Daya Sebar

Uji daya sebar dilakukan untuk menilai kemampuan gel menyebar pada kulit. Sebanyak 1 g gel diletakkan di atas kaca, ditutup kaca lain, dan diberi beban 100 g selama 1 menit, kemudian diameter sebar diukur. Daya sebar gel yang baik berada pada kisaran 5–7 cm (SNI No. 06-2588) [22].

Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan menggunakan viskometer Brookfield dengan spindle nomor 4 pada kecepatan 30 rpm. Sebanyak 100 mL gel diuji dan nilai viskositas dibaca dari skala alat. Viskositas gel yang baik berada pada rentang 3.000–50.000 cP (SNI No. 16-4380-1996) [22].

Hasil dan Pembahasan

Hasil Ekstraksi Biji Kopi Robusta (*Coffea Canephora* L.)

Pada penelitian ini, serbuk simplisia biji kopi robusta yang digunakan sebanyak 600 gram yang dimaserasi dengan etanol 96% sebanyak 6 liter dengan perbandingan 1:10. Penggunaan etanol 96% sebagai pelarut dalam proses maserasi dikarenakan sifat etanol 96% polar dan dapat mengekstraksi senyawa polar maupun non-polar. Selain itu, etanol memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan kapang dan mikroorganisme, daya absorbansi yang baik, tidak menimbulkan pembengkakan pada membran sel, serta dapat meningkatkan stabilitas senyawa obat yang terlarut. Etanol juga mampu menghambat aktivitas enzim sehingga sangat efektif digunakan untuk memperoleh ekstrak dengan hasil yang optimal [15]. Dan hasil ekstrak kental yang didapatkan sebanyak 86 gram dengan persentase rendemen sebesar 14,33%. Nilai rendemen ini menunjukkan efisiensi pelarut etanol dalam mengekstraksi komponen dari material simplisia kopi robusta. Oleh karena itu, rendemen ekstrak simplisia biji kopi robusta yang diperoleh telah memenuhi kriteria, karena suatu rendemen dikatakan baik apabila nilainya melebihi 10% [15].

Hasil Uji Skrining Fitokimia Biji Kopi Robusta (*Coffea Canephora* L.)

Tabel 2. Hasil Skrining Fitokimia

Skrining Fitokimia	Reagen	Hasil Teoritis	Hasil Pengamatan
Uji Alkaloid	HCL2%+ Dragendrof	Coklat kemerahan	+
Uji Flavonoid	Serbuk Mg + HCL	Kuning kemerahan	+
Uji Tanin	FeCl ₃	Biru kehitaman	+
Uji Fenol	FeCl ₃	Biru kehitaman	+
Uji Saponin	Aquadest + HCL	Busa stabil 1-10 cm	+
Uji Triterpenoid	Lieberman Burchard	Merah kecoklatan	+

Skrining fitokimia pada penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa metabolit sekunder dalam sampel biji kopi robusta. Jenis uji skrining yang dilakukan meliputi uji flavonoid, saponin, alkaloid, tanin, terpenoid, dan fenol. Hasil pengujian fitokimia terhadap sampel biji kopi robusta disajikan pada Tabel 1. Pada pengujian alkaloid, penambahan reagen HCL 2% dan Dragendorff menghasilkan perubahan warna menjadi coklat kemerahan, yang menunjukkan terbentuknya endapan kompleks kalium–alkaloid akibat interaksi dengan ion logam. Uji flavonoid menggunakan serbuk magnesium dan HCL menunjukkan perubahan warna menjadi kuning kemerahan. Sementara itu, pengujian tanin dan fenol dengan penambahan reagen FeCl₃ menghasilkan warna biru kehitaman. Senyawa fenolik diketahui memiliki hubungan yang kuat dengan aktivitas antioksidan, yang merupakan hasil kombinasi senyawa fenol dengan mono- atau polisakarida, sehingga terdeteksi dengan warna hitam kebiruan. Pada uji saponin, penambahan aquades yang diikuti pengocokan kuat menghasilkan busa stabil setelah penambahan HCL. Uji triterpenoid dengan reagen Liebermann–Burchard menunjukkan terbentuknya warna merah kecoklatan sebagai indikator positif [4]. Sehingga pada pengujian skrining fitokimia pada sampel biji kopi robusta mendapat hasil positif pada uji flavonoid, alkaloid, saponin, triterpenoid, tanin dan fenol.

Fraksinasi Biji Kopi Robusta (*Coffea Canephora* L.)

Fraksinasi merupakan metode pemisahan suatu campuran menjadi beberapa fraksi berdasarkan perbedaan tingkat kepolaritasan, yang dilakukan menggunakan teknik ekstraksi cair–cair dengan pelarut

yang memiliki polaritas berbeda. Prinsip dasar ekstraksi cair-cair adalah like dissolves like, yaitu senyawa akan lebih mudah larut dalam pelarut yang memiliki tingkat kepolaritasan yang serupa. Pada penelitian ini digunakan ekstrak kental biji kopi robusta sebanyak 86 gram, yang kemudian difraksinasi secara bertahap menggunakan pelarut dengan polaritas berbeda, dimulai dari pelarut nonpolar, diikuti pelarut semipolar, hingga pelarut polar. Pelarut nonpolar yang digunakan adalah n-heksana, pelarut semipolar menggunakan etil asetat, sedangkan pelarut polar menggunakan air [10].

Tabel 3. Hasil Fraksinasi ekstrak kental biji kopi robusta

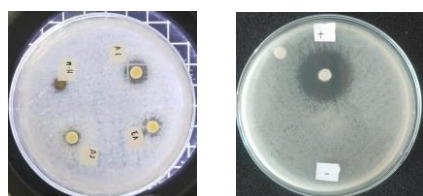
No	Bobot Ekstrak (gram)	Volume Fraksi (ml)	Bobot Fraksi (gram)	Persentase Rendeman (%)
1	n-Heksana	86	9	10,46
2	Etil asetat	86	17	19,76
3	Air	86	46	55,81

Pada hasil fraksinasi pada sampel ekstrak kental biji kopi robusta pada tabel 2 mendapat hasil rendeman paling tinggi pada fraksi air, yaitu sebesar 55.81%, sedangkan pada fraksi etil asetat mendapat rendeman 19.76%, dan fraksi n-Heksana mendapatkan hasil rendeman paling sedikit, yaitu sebesar 10.46%. Hasil fraksinasi pada ekstrak kental biji kopi robusta menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder yang paling banyak tersaring ialah senyawa yang memiliki kepolaritasan yang polar, karena pada saat fraksinasi hasil yang fraksi air mendapat rendeman paling tinggi.

Uji Fraksi Aktif Biji Kopi Robusta pada Bakteri *Stapylococcus aureus*

Tabel 4. Diameter zona hambat pada uji fraksi aktif biji kopi robusta terhadap bakteri *Stapylococcus aureus*

Fraksi	Zona Hambat (mm)
n-Heksana	12,15
Etil asetat	9,98
Air	7,16
Kontrol negatif (Air)	-
Kontrol positif (Clindamycin)	32,28 mm



(a)

(b)

Gambar 1. Uji Antibakteri Fraksi Biji Kopi Robusta

Berdasarkan hasil penelitian ini, bahwa ekstrak kental etanol biji kopi robusta terdapat zona penghambatan pada bakteri *Stapylococcus aureus* yang menandakan adanya kandungan kimia yang bersifat antibakteri pada sampel. Sebagian besar senyawa yang memiliki aktivitas antibakteri termasuk ke dalam golongan kimia bersifat semipolar hingga polar. Fraksi air dan etil asetat diketahui mengandung senyawa yang lebih spesifik dibandingkan fraksi ekstrak kasar dan fraksi n-heksana, yang ditunjukkan oleh terbentuknya zona hambat dengan diameter yang lebih besar [5]. Dapat dilihat pada hasil tabel 4 dan gambar 1a diatas menunjukkan bahwa fraksi air memiliki zona hambatan sebesar 12,15 mm, sedangkan fraksi etil asetat memiliki zona hambat sebesar 9,98 mm. Dan n-Heksana zona hambatnya sangat kecil, yaitu sebesar 7,16 mm.

Zona penghambatan pada ciprofloxacin sebagai kontrol positif memiliki zona hambat paling tinggi, yaitu sebesar 32,28 mm terhadap bakteri *Stapylococcus aureus*. Sementara air sebagai kontrol negatif tidak menunjukkan adanya zona hambat pada bakteri *Stapylococcus aureus*. Karena tidak ada zona penghambatan yang jelas di sekitar cakram pada pelarut yang digunakan yang menunjukkan aktivitas bakteri. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa ekstrak merupakan sumber satu-satunya yang memiliki aktivitas

antibakteri sehingga terdapat zona hambat, sedangkan pelarut air tidak berpengaruh pada fraksi biji kopi robusta.

Aktivitas antibakteri pada biji kopi robusta tertinggi pada fraksi air dan aktivitas antibakteri paling rendah pada fraksi n-Heksana. Fraksi air biji kopi robusta mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, saponin, fenolik dan kandungan metabolit primer seperti glukosa, lemak, dan asam amino. Flavonoid, saponin, dan fenolik merupakan senyawa polar, sehingga fraksi air biji kopi robusta memiliki antibakteri yang baik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* [11]. Kopi robusta juga memiliki senyawa trigonelin, kafein dan asam klorogenat yang juga sebagai antibakteri [14].

Secara mekanisme, senyawa fenolik dan flavonoid berfungsi dengan merusak integritas dinding dan membran sel bakteri. Senyawa fenolik dapat berikatan dengan protein membran serta komponen peptidoglikan pada bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus*, yang meningkatkan permeabilitas membran sel dan menyebabkan kebocoran komponen intraseluler, yang akhirnya mengakibatkan kematian sel bakteri. Mekanisme ini telah dilaporkan dalam penelitian terbaru yang menunjukkan bahwa senyawa fenolik dapat mengganggu struktur membran dan menghambat pembentukan biofilm bakteri [33]. Selain itu, flavonoid juga diketahui dapat menghambat aktivitas enzim penting bakteri dan mengganggu proses pembentukan biofilm yang berperan dalam memperlambat penyembuhan luka [34].

Relevansi mekanisme ini terhadap penyembuhan luka diabetik sangat penting, karena infeksi oleh *Staphylococcus aureus* dapat memperpanjang fase inflamasi dan menghambat pembentukan jaringan granulasi. Dengan adanya aktivitas antibakteri yang merusak dinding sel dan menghambat kolonisasi bakteri, fraksi aktif biji kopi robusta memiliki potensi untuk menciptakan lingkungan luka yang lebih bersih dari infeksi, sehingga mempercepat proses epitelisasi dan regenerasi jaringan.

Hasil Uji Antibakteri pada Formulasi Gel Fraksi aktif Biji Kopi Robusta

Tabel 5. Variasi konsentasi diameter zona hambat fraksi air biji kopi robusta terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

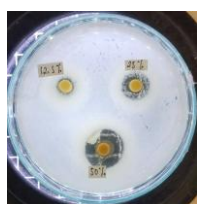
Fraksi Air Biji Kopi Robusata	Zona Hambat (mm)
Konsentarsi 12.5%	8,09
Konsentarsi 25%	9,32
Konsentarsi 50%	10,49

Tabel 6. Diameter zona hambat formulasi gel fraksi aktif biji kopi robusta terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*

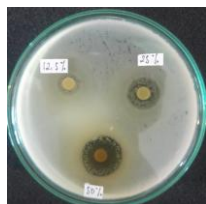
Konsentrasi (%)	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Rerata $\pm$ SD (mm)
12,5%	8,38	8,07	12,95	9,80 $\pm$ 2,68
25%	11,64	14,74	15,69	14,02 $\pm$ 2,13
50%	15,14	19,15	19,66	17,98 $\pm$ 2,48

Keterangan : Pada data tabel diatas terdapat perbedaan yang signifikan antara variasi konsentrasi gel fraksi aktif biji kopi robusta terhadap diameter zona hambat *Staphylococcus aureus*.

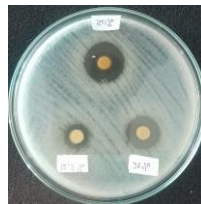
Sampel	Zona Hambat (mm)
Kontrol Negatif Basis gel	-
Kontrol Positif Gel clindamycin	26



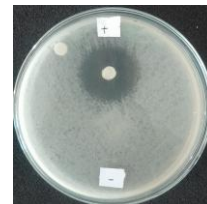
(a)Pengulangan 1



(b)Pengulangan 2



(c)Pengulangan 3



(d)Kontrol positif dan negatif

Gambar 2. Uji Antibakteri pada Formulasi Sediaan Gel Fraksi Aktif Biji Kopi Robusta

Berdasarkan hasil pada tabel 5 variasi konsentrasi Fraksi air biji kopi robusta yang memiliki aktivitas antibakteri pada bakteri *Staphylococcus aureus* terdapat penghambatan pada konsentrasi 12,5%, 25%, dan 50%.

Diameter zona hambat pada konsentrasi 12,5% sebesar 8,09 mm, konsentrasi 25% sebesar 9,32 mm, dan konsentrasi 50% sebesar 10,49 mm. Dari hasil variasi konsentrasi fraksi air kopi robusta diformulasikan menjadi sediaan gel. Gel adalah bentuk sediaan bening yang banyak digemari baik oleh masyarakat umum maupun industri farmasi dan kosmetik. Keunggulan sediaan gel meliputi kemudahan untuk dibersihkan, kemampuan penetrasi yang baik ke dalam kulit, memberikan sensasi sejuk saat digunakan, serta mampu menghasilkan pelepasan zat aktif yang optimal [13].

Hasil dari formulasi gel fraksi air biji kopi robusta mendapatkan peningkatan zona hambat yang diuji dengan metode difusi cakram dengan tiga kali pengulangan. Hasil yang didapat pada konsentrasi 12,5% penghambatannya meningkat menjadi 9,79 mm, konsentrasi 25% dengan zona hambat 13,94, dan konsentrasi 50% memiliki zona hambat paling tinggi yaitu sebesar 17,98 mm. Sedangkan pada kontrol positif clindamycin mendapat diameter zona hambat sebesar 26 mm dan pada kontrol negatif basis gel tidak ada indikasi zona hambat pada bakteri *Staphylococcus aureus*. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri yang dihasilkan berasal dari fraksi air biji kopi robusta dan basis gel tanpa fraksi air biji kopi robusta tidak memiliki aktivitas antibakter terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Hal ini diduga karena adanya aktivitas senyawa flavonoid, saponin, kafein, asam klorogenat, trigonelin dan fenol pada biji kopi robusta sebagai antibakteri.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa formulasi sediaan gel fraksi air biji kopi robusta memiliki aktivitas antibakteri tetapi tidak seefektif gel clindamycin dalam menghambat bakteri *staphylococcus aureus* yang mendapatkan zona hambat paling besar.

Evaluasi Sediaan Gel

Tabel 7. Evaluasi sediaan gel

Evaluasi	Formulasi 1	Formulasi 2	Formulasi 3
Organoleptis	Bau khas madu, Berwarna coklat muda, Berbentuk gel cair	Bau khas madu, Berwarna coklat tua, Berbentuk gel cair	Bau khas madu, Berwarna coklat tua, Berbentuk gel cair
pH	4,26	4,62	4,75
Homogenitas	Homogen	Homogen	Homogen
Daya sebar	6	6	7
Viskositas	1170	2013	6108

Hasil uji organoleptis formulasi sediaan gel fraksi air biji kopi robusta dapat dilihat pada tabel 6 memiliki bau khas seperti madu yang berwarna coklat hal ini dikarenakan berasal dari fraksi air yang digunakan pada formulasi gel yang mempunyai bau khas dan warna yang sama dan berbentuk gel cair. Hasil pengujian homogenitas menunjukkan bahwa sediaan telah memenuhi persyaratan Farmakope Indonesia Edisi III, yang menyatakan bahwa gel harus memiliki susunan yang seragam, ditandai dengan tidak ditemukannya partikel yang menggumpal atau terdistribusi tidak merata saat dioleskan pada kaca objek. Kondisi ini bertujuan agar setiap partikel mempunyai kesempatan yang sama untuk tersebar di seluruh bagian gel. Kecepatan pengadukan berperan dalam memperkecil ukuran partikel, namun pengadukan yang terlalu cepat dan kuat dapat menyebabkan sediaan menjadi tidak homogen karena merusak struktur rantai polimer serta menimbulkan pembentukan gelembung udara di dalam gel.

Hasil uji pH sediaan gel fraksi air biji kopi robusta pada formula 1 berkisar 4,26, formula 2 (4,62), dan formula 3 (4,75). Pada formula 2 dan 3 pHnya masih pada rentang yang baik, dimana rentang pH yang baik ialah pH 4,5-8, sedangkan pada formula 1 pHnya tidak sampai pada rentang pH yang baik yang menandakan formula terlalu asam. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa yang bersifat asam pada sediaan gel yang didapat dari fraksi air biji kopi robusta. Dimana kopi robusta memiliki senyawa asam klorogenat yang menyebabkan pH pada sediaan asam.

Hasil uji daya sebar sediaan gel fraksi air biji kopi robusta memiliki daya sebar yang baik yang didapat pada rentang 6-7 cm yang menunjukkan bahwa sediaan memenuhi persyaratan uji daya sebar. Selain mekanisme kimia dari senyawa aktif, sifat fisik sediaan seperti viskositas juga mempengaruhi difusi zat aktif dari gel ke jaringan luka. Viskositas yang lebih tinggi dapat memperpanjang waktu kontak antara sediaan dan permukaan luka, sehingga meningkatkan retensi zat aktif di area infeksi. Namun, viskositas yang terlalu tinggi dapat menghambat difusi molekul zat aktif karena jaringan polimer gel menjadi lebih padat dan menghalangi pergerakan molekul. Penelitian terbaru mengenai hidrogel topikal menunjukkan bahwa peningkatan densitas jaringan polimer dan viskositas mempengaruhi laju pelepasan serta difusi zat aktif dari matriks gel [35]. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan viskositas yang optimal agar gel dapat menempel

pada luka diabetik tanpa menghalangi pelepasan zat aktif antibakteri. Dalam penelitian ini, formula dengan viskositas yang lebih tinggi menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan dengan formula viskositas rendah, kemungkinan disebabkan oleh kombinasi antara peningkatan retensi sediaan dan difusi zat aktif yang masih berada dalam rentang optimal.

Uji viskositas sediaan gel fraksi air biji kopi robusta menunjukkan hasil pada Formula I sebesar 1170 cP, Formula II sebesar 2013 cP, dan Formula III sebesar 6108 cP. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Formula I dan II belum memenuhi persyaratan viskositas gel yang baik, karena rentang viskositas sediaan gel topikal yang dianjurkan berada pada kisaran 3.000–50.000 cP. Rendahnya viskositas pada Formula I dan II diduga disebabkan oleh kecilnya konsentrasi gliserin yang digunakan dalam formulasi. Gliserin berperan sebagai humektan yang mampu mengikat air, meningkatkan kohesi antar molekul dalam sistem gel, serta memperbesar hambatan terhadap aliran sehingga meningkatkan viskositas sediaan. Dengan demikian, peningkatan konsentrasi gliserin berkontribusi terhadap peningkatan viskositas Formula III yang telah memenuhi rentang viskositas yang dipersyaratkan dan menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih optimal dibandingkan formula dengan viskositas rendah[12].

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa fraksi air biji kopi robusta (*Coffea Canephora* L.) memiliki aktivitas antibakteri paling tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* dibandingkan fraksi lainnya, didukung oleh kandungan senyawa polar seperti flavonoid dan fenol yang bekerja merusak dinding serta membran sel bakteri. Formulasi dalam bentuk gel meningkatkan efektivitas antibakteri secara konsentrasi-dependen, dengan hasil terbaik pada konsentrasi 50%, meskipun masih di bawah kontrol positif. Evaluasi fisik menunjukkan bahwa formula konsentrasi tertinggi memiliki karakteristik paling optimal, terutama dari segi viskositas, sehingga secara keseluruhan gel fraksi air biji kopi robusta berpotensi dikembangkan sebagai alternatif terapi topikal untuk luka diabetik yang terinfeksi.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa penelitian serta publikasi artikel ini tidak dipengaruhi oleh kepentingan pribadi, finansial, maupun institusional yang dapat menimbulkan konflik kepentingan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Universitas Prima Indonesia atas dukungan berupa penyediaan sarana dan prasarana laboratorium yang telah membantu terlaksananya penelitian ini secara mandiri.

References

- [1] Amalia FF. Aktivitas antibakteri kopi robusta dalam mempercepat kejadian penyembuhan luka pada ulkus diabetikum. *Healthy Tadulako Journal (Jurnal Kesehatan Tadulako)*. 2020;6(1):1–72.
- [2] Bekele F, Chelkeba L. Amputation rate of diabetic foot ulcer and associated factors in diabetes mellitus patients admitted to Nekemte referral hospital, western Ethiopia: Prospective observational study. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2020;13(1):1–8. <https://doi.org/10.1186/s13047-020-00433-9>
- [3] Bogor IP, et al. Pengaruh metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap karakter fisiko-kimia kopi robusta. *Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Fakultas Teknologi Pertanian*. 2020;7:61–72.
- [4] Fildzah M, Muhammad A, Ummu F, Yahya S. Pengaruh variasi waktu ekstraksi terhadap aktivitas. *Journal of Pharmacy*. 2024;2:59–69.
- [5] Fitri C, Male A, Rahayu MP, Wulandari D, et al. Uji aktivitas antibakteri fraksi dan ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi*. 2025;10:294–302.
- [6] Hainil S, Sammulia SF, A A. 3210-Article Text-12736-1-10-20220130. 2022.
- [7] Hidayah DA, Kamal S, Hidayah N. Hubungan lama sakit dengan kejadian luka pada penderita diabetes melitus di Kabupaten Magelang. *Borobudur Nursing Review*. 2021;1(1):1–11. <https://doi.org/10.31603/bnur.4947>

- [8] International Diabetes Federation. IDF Diabetes Atlas. 10th ed. Brussels: International Diabetes Federation; 2021. <https://doi.org/10.1242/jeb.64.3.665>
- [9] Milasanti YA, Widara RT, Fitri A. Uji aktivitas penyembuhan luka sayat gel ekstrak etanol lidah buaya (*Aloe vera* L.) pada mencit putih jantan (*Mus musculus*). Journal of Pharmaceutical and Health Research. 2023;4(3):387–395. <https://doi.org/10.47065/jharma.v4i3.4415>
- [10] Shina MAI, Wardani TS, Artini KS. Uji aktivitas antibakteri ekstrak dan fraksi daun petai cina (*Leucaena leucocephala*) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. OBAT: Jurnal Riset Ilmu Farmasi dan Kesehatan. 2024;2:1–37. <https://doi.org/10.61132/obat.v2i6.785>
- [11] Shafira NA, Fauziyah S, P Y. Aktivitas antibakteri fraksi air daun pulutan (*Urena lobata*) terhadap *Staphylococcus aureus*. Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. 2021:167–186.
- [12] Pharmacy Genius. 2023;2:145–162.
- [13] Putri AE, Handayani K. Formulasi gel ekstrak batang pepaya sebagai antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Jurnal SainHealth. 2020;4(2):1–7. <https://doi.org/10.51804/jsh.v4i2.792.1-7>
- [14] Rizki A, Handayani S, Widowati R. Penelitian ekstrak 50% biji kopi terhadap *Staphylococcus aureus*. 2022;13:38–45.
- [15] Saerang MF, Edy HJ, Siampa JP. Aktivitas antibakteri daun gedi (*Abelmoschus manihot* L.) terhadap *Propionibacterium acnes*. Pharmacon. 2023;12:350–357.
- [16] Safani EE, Kunharjito WAC, Lestari A, Purnama ER. Potensi ekstrak daun bandotan (*Ageratum conyzoides* L.) sebagai spray untuk pemulihan luka mencit diabetik yang terinfeksi *Staphylococcus aureus*. Biotropic: The Journal of Tropical Biology. 2019;3(1):68–78. <https://doi.org/10.29080/biotropic.2019.3.1.68-78>
- [17] Siregar H, Bantas K. Hubungan diabetes mellitus terhadap kejadian disabilitas untuk activities of daily living (ADL) di Indonesia. Jurnal Epidemiologi Kesehatan Indonesia. 2020;4(2):65–66.
- [18] Wahidah S, Saputri GAR, Nofita N. Formulasi dan uji stabilitas sediaan gel ekstrak etanol daun asam jawa (*Tamarindus indica* L.) dengan variasi gelling agent. Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia. 2024;10:508–518. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v10i2.623>
- [19] Wear AH, Munir NW. Penatalaksanaan perawatan ulkus diabetik grade IV dengan iodine powder di Klinik Perawatan Luka Griya Afiat Makassar. 2025:16351–16355.
- [20] Widiastuti TC, Khuluq H, Handayani EW, et al. Pemanfaatan tanaman obat untuk mengatasi penyakit diabetes melitus di Kota Kebumen. Jurnal Farmasi Klinik dan Sains. 2022;2(1):87. <https://doi.org/10.26753/jfks.v2i1.776>
- [21] World Health Organization. Global Report on Diabetes. Geneva: WHO Press; 2016.
- [22] Wulandari GA, Yamlean PVY, Abdullah SS. Pengaruh gliserin terhadap stabilitas fisik gel ekstrak etanol sari buah tomat (*Solanum lycopersicum* L.). Jurnal Kesehatan Tambusai. 2023;4:2383–2391. <https://doi.org/10.31004/jkt.v4i3.16601>
- [23] Paputungan WA, Widya AL, Siampa JP. Aktivitas antibakteri dan analisis KLT-bioautografi dari fraksi biji kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). Pharmacon. 2019;8(3).
- [24] Amalia FF. Aktivitas antibakteri kopi robusta dalam mempercepat kejadian penyembuhan luka pada ulkus diabetikum. Healthy Tadulako Journal. 2020;6(1):1–72.
- [25] Sari RP, Widyastuti R, Kusumaningrum HD. Aktivitas antibakteri senyawa fenolik dari kulit buah kopi robusta (*Coffea canephora* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. 2021;32(2):123–130.
- [26] Rahardjo A, Pratiwi SU, Nugraheni R. Antibacterial activity of Robusta coffee husk extract against *Enterococcus faecalis* and *Porphyromonas gingivalis*: An in vitro study. Journal of International Dental and Medical Research. 2022;15(3):1025–1031.
- [27] Baki G, Alexander KS. Formulation and evaluation of topical penetration enhancers in drug delivery systems. Pharmaceutics. 2021;13(11):1912.
- [28] Panzarini E, Mariano S, Vergallo C, Dini L. Hydrogels as drug delivery systems: Influence of polymer network and humectant composition on drug release. Gels. 2023;9(3):236.
- [29] Cilurzo F, Minghetti P, Selmin F, Casiraghi A, Montanari L. Excipients in topical formulations: Impact on drug permeation and stability. International Journal of Pharmaceutics. 2022;623:121947.
- [30] Tanauma HA, Gayatri C, Widya AL. Aktivitas antibakteri ekstrak biji kopi robusta (*Coffea canephora*) terhadap bakteri *Escherichia coli*. Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi. 2016;5(4).

- [31] Sari RP, Pratiwi L, Mulyani Y. Aktivitas antibakteri senyawa fenolik dari kulit buah kopi robusta (*Coffea canephora* L.) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Jurnal Kedokteran Unram. 2021;10(3):123–130.
- [32] Rattanaporn K, Saengsawang P, Thanyasrisung P. Antibacterial activity of Robusta coffee husk extract against *Enterococcus faecalis* and *Porphyromonas gingivalis*: An in vitro study. Thai International Journal of Dental Science. 2022;13(2):45–52.
- [33] Silva LN, Zimmer KR, Macedo AJ, Trentin DS. Plant natural products targeting bacterial virulence factors. *Frontiers in Microbiology*. 2021;12:667881.
- [34] Borges A, Abreu AC, Ferreira C, Saavedra MJ, Simões LC, Simões M. Antibacterial activity and mode of action of selected phenolic compounds against bacterial pathogens. *Antibiotics*. 2022;11(2):250.
- [35] Ahmed TA, El-Say KM. Development of topical hydrogel systems for enhanced drug delivery: Influence of viscosity and polymer network density on drug diffusion. *Gels*. 2023;9(3):236.