

Formulation of Green Tea Spray Gel as Supportive Therapy for Diabetic Foot Infection

Sani E. Priani*, Delfiana A. Efrida, Ratih Aryani, Kiki Mulkiya, Livia Syafnir

Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Jawa Barat, Indonesia

Abstract

Diabetic foot infection (DFI) is a common complication of diabetes, most frequently caused by *Staphylococcus aureus*. Green tea contains antibacterial compounds and may serve as a potential supportive therapy for DFI. This study aimed to develop a spray gel formulation containing green tea ethanol extract and evaluate its antibacterial activity against *S. aureus*. The extract was obtained using 96% ethanol through the reflux method and subsequently tested for antibacterial activity using the agar well diffusion method. The extract was incorporated into a spray gel formulation with Viscolam MAC 10 as the gelling agent. The resulting spray gels were evaluated for their physical properties and antibacterial activity. Green tea extract demonstrated antibacterial activity against *S. aureus* with a minimum inhibitory concentration (MIC) of 0.1%. Furthermore, the ethanol extract was successfully formulated into a spray gel using 5% Viscolam MAC 10, meeting quality requirements in terms of organoleptic properties, pH, viscosity, spray pattern, spray weight, drying time, and adhesion time. Formulations containing 0.75% and 1% GTE exhibited potent antibacterial activity against *S. aureus*. In conclusion, a green tea-based spray gel formulation with good physical characteristics and potent antibacterial activity has been successfully developed.

Keywords: diabetic foot infection, green tea, spray gel, *Staphylococcus aureus*

Formulasi *Spray Gel* yang Mengandung Ekstrak Teh Hijau sebagai Terapi Pendukung Infeksi Kaki Diabetes

Abstrak

Salah satu komplikasi yang banyak terjadi pada pasien diabetes melitus adalah terjadinya infeksi kaki diabetes. Studi mikrobiologi menunjukkan *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri yang paling banyak ditemukan pada kondisi ini. Teh hijau diketahui mengandung berbagai senyawa antibakteri, sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi terapi pendukung pada infeksi kaki diabetes. Studi ini bertujuan untuk mengembangkan sediaan *spray gel* mengandung ekstrak etanol teh hijau serta menguji aktivitas antibakterinya terhadap *Staphylococcus aureus*. Teh hijau diekstraksi dengan pelarut etanol 96% menggunakan metode refluks. Ekstrak selanjutnya diuji aktivitas antibakteri dengan metode difusi agar sumuran. Ekstrak dikembangkan menjadi sediaan *spray gel* menggunakan viscolam MAC 10 sebagai *gelling agent*. Sediaan akhir diuji sifat fisik dan juga aktivitas antibakterinya. Ekstrak etanol teh hijau mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan nilai KHM 0,1%. Ekstrak etanol telah berhasil dikembangkan menjadi sediaan *spray gel* menggunakan 5% viscolam MAC 10 dan memenuhi persyaratan mutu dalam hal organoleptis, pH, viskositas, pola penyemprotan, bobot semprot, waktu kering, dan waktu lekat. Sediaan *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau 0,75% dan 1% memiliki aktivitas antibakteri kuat terhadap *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan temuan ini, disimpulkan bahwa *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau berhasil dikembangkan dengan karakteristik fisik dan baik yang memiliki aktivitas antibakteri kuat.

Kata Kunci: infeksi kaki diabetes, *spray gel*, *Staphylococcus aureus*, teh hijau

Article History:

Submitted 21 March 2024

Revised 13 June 2024

Accepted 15 July 2024

Published 31 October 2025

*Corresponding author:

egapriani@gmail.com

Citation:

Priani, S.E.; Efrida, D.A.; Mulkiya, K.; Syafnir, L. Formulation of Green Tea Spray Gel as Supportive Therapy for Diabetic Foot Infection. Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology. 2025; 12 (3), 265 - 271.

1. Pendahuluan

Diabetes melitus (DM) adalah penyakit gangguan metabolik kronis yang ditandai dengan peningkatan kadar gula dalam darah.^{1,2} Prevalensi DM semakin meningkat dari tahun ke tahun baik di Indonesia ataupun di Dunia. Prevalensi global DM pada tahun 2021 mencapai 10,5 % atau setara dengan 536,6 juta jiwa, dan diperkirakan akan meningkat menjadi 783,2 juta jiwa pada tahun 2045.³

Salah satu komplikasi yang dapat terjadi pada penderita DM adalah *diabetic foot infection* (DFI) atau infeksi kaki diabetes. Kondisi tersebut terjadi akibat adanya infeksi jaringan distal yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan epitel (ulkus).⁴ Kondisi ulkus diebetikum dapat terjadi pada 19-34% pasien DM, dan 50-60% ulkus disertai dengan infeksi.⁵ Studi mikrobiologi menunjukkan bakteri yang terlibat dalam infeksi kaki diabetes beragam (*polymicrobial*), akan tetapi bakteri *Staphylococcus aureus* diketahui sebagai bakteri yang paling banyak diisolasi dari ulkus diabetikum.^{6,7} *Staphylococcus aureus* menghasilkan toksin yang berkorelasi dengan luka diabetes yang terbentuk.

Pada penelitian ini dikembangkan sediaan berbasis bahan alam untuk menjadi terapi pendukung infeksi kaki diabetes. Teh hijau digunakan sebagai bahan aktif, karena diketahui mengandung senyawa katekin dengan komponen utamanya *epigallocatechin gallate* (EGCG).⁸ Senyawa ini bekerja sebagai antibakteri karena mampu berikatan dengan membran lipid dan mempengaruhi metabolisme dengan menghambat enzim sitoplasma dihidrofolat reduktase.⁹ Ekstrak teh hijau diketahui memiliki aktivitas antibakteri kuat terhadap *Staphylococcus aureus*.¹⁰ Selain karena aktivitas antibakterinya, aktivitas lainnya dari teh hijau seperti antioksidan, antiinflamasi, angiogenesis, dan antifibrotik dapat mendukung aktivitas penyembuhan luka.¹¹

Ekstrak teh hijau dikembangkan menjadi sediaan *spray gel*. Sediaan ini merupakan modifikasi dari sediaan gel yang digunakan dengan cara disemprotkan melalui pipa aplikator semprot. Bentuk sediaan *spray gel* mengandung senyawa antibakteri sesuai sebagai terapi pendukung infeksi kaki diabetes. Sediaan *spray gel* dapat meningkatkan kepraktisan penggunaan serta menghindari kemungkinan kontaminasi pada area luka. Selain itu, bentuk sediaan ini dapat membentuk lapisan film pada permukaan kulit sehingga waktu kontak sediaan meningkat.^{12,13}

Berdasarkan paparan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sediaan *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau sebagai bahan aktif

dan juga menguji aktivitas antibakteri dari sediaan yang dihasilkan terhadap *Staphylococcus aureus*. Pengembangan sediaan *spray gel* dengan bahan aktif ekstrak teh hijau dilakukan dengan tujuan terapi suportif dalam pengobatan infeksi kaki diabetes yang belum pernah dilakukan sebelumnya. Hasil penelitian ini diharapkan bisa dikembangkan lebih lanjut agar dihasilkan sediaan yang praktis dan efektif dalam membantu mengurangi kondisi infeksi kaki diabetes.

2. Bahan dan Metode

2.1. Alat

Instrumen utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *hot plate* (thermoscientific®, USA), inkubator (Mettler), pH meter (Mettler-Toledo®), *rotary evaporator* (Buchi, Switzerland), spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-Vis 1800®), *autoclave* (Tomy SX-500), *magnetic stirrer* (Thermolyne S131120-33Q), pH meter (Mettler Toledo, Seven Compact™ S220), timbangan analitik (Mettler Toledo AL 204, USA), *viscometer Brookfield* (DV-I Prime).

2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu daun teh hijau kering (*Camellia sinensis* Linn.) yang diperoleh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina dengan No. determinasi 121601/1.0/PPTK/XII/2022, etanol (Bratachem, Indonesia), *nutrient agar* (Merck, USA), viscolam MAC 10 (Lamberty Spa, Italy), dan propilenglikol (Bratachem, Indonesia). Bakteri uji yang digunakan adalah *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 (Thermo scientific, Inggris, koleksi Laboratorium Farmasi UNISBA).

2.3. Prosedur

2.3.1. Ekstraksi Teh Hijau

Ekstraksi dilakukan dengan metode refluks menggunakan pelarut etanol 96%. Perbandingan antara bobot daun teh hijau dengan pelarut adalah 1:10 (b/v), dengan proses refluks dilakukan selama 60 menit. Ekstrak cair dipekatkan dengan *rotary evaporator* pada suhu 50-60°C dan dilanjutkan dengan pemekatan menggunakan *waterbath* untuk memperoleh ekstrak kental.¹⁴

2.3.2. Penapisan Fitokimia Simplisia dan Ekstrak

Penapisan fitokimia dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa alkaloid, flavonoid, polifenol, tanin, saponin, polifenolat, kuinon, monoterpen-sesquiterpen, serta triterpenoid-steroid. Pengujian dilakukan menggunakan prosedur standar.¹⁵

2.3.3. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak

Uji aktivitas antibakteri dilakukan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dengan menggunakan metode difusi agar sumuran pada media *nutrient agar* (NA) dengan antibiotik klindamisin 1% sebagai kontrol positif. Pengujian dilakukan dengan memasukkan 100 µL suspensi bakteri ke setiap cawan Petri dan ditambahkan dengan 20 mL media NA. Media selanjutnya dihomogenkan dan didiamkan hingga memadat. Ekstrak etanol teh hijau diuji pada konsentrasi 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75 dan 1% yang dilarutkan dalam dimetilsulfoksida (DMSO). Aktivitas antibakteri dilihat dari diameter hambatan yang terbentuk setelah inkubasi 18-24 jam.¹⁶

2.3.4. Optimasi Basis *Spray Gel*

Optimasi basis *spray gel* dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi viscolam MAC10 sebagai *gelling agent*. Komposisi basis tertera dalam Tabel 1. Basis dibuat dengan melarutkan viscolam dalam kombinasi pelarut etanol: akuades (2:1) menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 200 rpm. Penyesuaian pH dilakukan dengan penambahan trietanolamin (TEA) hingga diperoleh basis *spray gel* pH ± 7 . Propilenglikol selanjutnya ditambahkan ke dalam campuran akhir, dan diaduk sampai homogen. Basis *spray gel* dievaluasi dengan pengujian organoleptis, pH, viskositas, pola penyemprotan, bobot semprot, waktu kering, dan waktu lekat. Basis yang paling baik dipilih untuk formulasi sediaan *foot spray* ekstrak etanol daun teh hijau.^{17,18}

2.3.5. Formulasi *Spray Gel* Teh Hijau

Sediaan *spray gel* teh hijau dibuat menggunakan formula basis optimum, pada konsentrasi ekstrak 0,5; 0,75; dan 1%. Ke dalam sediaan juga ditambahkan fenoksietanol 0,5% sebagai pengawet dan natrium metabisulfida 0,02% sebagai antioksidan. Prosedur pembuatan sediaan sama dengan pembuatan basis.^{17,18}

2.3.6. Evaluasi Fisik Sediaan *Spray Gel*

Organoleptis

Tabel 1. Optimasi formula basis *spray gel* teh hijau

Bahan	Formula (% b/v)				
	F1	F2	F3	F4	F5
Viscolam MAC 10	1	2	3	4	5
Trietanolamin (TEA)	0,05	0,1	1,5	2	2,5
Propilenglikol	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Etanol : Akuades (2:1) ad	100	100	100	100	100

Pemeriksaan organoleptis dilakukan secara visual untuk melihat penampilan fisik sediaan *spray gel* dengan mengamati langsung konsistensi, warna dan bau dari sediaan *spray gel* yang dibuat.

pH

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter yang sudah dikalibrasi, terhadap sediaan tanpa pengenceran.¹⁹

Viskositas dan Rheologi

Pengukuran viskositas dilakukan dengan menggunakan *viskometer brookfield* dengan *spindle* No.61. Viskositas diukur pada kecepatan 10, 20, 50 dan 100 rpm (naik-turun) untuk menentukan rheologi.²⁰

Pola penyemprotan

Uji dilakukan dengan cara menyemprotkan sediaan pada plastik mika dengan jarak 5 cm lalu diameter dari pola semprot diukur.²¹

Bobot semprot

Pemeriksaan dilakukan dengan cara menyemprotkan sediaan di atas pelat kaca yang sudah diukur bobotnya kemudian diukur bobot sediaan tersebut.²⁰

Waktu kering

Pemeriksaan waktu kering dilakukan dengan cara menyemprotkan sediaan pada bagian kulit kaki dan kemudian menghitung waktu yang diperlukan hingga sediaan yang disemprotkan.²⁰

Waktu lekat

Pada pengujian sifat ketahanan melekat dilakukan dengan menyemprotkan sediaan pada bagian kulit. Selanjutnya diamati waktu yang dari sediaan tidak menetes kembali.²⁰

2.3.7. Uji Aktivitas Antibakteri Sediaan *Spray Gel*

Uji aktivitas antibakteri sediaan dilakukan dengan

Tabel 2. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak teh hijau pada *S. aureus* ($n=3$)

Sampel Uji	Zona hambat (mm) $\pm$ SD
Ekstrak 0,01%	0,00 $\pm$ 0,00
Ekstrak 0,05%	0,00 $\pm$ 0,00
Ekstrak 0,10%	6,53 $\pm$ 0,58
Ekstrak 0,25%	7,93 $\pm$ 0,23
Ekstrak 0,50%	9,57 $\pm$ 0,21
Ekstrak 0,75%	10,33 $\pm$ 0,15
Ekstrak 1%	11,17 $\pm$ 0,12
Klindamisin 1%	28,50 $\pm$ 1,27
Pelarut DMSO	0,00 $\pm$ 0,00

metode yang sama dengan metode uji untuk ekstrak. Pengujian dilakukan terhadap sediaan tanpa pengenceran, dan selanjutnya diukur nilai diameter hambatnya.¹⁶

3. Hasil

Penelitian diawali dengan ekstraksi teh hijau dan diperoleh rendemen ekstrak 37,87%. Selanjutnya, dilakukan penapisan fitokimia terhadap simplisia dan ekstrak dan hasilnya menunjukkan jika keduanya mengandung golongan senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, polifenolat, kuinon, monoterpen- seskuiterpen, serta triterpenoid-steroid. Ekstrak teh hijau diuji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 2. Ekstrak teh hijau memiliki aktivitas antibakteri dengan nilai KHM 0,1%.

Ekstrak etanol teh hijau selanjutnya dikembangkan menjadi sediaan *spray gel*. Formulasi sediaan *spray gel*, diawali dengan optimasi basis, dengan variasi konsentrasi *gelling agent* (Tabel 3).

Berdasarkan hasil evaluasi basis diketahui bahwa basis dengan formula F5 memiliki karakteristik yang paling baik untuk semua parameter uji. Oleh karena itu formula F5 digunakan sebagai formula *spray gel* teh hijau dengan penambahan ekstrak 0,5 (F5A); 0,75 (F5B); dan 1% (F5C) (Tabel 4). Hasil evaluasi fisik

terhadap sediaan *spray gel* teh hijau ditampilkan pada Tabel 5.

Kemudian, ketiga sediaan *spray gel* dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 6. Hasil uji menunjukkan sediaan F5B dan F5C menunjukkan penghambatan kuat dengan nilai diameter hambat pada rentang 10-20 mm,

4. Pembahasan

Teh hijau adalah salah satu bahan alam yang sejak lama diketahui memiliki banyak khasiat. Pada penelitian ini, teh hijau dikembangkan dalam bentuk sediaan *spray gel* dengan aktivitas antibakterinya dimanfaatkan sebagai terapi pendukung pada kondisi infeksi kaki diabetes. Teh hijau yang sudah diperoleh dalam keadaan kering diekstraksi dengan metode refluks menggunakan etanol 96%. Pemilihan metode merujuk pada penelitian sebelumnya yang menunjukkan ekstraksi dengan metode dan pelarut tersebut dapat menghasilkan senyawa katekin lebih banyak dibandingkan dengan konsentrasi etanol lainnya.¹⁴ Katekin merupakan senyawa aktif utama dari teh hijau, yang merupakan senyawa polifenol alami flavan-3-ols (atau flavanol), yang termasuk dalam keluarga flavonoid.²² Senyawa katekin pada teh hijau berkontribusi signifikan pada aktivitas antibakteri yang dihasilkan.²³ Senyawa katekin

Tabel 3. Hasil optimasi basis *spray gel*

Evaluasi	Formula				
	F1	F2	F3	F4	F5
Organoleptis	Tidak berwarna, bau khas	Tidak berwarna, bau khas	Tidak berwarna, bau khas	Tidak berwarna, bau khas	Tidak berwarna, bau khas
pH basis	6,81 $\pm$ 0,02	6,75 $\pm$ 0,01	6,64 $\pm$ 0,01	6,64 $\pm$ 0,01	6,54 $\pm$ 0,02
Viskositas (cps)	19,33 $\pm$ 0,23	24,33 $\pm$ 1,15	41,27 $\pm$ 3,10	67,93 $\pm$ 0,12	98,33 $\pm$ 0,58
Pola penyemprotan (cm)	6,00 $\pm$ 0,00	6,17 $\pm$ 0,29	5,90 $\pm$ 0,17	5,77 $\pm$ 0,21	5,50 $\pm$ 0,00
Bobot semprot (gram)	0,0139 $\pm$ 0,0003	0,0389 $\pm$ 0,0002	0,0703 $\pm$ 0,0001	0,0815 $\pm$ 0,0006	0,1221 $\pm$ 0,0001
Waktu kering (detik)	79,00 $\pm$ 0,01	90,00 $\pm$ 0,01	92,00 $\pm$ 0,01	94,00 $\pm$ 0,04	96,00 $\pm$ 0,04
Waktu lekat (detik)	22,00 $\pm$ 1,73	20,00 $\pm$ 2,00	9,67 $\pm$ 0,58	5,67 $\pm$ 0,58	5,33 $\pm$ 0,58

Tabel 4. Formula akhir sediaan *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau

Bahan	Formula (% b/v)		
	F5A	F5B	F5C
Ekstrak etanol daun teh hijau	0,5	0,75	1
Viscolam MAC 10	5	5	5
Trietanolamin (TEA)	0,4	0,4	0,5
Propilen glikol	0,25	0,25	0,25
Fenoksietanol	0,5	0,5	0,5
Na Metabisulfit	0,02	0,02	0,02
Etanol : Aquades (2:1) ad	100	100	100

utama yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri adalah (-)-*epigallocatechin gallate* (EGCG) dan (-)-*epicatechin gallate* (ECG). Senyawa-senyawa tersebut mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram negatif dan Gram positif.²³ Katekin galat dapat berinteraksi dengan fosfolipid bilayer sehingga pada akhirnya bisa menyebabkan kerusakan membran sitoplasma.⁸

Bakteri uji yang digunakan pada penelitian ini adalah *Staphylococcus aureus*. Bakteri ini adalah jenis bakteri yang paling banyak ditemukan atau diisolasi pada infeksi kaki diabetes. *Staphylococcus aureus* diketahui mampu menghasilkan faktor virulensi yang dapat menghindari pertahanan imun inang. Faktor virulensi seperti α -hemolysin, *phenol-soluble modulins* (PSMs), dan *panton-valentine leukocidin* (PVL) memiliki kapasitas untuk melisis sel inang dan menghindari respon imun. Selain itu, *Staphylococcus aureus* mengeluarkan *chemotaxis inhibitory protein of staphylococci* (CHIPS) yang dapat menghambat fungsi neutrofil.⁶

Hasil aktivitas antibakteri menunjukkan ekstrak teh hijau mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dengan nilai KHM 0,1%. Penelitian lainnya juga telah banyak dilakukan untuk menguji aktivitas antibakteri teh hijau terhadap *Staphylococcus aureus* dengan hasil nilai KHM yang beragam. Ekstrak etanol teh hijau diketahui memiliki nilai KHM 1,25% pada pengujian dengan difusi agar,

menggunakan metode ekstraksi maserasi dengan pelarut etanol 70%.²⁴ Studi lain menunjukkan ekstrak air teh hijau memiliki nilai KHM 10 mg/mL atau setara dengan 1%.²⁵ Penelitian lainnya yang juga menggunakan ekstrak air teh hijau menunjukkan nilai KHM 0,04%, dengan pengujian menggunakan metode mikrodilusi.²⁶ Hal tersebut menunjukkan jika jenis pelarut, metode ekstraksi, dan metode pengujian antibakteri dapat berpengaruh pada nilai KHM yang dihasilkan.

Basis *spray gel* menggunakan viscolam MAC 10 sebagai *gelling agent* dalam pelarut kombinasi etanol dan air. Viscolam divariasikan pada konsentrasi 1-5%, disesuaikan dengan konsentrasi optimum untuk pembentukan gelnya. Penggunaan kombinasi pelarut tersebut dimaksudkan untuk menurunkan viskositas sediaan sehingga mempermudah penyemprotan dan juga mempercepat proses pengeringan pada kulit.²⁷ Hasil optimasi basis menunjukkan bahwa basis dengan formula F3, F4, dan F5 telah memenuhi seluruh persyaratan evaluasi mulai dari organoleptis, pH, viskositas, pola penyemprotan, bobot semprot, waktu kering, dan waktu lekat. Nilai pH sediaan sudah berada pada rentang pH kulit yakni 4,5-7,0. Viskositas basis sudah sesuai dengan persyaratan sediaan *spray gel* yakni < 150 cPs. Pola penyemprotan juga sudah memenuhi persyaratan yakni diameternya >2,4 cm dengan bobot semprot yang relatif konstan. Sediaan juga memenuhi persyaratan waktu kering yakni tidak lebih dari 300 detik dan waktu lekat kurang

Tabel 5. Hasil evaluasi *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau (n=3)

Evaluasi	Formula		
	F5A	F5B	F5C
Organoleptis	Hijau kecoklatan, bau khas	Hijau kecoklatan, bau khas	Hijau kecoklatan, bau khas
pH sediaan	6,52 $\pm$ 0,01	6,51 $\pm$ 0,01	6,52 $\pm$ 0,02
Viskositas (cPs)	68,33 $\pm$ 2,52	105,60 $\pm$ 0,60	98,33 $\pm$ 1,15
Pola penyemprotan (cm)	6,93 $\pm$ 0,83	6,83 $\pm$ 0,29	5,57 $\pm$ 0,12
Bobot semprot (gram)	0,0667 $\pm$ 0,0002	0,1060 $\pm$ 0,0002	0,0897 $\pm$ 0,0003
Waktu kering (detik)	107 $\pm$ 0,03	101 $\pm$ 0,02	109 $\pm$ 0,02
Waktu lekat (detik)	5,43 $\pm$ 0,29	5,03 $\pm$ 0,06	5,57 $\pm$ 0,45

Tabel 6. Hasil uji aktivitas antibakteri *S. aureus* sediaan *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau ($n=3$)

Sampel	Zona hambat (mm)
F5A	9,33 ± 0,21
F5B	13,63 ± 0,10
F5C	14,40 ± 0,37
Basis <i>spray gel</i>	0,00 ± 0,00

dari 10 detik.²¹ Basis gel yang akhirnya digunakan sebagai formula akhir *spray gel* yaitu F5. Hal tersebut dikarenakan F5 mempunyai waktu lekat dan bobot semprot yang lebih baik dari F3 dan F4, sehingga diharapkan dapat mengoptimalkan efek pada area luka. Basis F5 memiliki bobot semprot yang lebih banyak, sehingga jumlah sediaan yang sampai pada area luka, setiap kali penyemprotan lebih banyak. Sediaan F5 juga memiliki waktu lekat yang lebih kecil, yang artinya dapat melekat lebih cepat pada kulit.

Formula akhir sediaan *spray gel* merujuk pada formula basis F5 dengan penambahan ekstrak (0,5; 0,75; dan 1%) juga penambahan pengawet (fenoksietanol 0,5%) dan antioksidan (natrium metabisulfit 0,02%) untuk meningkatkan stabilitas penyimpanan. Konsentrasi ekstrak dalam sediaan ditingkatkan dari nilai KHMnya untuk mengoptimalkan aktivitas antibakterinya. Terhadap ketiga formula (F5A, F5B, dan F5C) dilakukan evaluasi yang sama dengan basis dan hasilnya menunjukkan seluruh sediaan memenuhi seluruh persyaratan evaluasi mulai dari organoleptis, pH, viskositas, pola penyemprotan, bobot semprot, waktu kering dan waktu lekat.

Pengujian lainnya yang dilakukan pada sediaan adalah uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*. Hasil uji menunjukkan bahwa sediaan memiliki aktivitas antibakteri, dengan nilai diameter hambat yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak dalam sediaan (Tabel 6). Sediaan F5B dan F5C dengan kandungan ekstrak teh hijau 0,75 dan 1%, memberikan nilai diameter hambat antara 10-20 mm, yang menunjukkan kategori aktivitas antibakteri kuat.²⁸ Bila dibandingkan dengan hasil uji ekstrak pada konsentrasi yang setara, diameter hambat yang ditimbulkan sediaan lebih kecil. Hal tersebut dapat disebabkan oleh lebih tingginya viskositas dari sediaan yang dapat menghambat proses difusi agar pada pengujian antibakteri. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan jika sediaan *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau potensial dikembangkan untuk terapi pendukung infeksi kaki diabetes. Aktivitas lain yang juga dimiliki oleh teh hijau seperti antioksidan, antiinflamasi, angiogenesis, dan antifibrotik dapat mendukung aktivitas penyembuhan luka pada kondisi ulkus diabetikum.^{29,30} Penelitian lanjutan diperlukan untuk menguji sediaan secara *in vitro* terhadap isolat

klinis dan secara *in vivo* pada model hewan dengan luka diabetes.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ekstrak etanol teh hijau mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dengan nilai KHM 0,1%. Ekstrak etanol telah berhasil dikembangkan menjadi sediaan *spray gel* menggunakan viscolam MAC 10 sebagai *gelling agent* pada konsentrasi 5%. Sediaan *spray gel* teh hijau memenuhi persyaratan mutu terkait organoleptis, pH, viskositas, pola penyemprotan, bobot semprot, waktu kering dan waktu lekat. Sediaan *spray gel* mengandung ekstrak teh hijau 0,75 dan 1% memiliki aktivitas antibakteri kuat terhadap *Staphylococcus aureus*.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa data yang dipublikasikan pada naskah ini tidak ada konflik kepentingan terhadap pihak manapun

Daftar Pustaka

1. Banday MZ, Sameer AS, Nissar S. Pathophysiology of diabetes: An overview. *Avicenna J Med*. 2020;10(04).
2. Tsoutsouki J, Wunna W, Chowdhury A, Chowdhury TA. Advances in the management of diabetes: Therapies for type 2 diabetes. *Postgrad Med J*. 2020;96(1140).
3. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract*. 2022;183.
4. Commons RJ, Charles J, Cheney J, Lynar SA, Malone M, Raby E. Australian guideline on management of diabetes-related foot infection: part of the 2021 Australian evidence-based guidelines for diabetes-related foot disease. *J Foot Ankle Res*. 2022;15(1).
5. Edmonds M, Manu C, Vas P. The current burden of diabetic foot disease. *J Clin Orthop Trauma*. 2021;17.
6. Dunyach-Remy C, Essebe CN, Sotto A, Lavigne JP. *Staphylococcus aureus* toxins and diabetic foot ulcers: Role in pathogenesis and interest in diagnosis. *Toxins (Basel)*. 2016;8(7).
7. Macdonald KE, Boeckh S, Stacey HJ, Jones JD. The microbiology of diabetic foot infections: a meta-analysis. *BMC Infect Dis*. 2021;21(1).
8. Reygaert WC. Green tea catechins: Their use in treating and preventing infectious diseases. *Biomed Res Int*.

- 2018;2018.
9. Steinmann J, Buer J, Pietschmann T, Steinmann E. Anti-infective properties of epigallocatechin-3-gallate (EGCG), a component of green tea. *Br J Pharmacol*. 2013;168(5).
 10. Parvez MAK, Saha K, Rahman J, et al. Antibacterial activities of green tea crude extracts and synergistic effects of epigallocatechingallate (EGCG) with gentamicin against MDR pathogens. *Heliyon*. 2019;5(7).
 11. Xu FW, Lv YL, Zhong YF, et al. Beneficial effects of green tea EGCG on skin wound healing: A comprehensive review. *Molecules*. 2021;26(20).
 12. Dahlizar S, Futaki M, Okada A, Kadhum WR, Todo H, Sugibayashi K. Design of a topically applied gel spray formulation with ivermectin using a novel low molecular weight gelling agent, palmitoyl-glycine-histidine, to treat scabies. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. 2018;66(3).
 13. Devi AM, Hidayat AF, Priani SE. Formulasi Sediaan Spray Gel Mengandung Nanoemulsi Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) untuk Kandidiasis Oral. *Prosiding Farmasi*. 2020;6(2).
 14. Maslov O, Kolisnyk S, Komisarenko M, Golik M. Study of total antioxidant activity of green tea leaves (*Camellia sinensis* L.). *Herba Polonica*. 2022;68(1).
 15. Farnsworth NR. Biological and phytochemical screening of plants. *J Pharm Sci*. 1966;55(3).
 16. Andaryekti R, Mufrod, Munisih S. Pengaruh Basis Gel Sediaan Masker Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis* Linn.) Pada Karakteristik Fisik Dan Aktivitas Bakteri *Staphylococcus Aureus* ATCC 25923. *Majalah Farmaseutik*. 2015;11(2).
 17. Ranade S, Bajaj A, Londhe V, Babul N, Kao D. Fabrication of topical metered dose film forming sprays for pain management. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2017;100.
 18. Nurmalasari N, Kartadarma E, Gadri A. Formulasi Sediaan Spray Gel Anti Luka Mengandung Ekstrak Daun Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) dan Uji Aktivitas Anti Luka terhadap Tikus Wistar. *SPeSIA (Seminar Penelitian Sivitas Akademika Unisba)*. 2017;3(2).
 19. Astuti DP, Husni P, Hartono K. Formulasi dan Uji Stabilitas Fisik Sediaan Gel Antiseptik Tangan Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandula angustifolia* Miller). *Farmaka*. 2018;15(1).
 20. Abril DW. Formulasi dan Evaluasi Spray Gel Fraksi Etil Asetat Pucuk Daun Teh Hijau (*Camellia sinensis* [L.] Kuntze) sebagai Antijerawat. *Revista Brasileira de Ergonomia*. 2016;9(2).
 21. Estikomah SA, Amal ASS, Safaatsih SF. Formulasi Sediaan Gel Semprot Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura* L.) dan Uji Daya Hambat terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Propionibacterium acnes*. *Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*. 2021;5(1).
 22. Bernatoniene J, Kopustinskiene DM. The Role of Catechins in Cellular Responses to Oxidative Stress. *Molecules*. 2018;23(4).
 23. Taylor PW, Hamilton-Miller JMT, Stapleton PD. Antimicrobial properties of green tea catechins. *Food Science Functional Foods*. 2005;2(7).
 24. Wulandari A, Farida Y, Taurhesia S. Perbandingan Aktivitas Ekstrak Daun Kelor Dan Teh Hijau serta Kombinasi sebagai Antibakteri Penyebab Jerawat. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 2020;7(2).
 25. Liu S, Zhang Q, Li H, Qiu Z, Yu Y. Comparative Assessment of the Antibacterial Efficacies and Mechanisms of Different Tea Extracts. *Foods*. 2022;11(4).
 26. Radji M, Agustama RA, Elya B, Tjampakasari CR. Antimicrobial activity of green tea extract against isolates of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2013;3(8).
 27. Shafira U, Gadri A, Fetri L. Formulasi Sediaan Spray Gel Serbuk Getah Tanaman Jarak Cina (*Jatropha multifida* Linn.) dengan Variasi Jenis Polimer Pembentuk Film dan Jenis Plasticizer. *Prosiding Penelitian SPeSIA Unisba*. 2015.
 28. Nofriyanti, Wildani. Formulasi Krim Dari Ekstrak Air Daun Alpukat (*Persea americana* Mill.) Sebagai Sediaan Anti Jerawat. *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*. 2019;7(2):51-6.
 29. Mokra D, Joskova M, Mokry J. Therapeutic Effects of Green Tea Polyphenol (–)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) in Relation to Molecular Pathways Controlling Inflammation, Oxidative Stress, and Apoptosis. *Int J Mol Sci*. 2022 ;24(1).
 30. Tajammal SA, Coffey A, Tan SP. Green Tea Polyphenols in Wound Healing: Therapeutic Mechanisms, Potential Applications and Challenges in Commercial Use for Diabetic Wound Healing. *Processes*. 2025; 13(3).