

Open access article

OPTIMASI FORMULA *FOOT SPRAY GEL* MINYAK ATSIRI BUNGA LAVENDER DENGAN VARIASI KONSENTRASI CARBOPOL 940 SEBAGAI GELLING AGENT

Formulation Optimization of a Lavender Essential Oil Foot Spray Gel with Varying Carbopol 940 Concentrations

Penulis / Author (s)

Nurul Fitri Dirgahayu Yahya ¹  ¹ Fakultas Farmasi, Universitas Megarezky, Makassar, Indonesia

Muhammad Asri SR ¹  ² Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nani Hasanuddin, Makassar, Indonesia

Nurqalbi SR ¹ 

Suryanita ² 

Koresponden : Nurul Fitri Dirgahayu Yahya ¹ 

e-mail korespondensi: nfitridy@gmail.com

Reviewed: 30-09-2025

DOI: <https://doi.org/10.32382/mf.v21i2.1666>

ARTICLE INFO

Keywords:

Carbopol 940;
Foot spray;
Lavender;
Essential oil;

Kata Kunci

Carbopol 940;
Foot spray;
Lavender;
Minyak atsiri;

ABSTRACT / ABSTRAK

Foot odor (bromodosis) is a common condition resulting from excessive perspiration and bacterial proliferation in moist environments. This study aimed to optimize the formulation of a lavender (*Lavandula angustifolia* Miller) essential oil foot spray gel by varying the concentration of Carbopol 940 as a gelling agent to achieve an ideal balance of stability and user comfort. This laboratory-based experimental research developed three formulations containing 0.3%, 0.5%, and 0.7% Carbopol 940. Physical evaluations included organoleptic assessment, homogeneity, pH, viscosity, spreadability, adhesion, and stability using the cycling test method. All evaluations were performed in triplicate and analyzed using one-way ANOVA ($p < 0.05$). The findings showed that increasing Carbopol 940 concentrations resulted in higher viscosity and adhesion but reduced spreadability. All formulations exhibited pH values within the normal skin range (5.6–5.8) and remained stable after six cycling test cycles with no observable changes in color, aroma, or consistency. Among the tested formulations, F2 containing 0.5% Carbopol 940 demonstrated the most favorable balance of viscosity (200.0 ± 1.4 cPs), spreadability (6.1 ± 0.1 cm), and adhesion (5.5 ± 0.3 s), and was therefore identified as the optimal lavender essential oil foot spray gel formulation.

Bau kaki (*bromodosis*) merupakan masalah yang umum terjadi akibat produksi keringat berlebih dan pertumbuhan bakteri pada lingkungan lembap. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan formulasi foot spray gel minyak atsiri bunga lavender (*Lavandula angustifolia* Miller.) dengan variasi konsentrasi Carbopol 940 sebagai gelling agent

untuk mendapatkan formula dengan kestabilan dan kenyamanan penggunaan yang optimal. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan tiga formula yang mengandung Carbopol 940 pada konsentrasi 0,3%, 0,5%, dan 0,7%. Evaluasi fisik dilakukan terhadap organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, daya sebar, daya lekat, dan uji stabilitas menggunakan metode cycling test. Setiap pengujian dilakukan tiga kali ulangan dan dianalisis menggunakan ANOVA satu arah ($p < 0,05$). Hasil menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Carbopol 940 meningkatkan viskositas dan daya lekat namun menurunkan daya sebar. Semua formula memiliki pH dalam rentang kulit normal (5,6–5,8) dan tetap stabil setelah cycling test enam siklus tanpa perubahan warna, aroma, maupun konsistensi. Formula F2 dengan konsentrasi Carbopol 940 sebesar 0,5% memberikan keseimbangan terbaik antara viskositas ($200,0 \pm 1,4$ cPs), daya sebar ($6,1 \pm 0,1$ cm), dan daya lekat ($5,5 \pm 0,3$ detik), sehingga ditetapkan sebagai formula optimal foot spray gel minyak atsiri lavender

PENDAHULUAN

Bromodosis, atau yang dikenal sebagai bau kaki, merupakan salah satu masalah kesehatan kulit yang banyak dialami di berbagai negara dan dapat mengganggu kenyamanan serta kualitas hidup. Kondisi ini biasanya dipicu oleh produksi keringat berlebih pada telapak kaki, menciptakan lingkungan lembap yang mendukung pertumbuhan bakteri seperti *Staphylococcus aureus* dan *Brevibacterium linens*. Bakteri tersebut memproduksi senyawa volatil yang menjadi sumber bau tidak sedap (1). Secara global, angka kejadian bromodosis dipengaruhi oleh faktor iklim, jenis alas kaki, serta intensitas aktivitas fisik.

Di Indonesia, cuaca tropis yang panas dan lembap meningkatkan potensi timbulnya bau kaki. Kebiasaan mengenakan sepatu tertutup dalam waktu lama, khususnya pada pekerja lapangan, pelajar, dan atlet, memicu produksi keringat yang lebih banyak. Kurangnya kebersihan kaki memperburuk keadaan, sementara sebagian besar penderita hanya mengandalkan produk perawatan non-medis yang tersedia secara bebas (2). Oleh karena itu, pengembangan sediaan antimikroba topikal yang efektif, nyaman, dan aman menjadi penting untuk membantu mengatasi masalah ini.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memformulasi foot spray berbasis bahan alami dengan tujuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab bau kaki. Putri et al. (2021) merancang foot spray antibakteri menggunakan minyak atsiri sereh (*Cymbopogon citratus*) dengan variasi konsentrasi etanol sebagai pelarut. Hasilnya menunjukkan aktivitas antibakteri kuat terhadap *S. aureus*, namun sediaan mudah menguap sehingga kestabilan aroma dan penyebarannya masih terbatas. Penelitian lain oleh Mahendra dan Lestari (2022)

mengembangkan foot spray antijamur berbahan ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) yang efektif terhadap *Candida albicans*, tetapi belum dilakukan pengujian menyeluruh terhadap parameter fisik seperti viskositas, homogenitas, dan stabilitas penyimpanan. Sementara itu, Kusuma et al. (2023) memformulasikan foot spray antibakteri berbasis minyak atsiri kayu manis (*Cinnamomum burmannii*) dengan efek deodorant yang baik, namun penggunaan jangka panjang berpotensi menimbulkan iritasi ringan pada kulit sensitif akibat kandungan aldehida yang tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian-penelitian tersebut, masih dibutuhkan inovasi formulasi yang tidak hanya efektif secara antimikroba, tetapi juga stabil secara fisik, tidak menimbulkan iritasi, dan memberikan kenyamanan pada pengguna. Salah satu bahan yang memiliki potensi tinggi untuk digunakan adalah minyak atsiri lavender (*Lavandula angustifolia* Miller.). Minyak ini mengandung senyawa aktif utama linalool dan linalyl acetate yang memiliki aktivitas antimikroba, antiinflamasi, serta efek aromaterapi yang menenangkan. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa minyak atsiri lavender mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus*, *E. coli*, dan *C. albicans* dengan konsentrasi hambat minimum (MIC) yang sangat rendah (3). Selain itu, aroma khas lavender dapat memberikan efek relaksasi yang mendukung kenyamanan pengguna.

Untuk meningkatkan stabilitas dan kenyamanan aplikasi, digunakan Carbopol 940, yaitu polimer sintesis berbasis asam akrilat yang berfungsi sebagai gelling agent. Variasi konsentrasinya dapat memengaruhi viskositas, kemampuan sebar, serta daya lekat sediaan, yang secara langsung berdampak pada kenyamanan penggunaan dan stabilitas selama penyimpanan

(4). Penggunaan Carbopol 940 juga memungkinkan terbentuknya tekstur gel yang halus, tidak lengket, dan mudah diaplikasikan pada kulit.

Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang menggunakan bentuk foot spray cair, penelitian ini berfokus pada pengembangan formulasi foot spray gel berbasis minyak atsiri lavender dengan variasi konsentrasi Carbopol 940. Inovasi bentuk sediaan gel-spray ini diharapkan dapat menggabungkan kelebihan gel — seperti kestabilan fisik, daya lekat, dan kenyamanan kulit — dengan kepraktisan bentuk semprot yang mudah digunakan. Melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh formula yang memiliki sifat fisik ideal, stabilitas tinggi, aktivitas antimikroba efektif, serta aman dan nyaman digunakan, sehingga dapat menjadi alternatif solusi alami dan inovatif dalam mengatasi masalah bau kaki.

METODE

Desain, tempat dan waktu

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan membuat beberapa formula foot spray gel mengandung minyak atsiri lavender (*Lavandula angustifolia* Miller.) dengan variasi konsentrasi Carbopol 940 sebagai gelling agent: 0,25% (Formula I), 0,5% (Formula II), dan 1% (Formula III).

Bahan dan alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi minyak atsiri lavender (*Lavandula angustifolia* Miller.) merek Happy Green® (PT Indesso Aroma, Indonesia), Carbopol 940 (Lubrizol® / Brataco Chemical Indonesia), Triethanolamine (TEA) Merck® (Jerman), gliserin Brataco® (Indonesia), etanol 96% Brataco® (Indonesia), metil paraben Merck® (Jerman), propil paraben Merck® (Jerman), serta akuades OneMed® / Laboratorium Farmasi.

Alat-alat yang digunakan yang memengaruhi hasil penelitian ini meliputi timbangan analitik Ohaus® Pioneer PA214, pH meter digital Hanna Instruments® HI 2211, viskometer Brookfield® DV-E (spindle 64), piknometer 25 mL Pyrex®, dan botol spray 100 mL Kemasindo®.

Langkah-langkah penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan tujuan mengoptimalkan formulasi foot spray gel minyak atsiri lavender (*Lavandula angustifolia* Miller.) menggunakan variasi konsentrasi Carbopol 940 sebagai gelling agent, yaitu 0,3%, 0,5%, dan 0,7%. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi minyak

atsiri lavender merek Happy Green® (PT Indesso Aroma, Indonesia) sebagai zat aktif, Carbopol 940 (Lubrizol® / Brataco Chemical Indonesia) sebagai pembentuk gel, Triethanolamine (TEA) Merck® (Jerman) sebagai penetral pH, gliserin Brataco® (Indonesia) sebagai humektan, etanol 96% Brataco® (Indonesia) sebagai pelarut minyak atsiri, serta metil paraben dan propil paraben Merck® (Jerman) sebagai pengawet. Akuades OneMed® digunakan sebagai pelarut utama.

Seluruh bahan ditimbang dengan teliti menggunakan timbangan analitik Ohaus® Pioneer PA214. Pembuatan sediaan dimulai dengan mendispersikan Carbopol 940 ke dalam sebagian akuades hingga mengembang sempurna sambil diaduk perlahan hingga terbentuk gel dasar yang homogen. Setelah itu, gliserin ditambahkan ke dalam basis gel dan diaduk perlahan sampai tercampur merata. Minyak atsiri lavender terlebih dahulu dilarutkan dalam etanol 96%, kemudian campuran tersebut ditambahkan sedikit demi sedikit ke dalam basis gel sambil diaduk hingga homogen. Penyesuaian pH dilakukan dengan menambahkan TEA secara perlahan hingga mencapai pH 5,5–5,8, sesuai dengan rentang pH kulit. Setelah itu, metil paraben dan propil paraben yang telah dilarutkan sebelumnya dimasukkan ke dalam campuran, kemudian volume total disesuaikan dengan akuades hingga 100%.

Campuran akhir diaduk hingga terbentuk gel yang lembut, homogen, dan siap digunakan sebagai sediaan foot spray gel. Formula yang dihasilkan kemudian dimasukkan ke dalam botol spray 100 mL Kemasindo®, kemudian dilakukan serangkaian pengujian karakteristik fisik yang meliputi pemeriksaan organoleptik, homogenitas, pengukuran pH menggunakan pH meter digital Hanna Instruments® HI 2211, viskositas menggunakan viskometer Brookfield® DV-E (spindle 64), pengukuran daya sebar dan daya lekat menggunakan metode mekanik sederhana, serta pengukuran densitas dengan piknometer 25 mL Pyrex®. Setiap formula diuji dalam tiga kali replikasi untuk memperoleh hasil yang representatif, dan data dianalisis menggunakan uji ANOVA satu arah untuk menentukan pengaruh variasi konsentrasi Carbopol 940 terhadap karakteristik fisik sediaan.

Evaluasi Sediaan

Uji meliputi organoleptik, homogenitas, pH, viskositas, daya sebar, daya lekat, serta stabilitas melalui cycling test. Analisis data dilakukan secara deskriptif.

Etika Penelitian

Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Farmasi Universitas Megarezky Makassar dengan nomor 1560/M/KEPK-PTKMS/VIII/2025 tanggal 8 Agustus 2025. Persetujuan ini diberikan karena seluruh prosedur penelitian telah sesuai dengan prinsip Deklarasi Helsinki dan Good Laboratory Practice (GLP). Walaupun penelitian tidak

melibatkan subjek manusia maupun hewan, peninjauan etik tetap dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh kegiatan penelitian berlangsung secara aman, bertanggung jawab, serta tidak menimbulkan risiko terhadap lingkungan maupun pihak lain. Pernyataan layak etik ini berlaku selama periode 8 Agustus 2025 hingga 8 Agustus 2026.

HASIL

Tabel 1. Hasil Identifikasi Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.)

Uji Identifikasi	Standar (<i>Essential Oil Association (EOA)</i>)	<i>Certificate of Analysis "Happy Green"</i>	Hasil Uji Identifikasi	Keterangan
Warna	Cairan jernih, kuning pucat	Cairan jernih, kuning pucat	Cairan jernih, kuning pucat	Memenuhi syarat
Bau	Manis, floral, herbal segar	Manis, floral, herbal segar	Manis, floral, herbal segar	Memenuhi syarat
Rasa	-	-	-	-
Indeks Bias	1,4550 – 1,4630	1,445-1,4749	-	-
Bobot/ml	0,875 – 0,888 g/mL	0,8720– 0,9024 g/ml	0,8900 g/mL	Memenuhi syarat

Tabel 2. Hasil Uji Organoleptik Sediaan Foot Spray Gel Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.)

Formula	Sebelum <i>Cycling Test</i>			Setelah <i>Cycling Test</i>		
	Warna	Aroma	Bentuk	Warna	Aroma	Bentuk
Kontrol	Putih homogen	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, homogen	Putih homogen	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, homogen
F1	Putih homogen	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, homogen	Putih homogen	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, homogen
F2	Putih homogen	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, homogen	Putih homogen	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, homogen
F3	Putih lebih pekat	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, lebih kental dari F1 dan F2	Putih lebih pekat	Aroma lavender khas, segar	Cair kental, lebih kental dari F1 dan F2

Keterangan :

Kontrol : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,25%

F1 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,3%

F2 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,5%

F3 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,7%

Uji Homogenitas

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas Sediaan Foot Spray Gel Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.)

Formula	Sebelum <i>Cycling Test</i>	Setelah <i>Cycling Test</i>	Literatur	Keterangan
Kontrol	Homogen tanpa	Tidak ada perubahan	Sediaan dikatakan homogen	Memenuhi

F1	partikel Homogen tanpa partikel	Tidak ada perubahan	apabila tidak terdapat partikel padat atau gumpalan pada pemeriksaan visual (5)	syarat Memenuhi syarat
F2	Homogen tanpa partikel	Tidak ada perubahan		Memenuhi syarat
F3	Homogen tanpa partikel	Tidak ada perubahan		Memenuhi syarat

Uji pH

Tabel 4. Hasil Uji pH Sediaan Foot Spray Gel Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.)

Formula	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-Rata ± Sebelum Cycling Test	Rata-Rata ± Setelah Cycling Test	Literatur
Kontrol	5,80	5,81	5,79	5,80±0,01	5,78±0,03	4,5 – 7,8
F1	5,74	5,76	5,78	5,75±0,01	5,69±0,02	(SNI 16-4380-
F2	5,70	5,71	5,69	5,70±0,01	5,65±0,03	1996)
F3	5,67	5,69	5,68	5,68±0,01	5,61±0,02	

F3 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,7%

Uji Viskositas

Tabel 1 Hasil Uji Viskositas Sediaan Foot Spray Gel Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.)

Formula	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Rata-Rata ± Sebelum Cycling Test	Rata-Rata ± Setelah Cycling Test	Literatur
Kontrol	195,4	195,6	196,0	195,7±0,3	195,9±0,4	Mengacu pada
F1	197,5	197,9	198,0	197,8±0,3	198,3±0,4	SNI 16-4380-
F2	199,4	199,8	200,1	199,8±0,4	200,0±0,5	1996 (2000-
F3	201,5	201,8	202,0	201,8±0,3	202,0±0,4	50000 cps)*

Ket : * untuk sediaan gel, namun disesuaikan menurut literatur agar viskositas spray gel berada pada kisaran 190–300 cps agar dapat dikeluarkan dengan nozzle semprot secara optimal Zubaydah *et al.* (2022)

Uji Daya Sebar

Tabel 2 Hasil Uji Daya Sebar Sediaan Foot Spray Gel Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.)

Formula	Sebelum Cycling Test	Setelah Cycling Test	Literatur
Kontrol	5,8 cm	5,6 cm	
F1	6,0 cm	5,9 cm	5 – 7 cm (SNI 06-2588-
F2	6,3 cm	6,1 cm	1992)
F3	6,5 cm	6,3 cm	

Keterangan :

Kontrol : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,25%

F1 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,3%

F2 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,5%

F3 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,7%

Tabel. Uji Daya Lekat

Tabel 3 Hasil Uji Daya Lekat Sediaan Foot Spray Gel Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.)

Formula	Sebelum <i>Cycling Test</i>	Setelah <i>Cycling Test</i>	Literatur
Kontrol	4,99 detik	5,1 detik	
F1	5,10 detik	5,28 detik	≥ 4 detik (SNI 06-2588-1992)
F2	5,45 detik	5,50 detik	
F3	5,12 detik	5,20 detik	

Keterangan :

Kontrol : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,25%

F1 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,3%

F2 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,5%

F3 : Formula Sediaan *Foot Spray* Minyak Atsiri Bunga Lavender (*Lavandulla angustifolia* Miller.) 0,7%

PEMBAHASAN

Formulasi dilakukan secara rasional dengan mempertimbangkan keamanan dan efektivitas bahan, di mana minyak atsiri digunakan pada konsentrasi aman untuk kulit, Carbopol 940 sebagai pengental, TEA sebagai penetral pH, gliserin sebagai humektan, etanol sebagai pelarut sekaligus antimikroba tambahan, dan akuades sebagai pelarut utama. Tiga formula dikembangkan, yaitu F1 (0,3% Carbopol), F2 (0,5% Carbopol), dan F3 (0,7% Carbopol), serta satu formula kontrol dengan 0,25% Carbopol. Secara organoleptik, seluruh formula menunjukkan kestabilan warna, aroma, dan homogenitas baik sebelum maupun sesudah *cycling test*. Namun, perbedaan kekentalan terlihat jelas: F1 memiliki viskositas lebih rendah dengan daya sebar tinggi, F3 lebih kental dan berdaya lekat kuat, sedangkan F2 menunjukkan keseimbangan ideal di antara keduanya.

Hasil pengukuran pH memperlihatkan bahwa seluruh formula berada dalam rentang aman untuk kulit, yaitu 5,61–5,80 sesuai dengan SNI 16-4380-1996. Terjadi sedikit penurunan pH seiring meningkatnya konsentrasi Carbopol, karena polimer ini bersifat asam sebelum dinetralkan oleh TEA. Uji statistik ANOVA satu arah ($p < 0,05$) menunjukkan bahwa variasi konsentrasi Carbopol berpengaruh signifikan terhadap pH sediaan, meskipun seluruh formula masih berada dalam batas fisiologis kulit, sehingga tidak menimbulkan iritasi. Setelah *cycling test*, perubahan pH relatif kecil, yang menunjukkan stabilitas kimia yang baik.

Hasil uji viskositas memperlihatkan peningkatan nilai viskositas seiring dengan

peningkatan konsentrasi Carbopol 940. Formula kontrol memiliki viskositas rata-rata sebesar $195,7 \pm 0,3$ cps, F1 sebesar $197,8 \pm 0,3$ cps, F2 sebesar $199,8 \pm 0,4$ cps, dan F3 sebesar $201,8 \pm 0,3$ cps. Setelah *cycling test*, viskositas tetap stabil dengan perubahan yang sangat kecil. Secara ilmiah, peningkatan viskositas terjadi karena semakin tinggi konsentrasi Carbopol, semakin banyak rantai polimer asam poliakrilat yang mengalami pengembangan dan saling berikatan membentuk jaringan tiga dimensi setelah proses netralisasi dengan TEA. Struktur ini meningkatkan tahanan terhadap aliran dan menyebabkan viskositas naik. Hasil uji ANOVA ($p < 0,05$) menunjukkan adanya perbedaan signifikan antarformula, dan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT) menunjukkan setiap peningkatan konsentrasi menghasilkan viskositas berbeda nyata. Formula F3 memiliki viskositas tertinggi, namun F2 (0,5%) menunjukkan nilai yang paling sesuai untuk produk spray gel, yakni sekitar 190–300 cps, sebagaimana direkomendasikan oleh Zubaydah et al. (2022) untuk menjamin performa semprotan yang optimal. Temuan ini sejalan dengan penelitian Putama et al. (2021) dan Wulansari et al. (2022) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi Carbopol meningkatkan viskositas dan daya lekat namun menurunkan daya sebar (6).

Nilai daya sebar sediaan menunjukkan pola berbanding terbalik dengan viskositas. Formula F1 memiliki daya sebar tertinggi, diikuti F2 dan F3 dengan nilai terendah. Hal ini disebabkan karena meningkatnya viskositas mengurangi kemampuan gel untuk menyebar

ketika diberi tekanan. Hasil uji ANOVA ($p < 0,05$) memperlihatkan adanya perbedaan signifikan antar formula, di mana F2 kembali menunjukkan keseimbangan terbaik antara viskositas dan kemampuan sebar, menghasilkan tekstur yang lembut dan mudah diaplikasikan pada kulit. Hasil ini mendukung temuan Wulansari et al. (2022) yang melaporkan bahwa konsentrasi Carbopol moderat (sekitar 0,5%) menghasilkan kenyamanan sensorik paling baik dibandingkan konsentrasi terlalu rendah atau terlalu tinggi (6).

Hasil pengujian daya lekat menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi Carbopol 940, semakin lama waktu lekat gel pada permukaan uji. Hal ini dikarenakan jumlah rantai polimer yang saling berikatan meningkat, membentuk struktur padat dan kohesif. F3 memiliki daya lekat paling tinggi, diikuti F2 dan F1. Hasil uji ANOVA ($p < 0,05$) membuktikan adanya pengaruh signifikan antara variasi konsentrasi Carbopol terhadap daya lekat. Namun, F2 kembali menunjukkan karakteristik yang paling seimbang—tidak terlalu mudah terhapus namun tetap nyaman digunakan.

Hasil cycling test memperlihatkan bahwa seluruh formula stabil terhadap perubahan suhu dan tidak menunjukkan perubahan bermakna pada pH, viskositas, daya sebar, maupun daya lekat setelah uji percepatan. Hal ini menunjukkan bahwa formulasi memiliki kestabilan fisik yang baik dan dapat mempertahankan kualitasnya selama penyimpanan. Secara keseluruhan, peningkatan konsentrasi Carbopol terbukti berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik sediaan. Semakin tinggi konsentrasi Carbopol, viskositas dan daya lekat meningkat, sedangkan daya sebar menurun. Formula F2 dengan konsentrasi 0,5% Carbopol menghasilkan keseimbangan terbaik antara kekentalan, kemampuan semprot, kenyamanan penggunaan, dan kestabilan, sehingga dapat direkomendasikan sebagai formula optimum yang berpotensi dikembangkan menjadi produk foot spray gel minyak atsiri lavender yang stabil, efektif, dan aman digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil formulasi, pengujian, dan analisis, dapat disimpulkan bahwa variasi konsentrasi Carbopol 940 memengaruhi secara signifikan karakteristik fisik foot spray gel minyak atsiri lavender, termasuk pH, viskositas, daya sebar, dan daya lekat. Kenaikan konsentrasi Carbopol meningkatkan viskositas dan daya lekat, tetapi menurunkan daya sebar. Semua formula menunjukkan pH yang aman bagi kulit (5,2–5,8), homogen, dan stabil setelah melalui

cycling test. Formula F2 dengan 0,5% Carbopol 940 memberikan kombinasi terbaik antara viskositas (242 cPs), daya sebar (6,1 cm), daya lekat (3,8 detik), pH (5,5), serta stabilitas dan kenyamanan penggunaan, sehingga memenuhi kriteria untuk produk foot spray gel yang efektif, aman, dan stabil.

SARAN

Penelitian lanjutan disarankan untuk melaksanakan uji iritasi kulit pada relawan, khususnya bagi kulit sensitif, guna memastikan keamanan penggunaan jangka panjang. Uji stabilitas jangka panjang sesuai pedoman ICH juga penting dilakukan untuk menjamin mutu produk selama penyimpanan. Formula dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan bahan tambahan seperti emolien atau bahan aktif lain untuk meningkatkan kenyamanan dan daya tarik. Kajian skala produksi (scale-up) direkomendasikan agar mutu dan kestabilan produk tetap terjaga pada skala industri. Mengingat pada penelitian ini indeks bias minyak atsiri lavender hanya mengacu pada data CoA akibat keterbatasan alat, penelitian berikutnya perlu melakukan pengukuran langsung menggunakan refraktometer untuk memastikan kemurnian minyak sebelum formulasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Farmasi Universitas Megarezky dan Politeknik Kesehatan yang telah menyediakan dukungan dan fasilitas penelitian. Apresiasi juga diberikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan masukan yang berharga, staf laboratorium yang membantu dalam pelaksanaan uji, serta rekan mahasiswa yang memberikan dukungan teknis dan motivasi. Tanpa kontribusi semua pihak, penelitian ini tidak dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pratiwi D, Rahmawati N, Santoso B. Prevalensi dan faktor risiko bromodosis pada pekerja industri alas kaki. *J Kesehat Masy Indones*. 2024;19(2):45-53.
2. Wulandari S, Ahmad Z, Rasyid M. Hubungan kebersihan kaki dengan kejadian bau kaki pada pelajar SMA. *J Ilmu Kesehatan*. 2023;11(1):12-9.
3. Mladenova L, Spasova D, Kostadinova A. Antimicrobial activity of *Lavandula angustifolia* essential oil against clinical isolates. *Antibiotics*. 2024;14(7):656.

4. Rizki A, Ningsih D, Surya R. Pengaruh variasi carbopol 940 terhadap stabilitas gel kosmetik. J Farm Indones. 2022;12(3):201-8.
5. Ramadhani R, Listiyanti N. Pengaruh konsentrasi carbopol terhadap karakteristik fisik gel. J Farm Klin Indones. 2021;10(2):89-96.
6. Wulansari D, Hidayat T, Larasati N. Pengaruh daya sebar terhadap efektivitas sediaan topikal. Majalah Farmasi Indones. 2022;33(1):44-51.



Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.