

Optimalisasi *Gelling Agent* Kombinasi Natrium Alginat dan *Hydroxypropyl Methylcellulose* dalam Sediaan Gel Madu Kelulut melalui Pendekatan *Factorial Design*

Risa Ahdyani^{1*}, Sekar Ayu Pawestri², Irfan Zamzani³, Sri Rahayu⁴, Rifka Annisa¹

¹Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Indonesia

²Departemen Farmasetika, Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Indonesia

⁴Program Studi D3 Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Indonesia

*email: risaahdyani@umbjm.ac.id

ABSTRACT

Kelulut honey has been traditionally and empirically used for wound healing due to its natural antibacterial, anti-inflammatory, and antioxidant properties. To enhance its applicability and effectiveness in wound care, it has been formulated into a gel dosage form by using gelling agent, like sodium alginat and hydroxypropyl methylcellulose (HPMC). The objective of this study was to formulate Kelulut honey gel using a combination of sodium alginate and (HPMC) as gelling agents. A factorial design approach was employed using Design Expert software to optimize the formulation parameters. The evaluation focused on key physicochemical characteristics such as viscosity, pH, spreadability, and adhesiveness. All formulations produced through the factorial design met the established quality requirements for topical gel preparations and good stability. Furthermore, validation between predicted and experimental values yielded a 95% prediction interval, indicating strong agreement and supporting the reliability and accuracy of the model. These results confirm the potential of the optimized Kelulut honey gel formulation for further development and application.

Keywords: Kelulut, Gel, Natrium Alginat, HPMC, Factorial Design

Received: Agustus 2025; Accepted: Desember 2025; Published: Desember 2025



©2025. Published by Institute for Research and Innovation Universitas Muhammadiyah Banjarmasin. This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

LATAR BELAKANG

Luka adalah keadaan yang ditandai kerusakan kontinuitas jaringan epitel, subkutis, lemak, hingga otot, tulang, pembuluh darah dan syaraf yang dapat memunculkan pendarahan serta kontaminasi bakteri. Mekanisme penyempuhan luka secara fisiologis terdiri dari 3 fase yaitu inflamasi, proliferasi, dan remodeling (1). Proses penyembuhan luka dapat dilakukan dengan terapi non farmakologis dan farmakologis yang umumnya menggunakan antibiotik dan antiseptik. Salah satu pendekatan alternatif untuk pengobatan luka adalah penggunaan obat dari bahan alam seperti madu lebah. Pada zaman Mesir kuno madu telah digunakan oleh ahli bedah untuk

pengobatan luka terbuka. Madu lebah dari spesies *Heteroetrigona itama* yang dikenal nama kelulut di Kalimantan merupakan lebah kelompok Meliponini berukuran kecil dan dibudidayakan oleh masyarakat di sekitar hutan atau kebun yang menghasilkan cita rasa berbeda dibandingkan madu pada umumnya. Keunggulan madu kelulut dibandingkan madu lebah bersengat adalah efek antibakteri yang lebih kuat (2,3).

Madu kelulut telah digunakan secara empiris karena mempunyai banyak khasiat dan relatif aman yang berfungsi sebagai antibakteri, antioksidan dan antiinflamasi (3). Fauzana et al (2023) menyebutkan bahwa penyembuhan luka dari madu kelulut karena

terdapat 4 mekanisme yaitu sebagai antioksidan, antiinflamasi, melembabkan jaringan luka dan antibakteri. Antioksidan bekerja dengan mengurangi stress oksidatif akibat radikal bebas dengan kandungan senyawa asam fenolik bebas dan serumen. Efek antiinflamasi ekstrak serumen madu kelulut terjadi dengan mekanisme penghambatan enzim 5-LOX yang mensintesis mediator proinflamasi dan mengurangi tingkat sitokin proinflamasi. Madu kelulut mengandung gugus hidroksil, gula, protein, dan asam laktat yang dapat menjaga kelembaban di area sekitar luka dengan meningkatkan angiogenesis dan jaringan ikat serta rehidrasi jaringan kering sehingga dapat mencegah nekrosis. Madu kelulut dapat mempercepat penyembuhan luka dengan mencegah kontaminasi bakteri pada luka dengan kandungan senyawa hidrogen peroksida dan non peroksida seperti flavonoid, fenol, dan peptida antibakteri. Ma'ruf et al (2018) melaporkan terdapat perbedaan yang signifikan antar variasi konsentrasi madu kelulut terhadap aktivitas antibakteri *Staphylococcus aureus*. Penambahan konsentrasi madu kelulut meningkatkan daya hambat dan daya bunuh terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* yang resisten antibiotik sefalosporin. Madu kelulut dengan konsentrasi 20% memberikan sifat fisik sediaan salep yang baik yang dikombinasikan dengan *olive oil* (4).

Penggunaan madu kelulut masih belum diterapkan secara luas dalam lingkup profesional, sehingga pada penelitian ini madu kelulut dikembangkan menjadi bentuk sediaan topikal lainnya seperti gel untuk meningkatkan efektivitas dalam sistem penghantaran obat. Gel merupakan sediaan semi solid yang memiliki kandungan air lebih banyak dibandingkan sediaan topikal lainnya, sediaan jernih dan elegan, penyebaran baik pada kulit, tidak menyumbat pori-pori kulit, mudah dicuci dengan air, memungkinkan pemakaian pada bagian tubuh yang berambut serta pelepasan

obat yang baik (6). Pengembangan madu kelulut menjadi sediaan gel memberikan keunggulan karena madu kelulut bersifat hidrofil yang mengandung 25% air yang dapat mempertahankan kelembaban di sekitar area luka. Hal ini dapat mempercepat proses penyembuhan luka dengan meningkatkan re-epitelisasi jaringan. Gel bersifat dingin terhadap luka yang dapat memberikan sensasi menyegarkan dan keadaan nyaman pada luka (7).

Komponen penting dalam formulasi gel adalah *gelling agent* yang dapat mempengaruhi hasil sifat fisik gel. *Hydroxypropyl methylcellulose* (HPMC) adalah turunan selulosa yang memiliki stabilitas selama penyimpanan dengan konsentrasi penggunaannya pada sediaan gel adalah 2-5%. Namun HPMC mempunyai sifat larut dalam pH asam dan penurunan daya sebar sediaan gel seiring dengan kenaikan jumlah HPMC yang digunakan. Hal ini menyebabkan kemampuan zat aktif untuk menyebar dan kontak dengan kulit semakin kecil yang akhirnya berdampak pada efektivitas terapi obat. Beberapa kekurangan HPMC tersebut dapat ditutupi oleh sifat fisikokimia yang dimiliki oleh natrium alginat. Gel dengan penggunaan natrium alginat sebagai *gelling agent* memberikan penyebaran yang baik, tidak lengket, dan bersifat emolien. Selain itu, natrium alginat dapat membentuk perlekatan yang kuat dengan mukosa kulit. Konsentrasi natrium alginat sebagai *gelling agent* berkisar 2-6% (8).

Pada tahapan formulasi sediaan gel diperlukan pendekatan dan strategi yang terkonsep salah satunya dalam proses optimasi penggunaan *gelling agent*. Metode *factorial design* adalah salah satu metode desain eksperimental yang efektif dan cepat dalam penggunaannya untuk membuat formula sediaan dibandingkan dengan metode *trial and error*. *Factorial design* memberikan desain optimasi untuk menentukan efek-efek secara bersamaan yang

diakibatkan oleh faktor yang berbeda. Metode ini juga memberikan keuntungan diantaranya adalah dapat mengukur pengaruh variabel terhadap hasil, menentukan variabel yang paling berpengaruh terhadap hasil, dan mengukur interaksi antar variabel terhadap hasil (8). Oleh sebab itu, proses optimasi menggunakan pendekatan metode *factorial design* dapat menciptakan suatu bentuk sediaan yang paling berkualitas (9). Beberapa penelitian mengenai penggunaan madu kelulut dalam bentuk sediaan gel yang diformulasikan melalui proses optimasi menggunakan metode *factorial design* belum ada dilaporkan sehingga penelitian ini memiliki kebaruan yang tinggi dan prospek yang menjanjikan.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formula optimum berdasarkan parameter sifat fisik gel yang berperan sebagai efek yaitu organoleptis, homogenitas, pH, viskositas, daya lekat dan daya sebar serta uji stabilitas fisik dengan metode *cycling test*. Uji stabilitas fisik merupakan pengujian yang harus dilakukan untuk menjamin kualitas sediaan gel secara fisik dalam jangka waktu penyimpanan. Ketidakstabilan fisika dari sediaan gel ditandai dengan adanya perubahan organoleptis seperti perubahan warna, timbul bau yang tidak menyenangkan, perubahan atau pemisahan fase, perubahan konsistensi gel, terbentuknya gas maupun perubahan fisik lainnya yang dapat ditentukan dengan uji stabilitas dipercepat metode *cycling test* (10). Optimasi formula yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan pendekatan *factorial design 2²* menggunakan *software Design Expert[®] 13* untuk melihat pengaruh dan efek dari dua faktor yang dioptimasi dalam formula ini yaitu HPMC dan natrium alginat yang menghasilkan sediaan gel madu kelulut yang memenuhi persyaratan kualitas dari parameter sifat fisik dan uji stabilitas fisik. Pemilihan dua faktor

HPMC dan natrium alginat berdasarkan pertimbangan bahwa *gelling agent* merupakan faktor kritis dalam menghasilkan sediaan gel yang berkualitas.



Gambar 1. Lebah penghasil madu yang digunakan dalam penelitian (madu kelulut)

METODE

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas (Pyrex/Iwaki), alat uji daya sebar, alat uji daya lekat, *hotplate magnetic stirrer*, kaca objek, kulkas, oven, pH meter, viskometer Brookfield, *software Design Expert[®] 13*, dan timbangan digital. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *aquadest*, Hydroxypropyl Methylcellulose, madu kelulut, metil paraben, natrium alginat, *oleum rosae*, propilenglikol, propil paraben, dan trietanolamin. Pembuatan gel madu kelulut dilakukan berdasarkan penelitian (11) dengan modifikasi yang diawali pembuatan basis gel dengan formulasi bahan yang ditunjukkan pada Tabel 2. Natrium alginat dan HPMC didispersikan dalam akuades panas dan dikembangkan secara terpisah. Campurkan masing-masing basis gel hingga terbentuk masa yang homogen dan ditambahkan TEA (campuran 1). Metil paraben dan propil paraben dilarutkan dalam propilen glikol (campuran 2). Dispersikan campuran 1 dan campuran 2 dan tambahkan madu kelulut aduk hingga homogen. Tambahkan *oleum rosae* dan sisa *aquadest* hingga terbentuk gel yang homogen. Ilustrasi pembuatan gel madu kelulut ditunjukkan pada Gambar 2.

Optimasi Gel Madu Kelulut

Running	F	Faktor		Respon			
		NA (%)	HPMC (%)	DS	DL	pH	V
1	F1	2	2	V1	X1	Y1	Z1
2		2	2	V1	X1	Y1	Z1
3		2	2	V1	X1	Y1	Z1
4	F2	3	2	V2	X2	Y2	Z2
5		3	2	V2	X2	Y2	Z2
6		3	2	V2	X2	Y2	Z2
7	F3	2	2,5	V3	X3	Y3	Z3
8		2	2,5	V3	X3	Y3	Z3
9		2	2,5	V3	X3	Y3	Z3
10	F4	3	2,5	V4	X4	Y4	Z4
11		3	2,5	V4	X4	Y4	Z4
12		3	2,5	V4	X4	Y4	Z4

Tabel 1. Rancangan Formula *Factorial Design 2²*

*Keterangan: NA= Natrium Alginat, HPMC = *Hydroxypropyl Methylcellulose*, DS = Daya Sebar, DL = Daya Lekat, V = Viskositas

Optimasi gel madu Kelulut dengan *gelling agent* kombinasi HPMC dan natrium alginat menggunakan *Factorial Design 2²* pada *Design Expert[®] 13* yang ditunjukkan pada Tabel 1. Faktor yang digunakan adalah natrium alginat dan HPMC dengan respon yang diamati adalah daya sebar, daya lekat, pH, dan viskositas.

Pembuatan Gel Madu Kelulut

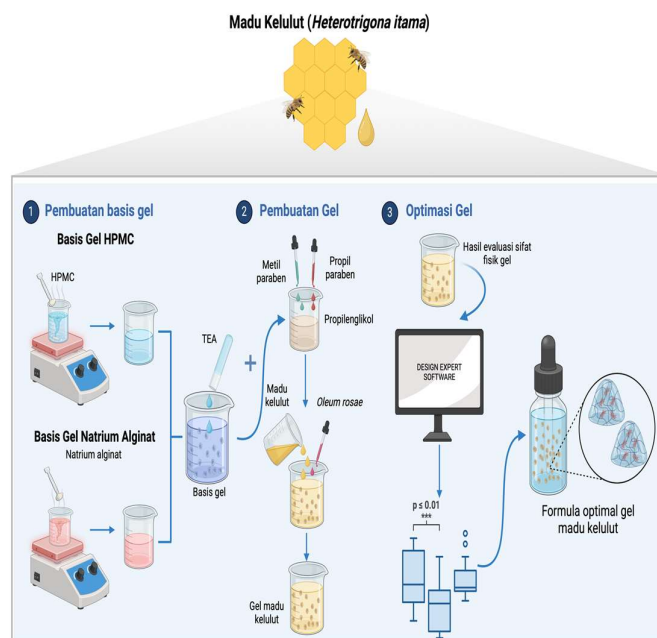
Gel dibuat berdasarkan penelitian (11) dengan modifikasi yang diawali pembuatan basis gel dengan formulasi bahan yang ditunjukkan pada Tabel 2. Natrium alginat dan HPMC didispersikan dalam akuades panas dan dikembangkan secara terpisah. Campurkan masing-masing basis gel hingga terbentuk masa yang homogen dan ditambahkan TEA (campuran 1). Metil paraben dan propil paraben dilarutkan dalam propilen glikol (campuran 2). Dispersikan campuran 1 dan campuran 2 dan tambahkan madu kelulut aduk hingga homogen.

Tambahkan oleum rosae dan sisa aquadest hingga terbentuk gel yang homogen. Ilustrasi pembuatan gel madu kelulut ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2. Formulasi Gel Madu Kelulut

Bahan	Fungsi	Konsentrasi (%)			
		F1	F2	F3	F4
Madu	Bahan	20	20	20	20
Kelulut	Aktif				
Natrium alginat	<i>Gelling agent</i>	2	2	5	5
HPMC	<i>Gelling agent</i>	2	2	2.5	2.5
Propilenglikol	Humektan	15	15	15	15
TEA	<i>Alkilazing agent</i>	1	1	1	1
Metil Paraben	Pengawet	0,18	0,18	0,18	0,18
Propil Paraben	Pengawet	0,02	0,02	0,02	0,02
Oleum rosae	<i>Fragrance</i>	Qs	qs	qs	qs
Aquadest ad	Pelarut	Ad	Ad	Ad	Ad
		100	100	100	100

*Ket : F1 = Formula 1, F2= Formula 2, F3= Formula 3, F4= Formula 4, HPMC = *Hydroxypropyl Methylcellulose*, TEA = *triethanolamine*



Gambar 2. Ilustrasi Pembuatan Gel Madu Kelulut**Evaluasi Sifat Fisik Sediaan Gel Madu Kelulut****Organoleptis**

Pengujian dilakukan melalui pengamatan secara visual terhadap sediaan gel yang dibuat meliputi warna, bau, dan tekstur yang harus memenuhi persyaratan (8).

Homogenitas

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sebanyak 0,5 gram sediaan gel pada kaca objek dan mengamati susunan yang homogen yang ditunjukkan tidak adanya butiran atau partikel kasar (11).

Viskositas

Pengujian dilakukan menggunakan viskometer dengan memasukkan gel ke dalam gelas hingga jarum spindel tercelup ke dalam sampel. Atur kecepatan pada 60 rpm dan baca skala yang tertera pada layar monitor. Pengujian dilakukan dengan replikasi 3 kali (11). Nilai viskositas yang dipersyaratkan untuk sediaan gel wajah umumnya berkisar antara 2000 hingga 15.000 cPs (12).

pH

Pengujian dilakukan menggunakan pH meter dengan mencelupkan ke dalam sampel gel yang telah diencerkan dengan akuades hingga didapatkan nilai pH yang tertera pada layar. Pengujian dilakukan dengan replikasi 3 kali (11). Sediaan gel harus memenuhi persyaratan pH kulit yaitu 4,5-6,5 (13).

Daya Lekat

Pengujian dilakukan dengan menempatkan 0,5 gram gel di antara dua kaca objek. Kemudian diberi beban seberat 1 kg dan didiamkan selama 5 menit. Setelah selesai, beban diangkat dan dicatat waktu yang diperlukan hingga kedua kaca objek tersebut terlepas. Pengujian dilakukan dengan replikasi 3 kali (8). Sediaan semi solid yang baik memiliki daya lekat lebih dari 1 detik (13).

Daya Sebar

Pengujian dilakukan dengan menempatkan sebanyak 0,5 gram sampel di tengah kaca bulat berskala dan ditutup dengan plat kaca di atasnya. Diamkan selama 1 menit dan dihitung penyebaran sediaan gel tersebut. Selanjutnya ditambahkan beban masing-masing sebesar 50, 100, 150, 200, dan 250 gram dan hitung diameter sebarannya. Pengujian dilakukan dengan replikasi 3 kali (14). Sediaan semi solid yang memiliki daya sebar 5-7 cm menunjukkan kenyamanan dalam penggunaan pada kulit (13).

Verifikasi Nilai Prediksi dan Percobaan

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan factorial design 2^2 didapatkan solusi berupa formula prediksi dengan komposisi natrium alginat dan HPMC dengan konsentrasi tertentu beserta nilai respon prediksinya. Setelah itu, dilakukan percobaan dengan konsentrasi yang diberikan oleh software dan dicatat respon yang didapat atau disebut dengan nilai percobaan. Verifikasi nilai prediksi dan nilai percobaan dilakukan untuk menentukan *95% prediction interval*.

Uji Stabilitas Gel Madu Kelulut

Uji stabilitas menggunakan metode *cycling test* yang dilakukan dengan menyimpan sediaan gel madu kelulut di dalam lemari pendingin suhu $\pm 4^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Setelah itu, dikeluarkan sediaan gel dan ditempatkan di dalam oven suhu $\pm 40^\circ\text{C}$ selama 24 jam dan proses ini dihitung 1 siklus. Pengujian stabilitas dilakukan sebanyak 6 siklus dan diamati parameter uji sifat fisik meliputi organoleptis, homogenitas, viskositas, pH, daya lekat dan daya sebar (15).

Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif pada hasil uji organoleptis dan homogenitas. Sedangkan data pH, daya sebar, daya lekat, dan viskositas diujikan secara statistik secara Anova yang terintegrasi pada Software

Design Expert untuk menentukan lack of fit. Selanjutnya dilanjutkan pengujian Paired Sample t Test untuk membandingkan hasil uji sifat fisik gel madu kelulut sebelum dan sesudah pengujian stabilitas.

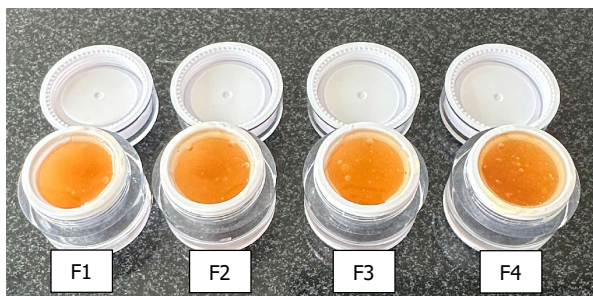
HASIL DAN PEMBAHASAN

Organoleptis

Hasil uji organoleptis gel madu kelulut ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3. Hasil Uji Organoleptis

Parameter	Hasil			
	F1	F2	F3	F4
Warna	Coklat muda	Coklat muda	Coklat muda	Coklat muda
Bau	Khas madu	Khas madu	Khas madu	Khas madu
Bentuk	Semi padat	Semi padat	Semi padat	Semi padat



Gambar 3. Gel Madu Kelulut

Homogenitas

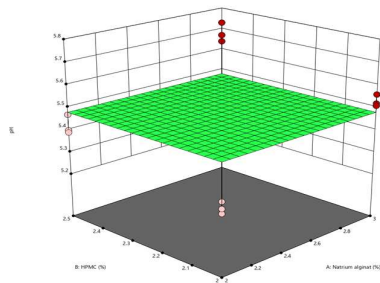
Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh semua formula homogen dan tidak terdapat partikel kasar. Setelah pengujian stabilitas didapatkan sediaan gel yang masih homogen dan tidak terdapat pemisahan fase maupun gumpalan. Hal ini mengindikasikan bahwa proses pembuatan formula gel madu kelulut menghasilkan sistem dispersi yang homogen dan stabil secara fisik (13).

pH

Berdasarkan hasil didapatkan semua formula gel menunjukkan nilai pH dengan kisaran 5,27-5,67 yang ditunjukkan pada Tabel 4 yang telah memenuhi persyaratan ideal untuk kulit dengan kisaran 4,1 sampai 5,8 (16). Peran pH kulit sangat penting dalam mempengaruhi populasi flora normal yang terdapat di sekitarnya. Kulit mempertahankan pH yang sedikit asam dengan nilai sekitar 5,0 yang dapat memfasilitasi pembentukan 'mantel asam'. Mantel asam atau dikenal sebagai lapisan pelindung ini bertanggung jawab untuk melindungi kulit dari patogen eksternal sekaligus mengurangi hilangnya kelembapan kulit secara berlebihan. Kesesuaian pH pada sediaan kosmetik juga penting untuk menghindari kemungkinan iritasi jika pH terlalu asam dan menjadi kering serta bersik pada kulit jika pH terlalu basa (16).

Tabel 4. Hasil Uji Sifat Fisik Gel

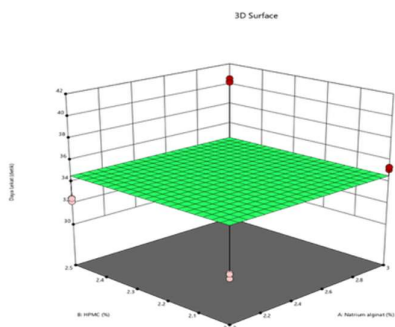
Std	Run	Faktor		Respon			
		SA	HPMC	Daya Sebar (cm)	Daya Lekat (s)	pH	Viskositas (cP)
2	1	2	2	6,75	30,05	5,27	3150
1	2	2	2	6,79	30,45	5,29	3100
3	3	2	2	6,85	30,55	5,32	3120
5	4	2	2,5	6,25	32,15	5,40	4250
6	5	2	2,5	6,30	32,44	5,39	4220
4	6	2	2,5	6,35	32,5	5,47	4260
8	7	3	2	5,55	35,41	5,56	4820
9	8	3	2	5,65	35,15	5,52	4780
7	9	3	2	5,50	35,40	5,51	4850
11	10	3	2,5	5,35	40,3	5,73	5150
12	11	3	2,5	5,34	40,55	5,64	5180
10	12	3	2,5	5,32	40,15	5,67	5150



Gambar 4. Hasil *Contour Plot* Pengujian pH Sediaan Gel

Daya Lekat

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4 didapatkan semua formula serum nanopartikel niacinamide telah memenuhi persyaratan uji daya lekat yaitu lebih dari 4 detik. Berdasarkan *contour plot 3D surface area* yang ditunjukkan pada Gambar 5 menggambarkan natrium alginat dan HPMC memiliki respon yang negatif terhadap hasil uji daya lekat dengan persamaan polynomial $6.47 (A) + 3.51333 (B)$. Hal ini menandakan semakin besar konsentrasi natrium alginat dan HPMC menyebabkan peningkatan daya lekat sediaan gel.

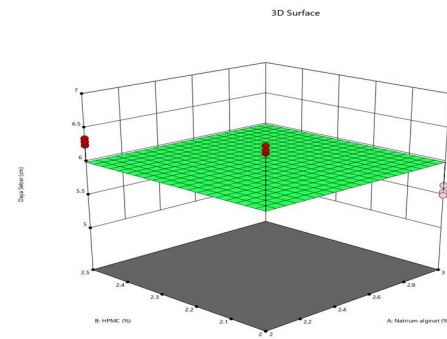


Gambar 5. Hasil *Contour Plot* Pengujian Daya Lekat Sediaan Gel

Daya Sebar

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4 diketahui gel madu kelulut telah memenuhi nilai uji daya sebar yang dipersyaratkan dengan kisaran 5-7 cm (17). Berdasarkan *contour plot 3D surface area* yang ditunjukkan pada Gambar 6 menggambarkan natrium alginat dan HPMC memiliki respon yang

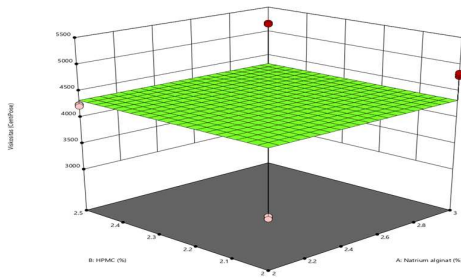
negatif terhadap hasil uji daya sebar dengan persamaan polynomial $-1.09667 (A) - 0.36333 (B)$. Hal ini menandakan semakin besar konsentrasi natrium alginat dan HPMC menyebabkan penurunan daya sebar sediaan gel.



Gambar 6. Hasil *Contour Plot* Pengujian Daya Sebar Sediaan Gel

Viskositas

Viskositas merupakan parameter penting dalam pengembangan formulasi sediaan obat/ kosmetik yang diberikan secara perkutan atau melalui kulit. Nilai viskositas yang dipersyaratkan untuk sediaan gel wajah umumnya berkisar antara 2000 hingga 15.000 cPs. Nilai viskositas yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi dari rentang tersebut dapat berdampak negatif pada kenyamanan pengguna dan mengurangi efisiensi penyerapan di kulit (12,18). Berdasarkan hasil uji viskositas yang ditunjukkan pada Tabel 3, semua formula serum nanopartikel niacinamide telah memenuhi nilai viskositas yang dipersyaratkan. Berdasarkan *contour plot 3D surface area* yang ditunjukkan pada Gambar 7 menggambarkan natrium alginat dan HPMC memiliki respon yang negatif terhadap hasil uji viskositas dengan persamaan polynomial $1305 (A) + 731.667 (B)$. Hal ini menandakan semakin besar konsentrasi natrium alginat dan HPMC menyebabkan peningkatan viskositas sediaan gel.



Gambar 7. Hasil *Contour Plot* Pengujian Daya Sebar Sediaan Gel

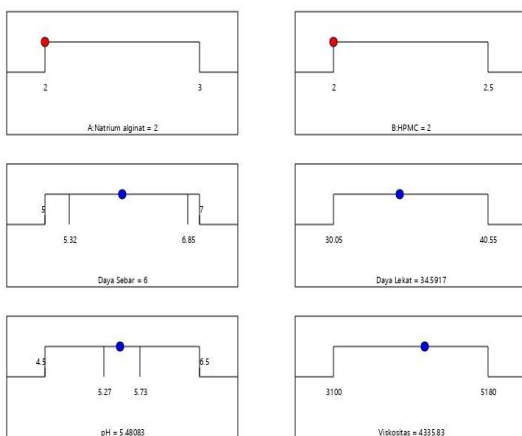
Verifikasi Formula Prediksi dan Percobaan

Kriteria respon yang dioptimasi ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 8. Berdasarkan verifikasi nilai prediksi dan percobaan didapatkan 95% *prediction interval* yang mengindikasikan bahwa sediaan gel madu kelulut

berada dalam rentang kepercayaan yang tinggi, sehingga menunjukkan konsistensi antara model prediksi dan data eksperimental.

Tabel 5. Kriteria respon yang dioptimasi

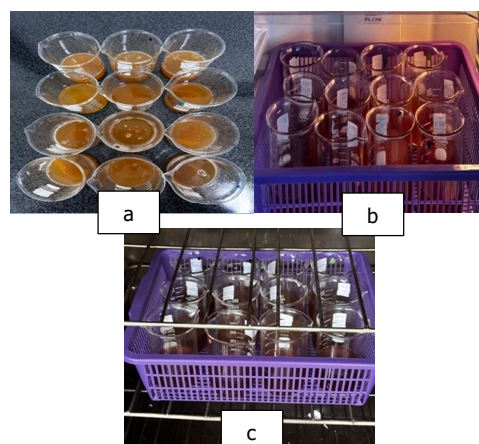
Nama respon	Goal	Batas bawah	Batas atas
Daya sebar (cm)	<i>In range</i>	5	7
Daya lekat (detik)	<i>In range</i>	30,05	40,55
pH	<i>In range</i>	4,5	6,5
Viskositas (CentiPoise)	<i>In range</i>	3100	5180



Gambar 8. Kriteria Respon yang Dioptimasi

Uji Stabilitas

Pengujian stabilitas dilakukan selama 3 siklus berdasarkan penelitian sebelumnya melalui metode *cycling test* (19). Sebelum melakukan uji stabilitas, setiap formula serum nanopartikel niacinamide dievaluasi sifat fisiknya, meliputi organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar, dan viskositas. Hasil ini dijadikan sebagai nilai sebelum pengujian stabilitas. Setelah itu, semua formula dilakukan uji stabilitas dengan menempatkan ke dalam oven pengering pada suhu 40°C selama 24 jam dan selanjutnya dipindahkan ke dalam lemari pendingin selama 24 jam. Proses ini didefinisikan sebagai 1 siklus dan diulangi pengerjaan dengan total sebanyak 3 siklus. Pada siklus terakhir dilakukan pengujian kembali untuk sifat fisik setiap formula. Hasilnya dicatat dan dianalisis untuk membandingkan sebelum dan sesudah pengujian stabilitas. Berdasarkan hasil didapatkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan (<0,05) sebelum pengujian dan sesudah pengujian yang mengindikasikan bahwa sediaan gel madu kelulut dengan kombinasi HPMC dan natrium alginat bersifat stabil.



Gambar 9. Uji Stabilitas dengan Metode *Cycling Test* a (sebelum uji stabilitas), b (dalam lemari pendingin), dan c (dalam oven)

KESIMPULAN

Sediaan gel madu kelulut telah memenuhi persyaratan uji daya sebar, daya lekat, pH dan viskositas serta menunjukkan stabilitas setelah pengujian stabilitas. Nilai prediksi dan nilai percobaan yang didapatkan menunjukkan 95% *prediction interval* yang mengindikasikan bahwa sediaan gel madu kelulut berada dalam rentang kepercayaan yang tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Riset dan Inovasi Universitas Muhammadiyah Banjarmasin atas dukungan melalui Hibah Penelitian Internal Tahun 2025. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Qamarani S, Aryani R. Potensi Senyawa Flavonoid sebagai Pengobatan Luka. *Jurnal Riset Farmasi*. 2023 Dec 23;3(2):69–74.
2. Adawiyah S El, Mulyani S, Holle MH, Patrianti T, Mawar. Potensi Pengembangan Madu Kelulut (*Trigona spp*) Desa Wisata Kelulut Kalimantan Barat. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 2023 Jun 2;5(2):871.
3. Rahmiati, Noor Z, Panghiyangan R, Widodo AD. Literatur Review: Potensi Madu Kelulut (Stingless Bee Honey) sebagai Antituberkulosis Berdasarkan Kandungan Bioaktif sebagai Antibakteri, Antiinflamasi, dan Antioksidan. In: Kongres XV & HUT Ke-52 PAAI 2023- 4th LUMMENS: The Role of Gut-Brain Axis in Indonesian Human Development. 2023.
4. Fauzana E, Sugihartini N, Yuliani S. Optimasi Komposisi Madu Kelulut (*Trigona sp*) dan Minyak Zaitun (*Olive Oil*) dalam Salep. *Jurnal Farmasetis*. 2023 May;12(2):117–28.
5. Ma'ruf M, Mawaddah GiA, Eriani NNA, Swari FI, Aslamiah S, Lutipiatina L. Madu Lebah Kelulut (*Trigona spp*) dalam Aktivitas terhadap *Staphylococcus aureus* Resisten. *Jurnal Skala Kesehatan Politeknik Kesehatan Banjarmasin*. 2018 Jan;9(1).
6. Affandy F, Wirasisya DG, Hanifa NI. Skrining fitokimia pada tanaman penyembuh luka di Lombok Timur. *Sasambo Journal of Pharmacy*. 2021 Apr 30;2(1):1–6.
7. Irenesia B, Islami PS, Utami RD. Efektivitas Gel Madu Hutan Akasia terhadap Jumlah Fibroblas pada Luka Sayat Tikus Putih (*Rattus novergicus*). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*. 2023 May 24;3(2):264–9.
8. Putri WE, Anung AM. Optimasi Formula Gel Ekstrak Etanol Buah Kapulaga dengan Kombinasi Gelling Agent HPMC dan Natrium Alginat menggunakan Simplex Lattice Design. *Jurnal Ilmiah Farmasi (Scientific Journal of Pharmacy) Special Edition [Internet]*. 2022;2022:107–20. Available from: <http://journal.uui.ac.id/index.php/JIF>
9. Stiani SN, Ila H, Endang S, Yusransyah, Baha U. Penerapan Metode Factorial Design pada Optimasi Formula Tablet Ekstrak Etanol 96% Daun Rambutan (*Nephelium lappaceum L.*). *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*. 2024 Jul 31;7(2):117–31.
10. Yati K, Jufri M, Gozan M, Putri Dwita L. Pengaruh Variasi Konsentrasi Hidroxy Propyl Methyl Cellulose (HPMC) terhadap Stabilitas Fisik Gel Ekstrak Tembakau (*Nicotiana tabaccum L.*) dan Aktivitasnya terhadap *Streptococcus mutans*. *Pharmaceutical Sciences and Research (PSR)*. 2018;5(3):133–41.
11. Apriani EF, Kornelia N, Amriani A. Optimizing Gel Formulations Using Carbopol 940 and Sodium Alginate Containing *Andrographis paniculata* Extract for Burn-Wound Healing. *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indoonesia*. 2023 Dec 21;10(3):300–11.
12. Alissa SP, Rahmawanty D, Sari DI. Formulasi dan Evaluasi Sifat Fisik Sediaan Serum Wajah Ekstrak Daun Singkong (*Manihot esculenta*) dengan Variasi Konsentrasi Xanthan Gum. *Jurnal Pharmascience [Internet]*. 2023;10(2):394–404. Available from: <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/pharmascience>
13. Seru ER, Edy HJ, Siampa JP. Formulation of HPMC as Gelling Agent Gel of Ethanol Extract of *Leilem* Leaves (*Clerodendrum minahassae teijsm dan binn.*) and Antioxidant Effectiveness Test. *PHARMACON*. 2021 Aug;10(3):1033–9.
14. Triutami F, Purwanto URE, Ariani LW. Formulation of Vitamin C Serum Gel Using Sodium Alginate from Brown Algae (*Sargassum polycystum*) as Gelling Agent. *Journal of Science and Technology Research for Pharmacy*. 2023 May 4;2(1):1–8.

15. Endah S, Shintia C, Nofriyaldi A. Stability Test of Gel Hand Sanitizer Ethanol Extract of Nutmeg (Pala) Leaves (*Myristica fragrans* Houtt.) with Variation of the Concentration of HPMC (Hydroxy Propyl Methyl Cellulose) and Glycerine. *JFood PharmSci* [Internet]. 2021 Mar;9(1):395–402. Available from: www.journal.ugm.ac.id/v3/JFPA
16. Tungadi R, Pakaya MS, Ali P. Formulasi dan Evaluasi Stabilitas Fisik Sediaan Krim Senyawa Astaxanthin. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*. 2023 Mar 8;3(1):117–24.
17. Iskandar B, Tarigan J, Leny L, Hanum W. Uji Sifat Fisik Sediaan Lulur Ekstrak Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Serta Uji Efektivitas Kelembaban (Moisture) Dan Kehalusan (Evenness) Pada Kulit. *Majalah Farmasetika*. 2023 Oct 17;9(1):104.
18. Tort S, Karakucuk A. Serum Type Hyaluronic Acid Formulations: In vitro Characterization and Patch Test Study. *J Pharm Sci*. 2021 May 18;46(3):271–8.
19. Stiani SN, Yusransyah Y, Septiana D, Sumantri IB. Effectivity and Evaluation of Licorice Root (*Glycyrrhiza glabra*) Extract Serum Formula as a Facial Brightening. *Res J Pharm Technol*. 2024 Sep 1;17(9):4142–8.