

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil**

##### 1. Pengumpulan bahan dan determinasi tanaman

Penelitian ini menggunakan bunga rosella sebagai zat aktif dalam sediaan gel. Bunga rosella diperoleh dari budidaya petani di dusun Kerajan 1, RT 02/RW 01, Kiyudan, Majaksingi, Kecamatan Borobudur, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah yang dipanen pada tanggal 11 Mei 2025. Sebelum dilakukan penelitian, bunga rosella dideterminasi terlebih dahulu di Laboratorium Pembelajaran Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta pada tanggal 1 juni 2025, dengan SK 385/Lab.Bio/B/VI/2025. Berdasarkan hasil determinasi dapat dilihat pada Lampiran 2, tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.).

##### 2. Serbuk bunga rosella

Sebanyak 7 kg bunga rosella yang telah dipanen kemudian sortasi basah menghasilkan 6 kg selanjutnya dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 48 jam supaya memastikan bunga rosella mengering. Penggunaan suhu 50°C dikarenakan senyawa flavonoid yang akan diambil tidak tahan terhadap pemanasan dan jika diatas suhu 50°C terjadi kerusakan dan mengalami perubahan struktur (Widayanti *et al.*, 2023). Tujuan dari pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air dalam sampel sehingga menghambat pertumbuhan mikroba pada sampel tersebut (Hayati *et al.*, 2011). Bunga rosella yang telah kering dihaluskan dengan *grinder* dan diayak menggunakan ayakan mesh 40. Penghalusan simplisia bertujuan untuk memperluas permukaan partikel simplisia, sehingga terjadinya kontak yang lebih baik antara simplisia dan pelarut (Zuhro *et al.*, 2021). Proses pengayakan simplisia yaitu untuk menghasilkan

partikel simplisia yang seragam (Elma *et al.*, 2024). Dari penyerbukan 1 kg kelopak bunga rosella kering diperoleh sebanyak 782,4 g serbuk bunga rosella berwarna merah dan berbau khas bunga rosella yang dapat dilihat pada Lampiran 3.

### 3. Ekstraksi bunga rosella

Metode ekstraksi yang digunakan adalah maserasi karena cara penyarian yang sederhana dengan cara merendam serbuk simplisia dalam pelarut. Metode ini dipilih karena dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil seperti fenolik dan turunannya (Bani *et al.*, 2023). Prinsip kerja maserasi adalah kemampuan larutan penyaring untuk dapat menembus dinding sel dan masuk ke dalam rongga sel yang mengandung berbagai komponen aktif. Zat aktif akan terdistribusi atau larut dalam pelarut (Asworo & Widwastuti, 2023). Etanol 70% dipilih untuk ekstraksi karena sifatnya yang tidak toksik, selektif dan bersifat semi polar sehingga dapat menarik senyawa yang bersifat polar dan semi polar (Oktapiya *et al.*, 2022). Salah satunya adalah senyawa flavonoid yang bersifat polar dapat ikut ditarik menggunakan pelarut etanol 70%.

Proses maserasi dilakukan dengan cara serbuk bunga rosella direndam dalam bejana maserasi dengan perbandingan 1:10 sebanyak 500 g serbuk bunga rosella kemudian direndam dengan pelarut etanol 70% sebanyak 5 liter selama 3 hari dan diaduk setiap 6 jam sekali selama 5 menit untuk mempercepat proses penarikan senyawa aktif yang didalam bunga rosella. Bejana maserasi ditempatkan pada tempat gelap bertujuan untuk menghindari cahaya matahari yang dapat mengakibatkan perubahan warna (F. Sari & Klau, 2020). Setelah proses maserasi selama 3 hari, ekstrak disaring untuk memisahkan ampas dan filtrat. Ampas hasil maserasi kemudian ditambahkan pelarut etanol 70% dengan perbandingan 1:5 untuk digunakan dalam proses remaserasi selama 2 hari. Proses remaserasi dilakukan untuk mengambil senyawa yang tertinggal setelah proses maserasi (Fatwami & Royani, 2023). Filtrat hasil maserasi dan remaserasi kemudian

diuapkan pada suhu 50°C hingga diperoleh ekstrak kental. Pemilihan suhu ini bertujuan untuk menjaga kestabilan senyawa flavonoid agar tidak mengalami kerusakan atau kehilangan selama proses penguapan (Widayanti *et al.*, 2023).

Pada penelitian ini diperoleh ekstrak kental bunga rosella sebanyak 174 g dengan rendemen sebesar 34,8%. Berdasarkan ketentuan umum, rendemen dinyatakan memenuhi syarat apabila >10% yaitu semakin besar nilai rendemen menunjukkan senyawa yang terkandung dalam ekstrak lebih banyak (Rahadyana *et al.*, 2024). Sehingga hasil ekstrak bunga rosella yang dihasilkan telah memenuhi syarat rendemen yang ditetapkan dan mencerminkan jumlah senyawa metabolik yang berhasil terekstraksi khususnya senyawa flavonoid sebagai antibakteri. Perhitungan rendemen dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4. Karakterisasi ekstrak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.)

##### a. Uji organoleptis

Uji organoleptis bertujuan untuk mengamati karakteristik fisik ekstrak bunga rosella yang meliputi warna, bentuk dan bau. Hasil uji organoleptis ekstrak bunga rosella dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil uji organoleptis ekstrak bunga rosella**

Karakteristik	Reagen	Hasil	Referensi
Organoleptis	Warna	Merah pekat	(Sari & Klau, 2020)
	Bentuk	Kental	
	Bau	Khas bunga rosella	



**Gambar 10. Ekstrak bunga rosella**

b. Uji *moisture content*

Pengukuran kandungan air dalam ekstrak bunga rosella dilakukan dengan menggunakan alat *moisture balance*. Proses ini bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang masih tersisa dalam ekstrak. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar air dalam ekstrak sebesar 2,54%. Nilai ini berada dibawah batas maksimum yang disyaratkan, yaitu sebesar 10% sehingga ekstrak yang dihasilkan dianggap stabil dan aman dari resiko pertumbuhan mikroba yang dapat merusak mutu ekstrak (Sari & Aryantini, 2021).

c. Skrining fitokimia

Tujuan dari skrining fitokimia adalah untuk mengidentifikasi secara kualitatif senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam ekstrak bunga rosella. Identifikasi ini memberikan gambaran awal mengenai kandungan senyawa aktif yang berpotensi memberikan efek antibakteri. Berdasarkan hasil pengujian, ekstrak bunga rosella menunjukkan hasil positif terhadap senyawa flavonoid, alkaloid dan tannin. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil ini sejalan dengan penelitian Oktapiya *et al.*, (2022) yang juga melaporkan adanya senyawa metabolit sekunder golongan flavonoid, alkaloid dan tanin pada ekstrak bunga rosella yang meemiliki aktivitas sebagai antibakteri.

**Tabel 4. Hasil uji fitokimia**

No.	Kandungan	Reagen	Hasil	Referensi (Oktapiya <i>et al.</i> , 2022)
1.	Flavonoid	Serbuk Mg + HCl 2 N	+	Terbentuk endapan merah tua
2.	Tanin	FeCl <sub>3</sub> 1%	+	Terbentuk warna biru hitam
3.	Alkaloid	<i>Wagner</i>	+	Terbentuk endapan merah kecoklatan
		<i>Mayer</i>	+	Terbentuk endapan putih
		<i>Dragendroff</i>	+	Terbentuk endapan merah jingga

Keterangan: ( + ) positif mengandung senyawa

( - ) negatif tidak mengandung senyawa

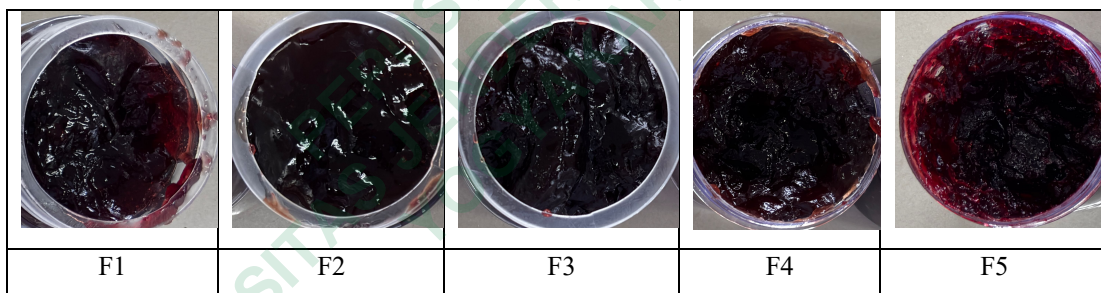
## 5. Evaluasi fisik sediaan gel ekstrak etanol bunga rosella

### a. Uji organoleptis

Uji organoleptis sediaan bertujuan untuk mengamati bentuk, warna dan bau yang dihasilkan. Hasil gel yang didapatkan dari 3 formula dapat dilihat pada Tabel 5. Bentuk sediaan gel yang dihasilkan secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 11.

**Tabel 5. Hasil organoleptis gel ekstrak etanol bunga rosella**

Formula	Proporsi CMC-Na (%)	Proporsi Karbopol (%)	Bentuk	Warna	Bau
F1	5	0	Gel encer	Merah kecoklatan	Khas bunga rosella
F2	4	1	Gel encer	Merah kecoklatan	Khas bunga rosella
F3	3,5	1,5	Gel agak kental	Merah muda	Khas bunga rosella
F4	3	2	Gel kental	Merah tua	Khas bunga rosella
F5	0	5	Gel kental	Merah tua	Khas bunga rosella



**Gambar 11. Tampilan fisik gel ekstrak bunga rosella**

### b. Uji homogenitas

Pengujian homogenitas pada sediaan gel dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen dalam formula tercampur secara merata. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap 3 kali replikasi, seluruh sediaan menunjukkan karakteristik yang homogen. Hal ini menunjukkan bahwa semua komponen tercampur dengan baik pada masing-masing formula sehingga gel terlihat homogen, teksturnya halus dan tidak ada butiran kasar maka sediaan uji

dinyatakan homogen (Pitaloka *et al.*, 2024). Berikut ini adalah hasil pengujian homogenitas pada Tabel 6.

**Tabel 6. Hasil uji homogenitas gel ekstrak bunga rosella**

Formula	Proporsi CMC-Na (%)	Proporsi Karbopol (%)	Homogenitas
F1	5	0	Homogen
F2	4	1	Homogen
F3	3,5	1,5	Homogen
F4	3	2	Homogen
F5	0	5	Homogen

c. Uji pH

Pengujian pH dilakukan untuk mengetahui bahwa sediaan gel yang dihasilkan memenuhi persyaratan yang sesuai dengan syarat yang ditentukan. pH sediaan harus dijaga agar tidak terlalu asam atau terlalu basa. Jika terlalu asam dapat menyebabkan iritasi pada kulit, sementara jika terlalu basa, dapat mengakibatkan kulit menjadi kering (Fatmasari, 2022). Rentang pH yang diperoleh dari 5 formula adalah 4,53 – 6,60 dengan pH paling tinggi pada F5 dan pH paling rendah pada F4. Hasil uji pH dari 5 formula ditunjukkan pada Tabel 7.

d. Daya sebar

Pengujian daya sebar bertujuan untuk mengetahui luas area gel yang dapat menyebar dan merata pada permukaan kulit saat digunakan. Hasil yang didapatkan pada uji daya sebar dari 3 formula adalah 5,09 – 5,76 cm dengan daya sebar yang paling rendah pada F5 dan paling tinggi pada F1. Hasil uji daya sebar dapat dilihat pada Tabel 7.

e. Daya lekat

Pengujian daya lekat untuk mengetahui daya lekat gel pada kulit dengan mengukur lama waktu melekat gel pada alat uji daya lekat. Hal tersebut akan berhubungan dengan lama waktu kontak gel dengan kulit hingga efek terapi yang diinginkan tercapai. Berdasarkan hasil uji yang didapatkan pada uji daya

lekat dari 5 formula adalah 2,06 – 4,63 detik dengan daya lekat yang paling rendah di F1 dan yang paling tinggi pada F5. Hasil uji daya lekat dapat dilihat pada Tabel 7.

f. Viskositas

Pengujian viskositas untuk mengetahui kekentalan suatu sediaan gel. Hasil uji yang didapatkan pada uji viskositas dari 3 formula adalah 23066,67 - 43333,33 cP dengan viskositas yang paling rendah di F1 dan yang paling tinggi pada F5. Hasil uji daya lekat dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7. Karakteristik fisik ekstrak bunga rosella**

Formula	Proporsi		Karakteristik fisik gel (rata-rata ± SD)			
	CMC-Na (%)	Karbopol (%)	pH	Daya sebar (cm)	Daya lekat (detik)	Viskositas (cP)
F1	5	0	6,60 ± 0,10	5,76 ± 0,19	2,06 ± 0,07	23066,67 ± 689,73
F2	4	1	6,57 ± 0,06	5,67 ± 0,12	2,34 ± 0,02	25813,33 ± 561,90
F3	3,5	1,5	5,87 ± 0,21	5,40 ± 0,09	3,27 ± 0,09	28693,33 ± 402,66
F4	3	2	4,53 ± 0,06	5,11 ± 0,07	4,46 ± 0,21	32400,00 ± 811,91
F5	0	5	4,43 ± 0,12	5,09 ± 0,06	4,63 ± 0,10	43333,33 ± 964,43

Keterangan: hasil merupakan rentang dari 3 replikasi

6. Analisis data

Hasil analisis statistik pada Tabel 8 menunjukkan perbedaan signifikan antara lima sediaan gel yang terjadi pada parameter pH, daya sebar, daya lekat dan viskositas. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi konsentrasi CMC-Na dan karbopol mempengaruhi nilai pH, daya sebar, daya lekat dan viskositas. Pada uji pH, menunjukkan perbedaan signifikan antara F4 dengan F3 dan F3 dengan F1. Pada uji daya sebar terdapat perbedaan signifikan antara F4 dan F1. Pada uji daya lekat menunjukkan perbedaan signifikan antara F1, F2, F3, F4 dan F5. Pada uji viskositas menunjukkan perbedaan yang signifikan pada F1, F2, F3, F4 dan F5. Hasil statistik sifat fisik gel dapat dilihat pada Tabel 8 dan Lampiran 9.

**Tabel 8. Hasil statistik sifat fisik gel ekstrak bunga rosella**

Sifat fisik gel	Konsentrasi				<i>p-Value</i>		
	Formula	CMC -Na	Karbopol	Normalitas ( <i>Shapiro Wilk</i> )	Homogenitas ( <i>Leven's Test</i> )	<i>Kruskal Wallis</i>	<i>One Way Anova</i>
pH	F1	5	0	1,000	0,107	0,013	-
	F2	4	1	0,001			
	F3	3,5	1,5	0,463			
	F4	3	2	0,001			
	F5	0	5	0,001			
Daya sebar	F1	5	0	0,253	0,001	0,010	-
	F2	4	1	1,000			
	F3	3,5	1,5	0,726			
	F4	3	2	0,637			
	F5	0	5	0,001			
Daya lekat	F1	5	0	0,391	0,179	-	0,001
	F2	4	1	0,637			
	F3	3,5	1,5	0,679			
	F4	3	2	0,895			
	F5	0	5	0,826			
Viskositas	F1	5	0	0,679	0,684	-	0,001
	F2	4	1	0,843			
	F3	3,5	1,5	0,780			
	F4	3	2	0,672			
	F5	0	5	0,817			

## B. Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan sediaan gel dengan menggunakan ekstrak bunga rosella sebagai bahan aktif dan memvariasikan kombinasi CMC-Na dan karbopol sebagai *gelling agent*. Semakin banyak jumlah karbopol yang digunakan dalam formulasi, maka sediaan gel akan semakin kental. Hal ini disebabkan karena karbopol memiliki gugus hidrofilik yang dapat mengikat air, membentuk jaringan gel yang lebih rapat dan meningkatkan viskositas (Rawar, 2024). Menurut Susianti *et al.*, (2021), CMC-Na secara tunggal memiliki nilai pH lebih tinggi dan daya sebar yang lebih besar di banding karbopol namun CMC-Na memiliki kekurangan yaitu dapat membentuk larutan koloid dalam sediaan gel. Karbopol adalah agen pembentuk gel yang stabil, memberikan tampilan gel yang jernih dan meningkatkan viskositas, tetapi

memiliki daya sebar yang kurang. Maka perlu dilakukan kombinasi CMC-Na dan karbopol untuk memperoleh sediaan yang memenuhi syarat. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penambahan karbopol dalam sediaan dapat meningkatkan viskositas dan kestabilan fisik gel (Santoso *et al.*, 2022). Menurut Rawar (2024), menyatakan bahwa kombinasi *gelling agent* dapat saling melengkapi dalam menghasilkan sediaan yang optimal dari segi daya sebar, daya lekat dan konsistensi.

Skринing fitokimia bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak bunga rosella secara kualitatif. Penelitian ini difokuskan hanya pada tiga golongan yaitu flavonoid, alkaloid dan tanin karena menurut Oktapiya *et al.*, (2022), ekstrak bunga rosella diketahui kaya akan ketiga senyawa flavonoid, alkaloid dan tanin. Oleh karena itu, pengujian difokuskan pada golongan metabolit sekunder yang paling dominan untuk memastikan keberadaannya, sedangkan uji senyawa lain tidak dilakukan karena tidak menjadi fokus penelitian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ekstrak positif mengandung flavonoid, alkaloid dan tanin. Pengujian flavonoid dilakukan dengan menggunakan serbuk magnesium dan HCl yang ditandai dengan perubahan warna menjadi merah tua. Perubahan warna ini terjadi karena terbentuknya senyawa berwarna akibat reaksi antara gugus hidroksil flavonoid dengan logam magnesium dalam suasana asam. Pengujian tanin dengan  $\text{FeCl}_3$  menghasilkan warna biru kehitaman akibat terbentuknya kompleks antara tanin dan ion  $\text{Fe}^{3+}$  melalui gugus fenolik (Ergina *et al.*, 2014). Sementara itu, pengujian alkaloid menghasilkan endapan khas, yaitu merah kecoklatan (*Wagner*), putih (*Mayer*) dan merah jingga (*Dragendorff*), hal tersebut menunjukkan terbentuknya kompleks antara atom nitrogen alkaloid dan ion logam dari masing-masing reagen, yaitu iodium ( $\text{I}_2$ ) yang dilarutkan dalam Kalium iodida (KI) pada *Wagner*, ion merkuri ( $\text{Hg}^{2+}$ ) pada *Mayer*, serta ion bismut ( $\text{Bi}^{3+}$ ) pada *Dragendorff* (Maisarah *et al.*, 2023). Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak bunga rosella positif mengandung metabolit sekunder golongan flavonoid, tanin dan alkaloid.

Gel diformulasikan dengan ekstrak bunga rosella sebagai zat aktif, menggunakan kombinasi CMC-Na dan karbopol sebagai *gelling agent*. Pemilihan kedua bahan ini didasarkan pada perbedaan karakteristiknya, di mana CMC-Na akan memberikan diameter penyebaran yang besar dan viskositas yang kecil (Susianti *et al.*, 2021). Karbopol adalah agen pembentuk gel yang stabil, memberikan tampilan bening dan memiliki viskositas yang tinggi, namun karbopol memerlukan penstabilan pH untuk mendapatkan gel yang kental (Santoso *et al.*, 2022). Untuk mengetahui perbedaan karakteristik masing-masing *gelling agent*, dibuat formula tunggal dengan mengandung CMC-Na 5% serta formula tunggal yang mengandung karbopol 5%, diperoleh hasil dengan karakteristik viskositasnya tinggi, daya sebar yang kecil, daya lekat lama dan pH cenderung asam. Proses pengembangan basis dilakukan pada suhu 70 °C untuk mempercepat proses pengikatan air oleh polimer sehingga terjadi pengembangan dan membentuk struktur gel yang padat (Tambunan *et al.*, 2018). Metil paraben digunakan sebagai pengawet untuk menjaga stabilitas sediaan gel dalam penyimpanan, serta propilen glikol yang berfungsi sebagai humektan untuk mempertahankan kelembapan gel melalui kemampuan mengikat air. Penambahan trietanolamin digunakan sebagai agen penyeimbang pH karena karbopol hanya dapat mengembang optimal pada kondisi basah lemah, sehingga terbentuk gel yang kental dan tetap berada dalam rentang pH yang sesuai untuk kulit (Susianti *et al.*, 2021).

Hasil evaluasi sifat fisik pada sediaan gel meliputi organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar, daya lekat dan viskositas. Hasil uji organoleptis dari kelima formula gel ekstrak etanol bunga rosella memiliki aroma khas bunga rosella, sehingga penambahan variasi *gelling agent* tidak mempengaruhi bau sediaan. Perbedaan terlihat pada bentuk dan warna gel yang dihasilkan. F1 (CMC-Na 5% dan karbopol 0%) memberikan gel encer dengan warna merah kecoklatan. F2 (CMC-Na 4% dan karbopol 1%) membentuk gel encer dengan warna merah kecoklatan, sedangkan F3 (CMC-Na 3,5% dan karbopol 1,5%) menghasilkan gel agak kental berwarna merah muda. F4 (CMC-Na 3% dan karbopol 2%) menunjukkan gel kental dengan warna merah tua. Sementara itu F5 (CMC-Na 0% dan karbopol 5%) menghasilkan gel kental dengan

warna merah tua. Formula dengan dominasi CMC-Na 5% pada F1 menghasilkan gel yang lebih encer, sedangkan formula 2 hingga 5 yang mengandung karbopol menghasilkan gel yang berbentuk semi padat. Hal ini disebabkan karena massa gel yang dihasilkan basis karbopol berbentuk lebih padat dari pada masa gel yang dihasilkan oleh CMC-Na yang cenderung cair. Perbedaan bentuk gel ini dipengaruhi oleh konsentrasi dan jenis polimer dimana sifat karbopol sebagai polimer asam poliakrilat menghasilkan struktur gel padat dan lebih transparan (Sari1 *et al.*, 2024). Karbopol memiliki warna putih susu yang akan membentuk sediaan gel transparan, jernih dan berwarna merah tua. Sebaliknya, formula dengan dominasi CMC-Na 5% pada F1 menghasilkan gel yang lebih encer. CMC-Na termasuk kedalam golongan selusosa sehingga sediaan gel berbentuk koloid jernih dan gel berwarna merah kecoklatan. Variasi warna ini dipengaruhi oleh interaksi ekstrak rosella dengan basis gel, dimana perbedaan proporsi CMC-Na dan karbopol dapat memengaruhi kekentalan serta keasaman gel sehingga intensitas warna tampak bervariasi dari merah muda hingga merah kecoklatan.

Uji homogenitas bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen dalam sediaan gel tercampur secara merata. Hasil uji pada penelitian ini menunjukkan bahwa kelima formula (F1, F2, F3, F4 dan F5) memiliki sifat homogen, yang ditandai dengan tidak adanya butiran kasar, warna merata, serta tekstur gel yang seragam. Menurut Hosni *et al.*, (2023), sediaan dikatakan homogen apabila tidak menunjukkan adanya pemisahan fase dan gumpalan. Hal ini menandakan bahwa proses pencampuran bahan, baik zat aktif maupun bahan tambahan, berlangsung dengan baik. Dalam penelitian ini, homogenitas yang baik menunjukkan bahwa ekstrak bunga rosella dan bahan *gelling agent* (CMC-Na dan karbopol) telah terdistribusi secara merata dalam sistem gel. Hal ini penting karena homogenitas berpengaruh langsung terhadap efikasi, kestabilan, dan kenyamanan penggunaan sediaan.

Uji pH dilakukan untuk memastikan bahwa sediaan gel memiliki tingkat keasaman yang sesuai dengan pH fisiologis kulit, yaitu dalam rentang 4,5 - 6,5. pH yang sesuai sangat penting untuk menjaga keseimbangan kulit, menghindari iritasi, dan

memastikan kenyamanan penggunaan sediaan topikal (Hosni *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil pengujian, F5 memiliki pH terendah yaitu sebesar 4,43. Formula dengan pH lebih tinggi ditunjukkan oleh F1 yaitu 6,60. Seluruh formula masih berada dalam kisaran pH kulit normal (4,5–6,5), meskipun nilai pH F1 sedikit melebihi batas atas, namun masih dapat ditoleransi oleh kulit. F5 dengan karbopol tunggal 5% menghasilkan pH sebesar 4,43 sedangkan F1 dengan CMC-Na tunggal 5% memiliki pH lebih tinggi yaitu 6,60. Hubungan ini sesuai dengan sifat dasar kedua polimer tersebut. Karbopol merupakan polimer asam poliakrilat yang bersifat asam, sehingga penggunaan tunggal pada konsentrasi tinggi menurunkan pH gel. Sebaliknya, CMC-Na sebagai derivat selulosa bersifat netral hingga sedikit basa, sehingga cenderung meningkatkan pH sediaan. F4 yang mengandung kombinasi CMC-Na 3% dan Karbopol 2% menghasilkan pH paling rendah, menandakan bahwa dominasi Karbopol cukup kuat untuk menurunkan pH meskipun dikombinasikan dengan CMC-Na. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jenis dan proporsi *gelling agent* yang digunakan secara tunggal maupun kombinasi sangat memengaruhi nilai pH sediaan, di mana Karbopol cenderung menurunkan pH, sedangkan CMC-Na cenderung menaikkannya. Data nilai pH tidak berdistribusi normal, namun memiliki distribusi yang homogen sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 8, sehingga di uji *Kruskal Wallis*. Berdasarkan hasil uji *Kruskal-Wallis* diperoleh nilai sebesar 0,012 ( $<0,05$ ) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok yang diuji. Untuk mengetahui satu pasang kelompok mana saja yang berbeda signifikan maka diperlukan uji lanjutan *post hoc*. Hasil uji *Post hoc* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara F4 dengan F3 dan F3 dengan F1 yang menunjukkan adanya pengaruh nyata variasi *gelling agent* terhadap sifat fisik gel, sedangkan F2 dan F5 tidak menunjukkan berbeda signifikan karena nilai parameter uji yang dihasilkan berdekatan dan masih berada dalam kisaran yang sama secara statistik. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan komposisi *gelling agent*, khususnya proporsi antara Karbopol dan CMC-Na, berpengaruh nyata terhadap nilai pH sediaan. F4 yang mengandung Karbopol lebih tinggi dibandingkan F1 dan F2, menghasilkan

pH yang lebih rendah. Hal ini sejalan dengan sifat Karbopol sebagai polimer bersifat asam, yang cenderung menurunkan pH sediaan. Sedangkan CMC-Na bersifat netral hingga sedikit basa menyebabkan formula dengan konsentrasi CMC-Na yang lebih tinggi cenderung menghasilkan pH lebih tinggi.

Daya sebar adalah kemampuan sediaan gel untuk menyebar di permukaan kulit, baik tanpa tekanan maupun saat diberi tekanan tertentu. Daya sebar yang baik sangat penting karena dapat mempermudah aplikasi, meningkatkan kenyamanan saat pemakaian, serta membantu penyebaran zat aktif secara merata (Yasir *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil pengujian daya sebar dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi *gelling agent* yang digunakan. Pada formula tunggal, terdapat perbedaan yang jelas antara karbopol dan CMC-Na. F5 dengan karbopol tunggal 5% menunjukkan daya sebar paling rendah yaitu 5,09 karena karbopol menghasilkan gel dengan viskositas tinggi sehingga konsistensinya lebih kental dan sulit menyebar. Sebaliknya, formula dengan CMC-Na tunggal F1, 5% memberikan daya sebar tertinggi yaitu 5,76 cm, karena sifat CMC-Na yang menghasilkan gel lebih lunak, sehingga mudah diratakan di permukaan kulit yang sudah sesuai dengan kriteria mutu gel sehingga dikatakan baik untuk aspek penyebaran. Namun F1 memiliki sediaan yang encer sehingga mempunyai kelemahan pada daya lekat dan viskositas yang rendah, serta pH yang sedikit di atas batas normal kulit. Oleh karena itu, meskipun CMC-Na tunggal mampu memberikan daya sebar optimal, kombinasi dengan karbopol tetap diperlukan agar sifat fisik gel menjadi lebih seimbang, terutama dalam hal kekentalan, daya lekat, dan kestabilan pH. Pada formula kombinasi daya sebar berada di F2 (CMC-Na 4% dan karbopol 1%) memperlihatkan daya sebar tinggi 5,67 cm hampir mendekati F1, karena CMC-Na lebih dominan. Sementara F3 (CMC-Na 3,5% dan karbopol 1,5%) memiliki daya sebar menurun menjadi 5,40 cm, akibat peningkatan konsentrasi karbopol yang meningkatkan kekentalan. Formula dengan proporsi karbopol lebih besar, yaitu F4 (CMC-Na 3% dan karbopol 2%), menunjukkan daya sebar terendah yaitu 5,11cm mendekati nilai F5, karena pengaruh viskositas dari karbopol lebih dominan. Hasil ini menunjukkan bahwa CMC-Na berperan meningkatkan daya sebar, sedangkan karbopol menurunkan daya

sebar karena viskositas tinggi yang dihasilkan. Data nilai daya sebar tidak terdistribusi normal dan tidak terdistribusi homogen yang dapat dilihat pada Tabel 8, sehingga dilanjut menggunakan uji *Kruskal Wallis*, Hasil uji *Kruskal-Wallis* diperoleh nilai sebesar 0,010 ( $<0,05$ ) yang menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kelompok yang diuji. Untuk mengidentifikasi kelompok yang berbeda secara spesifik, dilakukan uji *post hoc*. Hasil uji *Post hoc* menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara F4 (CMC-Na 3% dan Karbopol 2%) dengan F1 (CMC-Na 5% dan Karbopol 0%), yang berarti variasi komposisi *gelling agent* pada kedua formula tersebut memberikan pengaruh nyata terhadap parameter uji, dimana dominasi karbopol pada F4 menghasilkan sifat fisik gel yang berbeda dibandingkan F1 yang hanya mengandung CMC-Na, sedangkan formula lain tidak menunjukkan perbedaan signifikan karena nilai yang diperoleh masih berada pada kisaran yang relatif sama secara statistik. Hal ini menegaskan bahwa formula dengan kandungan karbopol yang lebih tinggi (F5) memiliki daya sebar yang lebih rendah dibandingkan formula dengan konsentrasi CMC-Na. Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa karbopol memberikan daya sebar yang rendah karena karbopol meningkatkan kekentalan sistem gel, sehingga menyebabkan sediaan menjadi lebih padat dan sulit menyebar.

Uji daya lekat dilakukan untuk mengetahui kemampuan gel menempel pada permukaan kulit dalam jangka waktu tertentu. Daya lekat yang baik penting untuk menjaga agar sediaan tidak mudah terlepas, sehingga bahan aktif memiliki waktu yang cukup untuk terserap. Sediaan gel dinyatakan memenuhi syarat apabila memiliki daya lekat  $>1$  detik (Wahidah *et al.*, 2024). Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua formula memenuhi kriteria, dengan nilai terendah terdapat pada F1 (CMC-Na 5% dan karbopol 0%) sebesar 2,06 detik sedangkan nilai tertinggi ditunjukkan pada F5 (CMC-Na 0% dan karbopol 5%) menunjukkan daya lekat tertinggi 4,63 detik. Semua formula memenuhi syarat yang telah ditentukan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi karbopol dalam formula maka daya lekat gel juga meningkat (Susianti *et al.*, 2021). Karbopol yang bersifat sangat kental dapat meningkatkan viskositas dan

membentuk ikatan yang lebih kuat dengan kulit, sehingga memperpanjang waktu melekatnya gel. Sebaliknya, penambahan CMC-Na cenderung menurunkan daya lekat. F1 dengan dominasi CMC-Na menghasilkan gel yang lebih lunak dan elastis, namun ikatan dengan kulit lebih lemah sehingga waktu melekat menjadi lebih singkat. Formula kombinasi seperti F3 (CMC-Na 3,5% dan karbopol 1,5%), F4 (CMC-Na 3% dan karbopol 2%), menunjukkan nilai daya lekat menengah yaitu dengan rata-rata 3,27–4,46 detik. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi kedua *gelling agent* dapat menyeimbangkan sifat elastisitas dari CMC-Na dengan kekentalan dari karbopol, sehingga daya lekatnya cukup baik namun tidak berlebihan. Hasil data daya lekat terdistribusi normal dan homogen dapat dilihat pada Tabel 8, sehingga kedua syarat terpenuhi, analisis dilanjutkan dengan uji *One-Way ANOVA*. menunjukkan nilai signifikan 0,001 ( $<0,05$ ), menandakan bahwa terdapat perbedaan daya lekat yang signifikan secara statistik antar kelima formula. Untuk mengidentifikasi kelompok yang berbeda secara spesifik, dilakukan uji *post hoc tukey*. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara F1, F2, F3, F4 dan F5, disebabkan oleh variasi jenis serta konsentrasi *gelling agent* yang digunakan. Karbopol dengan konsentrasi tinggi mampu meningkatkan daya lekat karena sifatnya sebagai polimer poliakrilat yang membentuk jaringan gel padat sehingga dapat bertahan lebih lama pada permukaan kulit. Sebaliknya, CMC-Na pada konsentrasi tinggi justru menurunkan daya lekat karena sebagai turunan selulosa, gel yang terbentuk lebih encer sehingga lebih mudah terlepas dari permukaan. Oleh karena itu, semakin tinggi proporsi karbopol maka daya lekat sediaan meningkat, sedangkan dominasi CMC-Na cenderung menurunkannya, sehingga variasi proporsi dalam tiap formula F1, F2, F3, F4 dan F5 menghasilkan perbedaan yang signifikan.

Viskositas merupakan ukuran kekentalan atau tahanan aliran dari suatu sediaan gel, yang memengaruhi terhadap kemudahan aplikasi dan kestabilan fisik produk, syarat formula gel yang baik memiliki nilai viskositas antara 3.000-50.000 cP (Wahidah *et al.*, 2024). Berdasarkan hasil uji, viskositas terendah terdapat pada F1 (CMC-Na 5% dan karbopol 0%) sebesar 23066,67 cP, sedangkan nilai tertinggi

ditunjukkan pada F5 (CMC-Na 0% dan karbopol 5%) sebesar 43333,33 cP. Semua formula masih memenuhi syarat viskositas yang ditetapkan. Pada hasil viskositas menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi karbopol, maka viskositas gel cenderung meningkat. F5 dengan kandungan dominan karbopol menghasilkan kekentalan tertinggi, sehingga gel menjadi lebih padat dan stabil. Sedangkan pada F1 dan F2 yang didominasi CMC-Na memberikan viskositas lebih rendah, membuat gel lebih mudah menyebar namun berpotensi kurang stabil bila dibandingkan dengan formula berbasis karbopol. Kombinasi F3 dan F4 menghasilkan nilai viskositas menengah, yang mencerminkan adanya keseimbangan antara sifat kental dan kemampuan menyebar. Hasil viskositas dapat disimpulkan bahwa karbopol memberikan kontribusi utama dalam meningkatkan viskositas, sedangkan CMC-Na menghasilkan viskositas sedang dan meningkatkan daya sebar. Hasil data viskositas terdistribusi normal dan homogen dapat dilihat pada Tabel 8, sehingga kedua syarat terpenuhi, analisis dilanjutkan dengan uji *One-Way ANOVA*. Hasil uji *ANOVA* menunjukkan nilai signifikan 0,001 ( $<0,05$ ), menandakan bahwa terdapat perbedaan daya lekat yang signifikan secara statistik antar kelima formula. Untuk mengidentifikasi kelompok yang berbeda secara spesifik, dilakukan uji *post hoc tukey*. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara F1, F2, F3, F4 dan F5 artinya seluruh formula menunjukkan bahwa setiap variasi konsentrasi CMC-Na dan karbopol memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas dan daya lekat, sehingga tidak ada dua formula yang memiliki karakteristik yang sama. Hal ini berarti variasi konsentrasi CMC-Na dan Karbopol yang digunakan dalam tiap formula memberikan pengaruh nyata terhadap kekentalan (viskositas) gel yang dihasilkan. Hal ini menegaskan bahwa formula dengan kandungan karbopol yang lebih tinggi (F4 dan F5) memiliki kekentalan dan daya lekat lebih baik dibandingkan formula dengan konsentrasi karbopol rendah. Perbedaan signifikan ini menunjukkan bahwa karbopol memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan kekentalan dan stabilitas gel, sehingga kombinasi konsentrasi *gelling agent* menjadi faktor penting dalam menentukan mutu fisik sediaan.