

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Determinasi sampel daun kelor

Identifikasi daun kelor dilakukan di Laboratorium Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta, pada tanggal 5 Juni 2025 dengan nomor 401/Lab.Bio/B/VI/2025. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa sampel daun kelor yang digunakan merupakan tanaman yang sesuai. Hasil determinasi dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

2. Preparasi sampel daun kelor

Jumlah daun kelor yang dipanen yaitu sebanyak 10 kg. Setelah melalui proses preparasi sampel, diperoleh hasil akhir yaitu serbuk daun kelor sebanyak 924,7 gram.

3. Ekstraksi daun kelor

Ekstraksi daun kelor dilakukan menggunakan metode *Ultrasonic Assisted Extraction* (UAE). Hasil yang diperoleh berupa ekstrak kental sebanyak 112,6 gram dengan rendemen sebesar 13,65%. Rendemen tersebut telah memenuhi persyaratan yaitu tidak kurang 9,2% (Farmakope Herbal, 2017). Hasil ekstraksi daun kelor dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Ekstraksi dari Daun Kelor (*Moringa oliefera* Lamk)

Sampel	Metode Ekstraksi	Berat Daun Basah	Berat Serbuk (gram)	Berat Ekstrak (gram)	Rendemen Ekstrak (%)
Daun kelor	<i>Ultrasonic Assisted Extraction</i>	10 kg	900	122,9	13,65

4. Hasil evaluasi karakteristik ekstrak etanol daun kelor

Hasil uji karakteristik ekstrak etanol daun kelor meliputi uji organoleptik, pH, kadar air, serta skrining fitokimia dapat dilihat pada tabel **Tabel 5** dan **Tabel 6**. Uji organoleptik bertujuan untuk mengamati karakteristik fisik ekstrak, seperti warna, tekstur, dan aroma. Hasil pengamatan berdasarkan **Gambar 4**, menunjukkan bahwa ekstrak berwarna hijau tua, bertekstur kental dan beraroma khas daun kelor. Kemudian kadar air ekstrak ditentukan menggunakan *moisture content* untuk mengetahui kandungan air dalam ekstrak. Menurut Farmakope Herbal, (2017) kadar air ekstrak etanol daun kelor yaitu tidak lebih dari 10%. Dari hasil diperoleh kadar air ekstrak sebesar 2,24% yang menandakan bahwa ekstrak telah cukup kering. Selain kadar air, dilakukan pengujian pH untuk memastikan pH ekstrak yang akan digunakan sesuai dengan pH kulit yaitu 4,5-6,5 (Iskandar *et al.*, 2021). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pH ekstrak sebesar 5,6 yang masih berada dalam rentang pH kulit.



Gambar 4. Hasil Penguapan Ekstrak Daun Kelor (Dokumentasi pribadi)

Skrining fitokimia dilakukan untuk mendeteksi keberadaan senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak daun kelor. Hasil pengujian secara kualitatif yang menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor positif mengandung senyawa flavonoid, saponin, tanin, dan alkaloid. Hasil skrining fitokimia ekstrak etanol daun kelor dapat dilihat pada **Tabel 6.**

Tabel 5. Hasil Uji Karakteristik Ekstrak Etanol Daun Kelor

Karakteristik ekstrak		Hasil
Organoleptis	Warna	Hijau kecoklatan
	Tekstur	Kental
	Aroma	Khas
pH		5,6

Tabel 6. Hasil Uji Skrining Fitokimia Ekstrak Etanol Daun Kelor

Kandungan	Reagen	Hasil	Keterangan	Teori
Flavonoid	Mg+HCl	+	Warna Merah Bata	Merah tua atau merah bata (Yulia. <i>et al.</i> , 2022)
Saponin	-	+	Terbentuk Buih	Timbulnya buih yang tidak hilang (Yulia. <i>et al.</i> , 2022)
Tanin	FeCl ₃ 1%	+	Hitam Kehijauan	Hijau Kehitaman (Yulia. <i>et al.</i> , 2022)
	Mayer	+	Endapan Putih Kekuningan	Endapan putih kekuningan (Yulia. <i>et al.</i> , 2022)
Alkaloid	Dragendroff	+	Endapan Merah Jingga	Endapanmerah jingga (Yulia. <i>et al.</i> , 2022)
	Wagner	+	Endapan Kuning Jingga	Endapan kuning jingga (Yulia. <i>et al.</i> , 2022)

Keterangan: (-) = Tidak mengandung golongan senyawa. (+) = Mengandung golongan senyawa

5. Formulasi krim dari ekstrak etanol daun kelor

Terdapat tiga jenis formula, yaitu FI, FII, dan FIII yang masing-masing mengandung ekstrak daun kelor dengan konsentrasi 3%, 5%, 7%. Perbedaan penampilan fisik pada tiap formula menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi ekstrak terhadap warna dan tekstur krim. Hasil formulasi krim dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Sediaan Krim Ekstrak Etanol Daun Kelor (Dokumentasi pribadi)

Keterangan: FI (krim konsentrasi ekstrak 3%), FII (krim konsentrasi ekstrak 5%), FIII (krim konsentrasi ekstrak 7%)

6. Evaluasi sifat fisik sediaan krim ekstrak etanol daun kelor

a. Uji organoleptis

Pengamatan organoleptik pada keempat formula krim dapat dilihat pada **Tabel 7**. Berdasarkan hasil uji organoleptis, perbedaan tampak pada warna. Formula menghasilkan warna coklat muda pada FI, coklat pada FII dan coklat tua pada FIII. Seluruh formulasi menghasilkan krim semi padat dengan aroma khas daun kelor, tanpa perbedaan yang mencolok.

b. Uji homogenitas

Berdasarkan hasil pengamatan visual, ketiga sediaan krim menunjukkan tampilan yang seragam tanpa ada gumpalan partikel yang terlihat pada kaca transparan. Hal ini menunjukkan bahwa keempat sediaan krim telah tercampur secara merata dan memenuhi persyaratan homogenitas.

c. Uji pH

Nilai pH dari ketiga formula krim ditampilkan pada **Tabel 7**. FI, FII dan FIII memiliki pH yang berada dalam rentang yang dipersyaratkan menurut Iskandar *et al.*, (2021), yaitu dalam rentang 4,5-6,5.

d. Uji daya sebar

Berdasarkan **Tabel 7**, hasil uji daya sebar dari keempat formula berada pada kisaran yang diperoleh yaitu antar 5 hingga 7 cm. FI memiliki nilai daya sebar tertinggi, sedangkan FIII menunjukkan nilai terendah. Meskipun demikian, seluruh sediaan krim memenuhi kriteria yang dipersyaratkan yaitu 5 hingga 7 cm (Hardiyanti, 2022).

e. Uji daya lekat

Berdasarkan **Tabel 7**, hasil uji daya lekat menunjukkan bahwa FII dan FIII memiliki waktu daya lekat paling lama. Sedangkan FI memiliki waktu daya lekat yang lebih singkat. Secara keseluruhan, keempat formula memenuhi syarat untuk daya lekat sediaan topikal yaitu lebih dari >4 detik (Rikadyanti. *et al.*, 2020).

f. Uji viskositas

Berdasarkan data pada **Tabel 7**, setiap formulayang memiliki viskositas yang berbeda-beda. FI memiliki viskositas yang paling rendah yaitu 25.466 cPs dibanding FII yang memiliki viskositas sebesar 26.466 cPs dan FIII memiliki viskositas sebesar 27.800 cPs. Namun demikian, ketiga formula krim memiliki nilai viskositas yang memenuhi standar SNI dengan nilai viskositas 2000- 50.000 cPs.

g. Uji stabilitas krim dengan sentrifugasi

Pengujian stabilitas menggunakan sentrifugasi dapat dilihat pada **Tabel 8**. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh krim menunjukkan kestabilan fisik yang kurang optimal. Hal ini terlihat dari nilai rasio pemisahan (nilai F) sebesar 0,75, yang menandakan adanya pemisahan fase selama

proses sentrifugasi. Dengan demikian, formula tersebut dianggap kurang stabil secara fisik karena nilai rasio <1 (Harun, 2014).

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
YOGYAKARTA

Tabel 7. Hasil Evaluasi Sifat Fisik Krim Ekstrak Etanol Daun Kelor

Formula	Konsentrasi ekstrak (%)	Organoleptis			Rata-rata±SD pH	Rata-rata±SD Daya sebar (cm)	Rata-rata±SD Daya lekat (detik)	Rata-rata±SD Viskositas (cPs)
		Warna	Bau	Tekstur				
FI	3	Coklat muda	Khas daun kelor	Semi padat	6,0±0,05	5,48±0,123	6,076±0,417	25.466±1527,52
FII	5	Coklat	Khas daun kelor	Semi padat	5,6±0,05	5,28±0,072	6,43±0,48	26.466±577,33
FIII	7	Coklat tua	Khas daun kelor	Semi padat	5,2±0,05	5,276±0,104	6,146±0,819	27.800±400

Tabel 8. Hasil Uji Sentrifugasi Krim Ekstrak Etanol Daun Kelor

Formula	Konsentrasi ekstrak (%)	Nilai Ho (nilai tinggi awal (cm))	Nilai Hu (nilai tinggi akhir (cm))	Rasio pemisahan (F)
FI	3	4	3	0,75
FII	5	4	3	0,75
FIII	7	4	3	0,75

7. Penentuan potensi antioksidan krim ekstrak etanol daun kelor

Pengukuran kemampuan antioksidan sediaan krim daun kelor dilakukan dengan metode spektrofotometri menggunakan DPPH sebagai reagen, dan vitamin C sebagai pembanding. Diperoleh panjang gelombang maksimum DPPH yaitu 518 nm, dan *operating time* 28 menit. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan, nilai IC_{50} semakin menurun. Penurunan nilai IC_{50} ini menunjukkan peningkatan efektivitas senyawa dalam menangkal radikal bebas (Nasution *et al.*, 2018). Hasil pengukuran dapat ditampilkan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Nilai IC_{50} Vitamin C dan Krim Ekstrak Daun Kelor

Kelompok	Formula	Konsentrasi ekstrak	Rata-rata \pm SD IC_{50} (ppm)	Kategori nilai IC_{50}
Vitamin C	-	-	4,863 \pm 0,033	Sangat kuat
Krim Ekstrak Daun Kelor	I	3%	256,78 \pm 1,759	Sangat lemah
	II	5%	187,26 \pm 2,45	Lemah
	III	7%	129,15 \pm 3,22	Sedang

8. Analisis data

a. Hasil statistik evaluasi fisik sediaan krim ekstrak etanol daun kelor

Berdasarkan hasil analisis statistik pada **Tabel 10**, untuk parameter daya lekat dan daya sebar, uji normalitas menunjukkan bahwa data terdistribusi normal. Oleh karena itu, kedua parameter dianalisis menggunakan uji One Way Anova yang menghasilkan nilai signifikansi masing-masing sebesar 0,725 dan 0,462. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar konsentrasi ekstrak terhadap daya lekat dan daya sebar krim. Sementara itu hasil uji pH dan Viskositas menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal tetapi bersifat homogen. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan uji non-parametrik Kruskal-Wallis.

Tabel 10. Hasil Analisis Statistik Sifat Fisik Krim Ekstrak Daun Kelor

Sifat fisik krim	Konsentrasi ekstrak (%)	<i>P-Value</i>			
		Normalitas	Homogenitas	One Way Anova	Kruskal-Wallis
Daya sebar	3	0,368	0,773	0,725	-
	5	0,458			
	7	0,643			
Daya lekat	3	0,289	0,785	0,462	-
	5	1,000			
	7	0,552			
pH	3	0,000	1,000	-	0,025
	5	0,000			
	7	0,000			
Viskositas	3	0,780	0,118	-	0,035
	5	0,000			
	7	0,843			

b. Hasil statistik nilai IC_{50} krim ekstrak etanol daun kelor

Tabel 11. Hasil Statistik Nilai IC_{50} Krim Ekstrak Daun Kelor

Sampel	Konsentrasi (%)	<i>P-Value</i>		
		Normalitas	Homogenitas	One-Way Anova
Krim ekstrak daun kelor	3	0,717	0,486	<0,001
	5	0,452		
	7	0,520		

Berdasarkan hasil uji statistik terhadap nilai IC_{50} krim ekstrak etanol daun kelor pada **Tabel 11**, diketahui bahwa data dari semua krim terdistribusi normal dan homogen. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan uji One-Way Anova, yang menghasilkan nilai signifikansi <0,05 di mana hasil ini menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan.

B. Pembahasan

Tahap pertama dari penelitian dilakukan dengan penentuan jenis daun kelor di Laboratorium Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Tujuan dari langkah ini adalah untuk memastikan bahwa bahan

yang sedang dianalisis benar-benar *Moringa oleifera* Lamk., sehingga keaslian dan kebenaran sampel dapat dijamin. Hasil identifikasi yang terdapat di **Lampiran 1** menunjukkan bahwa bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun kelor (*Moringa oleifera* Lamk.).

Daun kelor diperoleh dari kebun budidaya yang berlokasi di Jl. Bakulan RT 01, Desa Trirenggo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada fakta bahwa masyarakat sekitar umumnya hanya memanfaatkan daun kelor sebagai bahan makanan ringan. Hal tersebut mendorong peneliti untuk menelusuri potensi lain dari daun kelor, yaitu sebagai bahan aktif dalam formulasi sediaan krim. karena berdasarkan penelitian Susanty *et al.* (2019) daun kelor memiliki aktivitas antioksidan dengan kategori sangat kuat.

Daun dipetik pada pagi hari antara pukul 06.00–08.00 WIB, waktu dimana kondisi daun masih segar serta kandungan antioksidannya belum berkurang akibat paparan panas matahari (Nurkhasanah & Dhurhania, 2023). Setelah dipanen, daun dibersihkan menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, kemudian melalui dua tahap pengeringan. Pertama, daun diangin-anginkan pada suhu kamar agar kadar air berkurang secara perlahan tanpa merusak senyawa bioaktif (Nurkhasanah & Dhurhania, 2023). Selanjutnya, proses pengeringan dilakukan menggunakan oven pada temperatur 50°C sampai benar-benar kering, karena suhu yang lebih tinggi bisa merusak senyawa flavonoid (Nurkhasanah & Dhurhania, 2023). Daun yang sudah kering kemudian dihancurkan menggunakan penggiling sampai menjadi bubuk halus, lalu disaring dengan saringan 60 mesh untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam. Dari 10 kg daun kelor segar yang diolah, dihasilkan serbuk sebanyak 900 gram. Serbuk daun kelor ini kemudian diekstraksi untuk memisahkan senyawa aktif yang terkandung di dalamnya.

Dalam penelitian ini, ekstraksi daun kelor dilakukan menggunakan teknik Ultrasonic Assisted Extraction (UAE). Teknik ini dipilih karena dianggap lebih baik daripada maserasi, baik dari segi waktu yang dibutuhkan yang relatif singkat dan ekstrak berkualitas tinggi yang dihasilkan (Susiloningrum & Sari, 2023). Pelarut yang

digunakan adalah etanol 96%, karena sifatnya yang mampu melarutkan senyawa dengan karakteristik polar, nonpolar, maupun semipolar. Dengan demikian, penggunaan etanol 96% dapat meningkatkan efektivitas dalam menarik kandungan aktif dari daun kelor (Husni et al., 2019). Dari proses ekstraksi ini, diperoleh ekstrak pekat dengan berat 122,9 gram dan rendemen 13,65%. Rendemen dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah ekstrak yang diperoleh dengan bobot awal simplisia. Persentase tersebut menunjukkan tingkat keberhasilan dalam memperoleh senyawa bioaktif dari sampel (Putri, 2023). Nilai rendemen 13,29% termasuk kategori baik, karena sesuai dengan ketentuan Farmakope Herbal Indonesia (2017) yang menetapkan standar minimal sebesar 10%. Hal ini menegaskan bahwa ekstraksi daun kelor dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria yang dipersyaratkan.

Ekstrak etanol dari daun kelor selanjutnya dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya, meliputi pengujian organoleptik, kandungan air, pH, serta skrining fitokimia. Hasil dari pengujian organoleptik menunjukkan bahwa ekstrak memiliki warna hijau gelap kehitaman, memiliki tekstur kental, dan mengeluarkan aroma khas daun kelor. Uji kadar air menunjukkan hasil sebesar 2,24%, dan angka ini masih dalam batas yang diterima karena kadar air di bawah 10% dapat menghindari pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur dan bakteri ((Pakpahan & Indradi, 2024). Selain itu, pengukuran pH mencatat angka 5,6, yang menunjukkan ekstrak bersifat sedikit asam dan tetap berada dalam rentang normal pH untuk kulit manusia, yaitu 4,5–6,5 (Riadi et al., 2024). Rentang pH yang tepat ini penting untuk menjaga kestabilan ekstrak dan mengurangi kemungkinan iritasi saat digunakan secara topikal (Okzelia dan Mardiyah, 2023).

Untuk mengetahui apakah ekstrak etanol daun kelor mengandung bahan kimia metabolit sekunder, dilakukan uji fitokimia. Analisis menunjukkan bahwa esensi tersebut memiliki flavonoid, saponin, tanin, dan alkaloid. Saat saponin diuji, busa yang stabil muncul setelah ditambahkan HCl. Fenomena ini terjadi karena saponin memiliki dua bagian, satu yang mudah bersatu dengan air dan satu lagi yang bisa bersatu dengan udara. Ketika larutan dikocok, kedua bagian ini berinteraksi dan menghasilkan busa

(Nurkhasanah & Dhurhania, 2023). Uji tanin menunjukkan hasil positif dengan munculnya warna biru tua hingga hijau kehitaman. Perubahan warna ini disebabkan oleh hubungan antara gugus hidroksil pada fenol tanin dan ion Fe^{3+} dari reagen FeCl_3 . Reaksi ini membuat kompleks yang melibatkan atom non-logam pada tanin dan ion logam dari reagen (Putri, 2023). Di sisi lain, uji alkaloid juga memberikan hasil positif pada ketiga reagen. Dengan reagen Mayer, terbentuk endapan putih karena interaksi nitrogen dalam alkaloid dengan ion kalium (K^+) dari kalium tetraiodomercurat (II), yang membuat kompleks kalium-alkaloid. Di reagen Dragendorff, endapan muncul karena reaksi nitrogen dengan ion logam Bi^{3+} , sedangkan pada reagen Wagner, nitrogen dalam alkaloid bereaksi dengan ion logam dari reagen sehingga menghasilkan endapan (Putri, 2023). Ketiga hasil pengujian ini menguatkan bukti bahwa ekstrak etanol dari daun kelor memang mengandung alkaloid.

Dalam proses pembuatan krim, ekstrak daun kelor dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam krim karena memiliki peran sebagai antioksidan (Nifa *et al.*, 2023). Daun kelor dimanfaatkan karena memiliki senyawa flavonoid, saponin, tanin dan alkaloid yang telah dibuktikan pada uji skrining fitokimia di atas. Span 60 (sorbitan monostearat) digunakan sebagai bahan pengemulsi yang larut dalam minyak dan mudah terdispersi dalam air (Harun, 2014). Bahan ini biasanya dipakai pada konsentrasi 1–5% (Rowe *et al.*, 2017). Tween 80 (polisorbat 80) digunakan sebagai bahan pengemulsi yang larut dalam air dan etanol (Harun, 2014). Konsentrasi yang biasa digunakan dalam sediaan krim yaitu 1–5%, atau hingga 10% apabila dikombinasikan dengan pengemulsi lain lain (Rowe *et al.*, 2017). Asam stearat berfungsi sebagai pengental dengan rentang konsentrasi yang biasa digunakan yaitu 1-20% (Harun, 2014). Dimetikon berfungsi sebagai emolien yang membuat lapisan film pada permukaan kulit sehingga mempertahankan kelembaban yang sudah ada dalam lapisan kulit (Akmal *et al.*, 2023). Umumnya dimetikon digunakan dengan rentang konsentrasi 10-30% (Rowe *et al.*, 2017). Vaseline album digunakan sebagai emolien yang membentuk lapisan pelindung di kulit untuk mempertahankan kelembaban

(Harun, 2014). Konsentrasi vaselin yang biasa digunakan yaitu 10–30% (Rowe *et al.*, 2017). Lanolin anhidrat juga berfungsi sebagai emolien untuk membantu melembutkan kulit serta membantu mencampurkan bahan dalam krim (Harun, 2014). Konsentrasi penggunaan lanolin dalam sediaan krim yaitu 10-30% (Rowe *et al.*, 2017). Nipagin dan nipasol digunakan sebagai pengawet dalam sediaan krim dengan konsentrasi nipagin yaitu 0,02-0,3% dan nipasol yaitu 0,01-0,6% (Harun, 2014). Menurut Putri (2023), penggunaan nipagin dan nipasol dapat memberikan aktivitas antimikroba dan digunakan sebagai bahan antibakteri dalam sediaan krim. Gliserin berfungsi sebagai humektan karena digunakan karena gliserin merupakan komponen higroskopis yang dapat mengikat dan mengurangi jumlah air yang menggunakan kulit (Sukmawati *et al.*, 2019). Konsentrasi pemakaian dalam sediaan krim yaitu <30% (Rowe *et al.*, 2017). Propilen glikol berfungsi sebagai humektan yang menarik air ke permukaan kulit sehingga kulit menjadi lembap (Harun, 2014). Umumnya propilen glikol digunakan dalam jumlah 1-15% dalam sediaan krim (Rowe *et al.*, 2017).

Tahap berikutnya yaitu evaluasi karakteristik fisik krim, yang meliputi uji organoleptik, pH, daya sebar, daya lekat, viskositas, serta stabilitas melalui uji sentrifugasi. Uji organoleptik dilakukan untuk menilai sifat fisik sediaan dengan cara mengamati warna, bentuk, dan aroma secara visual. Hasil pengamatan menunjukkan perbedaan paling nyata terdapat pada warna krim. Formula FI berwarna cokelat muda, FII cokelat, dan FIII cokelat tua. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak yang digunakan dalam setiap formula, begitu pula dengan variasi warna. Semakin tinggi kadar ekstrak, semakin gelap warna krim yang terbentuk. Temuan ini sejalan dengan penelitian Hardiyanti (2022), yang melaporkan bahwa peningkatan kadar ekstrak berbanding lurus dengan intensitas warna produk.

Pengujian homogenitas dilaksanakan untuk memastikan semua bahan dalam krim tercampur secara merata. Berdasarkan pengamatan secara visual, semua formula krim menunjukkan penampilan yang konsisten tanpa adanya butiran kasar atau gumpalan di dalam gelas transparan. Ini menunjukkan bahwa setiap komponen telah bercampur

dengan baik, sehingga menghasilkan formulasi yang seragam dan memenuhi standar kualitas krim topikal..

Pengujian pH dilakukan untuk mengukur seberapa asam atau basa krim tersebut, dengan tujuan memastikan bahwa produk tersebut aman untuk digunakan di kulit (Okzelia & Mardiyah, 2023). Iskandar et al. (2021) menjelaskan bahwa krim yang digunakan di kulit seharusnya mempunyai pH yang identik terhadap pH alami kulit, ialah antara 4,5 sampai 6,5. Jika pH terlalu rendah (asam), bisa menyebabkan iritasi, sementara pH yang terlalu tinggi (basa) bisa membuat kulit menjadi kering dan bersisik (Putri, 2023). Hasil pengujian menunjukkan bahwa formula F1 memiliki pH $6,0 \pm 0,05$; FII $5,6 \pm 0,05$; dan FIII $5,2 \pm 0,05$. Semua formula ini masih berada dalam batas pH normal untuk kulit. Penurunan pH pada FI, FII, dan FIII disebabkan karena penambahan ekstrak daun kelor yang bersifat asam, sehingga berpengaruh pada keasaman krim. Namun, pH keseluruhan produk tetap sesuai dengan standar keamanan untuk kulit (Rikadyanti et al., 2020).

Data yang diukur untuk pH kemudian dianalisis dengan cara statistik. Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data tersebut tidak mengikuti distribusi normal karena nilai signifikansinya kurang dari 0,05. Namun, uji homogenitas dengan metode Levene memperlihatkan hasil berbeda, yaitu data tersebut homogen dengan nilai signifikansi lebih dari 0,05. Berdasarkan kondisi ini, analisisnya dilanjutkan dengan menggunakan metode non-parametrik Kruskal-Wallis untuk melihat perbedaan nilai pH antara berbagai formula. Hasil tes ini menunjukkan perubahan pH yang signifikan secara statistik, dengan tingkat signifikansi kurang dari 0,05. Langkah analisis selanjutnya adalah melakukan uji post hoc untuk melihat perbedaan yang lebih spesifik antara formula-formula tersebut. Didapati bahwa ada perbedaan yang penting antara pasangan F1 dengan F2, F1 dengan F3, dan F2 dengan F3. Temuan ini menunjukkan bahwa nilai pH krim menurun dengan meningkatnya kandungan ekstrak.

Di samping itu, dilakukan uji kemampuan distribusi untuk mengevaluasi sejauh mana krim dapat menyebar pada permukaan kulit (Putri, 2023). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada setiap formula. Formula F1

menunjukkan daya sebar $5,48 \pm 0,123$ cm, FII mencapai $5,28 \pm 0,072$ cm, dan FIII berkisar pada $5,276 \pm 0,104$ cm. Formula FI tercatat memiliki jangkauan penyebaran yang paling luas, menunjukkan bahwa viskositasnya lebih rendah dibandingkan dengan formula lainnya. Sebaliknya, FIII menunjukkan tingkat sebar terendah, mungkin disebabkan oleh peningkatan viskositas yang terjadi akibat penambahan ekstrak daun kelor dalam jumlah yang lebih banyak. Menurut pandangan Alqushay et al. (2024), semakin tinggi viskositas suatu formulasi, semakin terbatas pula kemampuannya untuk menyebar.

Hasil analisis statistik mengenai distribusi menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada ANOVA melebihi 0,05. Ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik dalam daya sebar antara setiap formula. Dengan kata lain, meskipun FI menunjukkan tingkat penyebaran tertinggi dan FIII terendah, variasi ini tidak dianggap signifikan secara statistik. Perbedaan yang terjadi kemungkinan besar disebabkan oleh variasi dalam viskositas akibat perbedaan konsentrasi ekstrak (Alqushay et al. , 2024) Meskipun demikian, semua formula tetap dalam batas yang sesuai dengan kriteria daya sebar dari sediaan krim.

Selain itu, dilakukan pula pengujian viskositas untuk menilai tingkat kekentalan tiap formula. Krim yang ideal biasanya memiliki viskositas lebih dari 5000 cPs agar tidak terlalu cair, namun tetap mudah digunakan (Thomas *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil pengukuran, viskositas formula F1 tercatat sebesar 25.466 cPs, FII sebesar 26.466 cPs, dan FIII sebesar 27.800 cPs. Formula FIII menunjukkan viskositas tertinggi, sedangkan nilai terendah terdapat pada FI. Sesuai dengan pendapat Awalludin *et al.*, (2022) semakin banyak ekstrak yang ditambahkan, maka semakin tinggi juga kualitas kekentalan krim. Di sisi lain, jika jumlah ekstrak yang ditambahkan sedikit, maka kekentalan yang dihasilkan juga akan rendah.

Data hasil pengukuran viskositas dianalisis secara statistik. Uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal karena nilai signifikansi $< 0,05$. Meskipun demikian, uji homogenitas dengan metode Levene memperlihatkan bahwa data bersifat homogen ($p > 0,05$). Oleh sebab itu, pengujian dilanjutkan

menggunakan metode non-parametrik Kruskal-Wallis untuk mengevaluasi perbedaan nilai viskositas antar formula. Hasil analisis memperlihatkan signifikansi $<0,05$, yang menandakan adanya perbedaan nyata. Uji lanjutan pasca analisis mengungkapkan bahwa perbedaan signifikan terjadi antara F1 dan F3. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar ekstrak berpengaruh terhadap viskositas krim, yang tercermin dari perbedaan signifikan antara kedua formula tersebut. Sementara itu, nilai viskositas F2 tidak menunjukkan perbedaan bermakna secara statistik, sehingga dianggap tidak signifikan.

Selain itu, dilakukan pengujian daya lekat untuk mengetahui seberapa lama krim dapat bertahan menempel di kulit. Krim yang memiliki daya lekat yang tinggi cenderung memiliki masa guna yang lebih lama saat diaplikasikan pada kulit, sehingga pelepasan zat aktif dapat terjadi dengan lebih efektif (Thomas et al. , 2022). Menurut hasil pengujian, rata-rata daya lekat untuk F1 tercatat 5,83 detik, F1 sebesar 6,07 detik, F2 sebesar 6,43 detik, dan F3 sebesar 6,14 detik. Semua rumus menunjukkan waktu adhesi lebih dari 4 detik, yang menunjukkan bahwa sediaan topikal tersebut sudah memenuhi syarat. Dari hasil tersebut, FII dan FIII memiliki waktu lekat paling lama, sementara FI menunjukkan waktu lekat yang lebih singkat. Peningkatan konsentrasi ekstrak berbanding lurus dengan meningkatnya daya lekat krim (Putri, 2023). Oleh karena itu, tingginya konsentrasi ekstrak pada FII dan FIII menyebabkan daya lekatnya lebih besar, sedangkan pada FI yang mengandung sedikit atau tanpa ekstrak, daya lekatnya lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan ekstrak berperan penting dalam meningkatkan kemampuan krim untuk menempel di kulit (Ningsih *et al.*, 2019).

Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik. Hasil uji ANOVA menunjukkan nilai signifikansi 0,462 ($p > 0,05$), yang berarti tidak ada perbedaan bermakna pada parameter daya lekat di antara berbagai formula krim. Walaupun secara numerik formula FIII memiliki nilai daya lekat lebih tinggi dibandingkan formula lain, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, variasi konsentrasi ekstrak daun kelor tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kemampuan

daya lekat krim. Temuan ini konsisten dengan penelitian Muthoharoh & Ratna Rianti (2020) yang menyatakan bahwa penambahan ekstrak daun kelor kurang dari 10 gram dalam sediaan krim tidak memengaruhi daya lekat maupun daya sebar. Analisis statistik lebih lanjut juga menegaskan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antar formula.

Pengujian stabilitas krim dilakukan melalui metode sentrifugasi untuk mengetahui ketahanan fisik krim setelah diberi perlakuan dengan kecepatan tinggi 5000 rpm selama 30 menit. Kecepatan ini dianggap setara dengan pengaruh gravitasi pada penyimpanan krim selama satu tahun (Zulkarya & Hastuti, 2018). Evaluasi dilakukan dengan mengukur tinggi krim sebelum (H_o) dan sesudah sentrifugasi (H_u). Nilai rasio pemisahan diperoleh dari perbandingan tinggi akhir dengan tinggi awal ($F = H_u/H_o$). Dari hasil uji diperoleh tinggi awal krim (H_o) sebesar 4 cm dan tinggi akhir (H_u) sebesar 3 cm pada semua formula, sehingga menghasilkan rasio 0,75. Angka ini menunjukkan adanya penurunan tinggi krim, yang berarti terjadi pemisahan fase setelah diberi gaya sentrifugal. Menurut Harun (2014), pemisahan krim dapat disebabkan oleh adanya bahan yang tidak tahan panas, seperti lanolin dan vaselin dengan titik leleh di bawah 50°C. Pada proses pembuatan, pemanasan hingga 70°C yang digunakan untuk melelehkan bahan kemungkinan menimbulkan ketidakseimbangan antara fase minyak, fase air, maupun pengemulsi, sehingga kestabilan emulsi tidak dapat dipertahankan saat diberi gaya sentrifugal tinggi. Selain itu, pemisahan juga bisa terjadi akibat jumlah emulsifier yang tidak seimbang, di mana span 60 pada fase minyak digunakan lebih banyak daripada tween 80 pada fase air. Ketidakseimbangan ini membuat distribusi tegangan permukaan tidak merata, sehingga emulsi yang terbentuk menjadi kurang stabil dan akhirnya memicu terjadinya pemisahan pada krim.

Aktivitas antioksidan, pada penelitian ini menggunakan metode DPPH karena proses pengujian aktivitas antioksidan lebih sederhana, mudah dan cepat (Ibroham *et al.*, 2020). Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan antioksidan yang terdapat dalam krim ekstrak daun kelor. Karena memiliki potensi sebagai

antioksidan, ekstrak daun kelor diformulasikan menjadi krim untuk menilai efektivitasnya dalam menangkal radikal bebas. Larutan DPPH disimpan dalam botol kaca gelap yang dibungkus aluminium foil agar tidak rusak akibat paparan cahaya. Hasil *scanning* panjang gelombang pada rentang 400–600 nm, menunjukkan hasil panjang gelombang maksimum DPPH yaitu 518 nm. Hal ini sejalan dengan penelitian Kausar *et al.* (2023) yang memperoleh nilai panjang gelombang maksimum DPPH yaitu sebesar 518 nm. Selanjutnya, dilakukan penentuan waktu operasional (*operating time*) untuk mengetahui waktu yang paling stabil dalam pengukuran absorbansi senyawa. Nilai absorbansi DPPH yang paling stabil tercatat pada menit ke-28. Hasil ini sejalan dengan penelitian Putri (2023) yang menunjukkan bahwa waktu optimal untuk memastikan reaksi antara DPPH dengan senyawa antioksidan mencapai kondisi stabil adalah mendekati 30 menit.

Pengujian aktivitas antioksidan pada sediaan krim ekstrak etanol daun kelor dilakukan menggunakan metode spektrofotometri dengan DPPH. Vitamin C digunakan sebagai pembanding karena menurut penelitian Melinda *et al.* (2024) vitamin C merupakan senyawa antioksidan alami dalam bentuk murni sehingga aktivitas antioksidannya sangat kuat dalam meredam radikal bebas DPPH dengan % inhibisi hampir mencapai 100%. Berdasarkan hasil pengukuran nilai IC_{50} , vitamin C sebagai kontrol positif menunjukkan nilai IC_{50} sebesar 4,863 ppm yang dikategorikan sebagai antioksidan sangat kuat. Hal ini sesuai dengan karakteristik vitamin C sebagai senyawa antioksidan murni yang secara luas diketahui sangat efektif dalam menangkal radikal bebas. Hal ini menunjukkan bahwa basis krim tidak memiliki aktivitas antioksidan. Selanjutnya Penambahan ekstrak daun kelor pada FI (3%) menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 256,78 ppm, yang dikategorikan sebagai antioksidan sangat lemah. Pada FII (5%), terjadi penurunan nilai IC_{50} menjadi 187,26 ppm, masuk dalam kategori lemah. Sementara pada FIII (7%), nilai IC_{50} kembali menurun menjadi 129,15 ppm, juga dikategorikan sebagai antioksidan sedang. Penurunan nilai IC_{50} seiring dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan

senyawa aktif dalam ekstrak daun kelor, maka semakin besar kemampuan krim untuk menangkal radikal bebas (Hardiyanti, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor memiliki aktivitas antioksidan yang potensial dan dapat berperan penting dalam formulasi krim topikal sebagai agen antioksidan alami. Nifa *et al.* (2023)

Selanjutnya, data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik. Berdasarkan hasil uji normalitas, formula kontrol dan formula dari ekstrak etanol daun kelor pada konsentrasi 3%, 5%, dan 7% menunjukkan nilai signifikan $>0,05$. Uji homogenitas Leven menunjukkan nilai signifikan $>0,05$. Oleh karena itu, dilanjutkan dengan One-Way Anova di mana hasil menunjukkan nilai signifikansi $<0,050$. Selanjutnya uji post hoc untuk melihat berbeda signifikan dari tiap kelompok, dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa data berbeda signifikan karena nilai $\text{sig} < 0,05$ yaitu pada konsentrasi 3% dengan 5%, 3% dengan 7%, 5% dengan 7%, yang artinya adanya perbedaan yang signifikan terhadap krim dengan variasi konsentrasi ekstrak daun kelor. Adanya ekstrak yang mengandung senyawa flavonoid dan polifenol, di mana flavonoid utama yaitu kursetin yang merupakan senyawa antioksidan kuat dalam daun kelor (Satriyani, 2021). Menurut Hardiyanti (2022), semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun kelor, maka senyawa aktif yang terkandung akan semakin banyak sehingga aktivitas antioksidannya semakin besar. Hal ini terlihat dari menurunnya nilai IC_{50} pada krim yang mengandung ekstrak dengan konsentrasi 3% (FI), 5% (FII), dan 7% (FIII).