

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil**

##### **1. Pengumpulan Bahan dan Determinasi Tanaman**

Penelitian ini menggunakan biji kopi robusta sebagai zat aktif dalam sediaan gel tabir surya. Biji kopi robusta diperoleh dari budidaya petani kopi Gayeng di Dusun Tompak, Kelurahan Genting, Kecamatan Jambu, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah yang dipanen pada tanggal 20 Juli 2024. Determinasi tanaman biji kopi robusta dilakukan pada tanggal 2 Mei 2025 di Laboratorium Pembelajaran Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Terapan, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta. Berdasarkan hasil determinasi pada Lampiran 2, tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner).

##### **2. Sortasi Biji Kopi Robusta**

Biji kopi robusta kategori medium yang diperoleh pada tanggal 14 April 2025 disortasi ulang secara fisik untuk memisahkan biji yang pecah, tidak utuh, atau tidak membelah. Biji yang telah disortasi kemudian diserbuk untuk memperluas permukaan kontak antara pelarut dan simplisia selama proses ekstraksi, sehingga senyawa aktif di dalam simplisia dapat terekstraksi secara optimal (Ardyanti *et al.*, 2020). Proses pengayakan simplisia bertujuan untuk mendapatkan ukuran partikel simplisia yang seragam (Handayani & Azzahra, 2024). Dari penyerbukan 1 kg biji kopi robusta diperoleh 892,67 g serbuk kering halus, berwarna coklat dan berbau khas biji kopi (Gambar 11).



**Gambar 11. Serbuk biji kopi robusta**

### 3. Ekstraksi biji Kopi Robusta

Ekstrak etanol biji kopi robusta diperoleh melalui metode maserasi. Metode ini umum digunakan untuk mengekstraksi senyawa aktif yang bersifat termolabil, seperti senyawa fenolik dan turunannya, dengan cara yang sederhana dan efisien (Dewi *et al.*, 2019). Prinsip kerja maserasi didasarkan pada kemampuan pelarut untuk menembus dinding sel simplisia dan melarutkan senyawa aktif di dalamnya sehingga senyawa tersebut dapat terdistribusi ke dalam pelarut (Asworo & Widwiastuti, 2023). Etanol 96% digunakan sebagai pelarut karena bersifat selektif, tidak toksik, dan memiliki kemampuan ekstraksi yang tinggi sehingga mampu menarik senyawa polar, semipolar, maupun non-polar (Wendersteyt *et al.*, 2021). Oleh karena itu, etanol 96% efektif digunakan untuk mengekstraksi asam klorogenat yang bersifat polar dan kafein yang bersifat semipolar dari biji kopi robusta.

Proses maserasi dilakukan dengan merendam serbuk halus biji kopi robusta ke dalam bejana maserasi selama tiga hari dan disertai pengadukan secara berkala untuk mempercepat proses penarikan senyawa aktif dari biji kopi robusta. Bejana maserasi disimpan di tempat gelap untuk mencegah reaksi yang dikatalisis cahaya atau mencegah perubahan warna (Putri *et al.*, 2024). Setelah proses maserasi selama 3 hari, ekstrak disaring untuk memisahkan ampas dan filtrat. Proses remaserasi dilakukan selama 2 hari untuk mengekstraksi kembali senyawa aktif yang masih tersisa setelah proses maserasi pertama (Wendersteyt *et al.*, 2021). Filtrat hasil maserasi dan remaserasi selanjutnya dikentalkan pada suhu 50°C hingga diperoleh ekstrak kental. Suhu pengentalan ini dipilih untuk menjaga

kestabilan asam klorogenat yang termasuk senyawa fenolik agar tidak rusak atau hilang (Virhananda *et al.*, 2022), sedangkan kafein yang termasuk senyawa alkaloid cenderung lebih tahan terhadap suhu tinggi sehingga tidak mudah mengalami kerusakan selama proses tersebut (Zarwinda & Sartika, 2019). Hasil ekstrak kental terdapat pada Gambar 12.



**Gambar 12. Ekstrak kental biji kopi robusta**

Pada penelitian ini, ekstrak kental dari biji kopi robusta yang diperoleh sebanyak 110,17 gram. Rendemen ekstrak biji kopi robusta diperoleh sebesar 22,03% dan telah memenuhi persyaratan rendemen yang baik yaitu  $>10\%$  (Badriyah & Fariyah, 2023). Nilai rendemen tersebut mencerminkan jumlah senyawa bioaktif utama yang berhasil terekstraksi, khususnya kafein dan asam klorogenat yang termasuk kedalam senyawa fenolik. Keberadaan kedua senyawa ini didukung oleh hasil uji fitokimia yang menunjukkan reaksi positif terhadap senyawa kafein dan senyawa fenolik dimana asam klorogenat merupakan salah satu golongan senyawa fenolik dengan kandungan terbesar dalam biji kopi robusta (Febrianti & Setyaningtyas, 2021). Rendemen yang tinggi menunjukkan potensi kandungan kedua senyawa tersebut lebih banyak dalam ekstrak yang dihasilkan (Senduk *et al.*, 2020). Perhitungan rendemen dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4. Karakterisasi ekstrak etanol biji kopi robusta

Hasil uji karakterisasi ekstrak etanol biji kopi robusta yang mencakup uji organoleptik, kadar air (*moisture content*), dan skrining fitokimia, disajikan pada

Tabel 5. Uji organoleptik dilakukan untuk mengamati karakteristik fisik ekstrak, seperti bau, warna, dan tekstur sehingga dapat memberikan gambaran objektif.

**Tabel 5. Hasil uji karakterisasi ekstrak biji kopi robusta**

Karakteristik	Hasil	
Organoleptik	Bau	Khas biji kopi
	Warna	Coklat pekat
	Tekstur	Kental
<i>Moisture content</i>	2,07%	

Uji kadar air (*moisture content*) pada ekstrak etanol biji kopi robusta bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam ekstrak tersebut. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar air pada ekstrak biji kopi robusta sebesar 2,07% tidak melebihi batas maksimum sebesar 10%. Nilai ini menunjukkan bahwa ekstrak memiliki kadar air yang rendah sehingga dapat meminimalkan pertumbuhan mikroorganisme serta menjaga kestabilan ekstrak (Sasongko *et al.*, 2024).

Uji skrining fitokimia bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa aktif dalam ekstrak biji kopi robusta secara kualitatif. Hasil uji menunjukkan bahwa ekstrak positif mengandung senyawa fenolik dan kafein. Salah satu jenis senyawa fenolik yang terdapat dalam biji kopi robusta adalah asam klorogenat. Hasil uji fitokimia dapat dilihat pada Tabel 6.

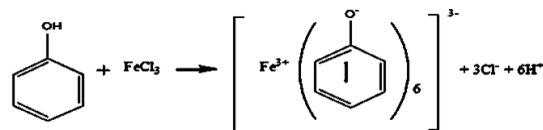
**Tabel 6. Hasil uji fitokimia ekstrak biji kopi robusta**

Kandungan	Reagen	Hasil	Keterangan	Referensi
Fenolik	FeCl <sub>3</sub> 1%	Larutan berwarna hijau pekat	+	Larutan berwarna hijau pekat (Adawiyah <i>et al.</i> , 2023)
Kafein	Amonia 21% + Parry	Larutan berwarna hijau	+	Larutan berwarna hijau (Lestari <i>et al.</i> , 2023)

Keterangan: (+) : Positif mengandung senyawa  
(-) : Negatif mengandung senyawa

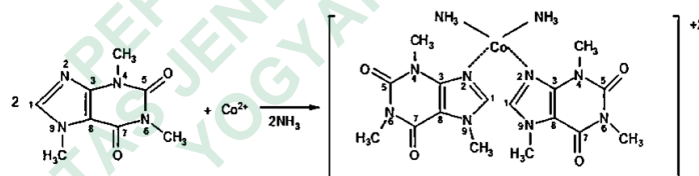
Identifikasi senyawa fenolik dilakukan menggunakan pereaksi FeCl<sub>3</sub> yang secara luas digunakan untuk mengidentifikasi senyawa fenolik termasuk asam

klorogenat. Warna hijau yang timbul disebabkan oleh terbentuknya senyawa kompleks antara ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan gugus hidroksil senyawa fenolik. Reaksi dapat dilihat pada Gambar 13.



**Gambar 13. Reaksi senyawa fenolik dengan  $\text{FeCl}_3$**  (Putri *et al.*, 2019)

Identifikasi kafein dilakukan dengan melarutkan ekstrak ke dalam etanol 96%, kemudian ditambahkan amonia 21% dan reagen Parry. Dalam kondisi basa ( $\text{NH}_3$ ), ion logam  $\text{Co}^{2+}$  yang berperan sebagai atom pusat akan membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan kafein, menghasilkan senyawa kompleks yang ditandai dengan perubahan warna menjadi hijau (Lestari *et al.*, 2023). Reaksi dapat dilihat pada Gambar 14.



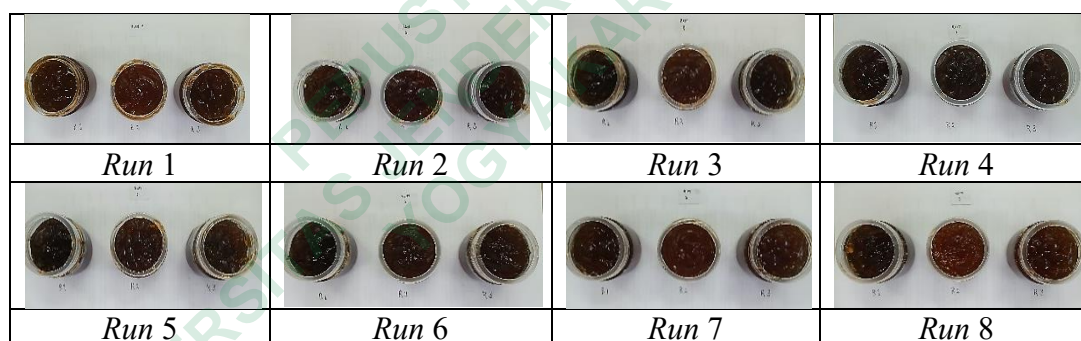
**Gambar 14. Reaksi senyawa kafein dengan reagen Parry dan amonia** (Lestari *et al.*, 2023)

5. Evaluasi fisik sediaan gel ekstrak biji kopi robusta
  - a. Uji organoleptik

Uji organoleptik sediaan bertujuan untuk mendeskripsikan bau, warna dan tekstur yang dihasilkan dengan bantuan panca indra. Hasil gel yang didapatkan dari 8 *run* formula dapat dilihat pada Tabel 7. Gel yang dihasilkan secara keseluruhan adalah kental, berwarna coklat tua dan berbau khas kopi seperti yang terlihat dalam Gambar 15.

Tabel 7. Hasil uji organoleptik dan homogenitas gel ekstrak biji kopi robusta

Run	Proporsi Gliserin (g)	Proporsi Propilen Glikol (g)	Bau	Warna	Tekstur	Homogenitas
1	7,5	2,5	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen
2	0	10	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen
3	10	0	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen
4	5	5	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen
5	0	10	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen
6	10	0	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen
7	5	5	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen
8	2,5	7,5	Berbau khas kopi	Coklat tua	Kental	Homogen



Gambar 15. Tampilan fisik gel ekstrak biji kopi robusta

Tabel 8. Karakteristik fisik gel ekstrak biji kopi robusta

Run	Proporsi		Karakteristik fisik gel (rata-rata $\pm$ SD)			
	Gliserin (g)	Propilen Glikol (g)	pH	Daya Lekat (detik)	Daya Sebar (cm)	Viskositas (cPs)
1	7,5	2,5	6,20 $\pm$ 0	2,90 $\pm$ 0,11	5,20 $\pm$ 0,03	13713,30 $\pm$ 100,66
2	0	10	5,43 $\pm$ 0,06	0,77 $\pm$ 0,04	6,63 $\pm$ 0,04	7473,33 $\pm$ 30,55
3	10	0	6,30 $\pm$ 0	3,22 $\pm$ 0,1	4,87 $\pm$ 0,05	14986,67 $\pm$ 83,27
4	5	5	6,03 $\pm$ 0,06	2,50 $\pm$ 0,09	5,71 $\pm$ 0,05	12440 $\pm$ 72,11
5	0	10	5,47 $\pm$ 0,06	0,65 $\pm$ 0,03	6,67 $\pm$ 0,05	7466,67 $\pm$ 151,44
6	10	0	6,33 $\pm$ 0,06	3,33 $\pm$ 0,14	4,92 $\pm$ 0,06	14286,67 $\pm$ 213,85
7	5	5	6,10 $\pm$ 0	2,65 $\pm$ 0,01	5,58 $\pm$ 0,06	12560 $\pm$ 144,22
8	2,5	7,5	5,80 $\pm$ 0	1,75 $\pm$ 0,07	6,07 $\pm$ 0,03	9306,67 $\pm$ 70,24

Keterangan: Hasil rerata 3 data replikasi

b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk memastikan bahwa sediaan gel yang dihasilkan telah tercampur secara merata. Pengamatan dilakukan secara visual dengan tidak ditemukannya butiran kasar pada sediaan. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 7, seluruh *run* menunjukkan karakteristik yang homogen.

c. Uji pH

Uji pH dilakukan untuk memastikan bahwa sediaan gel memiliki tingkat keasaman yang aman dan sesuai dengan pH fisiologis kulit. Nilai pH yang ideal berada pada kisaran netral, karena pH yang terlalu asam dapat menyebabkan iritasi, sedangkan pH yang terlalu basa dapat mengganggu kelembapan alami kulit dan menyebabkan kulit kering (Chandra & Rahmah, 2022). Berdasarkan hasil pengujian pH yang disajikan pada Tabel 8, formula dengan proporsi propilen glikol yang lebih tinggi menunjukkan kecenderungan memiliki nilai pH yang lebih rendah. Nilai pH terendah tercatat pada *run* 2 sebesar 5,43 dan *run* 5 sebesar 5,47 dengan perbandingan gliserin : propilen glikol 0 : 10. Sebaliknya, nilai pH tertinggi diperoleh pada *run* 3 sebesar 6,30 dan *run* 6 sebesar 6,33, dengan perbandingan gliserin : propilen glikol 10 : 0. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedelapan run memenuhi syarat nilai pH yang baik yaitu 4,5-6,5 (Salenda *et al.*, 2018).

d. Uji daya lekat

Uji daya lekat dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sediaan gel dalam mempertahankan adhesi pada permukaan kulit. Semakin lama daya lekat suatu sediaan, maka semakin besar potensi efek farmakologis yang dapat dihasilkan karena kontak antara sediaan dan kulit berlangsung lebih lama (Rizky *et al.*, 2024). Hasil uji daya lekat dari 8 *run* ditunjukkan pada Tabel 8. Nilai daya lekat tertinggi tercatat pada *run* 3 sebesar 3,22 detik dan *run* 6 sebesar 3,33 detik dengan perbandingan gliserin : propilen glikol 10 : 0. Hasil ini memenuhi kriteria daya lekat yang baik yaitu >1 detik (Irianto *et al.*, 2020).

Sebaliknya, daya lekat paling cepat diperoleh pada *run* 2 sebesar 0,77 detik dan *run* 5 sebesar 0,65 detik dengan proporsi gliserin : propilen glikol 0 : 10. Nilai tersebut tidak memenuhi syarat daya lekat yang baik dikarenakan tingginya proporsi propilen glikol sehingga membuat sediaan gel terlalu encer. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa formula dengan proporsi gliserin yang lebih tinggi memiliki daya lekat lebih lama dibandingkan formula dengan proporsi propilen glikol yang lebih tinggi.

e. Uji daya sebar

Uji daya sebar dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sediaan gel dalam menyebar saat diaplikasikan pada permukaan kulit. Daya sebar yang baik memungkinkan gel dioleskan secara merata tanpa tekanan berlebih, sehingga memperluas area kontak antara gel dan kulit serta mendukung distribusi zat aktif secara optimal (Sumule *et al.*, 2020). Hasil uji daya sebar dari 8 *run* ditunjukkan pada Tabel 8. Daya sebar paling luas ditunjukkan pada *run* 2 sebesar 6,53 cm dan *run* 5 sebesar 6,67 cm dengan proporsi gliserin : propilen glikol 0 : 10. Hasil tersebut memenuhi persyaratan daya sebar yang baik yaitu 5-7 cm (Irianto *et al.*, 2020). Sebaliknya, daya sebar paling rendah pada *run* 3 sebesar 4,87 cm dan *run* 6 sebesar 4,92 cm dengan proporsi gliserin : propilen glikol 10 : 0. Nilai tersebut tidak memenuhi syarat daya sebar yang baik karena tingginya proporsi gliserin sehingga membuat sediaan gel terlalu kental dan kurang mudah menyebar.

f. Uji viskositas

Uji viskositas dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kekentalan atau resistensi aliran dari sediaan gel. Viskositas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gel menjadi sangat kental sehingga sulit dikeluarkan dari kemasan. Sebaliknya, viskositas yang terlalu rendah akan menghasilkan gel yang terlalu encer dan mudah menetes saat diaplikasikan ke permukaan kulit (Sumule *et al.*, 2020). Rentang nilai viskositas sediaan gel dari kedelapan *run* adalah 8000-15080 cPs. Nilai ini menunjukkan bahwa seluruh *run* formula

memenuhi syarat nilai viskositas yang baik yaitu 2.000-50.000 cPs (Rusli *et al.*, 2023). Nilai viskositas paling tinggi ditunjukkan pada *run* 3 sebesar 14986,67 cPs dan *run* 6 sebesar 14286,67 cPs dengan proporsi gliserin : propilen glikol 10 : 0. Sebaliknya, viskositas paling rendah ditunjukkan pada *run* 2 sebesar 7473,33 dan *run* 5 sebesar 7466,67 cPs dengan proporsi gliserin : propilen glikol 0 : 10. Berdasarkan hasil uji viskositas, formula dengan proporsi gliserin memiliki viskositas yang lebih tinggi. Hasil uji viskositas dari 8 *run* ditunjukkan pada Tabel 8.

#### 6. Penentuan formula optimum

Penentuan formula optimal dilakukan berdasarkan hasil respon yang menunjukkan perbedaan yang signifikan menggunakan *software Design Expert* versi 13 metode *Simplex Lattice Design*. Respon yang digunakan dalam proses optimasi meliputi nilai pH, daya lekat, daya sebar, dan viskositas. Seperti ditunjukkan pada Tabel 9, nilai *importance* sebesar 4 digunakan dalam proses optimasi, dengan rentang level antara 1 hingga 5. *Importance* adalah nilai yang menyatakan seberapa penting komponen, variabel ataupun respon tersebut untuk dioptimasi dibandingkan dengan komponen, variabel ataupun respon lainnya, dimana semakin tinggi nilai *importance* maka semakin penting komponen, variabel atau respon tersebut untuk dioptimasi (Ma'wah *et al.*, 2024). Pada penelitian ini, komponen dan semua respon memiliki nilai *importance* sebesar 4 yang berarti komponen dan semua respon memiliki pengaruh yang sama terhadap sediaan gel ekstrak biji kopi robusta.

Nilai pH sediaan gel dibuat *in range* dengan bobot kepentingan (*importance*) bernilai 4 (++++). Bobot kepentingan nilai pH dibuat 4 karena nilai pH memberikan pengaruh dalam melindungi *skin barrier* dan mengurangi risiko terjadinya kulit kering serta iritasi. Selain itu, pH juga mempengaruhi viskositas sediaan, dimana semakin rendah pH yang dihasilkan maka viskositas gel berbasis

carbopol 940 yang sudah terbentuk dengan trietanolamin dapat menurun (Kresnawati *et al.*, 2022).

Nilai daya lekat sediaan gel dibuat *maximize* dengan bobot kepentingan (*importance*) bernilai 4 (++++). Parameter lain dibuat *in range* sedangkan pemilihan daya lekat *maximize* adalah agar gel yang dihasilkan memiliki daya lekat yang maksimal sehingga zat aktif dapat melekat lama pada kulit dan lebih efektif dalam memberikan perlindungan terhadap sinar UV B. Bobot kepentingan (*importance*) bernilai 4 (++++) diberikan karena daya lekat merupakan parameter yang sangat penting dalam mempengaruhi efektivitas produk. Dari 8 *run*, terdapat dua *run* (*run* 2 dan *run* 5) yang tidak memenuhi syarat minimum daya lekat >1 detik, sehingga pemilihan *goals maximize* juga bertujuan mengurangi kemungkinan formula dengan daya lekat kurang baik (Widyartha *et al.*, 2020). Selain itu, daya lekat memiliki hubungan positif dengan viskositas sediaan, dimana peningkatan viskositas akan menyebabkan waktu daya lekat menjadi lebih lama (Wahidah *et al.*, 2024).

Nilai daya sebar sediaan gel dibuat *in range* dengan bobot kepentingan (*importance*) bernilai 4 (++++). Bobot kepentingan daya sebar ditetapkan sebesar 4 karena parameter ini berpengaruh terhadap luas permukaan sediaan gel yang kontak dengan kulit serta kemudahan pengolesan tanpa memerlukan tekanan berlebih. Namun, daya sebar yang terlalu tinggi dapat menurunkan viskositas dan daya lekat sediaan, karena semakin besar nilai daya sebar, maka viskositas dan daya lekat cenderung menurun (Rizkia *et al.*, 2022).

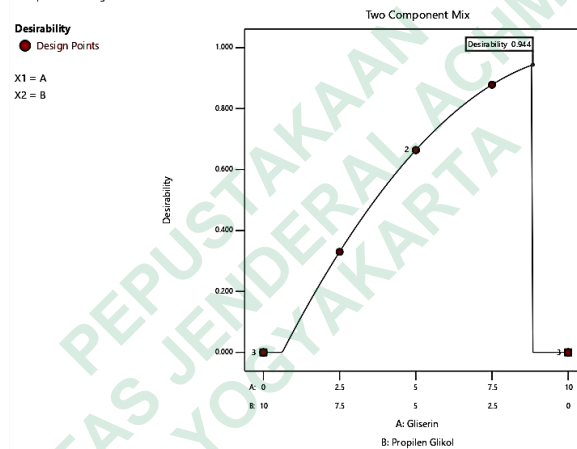
Nilai viskositas sediaan gel dibuat *in range* dengan bobot kepentingan (*importance*) bernilai 4 (++++). Bobot kepentingan nilai viskositas dibuat 4 karena nilai viskositas menentukan tekstur gel agar tidak terlalu encer maupun terlalu kental, sehingga mudah saat dioleskan, tidak terasa lengket dan mampu melekat lebih lama pada permukaan kulit. Berdasarkan keempat respon yang dianalisis, formulasi terbaik ditentukan melalui nilai *desirability* yang mendekati angka 1. Nilai tersebut menunjukkan kemampuan perangkat lunak dalam menghasilkan

formulasi sediaan yang optimal. Kombinasi formula optimum terpilih untuk gel ekstrak biji kopi robusta yaitu pada perbandingan gliserin dan propilen glikol ( 8,84 g : 1,16 g) dengan nilai *desirability* sebesar 0,944 (Gambar 16).

**Tabel 9. Hasil prediksi formula optimum gel ekstrak biji kopi robusta menggunakan *Design Expert* versi 13**

Sifat Fisik Gel	Goals	Importance
pH	<i>In Range</i>	++++
Daya Lekat	<i>Maximize</i>	++++
Daya Sebar	<i>In Range</i>	++++
Viskositas	<i>In Range</i>	++++

**Keterangan:** *Importance* (+ = tidak penting, ++ = kurang penting, +++ = Penting, ++++ = sangat penting, +++++ = sangat penting sekali)



**Gambar 16. Grafik hubungan kombinasi gliserin dan propilen glikol terhadap nilai *desirability***

## 7. Verifikasi formula optimum

Proses verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil respon formula optimum yang diprediksi oleh *software Design Expert* dengan hasil uji. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengevaluasi adanya perbedaan signifikan antara nilai prediksi dan hasil observasi. Dengan demikian, analisis ini dapat digunakan untuk menilai tingkat akurasi prediksi model terhadap data aktual. Hasil *one sample T-test* disajikan pada Tabel 10, sedangkan tampilan visual bentuk fisik gel ditunjukkan pada Gambar 17.

**Tabel 10. Verifikasi formula optimum hasil observasi dengan hasil prediksi *Design Expert***

Respon yang diamati	Hasil rata-rata observasi	Hasil prediksi	Sig. (2-tailed)	Keterangan
pH	6,20	6,28	0,300	Tidak berbeda signifikan
Daya Lekat	3,24	3,17	0,206	Tidak berbeda signifikan
Daya Sebar	5,02	5	0,094	Tidak berbeda signifikan
Viskositas	14320	14322.5	0,849	Tidak berbeda signifikan



**Gambar 17. Tampilan fisik formula optimum gel ekstrak biji kopi robusta kombinasi gliserin dan propilen glikol**

#### 8. Pengukuran Nilai SPF

Nilai *Sun Protection Factor* (SPF) pada formula optimum ditentukan secara *in vitro* menggunakan metode Mansur melalui pengukuran dengan spektrofotometri UV-Vis. Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi (Tabel 11), gel tabir surya yang mengandung ekstrak biji kopi robusta memiliki nilai SPF sebesar 32,03, yang dikategorikan sebagai proteksi ultra. Nilai ini secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan gel tanpa ekstrak biji kopi robusta, yang hanya menunjukkan nilai SPF sebesar 3,51 dan tergolong dalam kategori proteksi minimal. Hasil ini sejalan dengan teori bahwa ekstrak biji kopi robusta memiliki aktivitas sebagai tabir surya. Perhitungan nilai absorbansi dapat dilihat pada Lampiran 13.

**Tabel 11. Hasil pengukuran nilai SPF formula optimum sediaan gel**

Formula Optimum	SPF	
	Nilai SPF	Kategori (FDA)
Gel tanpa ekstrak biji kopi robusta	3,51	Minimal
Gel dengan ekstrak biji kopi robusta	32,03	Ultra

## B. Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan sediaan gel dengan bahan aktif ekstrak biji kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) sebagai tabir surya karena mengandung senyawa fenolik dan kafein dimana salah satu senyawa fenolik yang terkandung dalam ekstrak biji kopi robusta adalah asam klorogenat. Penelitian ini menggunakan ekstrak biji kopi robusta sebanyak 2 g karena memiliki nilai SPF (*Sun Protection Factor*) dengan kategori ekstra pada sinar UV B sebesar 6,78 (Mulana *et al.*, 2023). Evaluasi gel meliputi nilai pH, daya lekat, daya sebar dan viskositas. Setiap respon tersebut digambarkan dalam grafik hubungan antara gliserin dan propilen glikol.

Model grafik hubungan antara kombinasi gliserin dan propilen glikol terhadap respon pH dalam *Design Expert* mengikuti model *quadratic*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaktif antara kedua komponen tersebut terhadap nilai pH sediaan. Hubungan matematis antara kombinasi gliserin dan propilen glikol dengan respon pH ditunjukkan pada Persamaan 5:

$$Y = 6,31 (A) + 5,45 (B) + 0,6996 (A)(B).....(5)$$

Keterangan:

Y = Respon pH

A = Proporsi Gliserin

B = Proporsi Propilen Glikol

AB = Kombinasi Gliserin dan Propilen Glikol

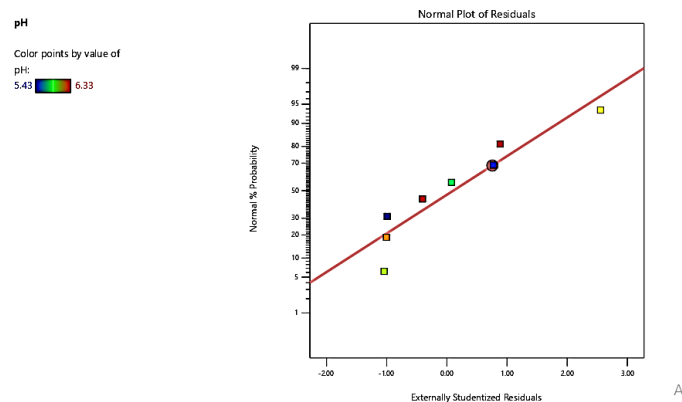
Berdasarkan persamaan di atas, dapat dilihat bahwa masing-masing humektan dan interaksi antara keduanya menunjukkan nilai yang positif. Proporsi gliserin memiliki nilai koefisien sebesar 6,31 yang menunjukkan pengaruh lebih besar dalam meningkatkan nilai pH dibandingkan propilen glikol dengan nilai koefisien 5,45. Kombinasi keduanya juga memiliki pengaruh dalam meningkatkan nilai pH dengan nilai koefisien sebesar 0,6996. Hasil analisis statistik nilai pH *software Design Expert*

dapat dilihat pada Tabel 12 dan Lampiran 7. Nilai probabilitas model sebesar  $<0,0001$  ( $p$ -value  $< 0,05$ ) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai pH antar delapan formula yang diuji, sehingga respon pH dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan dan prediksi formula optimum. Uji *Lack of Fit* digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian antara model prediktif dengan data observasi. Nilai probabilitas *Lack of Fit* sebesar  $0,7120$  ( $p$ -value  $> 0,05$ ) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil observasi dan hasil prediksi.

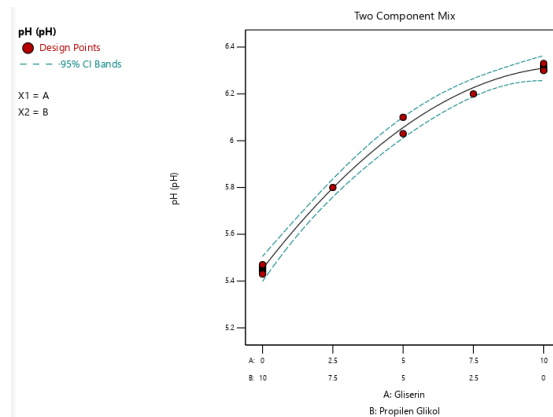
**Tabel 12. Hasil analisis statistik nilai pH gel ekstrak biji kopi robusta**

<i>Source</i>	<i>p-value</i>	Keterangan
Model ( <i>quadratic</i> )	$<0,0001$	Signifikan
<i>Lack of fit</i>	$0,6704$	Tidak signifikan

Pada Gambar 18 menunjukkan bahwa nilai pH terdistribusi pada garis linier dan dapat menggambarkan dengan baik hubungan antara komponen humektan (gliserin dan propilen glikol) dengan nilai pH gel. Gambar *two component mix* (Gambar 19) menunjukkan pengaruh penambahan gliserin dan propilen glikol terhadap nilai pH. Berdasarkan grafik (Gambar 19), gliserin berperan dalam meningkatkan respon nilai pH sediaan gel, hal ini dikarenakan gliserin memiliki pH 6-7 yang relatif netral hingga sedikit basa (Azaria *et al.*, 2017). Sebaliknya, propilen glikol memiliki pH 3-6 yang cenderung asam hingga netral (Sheskey *et al.*, 2017). Oleh karena itu, semakin besar proporsi gliserin dalam formula, semakin tinggi pH sediaan gel yang dihasilkan.



**Gambar 18. Normal plot of residuals hasil respon nilai pH**



**Gambar 19. Hubungan gliserin dan propilen glikol terhadap respon nilai pH**

Salah satu respon fisik gel yang juga berperan dalam penentuan formula optimum adalah daya lekat. Uji daya lekat dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sediaan gel dalam mempertahankan kontak dengan permukaan kulit dalam waktu yang relatif lama. Semakin tinggi daya lekat, maka efek farmakologis yang dihasilkan cenderung lebih baik. Hasil analisis hubungan antara gliserin dan propilen glikol terhadap respon daya lekat menunjukkan bahwa model yang dihasilkan mengikuti model kuadrat. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh kombinasi kedua komponen tersebut terhadap peningkatan daya lekat. Hubungan antara kombinasi gliserin dan propilen glikol terhadap respon daya lekat ditunjukkan pada Persamaan 6:

$$Y = 3,24 (A) + 0,7158 (B) + 2,20 (A)(B) \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

Y = Respon daya lekat

A = Proporsi Gliserin

B = Proporsi Propilen Glikol

AB = Kombinasi Gliserin dan Propilen Glikol

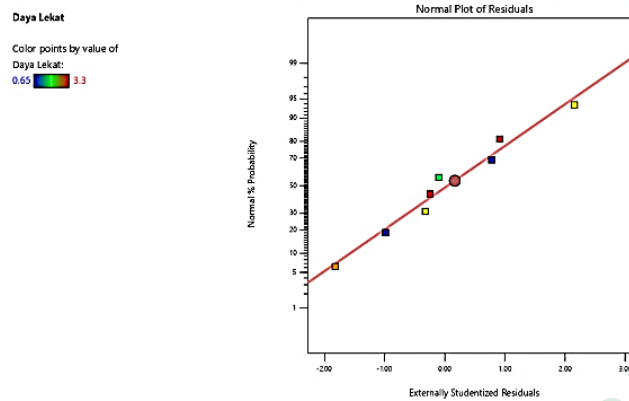
Berdasarkan persamaan di atas, dapat dilihat bahwa masing-masing humektan dan interaksi antara keduanya menunjukkan nilai yang positif terhadap daya lekat gel. Proporsi gliserin memiliki nilai koefisien sebesar 3,24 yang menunjukkan pengaruh

lebih besar dalam memperpanjang waktu daya lekat dibandingkan propilen glikol dengan nilai koefisien 0,7158. Kombinasi keduanya juga memiliki pengaruh dalam memperpanjang waktu daya lekat dengan nilai koefisien sebesar 2,20. Hasil analisis statistik terhadap respon daya lekat menggunakan perangkat lunak *Design Expert* dapat dilihat pada Tabel 13 dan Lampiran 7. Nilai probabilitas model sebesar  $<0,0001$  ( $p$ -value  $<0,05$ ) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar delapan formula, sehingga respon daya lekat dapat dijadikan sebagai dasar dalam penentuan dan prediksi formula optimum. Uji *Lack of Fit* digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana perbedaan antara nilai prediksi model dengan hasil observasi. Nilai probabilitas *Lack of Fit* sebesar 0,3730 ( $p$ -value  $>0,05$ ) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara data observasi dan data prediksi untuk respon daya lekat.

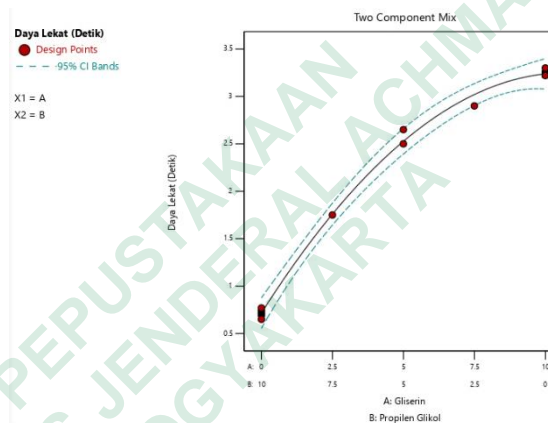
**Tabel 13. Hasil analisis statistik nilai daya lekat gel ekstrak biji kopi robusta**

<i>Source</i>	<i>p-value</i>	Keterangan
Model ( <i>quadratic</i> )	$<0,0001$	Signifikan
<i>Lack of fit</i>	0,3730	Tidak signifikan

Gambar 20 menunjukkan bahwa daya lekat terdistribusi pada garis linier dan dapat menggambarkan dengan baik hubungan antara komponen humektan (gliserin dan propilen glikol) dengan daya lekat gel. Gambar *two component mix* (Gambar 21) menunjukkan pengaruh penambahan gliserin dan propilen glikol terhadap daya lekat. Berdasarkan grafik (Gambar 21), peningkatan proporsi gliserin dalam sediaan menyebabkan waktu perlekatan gel pada kulit menjadi lebih lama. Hal ini disebabkan gliserin mampu mengikat lebih banyak air sehingga menghasilkan tekstur gel yang lebih padat dan melekat kuat pada permukaan kulit (Sumule *et al.*, 2020). Sebaliknya, propilen glikol tidak mampu mengikat air lebih banyak dibandingkan dengan gliserin. Oleh karena itu, peningkatan proporsi propilen glikol menyebabkan waktu perlekatan gel lebih cepat.



Gambar 20. Normal plot of residuals hasil respon daya lekat



Gambar 21. Hubungan gliserin dan propilen glikol terhadap respon daya lekat

Respon ketiga dari sifat fisik gel yang digunakan dalam penentuan formula optimum adalah daya sebar. Uji daya sebar dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sediaan gel dalam menyebar saat diaplikasikan pada permukaan kulit, dimana daya sebar yang baik memungkinkan gel dioleskan secara merata tanpa memerlukan tekanan berlebih. Hasil analisis hubungan antara gliserin dan propilen glikol terhadap nilai daya sebar menunjukkan bahwa model yang terbentuk mengikuti model *quadratic*. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari kombinasi kedua komponen terhadap respon daya sebar. Hubungan matematis antara konsentrasi gliserin dan propilen glikol terhadap daya sebar ditunjukkan oleh Persamaan 7:

$$Y = 4,87 (A) + 6,66 (B) - 0,7169 (A)(B).....(7)$$

Keterangan:

Y = Respon daya sebar

A = Proporsi Gliserin

B = Proporsi Propilen Glikol

AB = Kombinasi Gliserin dan Propilen Glikol

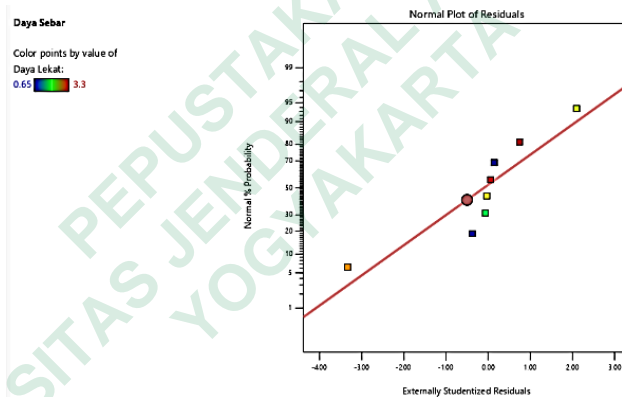
Berdasarkan persamaan di atas, dapat dilihat bahwa masing-masing humektan menunjukkan nilai yang positif namun kombinasi keduanya menunjukkan nilai negatif. Proporsi propilen glikol memiliki nilai koefisien sebesar 6,66 yang menunjukkan pengaruh lebih besar dalam meningkatkan daya sebar dibandingkan gliserin dengan nilai koefisien 4,87. Kombinasi keduanya juga memiliki pengaruh dalam menurunkan daya sebar dengan nilai koefisien sebesar -0,7169. Hasil analisis statistik terhadap respon daya sebar menggunakan perangkat lunak *Design Expert* dapat dilihat pada Tabel 14 dan Lampiran 7. Nilai probabilitas model sebesar  $<0,0001$  ( $p\text{-value} < 0,05$ ) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai daya sebar antar delapan formula yang diuji, sehingga respon ini dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan dan prediksi formula optimum. Uji *Lack of Fit* digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian antara model prediktif dengan data observasi. Nilai probabilitas *Lack of Fit* sebesar 0,1107 ( $p\text{-value} > 0,05$ ) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil observasi dan hasil prediksi.

**Tabel 14. Hasil analisis statistik nilai daya sebar gel ekstrak biji kopi robusta**

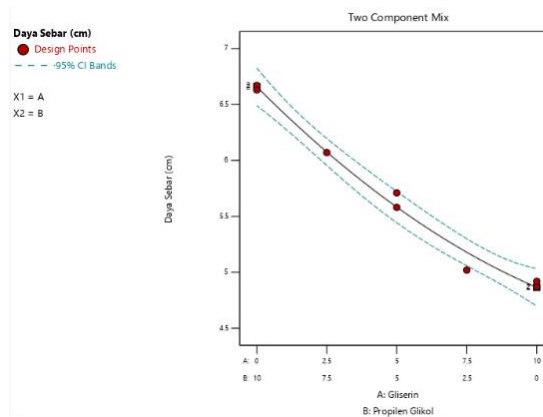
<i>Source</i>	<i>p-value</i>	Keterangan
Model ( <i>quadratic</i> )	$<0,0001$	Signifikan
<i>Lack of fit</i>	0,1107	Tidak signifikan

Gambar 22 menunjukkan bahwa nilai sebar sebar terdistribusi pada garis linier dan dapat menggambarkan dengan baik hubungan antara komponen humektan (gliserin dan propilen glikol) dengan daya sebar gel. Gambar *two component mix* (Gambar 23) menunjukkan pengaruh gliserin dan propilen glikol terhadap nilai daya sebar yang dihasilkan. Pada grafik (Gambar 23), terlihat bahwa propilen glikol berperan dalam

meningkatkan daya sebar gel. Hal ini disebabkan, propilen glikol memiliki kemampuan yang lebih kecil dalam mengikat air dibandingkan gliserin sehingga menyebabkan gel menjadi lebih encer dan mudah menyebar (Zendrato *et al.*, 2022). Oleh karena itu, semakin bertambahnya proporsi propilen glikol maka semakin tinggi nilai daya sebar gel yang dihasilkan. Selain itu, kombinasi gliserin serta propilen glikol sebagai humektan dapat menurunkan daya sebar gel yang dihasilkan. Kondisi ini terjadi karena kedua humektan tersebut sama-sama memiliki gugus hidroksil (-OH) yang mampu menarik dan mengikat air melalui pembentukan ikatan hidrogen. Ketika digunakan bersamaan, terbentuk lebih banyak ikatan hidrogen yang menyebabkan struktur gel menjadi lebih kental dan padat, sehingga menurunkan kemampuan gel untuk menyebar di permukaan kulit (Forestryana *et al.*, 2022).



Gambar 22. Normal plot of residuals hasil respon daya sebar



Gambar 23. Hubungan gliserin dan propilen glikol terhadap respon daya sebar

Respon keempat yang digunakan dalam penentuan formula optimum adalah viskositas. Uji viskositas dilakukan untuk mengevaluasi resistensi aliran dari sediaan gel, di mana viskositas yang tinggi menunjukkan kekentalan yang lebih besar sehingga gel sulit mengalir, sedangkan viskositas yang terlalu rendah mengindikasikan sediaan yang terlalu encer dan mudah menetes (Sumule *et al.*, 2020). Hasil analisis hubungan antara gliserin dan propilen glikol terhadap respon viskositas menunjukkan bahwa model yang paling sesuai adalah model *quadratic*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari kombinasi kedua komponen tersebut terhadap viskositas sediaan gel. Hubungan matematis antara kombinasi gliserin dan propilen glikol dengan respon viskositas ditunjukkan pada Persamaan 8:

$$Y = 14676,61 (A) + 7282,51 (B) - 4910,78 (A)(B) \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

- Y = Respon viskositas
- A = Proporsi Gliserin
- B = Proporsi Propilen Glikol
- AB = Kombinasi Gliserin dan Propilen Glikol

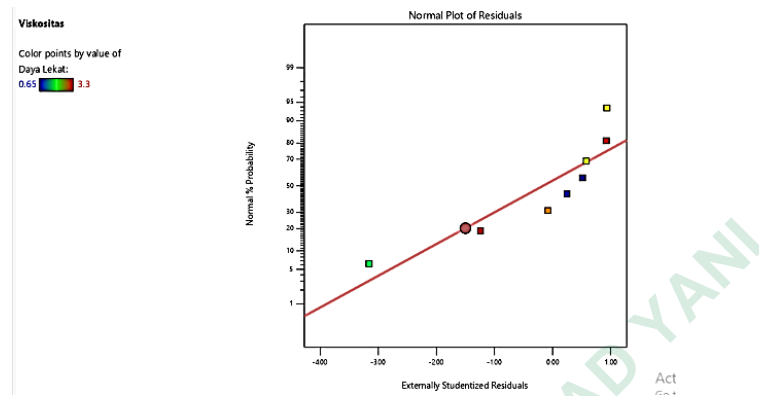
Berdasarkan persamaan di atas, dapat dilihat bahwa masing-masing humektan menunjukkan nilai yang positif namun kombinasi keduanya menunjukkan nilai negatif. Proporsi gliserin memiliki nilai koefisien sebesar 14676,61 yang menunjukkan pengaruh lebih besar dalam meningkatkan viskositas dibandingkan propilen glikol dengan nilai koefisien 7282,51. Kombinasi gliserin dan propilen glikol juga berpengaruh dalam menurunkan viskositas yang ditunjukkan oleh nilai koefisien sebesar -4910,78. Hasil analisis statistik terhadap respon viskositas menggunakan perangkat lunak *Design Expert* disajikan pada Tabel 15 dan Lampiran 7. Nilai probabilitas model sebesar  $<0,0001$  ( $p\text{-value} < 0,05$ ) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai viskositas antar *run* yang dilakukan, sehingga respon viskositas dapat digunakan untuk memprediksi dan menentukan formula

optimum. Uji *Lack of Fit* digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian antara model prediktif dengan data observasi. Nilai probabilitas *Lack of Fit* sebesar 0,1251 ( $p$ -value  $> 0,05$ ) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara data observasi dengan hasil prediksi.

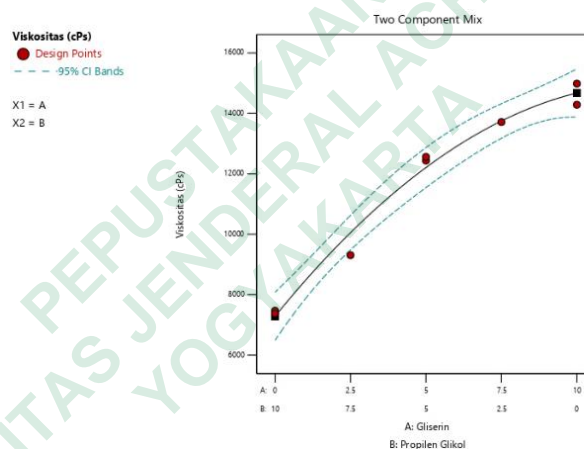
**Tabel 15. Hasil analisis statistik nilai viskositas gel ekstrak biji kopi robusta**

<i>Source</i>	<i>p-value</i>	<b>Keterangan</b>
Model ( <i>quadratic</i> )	<0,0001	Signifikan
<i>Lack of fit</i>	0,1251	Tidak signifikan

Gambar 24 menunjukkan bahwa nilai viskositas terdistribusi pada garis linier dan dapat menggambarkan dengan baik hubungan antara komponen humektan (gliserin dan propilen glikol) dengan viskositas. Gambar *two component mix* (Gambar 25) menunjukkan pengaruh gliserin dan propilen plikol terhadap nilai viskositas. Pada grafik (Gambar 25) terlihat bahwa gliserin berperan signifikan dalam meningkatkan viskositas gel. Hal ini disebabkan oleh sifat gliserin yang dapat meningkatkan viskositas sediaan (Sheskey et al., 2017). Gliserin juga memiliki tiga gugus hidroksil (-OH) yang mampu membentuk ikatan hidrogen lebih banyak dengan molekul air (Ermawati et al., 2022). Kemampuan tersebut membuat gel dapat mempertahankan kadar air yang tinggi sehingga tekstur gel menjadi lebih kental (Forestryana et al., 2022). Sebaliknya propilen glikol hanya memiliki dua gugus hidroksil (-OH) sehingga kemampuannya dalam mengikat air lebih rendah. Oleh karena itu, semakin bertambahnya kandungan propilen glikol, maka jumlah air yang dapat ditahan oleh gel berkurang sehingga tekstur gel menjadi lebih encer. Selain itu, kombinasi gliserin serta propilen glikol sebagai humektan dapat menurunkan viskositas gel yang dihasilkan. Kondisi ini disebabkan kedua humektan dapat mengikat air dan berinteraksi dengan polimer pembentuk gel. Ketika keduanya dicampurkan, interaksi antar molekul kedua humektan ini dapat mengurangi pembentukan ikatan hidrogen yang rapat dan terlalu kuat di dalam matriks gel sehingga struktur gel menjadi lebih longgar dan viskositas menurun (Sumule et al., 2020).



Gambar 24. Normal plot of residuals hasil respon viskositas



Gambar 25. Hubungan gliserin dan propilen glikol terhadap respon viskositas

Hasil prediksi formula optimum yang diperoleh dari software *Design Expert* kemudian dibandingkan dengan hasil observasi melalui *One Sample T-Test*. Berdasarkan nilai  $p\text{-value} > 0,05$  untuk masing-masing respon, yaitu pH, daya lekat, daya sebar, dan viskositas, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil prediksi dan hasil observasi (Tabel 10). Hal ini menunjukkan bahwa *Design Expert* memiliki akurasi yang baik dalam memprediksi respon formula optimum, sehingga formula tersebut dapat digunakan untuk pengujian nilai SPF.

Uji nilai *Sun Protection Factor* (SPF) pada formula optimum gel ekstrak biji kopi robusta dilakukan secara *in vitro* menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

Metode ini dipilih karena mampu mengukur efektivitas perlindungan terhadap sinar UV B secara cepat dan akurat pada rentang panjang gelombang 290–320 nm. Berdasarkan data pada Tabel 11, formula gel optimum yang mengandung ekstrak biji kopi robusta 0,1% memiliki nilai SPF rata-rata sebesar 32,03, yang dikategorikan sebagai proteksi ultra. Sebaliknya, formula gel tanpa ekstrak hanya menunjukkan nilai SPF sebesar 3,51, yang termasuk dalam kategori proteksi minimal. Peningkatan nilai SPF ini sejalan dengan kandungan senyawa aktif dalam ekstrak biji kopi robusta, yaitu asam klorogenat dan kafein, yang berperan dalam perlindungan terhadap sinar UV. Asam klorogenat diketahui memiliki daya serap maksimum pada panjang gelombang 335 nm (Setianingsih *et al.*, 2023). Sedangkan kafein memiliki daya serap terhadap sinar ultraviolet pada panjang gelombang maksimal 273 nm (Tjahjani *et al.*, 2021). Rentang ini mencakup wilayah panjang gelombang sinar UV B sehingga kedua senyawa tersebut mampu menghambat penetrasi sinar UV ke permukaan kulit. Oleh karena itu, penambahan ekstrak biji kopi robusta terbukti dapat meningkatkan nilai SPF pada formula gel.