



**OPTIMASI CARBOPOL DAN PROPILEN GLIKOL DALAM
FORMULASI SEDIAAN GEL TABIR SURYA EKSTRAK
ETANOL BUAH MENKUDU**

SKRIPSI

Oleh:

**Anisatul Himmah
222210101153**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS FARMASI
PROGRAM STUDI FARMASI
JEMBER
2026**



**OPTIMASI CARBOPOL DAN PROPYLEN GLIKOL DALAM
FORMULASI SEDIAAN GEL TABIR SURYA EKSTRAK
ETANOL BUAH MENKUDU**

*diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar sarjana pada
program studi Farmasi*

SKRIPSI

Oleh:

**Anisatul Himmah
222210101153**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS FARMASI
PROGRAM STUDI FARMASI
JEMBER
2026**

PERSEMBAHAN

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih, penulis persembahkan penelitian ini kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Sumardi dan Ibu Farida, yang selalu memberikan dukungan moral maupun materi, serta mendoakan kehidupan yang baik kepada penulis. Selama ada orang tua, semua akan terasa baik-baik saja. *“Pak, Bu, janjiku benar-benar kutepati.”*
2. Adik laki-laki, Fadhlhan Arkhan, yang selalu mendoakan dan memberi semangat melalui sikap dan kalimat lelucon sederhana selayaknya seorang adik kecil. Tumbuhlah lebih baik.
3. Orang tua kedua, Untung Wijayadi yang tenang disisi-Nya. Terima kasih telah mendidik dari kanak-kanak hingga dewasa dengan mengajarkan kedisiplinan sebagai bentuk kasih sayang.
4. Guru jenjang pendidikan TK, SD, SMP, SMA dan guru spiritual yang telah memberikan ilmu bermanfaat dan mengajarkan kebaikan.
5. Dr. Rizal Dhofir, M.Pd. yang telah memberikan arahan dalam menjalani perkuliahan dan memberi motivasi untuk terus berperan di masyarakat.
6. Sahabat penulis, Aini Wafiroh, Azra Aulia, Desy Ratnaningrum, Lilis Widiyanti, Wulanda Dwi, dan Reisya Diancayudha, yang telah memberi dukungan moral dan selalu bersedia menjadi tempat bercerita.
7. Kakak selama di masa perkuliahan, Aunadya Zenia yang telah memberi nasihat-nasihat baik dan mendukung untuk tetap bertahan di Farmasi. Terima kasih telah memberi kesempatan penulis merasakan memiliki seorang kakak.

MOTTO

“Jika hidup adalah pilihan, akan kutempuh setiap keputusan dengan kehati-hatian
agar mendapatkan ridha-Nya di kemudian”

(Penulis)

“Di kehidupan yang hanya satu kali, dengan ilmu saya bisa hidup untuk
menghidupi”

(Penulis)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anisatul Himmah

NIM : 222210101153

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul “Optimasi Carbopol Dan Propilen Glikol Dalam Formulasi Sediaan Gel Tabir Surya Ekstrak Etanol Buah Mengkudu” merupakan hasil karya orisinal saya sendiri. Seluruh substansi yang dikutip maupun dirujuk telah mencantumkan sumber secara eksplisit sesuai kaidah sitasi yang berlaku. Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di institusi lain dan bukan merupakan hasil plagiarisme dalam bentuk apa pun. Saya bertanggung jawab sepenuhnya atas validitas serta kebenaran isi naskah ini berdasarkan standar integritas akademik yang berlaku. Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa paksaan, dan saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai ketentuan jika di kemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini.

Jember, 21 Januari 2026

Yang menyatakan,

Anisatul Himmah

NIM 222210101153

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul "*Optimasi Carbopol Dan Propilen Glikol Dalam Formulasi Sediaan Gel Tabir Surya Ekstrak Etanol Buah Mengkudu*" telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 21 Januari 2026

Tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember

Tim Pembimbing,
Dosen Pembimbing Utama



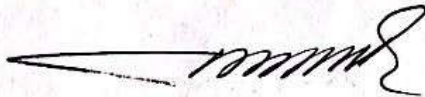
apt. Dewi Dianasari, S.Farm., M.Farm.

NIP. 198712082014042002

Tim Penguji,

Dosen Penguji Utama,

Dosen Penguji Anggota,



Dr. apt. Nuri, S.Si., M. Si

NIP. 196904122001121007



Dr. apt. Indah Yulia,
S. Farm., M. Farm

NIP. 198407122008122002

Mengesahkan,

Dekan Faklutas Farmasi Universitas Jember,



Prof. apt. Ari Satika Nugraha, S.F., GdipSc., MSc-Res., Ph.D.

NIP. 197807212003121

ABSTRACT

*Excessive exposure to ultraviolet (UV) radiation can cause skin damage, necessitating protection in the form of sunscreen. Noni fruit (*Morinda citrifolia* L.) is known to contain secondary metabolites, such as flavonoids and phenolics, which have potential as antioxidants and sunscreens. This study aims to determine the optimum composition of carbopol as a gelling agent and propylene glycol as a humectant in the sunscreen gel formulation of noni fruit ethanolic extract. The optimization method employed is Factorial Design with two factors and two levels: carbopol concentrations (0.5% and 2%) and propylene glycol concentrations (5% and 15%). The tested response parameters include organoleptic properties, homogeneity, pH, spreadability, adhesion, and viscosity. The results are expected to yield an optimum formula that meets the physical property requirements of the gel and provides maximum UV protection effectiveness. The results showed that variations in carbopol and propylene glycol concentrations affected the physical properties of the sunscreen gel. The optimum formulation had a carbopol concentration of 1,959% and a propylene glycol concentration of 10,515%.*

Keywords: Noni Fruit, Sunscreen, Gel, Carbopol, Propylene Glycol.

RINGKASAN

Optimasi Carbopol dan Propilen Glikol Dalam Formulasi Sediaan Gel Tabir Surya Ekstrak Etanol Buah Mengkudu: Anisatul Himmah; 222210101153; 2026; 31 halaman; Fakultas Farmasi; Universitas Jember.

Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) merupakan tanaman yang memiliki potensi dijadikan bahan aktif dalam sediaan kosmetik, salah satunya gel. Buah mengkudu dipilih karena memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder, terutama flavonoid dan fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan dan berpotensi melindungi kulit dari paparan sinar ultraviolet.

Tujuan penelitian ini untuk mengoptimasi kombinasi konsentrasi carbopol dan propilen glikol dalam formulasi sediaan gel tabir surya ekstrak buah mengkudu sehingga didapatkan formula paling optimum. Penelitian dilakukan secara eksperimental laboratorium menggunakan metode desain faktorial 2^2 , dengan dua faktor yaitu konsentrasi carbopol (0,5% dan 2%) sebagai basis gel dan propilen glikol (5% dan 15%) sebagai humektan. Ekstrak buah mengkudu diperoleh melalui metode ultrasonik menggunakan pelarut etanol 70%. Parameter evaluasi sediaan yang diamati meliputi organoleptis, homogenitas, pH, viskositas, dan daya sebar sediaan gel. Analisis data dilakukan menggunakan *software Design-Expert* untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor serta interaksinya terhadap respon fisik sediaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh formula menghasilkan gel dengan karakteristik fisik homogen, berwarna coklat jernih, dan memiliki pH sesuai dengan rentang pH kulit. Konsentrasi carbopol berpengaruh signifikan terhadap viskositas dan daya sebar sediaan, di mana peningkatan konsentrasi carbopol meningkatkan viskositas namun menurunkan daya sebar. Berdasarkan hasil analisis optimasi diperoleh formula optimum dengan kombinasi konsentrasi carbopol 1,959% dan propilen glikol 10,515%. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar pengembangan produk gel tabir surya bahan alam yang aman dan efektif.

PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih, penulis berterima kasih kepada:

1. Prof. apt. Ari Satia Nugraha, S.F., GDipSc., MSc-res., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember.
2. Dr. apt. Afifah Machlaurin, S.Farm., M.Sc., selaku ketua Program Studi S1 Farmasi Universitas Jember.
3. apt. Dewi Dianasari, S.Farm., M.Farm., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan, masukan dan saran selama proses penelitian
4. Dosen penguji, Bapak Dr. apt. Nuri, S.Si., M.Si. dan Ibu Dr. apt. Indah Yulia N., S.Farm., M.Farm., yang telah memberikan masukan guna penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini.
5. apt. Tanfidz Alishlah, S.Farm., M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan selama masa perkuliahan
6. Putri Cahya Indahsari, S.Farm., selaku teknisi laboratorium Farmakognosi dan Fitokimia.
7. Seluruh civitas akademik Universitas Jember.
8. Teman-teman proyek mengkudu yang telah senantiasa bersama-sama mengusahakan untuk terus bertahan menyelesaikan penelitian.
9. Teman-teman BEMF Farmasi khususnya Apip purwaji, Pamela agnes, Wahyu Priyo, Bazlina Ashi, Akmal Ramadhan dan Tyas Cahya, yang senantiasa bersedia saling memotivasi dalam suka dan duka menjalani kehidupan organisasi.

10. Teman-teman BEMF Farmasi khususnya Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Kabinet Astrariksa, Arkacandra, dan Karsa Arutala, yang telah menjadi rekan berfikir dan bertumbuh.
11. Rekan belajar, Ananda rizkia, Sukma Mayada, Regestina dan Syahda Vania yang telah membantu penulis dengan mengajarkan materi-materi perkuliahan setiap menjelang ujian semester.
12. Teman-teman Jumantara periode 2021, yang senantiasa bersedia menjadi rekan diskusi kehidupan perkuliahan.
13. Seseorang yang telah kebersamai penulis, semoga hatimu selalu terjaga dari hal-hal yang tidak baik. Terima kasih atas kehangatan dan ketenangan yang telah diberikan.
14. Seluruh teman-teman jenjang SMP, SMA, dan Perkuliahan yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, terima kasih telah berkenan menjalin pertemanan dengan hangat.
15. Diri sendiri, terima kasih telah bertahan dan terus bertumbuh ditengah kehidupan menjadi seorang mahasiswa Farmasi yang pernah terasa mustahil. Pencapaian ini menjadi pengingat bahwa setiap usaha selalu layak untuk diapresiasi.

Penulis,

Anisaul Himmah

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
MOTTO.....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
RINGKASAN.....	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Tentang Mengkudu.....	4
2.1.1 Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i> L.).....	4
2.1.2 Klasifikasi mengkudu	5
2.1.3 Kandungan mengkudu	5
2.1.4 Khasiat mengkudu	6
2.2 Tinjauan Tentang Gel.....	6
2.3 Monografi Bahan.....	7

2.3.1 Carbopol.....	7
2.3.2 Propilen Glikol	7
2.3.3 TEA.....	8
2.3.4 Nipagin.....	8
2.3.5 Nipasol.....	8
2.4 Desain Faktorial	9
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	10
3.1 Jenis Penelitian	10
3.2 Definisi Operasional	10
3.3 Waktu dan tempat penelitian.....	10
3.4 Alat dan Bahan.....	10
3.4.1 Alat	10
3.4.2 Bahan	11
3.5 Rancangan Penelitian.....	11
3.6 Prosedur Penelitian	12
3.6.1 Rancangan Formula Gel	12
3.6.2 Pembuatan serbuk simplisia buah mengkudu	12
3.6.3 Pembuatan ekstrak kental	12
3.6.4 Rancangan desain faktorial	12
3.6.5 Formula sediaan gel ekstrak buah mengkudu	13
3.6.7 Proses formulasi sediaan gel ekstrak buah mengkudu	13
3.7 Uji evaluasi gel.....	14
3.7.1 Organoleptis	14
3.7.2 Uji homogenitas.....	14
3.7.3 Uji viskositas	14
3.7.4 Uji pH.....	14
3.7.5 Daya sebar.....	14
3.8 Analisis Data.....	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16

4.1 Hasil Pembuatan Sediaan Gel Tabir Surya	16
4.2.1 Hasil Pengujian Sifat Fisika kimia Sediaan Gel Tabir Surya.....	16
BAB 5. KESIMPULAN	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	37



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rancangan desain faktorial	13
Tabel 3.2 Hasil orientasi formula gel	13
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Organoleptis Sediaan Gel Tabir Surya	17
Tabel 4.2 Hasil Pengujian pH Sediaan Gel Tabir Surya	18
Tabel 4.3 Nilai dari Efek Faktor dan Interaksi keduanya terhadap Respon pH	18
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Viskositas Sediaan Gel Tabir Surya	21
Tabel 4.5 Nilai Efek Faktor dan Interaksi keduanya terhadap Respon Viskositas	21
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Daya Sebar	24
Tabel 4.7 Nilai Efek Faktor dan Interaksi keduanya terhadap Respon Daya sebar....	24
Tabel 4.8 Kriteria Penentuan Formula Optimum	28
Tabel 4.9 Hasil Verifikasi Formula Optimum	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Mengkudu.....	4
Gambar 3.1 Skema penelitian.....	11
Gambar 4.3 Grafik <i>Contour Plot</i> Respon pH Dua Dimensi (2D)	19
Gambar 4.4 Grafik <i>Contour Plot</i> Respon pH Tiga Dimensi (3D).....	20
Gambar 4.5 Grafik <i>Contour Plot</i> Respon Viskositas Dua Dimensi (2D)	23
Gambar 4.6 Grafik <i>Contour Plot</i> Respon Viskositas Dua Dimensi (3D)	23
Gambar 4.7 Grafik <i>Contour Plot</i> Respon Viskositas Dua Dimensi (2D)	26
Gambar 4.8 Grafik <i>Contour Plot</i> Respon Viskositas Tiga Dimensi (3D).....	27
Gambar 4.9 Grafik <i>Overlay Plot</i> Formula Optimum.....	28
Gambar 4.10 Gambar Solusi Formula Optimum <i>Software Design Expert</i>	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Ekstrak Buah Mengkudu.....	37
Lampiran 2. Hasil Pengujian	38
Lampiran 3. Formula Optimum.....	39
Lampiran 4. Verifikasi Formula Optimum	40



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) merupakan tanaman yang banyak tumbuh di negara tropis, termasuk Indonesia. Tanaman ini mudah dijumpai dan memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai bahan aktif obat. Buah mengkudu dilaporkan mempunyai kandungan antioksidan yang tinggi. Fitriana dkk. (2025) membuktikan bahwa ekstrak buah mengkudu memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dengan nilai IC_{50} sebesar 28,82 $\mu\text{g/mL}$. Aktivitas antioksidan tersebut berasal dari kandungan senyawa metabolit sekunder diantaranya yaitu, flavonoid, saponin, alkaloid, kuinon, triterpenoid dan tanin. Kandungan fenol dan flavonoid berperan signifikan dalam memberikan efek antioksidan (Hardani dkk., 2020). Adanya kandungan senyawa metabolit sekunder dan efek antioksidan menjadikan buah mengkudu memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan aktif, salah satunya pada sediaan kosmetik.

Gel merupakan salah satu bentuk sediaan kosmetik yang dapat diformulasikan dengan bahan alam. Sediaan ini bersifat semi padat yang terbentuk dari partikel kecil atau molekul besar yang terdispersi dalam fase cair. Gel mempunyai kadar air tinggi sehingga mudah diaplikasikan, tidak lengket, dan dapat memberikan sensasi dingin pada kulit (Wahidah dkk., 2024). Dalam penelitian ini, gel tabir surya ekstrak buah mengkudu dikembangkan sebagai sediaan kosmetik berbahan alam dengan memanfaatkan kandungan flavonoid dan fenol. Kandungan tersebut berperan dalam melindungi kulit dari kerusakan yang diakibatkan oleh paparan sinar matahari. Mekanisme perlindungannya bekerja melalui aktivitas antioksidan, yaitu dengan menangkap radiasi sinar ultraviolet (UV) dan menetralkan radikal bebas. Ekstrak buah mengkudu dengan konsentrasi 10% memiliki aktivitas antioksidan yang mampu memberikan perlindungan terhadap dampak negatif sinar UV-A dan UV-B pada kulit,

memiliki daya sebar tinggi, dapat mengurangi pembentukan eritema, dan mampu menurunkan *Transepidermal Water Loss* (TEWL) secara signifikan (Serafini dkk., 2014). Dalam penelitian ini dipilih konsentrasi ekstrak buah mengkudu sebesar 10% sebagai pilihan bahan aktif dalam sediaan tabir surya.

Basis gel adalah komponen penting dalam sediaan gel. Fungsi basis gel sebagai medium pembawa bahan aktif agar mudah diaplikasikan pada kulit atau mukosa. Komponen yang umumnya dipakai sebagai basis gel antara lain carbopol, CMC-Na (*Carboxymethylcellulose Sodium*), HPMC (*Hydroxypropyl Methylcellulose*), dan HEC (*Hydroxyethyl cellulose*). Penelitian ini menggunakan carbopol sebagai basis gel karena mampu menghasilkan sediaan dengan viskositas tinggi, konsistensi baik, dan penampilan yang jernih. Carbopol dapat membentuk gel stabil pada konsentrasi rendah serta memiliki sifat yang aman dan tidak menimbulkan iritasi (Agustiani dkk., 2022).

Dalam formulasi gel berbasis carbopol, diperlukan penambahan humektan yang berfungsi untuk meningkatkan kelembapan serta meningkatkan kenyamanan penggunaan sediaan gel. Humektan yang dipilih dalam sediaan gel ekstrak buah mengkudu 10% adalah propilen glikol. Propilen glikol sebagai humektan dapat memengaruhi karakteristik fisik sediaan gel, meliputi pH, daya sebar, dan viskositas. Propilen glikol juga berfungsi sebagai *co-solvent* yang dapat membantu melarutkan bahan aktif herbal sehingga penetrasi ke kulit akan lebih optimal (Dahlizar dkk., 2018). Komposisi propilen glikol untuk mendapatkan sediaan yang baik kurang lebih konsentrasi 15% (Rowe dkk., 2009). Dengan demikian, keseimbangan penggunaan antara carbopol dan propilen glikol dalam sediaan menjadi faktor penting yang berpengaruh dalam menentukan karakteristik fisik sediaan gel tabir surya.

Berdasarkan uraian tersebut, pada penelitian ini dilakukan optimasi kombinasi konsentrasi carbopol dan propilen glikol dalam formulasi sediaan gel tabir surya ekstrak buah mengkudu 10%. Optimasi dilakukan dengan menggunakan metode desain faktorial yang melibatkan dua faktor dan dua aras karena efektif untuk menentukan kombinasi optimum bahan dalam jumlah percobaan minimal, namun tetap menghasilkan data yang valid. Tujuan penelitian ini untuk menghasilkan formula gel

tabir surya ekstrak mengkudu 10% yang memiliki karakteristik fisik yang ideal (organoleptis, homogenitas, pH, viskositas, dan daya sebar) yang berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai produk kosmetik bahan alam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, rumusan masalah disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi carbopol dan propilen glikol pada karakteristik fisik sediaan gel ekstrak buah mengkudu, meliputi pH, viskositas, dan daya sebar?
2. Berapa konsentrasi kombinasi carbopol dan propilen glikol yang paling optimal dalam menghasilkan gel ekstrak buah mengkudu dengan karakteristik fisik terbaik?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh perbedaan konsentrasi carbopol dan propilen glikol terhadap karakteristik fisik gel ekstrak buah mengkudu.
2. Mengetahui komposisi formula gel ekstrak etanol buah mengkudu yang paling optimal melalui pengujian pH, daya sebar, dan viskositas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi ilmiah tentang pengaruh perbedaan konsentrasi carbopol dan propilen glikol terhadap karakteristik fisik gel ekstrak buah mengkudu yang meliputi pH, viskositas dan daya sebar.
2. Menambah literatur mengenai komposisi formula optimum gel ekstrak buah mengkudu dan menjadi dasar dalam pengembangan kosmetik berbahan alam.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Mengkudu

2.1.1 Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.)



Gambar 2.1 Tanaman Mengkudu (Zega dkk., 2016)

Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) adalah tanaman yang tumbuh di daerah tropis dan tergolong dalam famili *Rubiaceae*. Di berbagai daerah, tanaman ini memiliki nama yang berbeda, seperti pace, noni, maupun kudu dan banyak ditemukan di wilayah Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Mengkudu dapat tumbuh dengan ketinggian 0 sampai 1500 mdpl dan mampu tumbuh menyesuaikan dengan berbagai tipe tanah, seperti tanah liat, tanah berpasir, maupun tanah yang berasal dari vulkanik (Rohmah dkk., 2021).

Tanaman mengkudu masuk dalam golongan tanaman tahunan. Bagian tanaman mengkudu meliputi akar, batang, daun, buah, dan biji. Jenis akarnya berupa akar tunggang berwarna coklat kehitaman, batang mengkudu berkelok-kelok, dahannya berwarna coklat. Karakteristik daunnya hijau tebal dengan bentuk jorong lanset ukuran 5-50 x 5-17 cm, daunnya menyirip dengan tepi rata. Bunga tanaman mengkudu berwarna hijau dan ketika mengembang akan berwarna putih. Karakteristik buahnya berbentuk bulat lonjong berdiameter 7,5-10 cm, permukaannya berbenjol-benjol. Buahnya berwarna hijau ketika muda dan akan menjadi putih saat matang serta bertekstur lunak (Adila & Fakhira, 2022).

2.1.2 Klasifikasi mengkudu

Kingdom : Plantae
Sukingdom : Tracheobionta
Subdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Subkelas : Asteridae
Ordo : Rubiales
Famili : Rubiaceae
Genus : Morinda
Spesies : *Morinda citrifolia* L.

(USDA Natural Resources Conservation Service, 2025)

2.1.3 Kandungan mengkudu

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) memiliki berbagai kandungan senyawa metabolit primer dan sekunder yang berperan terhadap aktivitas biologisnya. Metabolit primer pada buah ini meliputi karbohidrat seperti glukosa, fruktosa, dan sukrosa yang menjadi sumber energi dan pemberi rasa manis pada buah matang. Buah mengkudu juga mengandung berbagai asam amino seperti alanin, asam aspartat, dan asam glutamat yang berperan sebagai prekursor dalam biosintesis protein dan senyawa bioaktif. Kandungan asam organik yang meliputi asam malat, asam sitrat, dan asam kaproat memberikan aroma dan rasa khas pada buah, sedangkan kandungan vitamin C, vitamin E, mineral seperti kalium dan magnesium berfungsi sebagai antioksidan alami. Kandungan senyawa metabolit sekunder buah mengkudu meliputi golongan iridoid seperti *deacetylasperulosidic acid* (DAA), *asperulosidic acid*, *aucubin*, *rutin*, *kaempferol*, *quercetin*, dan *asam klorogenat*, *scopoletin*. Selain itu, buah mengkudu juga mengandung terpenoid dan sterol seperti β -sitosterol, *stigmasterol*, dan *ursolic acid*, serta polisakarida bioaktif (Hou dkk., 2025; Zhou dkk., 2024).

2.1.4 Khasiat mengkudu

Buah mengkudu dikenal luas sebagai tanaman obat yang memiliki beragam khasiat farmakologis karena kandungan metabolit sekunder yang terdapat didalamnya. Senyawa fenolik yang terdapat pada buah mengkudu memiliki peran penting dalam menangkal radikal bebas serta mencegah stres oksidatif (Lestari dkk., 2022). Berbagai penelitian melaporkan bahwa ekstrak buah mengkudu memiliki beragam aktivitas terapeutik, antara lain antibakteri, antijamur, antitumor, menurunkan tekanan darah, menurunkan kadar kolesterol, serta dapat meningkatkan daya tahan tubuh (Wahyudi dkk., 2022).

2.2 Tinjauan Tentang Gel

Gel berupa sediaan semipadat yang umum dimanfaatkan dalam bidang farmasi salah satunya kosmetik karena kemampuannya memberikan efek dingin, mudah diaplikasikan, serta cepat menyebar di permukaan kulit (Wahidah dkk., 2024). Sediaan gel tersusun dari sistem dua fase, yaitu fase cair (biasanya air atau campuran air-etanol) dan fase padat berupa polimer pembentuk gel yang membentuk jaringan tiga dimensi melalui ikatan silang, sehingga mampu menahan sejumlah besar cairan dalam struktur matriksnya. Berdasarkan sifatnya, gel digolongkan menjadi dua jenis utama, yaitu hidrofilik (*hydrogel*) dan lipofilik (*oleogel*). Hidrogel menggunakan basis air sebagai pelarut utama dan cocok untuk penghantaran obat topikal karena memiliki efek dingin dan cepat kering, sedangkan oleogel menggunakan basis minyak yang lebih sesuai untuk senyawa lipofilik atau yang membutuhkan pelepasan obat bertahap (Hou dkk., 2025).

Komponen utama dalam sediaan gel terdiri atas basis atau *gelling agent*, pelarut, humektan, pengawet, dan agen penetral atau penyeimbang pH. Basis atau *gelling agent* berfungsi membentuk struktur semi padat dan menentukan viskositas serta kestabilan gel. Jenis bahan yang umum digunakan antara lain carbopol, CMC-Na, dan HEC. Pelarut umumnya berupa air atau campuran air dan etanol, yang berfungsi melarutkan bahan aktif serta membantu pembentukan sistem gel homogen. Humektan seperti

propilen glikol ditambahkan untuk menjaga kelembapan dan mencegah pengeringan gel selama penyimpanan. Nipagin dan nipasol sering dimanfaatkan sebagai bahan pencegah pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak sediaan, sedangkan agen penetral, misalnya *triethanolamin* (TEA), berfungsi menyesuaikan pH dan mengoptimalkan pembentukan jaringan gel, terutama pada basis berbasis karbomer (Hamdi dkk., 2023).

2.3 Monografi Bahan

2.3.1 Carbopol

Carbopol adalah polimer asam poliakrilat bersilang (*cross-linked polyacrylic acid polymer*) yang banyak digunakan sebagai basis pembentuk gel (*gelling agent*) pada sediaan topikal, oral, dan oftalmik. Secara umum, carbopol berbentuk serbuk putih, tidak berbau, mudah mengembang dalam air, dan mampu membentuk sistem gel yang jernih. Pemilihan carbopol dipilih sebagai basis gel karena mempunyai keasamaan tinggi sehingga dalam penggunaannya tidak membutuhkan jumlah yang banyak, yaitu sekitar 0,5-2.0%. Untuk mempertahankan stabilitasnya, carbopol perlu disimpan pada tempat sejuk dan kering, menggunakan tempat yang tertutup rapat (Thomas dkk., 2023).

2.3.2 Propilen Glikol

Propilen glikol berupa bahan tambahan (eksipien) yang umum dimanfaatkan pada formulasi kosmetik sebagai pelarut, humektan, dan peningkat penetrasi (*penetration enhancer*). Propilen glikol memiliki rumus molekul $C_3H_8O_2$ (1,2-propandiol), penampakannya jernih, tidak berwarna, tidak memiliki bau, dan higroskopis (Pratama dkk., 2023). Dalam formulasi sediaan gel topikal, propilen glikol berfungsi meningkatkan daya serap obat melalui kulit, menjaga kelembapan sediaan, serta berperan sebagai ko-solven yang dapat membantu melarutkan bahan aktif (Safitri dkk., 2022).

2.3.3 TEA

Triethanolamine (TEA) adalah senyawa organik yang biasa dimanfaatkan dalam sediaan farmasi dan kosmetik topikal, fungsinya sebagai agen penetral, pengemulsi, serta pengatur pH. TEA berfungsi menetralkan polimer asam seperti carbopol untuk membentuk basis gel yang stabil dan homogen. Dalam konsentrasi rendah (0,4-0,5%) TEA aman digunakan dan tidak menyebabkan iritasi kulit yang signifikan (Tsabitah dkk., 2020).

2.3.4 Nipagin

Nipagin, yang dikenal sebagai metil paraben adalah turunan ester dari asam *p*-hidroksibenzoat yang dimanfaatkan sebagai bahan pengawet pada berbagai sediaan, seperti farmasi, kosmetik, dan pangan. Nipagin berfungsi untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur, sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk. Nipagin menunjukkan aktivitas antimikroba yang efektif pada rentang pH 4–8 dan sering digunakan bersama nipasol (propil paraben) untuk menghasilkan efek sinergis dalam pengawetan. Selain itu, nipagin memiliki stabilitas yang baik terhadap pengaruh panas dan paparan cahaya, serta kompatibel dengan sebagian besar bahan formulasi, termasuk carbopol dan propilen glikol (Akshayaa & Gupta, 2024).

2.3.5 Nipasol

Nipasol atau propil paraben merupakan ester dari asam *p*-hidroksibenzoat yang umum digunakan sebagai pengawet dalam sediaan farmasi, kosmetik, dan produk pangan. Nipasol menunjukkan aktivitas antimikroba yang luas terhadap jamur serta beberapa jenis bakteri, serta sering dikombinasikan dengan nipagin (metil paraben) untuk menghasilkan efek pengawetan yang sinergis. Senyawa ini lebih lipofilik dibandingkan nipagin sehingga lebih efektif terhadap mikroorganisme yang memiliki membran lipid tinggi, seperti jamur. Dalam formulasi topikal, nipasol bekerja optimal pada pH 4–8 dan stabil terhadap panas serta cahaya, menjadikannya pilihan ideal untuk menjaga kestabilan sediaan selama penyimpanan (Shirisha & Parasuraman, 2024).

2.4 Desain Faktorial

Desain faktorial merupakan metode sistematis yang digunakan untuk menganalisis dan mengevaluasi berbagai faktor yang dapat memengaruhi kualitas produk. Metode ini dipakai guna memperoleh respon yang maksimal serta menghasilkan formulasi sediaan yang paling optimal. Metode desain faktorial dinilai efisien karena dapat mengevaluasi banyak variabel dalam satu rangkaian percobaan, sehingga menghemat waktu, biaya, dan jumlah sampel. Dalam bidang farmasi, desain faktorial banyak digunakan dalam optimasi formulasi, seperti sediaan gel, tablet, maupun emulsi, dengan mempertimbangkan interaksi antara komponen seperti basis, pelarut, dan zat aktif (Lestari dkk., 2023).

Desain faktorial memiliki beberapa istilah utama, antara lain faktor, aras, efek, dan interaksi. Faktor merupakan variabel bebas yang ditentukan berdasarkan tujuan penelitian dan berpengaruh terhadap respon, sedangkan aras adalah tingkat atau nilai dari faktor tersebut, misalnya aras rendah dan aras tinggi. Efek utama adalah perubahan respon yang muncul karena satu faktor, sedangkan efek interaksi adalah perubahan respon yang akibat kombinasi dua atau lebih faktor yang memberikan pengaruh berbeda dibandingkan efek masing-masing faktor secara individu (Hidayat dkk., 2021).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini berupa penelitian eksperimental laboratorium (*true experimental laboratories*) yang bertujuan untuk mengoptimasi konsentrasi carbopol dan propilen glikol sebagai basis gel pada formulasi sediaan gel ekstrak buah mengkudu. Metode penelitian yang digunakan adalah desain faktorial untuk mempelajari pengaruh serta interaksi konsentrasi carbopol serta propilen glikol terhadap parameter respon sediaan gel.

3.2 Definisi Operasional

Dalam penelitian ini definisi operasional yang digunakan adalah:

1. pH sediaan gel ditentukan menggunakan pH meter digital pada suhu kamar untuk mengevaluasi tingkat keasaman sediaan.
2. Viskositas gel diukur dengan Viscometer NDJ-8S pada kecepatan putaran tertentu untuk menilai karakter reologi dan kekentalan sediaan.
3. Daya sebar gel dievaluasi menggunakan metode spreadability test untuk menilai kemampuan sediaan menyebar di permukaan kulit, dinyatakan dalam cm^2 .

3.3 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dimulai pada September 2025-Januari 2026, di Laboratorium Farmakognosi dan Fitokimia serta Laboratorium Farmasetika, Fakultas Farmasi, Universitas Jember.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

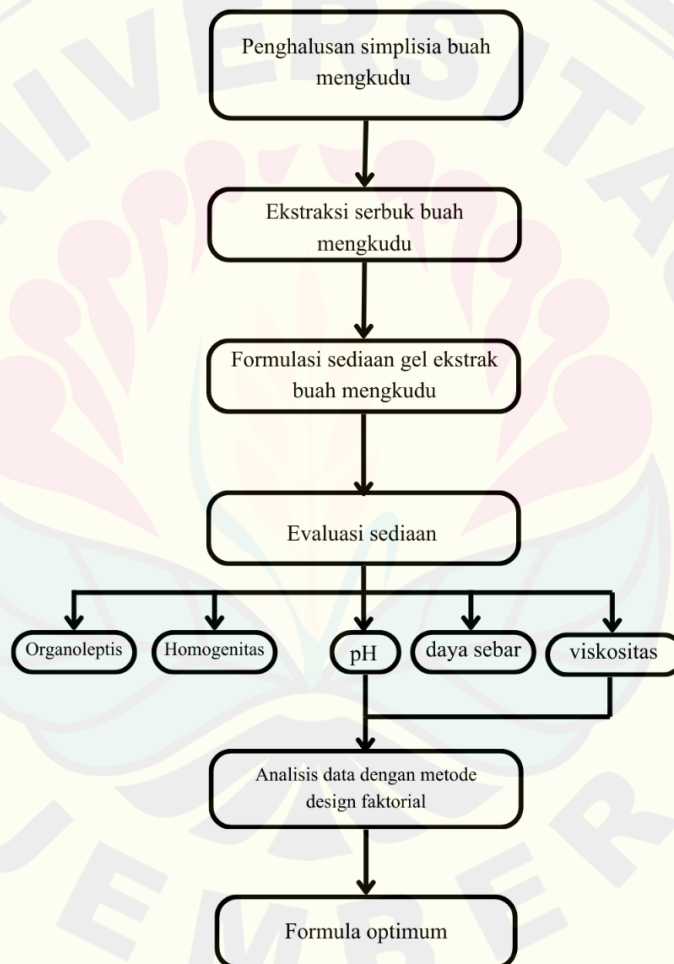
Alat yang digunakan dalam penelitian meliputi timbangan analitik, mesin penghalus, ayakan, *rotary evaporator*, ekstraktor ultrasonic (*Elmasonic*), labu alas bulat, corong buchner, labu buchner, gelas ukur, gelas beker, batang pengaduk, viskometer (*Viscometer NDJ-8S*), pH meter, mortir, stamper, alat uji daya sebar (*glass plate method*).

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi simplisia buah mengkudu yang didapatkan dari Materia medica pada bulan Juni 2025, carbopol, propilen glikol, TEA, nipagin, nipasol, dan akuades.

3.5 Rancangan Penelitian

Metode pada penelitian ini yaitu desain faktorial dengan dua faktor dan dua tingkat. Faktor yang diamati meliputi konsentrasi carbopol serta propilen glikol. Parameter responnya meliputi pH, daya sebar dan viskositas. Skema penelitian sebagai berikut.



Gambar 3.1 Skema penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Rancangan Formula Gel

Penelitian ini melakukan pembuatan empat formula gel. Perbedaan antar formula terletak pada konsentrasi carbopol dan propilen glikol yang berperan sebagai pembentuk basis gel.

Optimasi dilakukan dengan variabel bebas (faktor) dan variabel terikat (respon) sebagai berikut:

- Variabel bebas : konsentrasi carbopol, konsentrasi propilen glikol.
- Variabel terikat (respon) : organoleptis, homogenitas, pH, daya sebar, viskositas.
- Variabel kontrol : konsentrasi ekstrak mengkudu, TEA, pengawet, pelarut.

3.6.2 Pembuatan serbuk simplisia buah mengkudu

Sampel buah mengkudu yang telah dikeringkan disortasi secara kering, kemudian dihaluskan dengan menggunakan mesin penghalus, dan selanjutnya dilakukan pengayakan agar memperoleh ukuran partikel yang seragam.

3.6.3 Pembuatan ekstrak kental

Pembuatan ekstrak kental buah mengkudu dilakukan dengan metode ultrasonik. Sebanyak 200 gram simplisia buah mengkudu ditimbang, kemudian diekstraksi secara ultrasonik menggunakan etanol 70% dengan rasio simplisia terhadap pelarut 1:20 selama 30 menit. Hasil proses ekstraksi dilakukan penyaringan menggunakan corong Buchner, dipekatkan dengan *rotary evaporator* untuk memperoleh ekstrak cair, dan selanjutnya dioven hingga berubah menjadi kental.

3.6.4 Rancangan desain faktorial

Rancangan desain faktorial yang akan dilakukan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Rancangan desain faktorial

Formula	Faktor A	Faktor B	Interaksi A dan B
(1)	-1	-1	+1
a	+1	-1	-1
b	-1	+1	-1
ab	+1	+1	+1

3.6.5 Formula sediaan gel ekstrak buah mengkudu

Penelitian dimulai dengan merancang formulasi gel ekstrak buah mengkudu untuk memperoleh sediaan yang optimal. Dalam penelitian ini disusun sebanyak empat formula gel dengan variabel bebas berupa konsentrasi carbopol dan propilen glikol.

Langkah untuk mendapatkan konsentrasi aras tinggi dan konsentrasi aras rendah komposisi carbopol dan propilen glikol dengan melakukan *trial* pembuatan sediaan gel. Hasil orientasi formula gel dapat dilihat pada table 3.2

Tabel 3.2 Hasil orientasi formula gel

Nama Bahan	Fungsi	Formulasi (b/v%)			
		F1	F(a)	F(b)	F(ab)
Ekstrak Buah Mengkudu	Bahan aktif	10,0	10,0	10,0	10,0
Carbopol	Basis gel	0,5	2,0	0,5	2,0
Propilen glikol	Humektan	5	5	15	15
TEA	<i>Alkalizing agent</i>	1,5	1,5	1,5	1,5
Nipagin	Pengawet	0,2	0,2	0,2	0,2
Nipasol	Pengawet	0,05	0,05	0,05	0,05
Akuades	Pelarut	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100

3.6.7 Proses formulasi sediaan gel ekstrak buah mengkudu

Langkah pertama carbopol dicampurkan dengan akuades didalam mortir, ditambahkan TEA sebagai pengalkali (campuran A). Nipagin dan nipasol dilarutkan dan dihomogenkan dengan propilen glikol (Campuran B), campuran (A) ditambahkan ekstrak buah mengkudu dan dihomogenkan, ditambahkan campuran (B) dan dihomogenkan.

3.7 Uji evaluasi gel

3.7.1 Organoleptis

Pengujian organoleptis dilakukan dengan menggunakan pancaindra yang mencakup pengamatan warna, bentuk, dan konsistensi sediaan. Pada umumnya sediaan gel memiliki warna jernih dengan konsistensi setengah padat (Putri dan Anindhita, 2022).

3.7.2 Uji homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan menimbang sebanyak 0,5 gram sediaan, selanjutnya diletakkan pada gelas objek dan ditimpa menggunakan gelas objek lain. Gel dikatakan homogen jika tidak ditemukan butiran bahan yang terlihat dalam sediaan (Putri dan Anindhita, 2022).

3.7.3 Uji viskositas

Pengujian viskositas dilakukan dengan menempatkan sampel ke dalam wadah *Viscometer NDJ-8S* hingga spindle terendam sepenuhnya. Kecepatan *spindle* diatur, kemudian dijalankan alat *Viscometer NDJ-8S*, nilai viskositas akan terbaca. Dilakukan replikasi 3 kali pada masing-masing formula dan dicatat hasil pengujian. Syarat viskositas gel yang baik berkisar antara 500-10.000 mPa.s (Rahmatullah dkk., 2020).

3.7.4 Uji pH

Pengukuran pH dengan menggunakan alat pH meter, tahap pertama dengan melakukan kalibrasi alat. Sebelum digunakan, dibilas elektroda pH meter menggunakan akuades dan dikeringkan. Selanjutnya, elektroda dicelupkan pada sediaan gel. Gel topikal umumnya memiliki pH berkisar 4,5 hingga 6,5 (Putri & Anindhita., 2022).

3.7.5 Daya sebar

Uji daya sebar dilakukan dengan menimbang sebanyak 1 gram gel dan menaruhnya di tengah kaca, lalu di pasangkan pada alat uji daya sebar. Ditambahkan beban 100 gram dan dicatat diameter penyebaran gel. Daya sebar yang baik untuk sediaan gel berada pada rentang 5-7 cm (Mustapa dkk., 2025).

3.8 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan desain faktorial untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing faktor serta interaksinya terhadap respons yang diamati, dengan bantuan *software Design-Expert*. Dalam penelitian ini digunakan desain faktorial 2^2 yang terdiri dari dua faktor, yaitu konsentrasi carbopol sebagai faktor pertama (X_1) dan konsentrasi propilen glikol sebagai faktor kedua (X_2), masing-masing pada dua tingkat konsentrasi (rendah dan tinggi). Respon yang diamati meliputi pH, viskositas dan daya sebar sediaan gel. Alur analisis data pada penelitian ini diawali dengan menganalisis setiap faktor pada *software Design-Expert* hingga didapatkan formula optimum dan dilakukan verifikasi formula optimum melalui pengujian normalitas untuk memastikan distribusi data respon yang diamati. Selanjutnya, data yang memenuhi kriteria normalitas kemudian dianalisis untuk menentukan signifikansi perbedaan menggunakan uji one sample t-test. Uji ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai rata-rata respon dari setiap formula berbeda secara signifikan dibandingkan dengan nilai target yang ditetapkan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Sediaan Gel Tabir Surya

Pada penelitian ini meliputi pembuatan sediaan gel tabir surya dengan perbedaan bahan basis gel yaitu carbopol dan propilen glikol. Penelitian diawali pada perancangan formula melalui metode desain faktorial untuk mengetahui pengaruh kombinasi faktor terhadap karakteristik sediaan gel. Selanjutnya dilakukan pembuatan 4 formula gel tabir surya sesuai rancangan yang telah ditentukan oleh *software design expert*, masing-masing formula dilakukan pengujian organoleptis, homogenitas, pH, viskositas, dan daya sebar. Selanjutnya dilakukan analisis dan didapatkan formula optimum sediaan gel tabir surya yang direkomendasikan oleh *software Design-Expert*.

Sediaan gel tabir surya pada penelitian ini diformulasikan menjadi empat jenis formula, yaitu F(1), F(a), F(b), dan F(ab). Keempat formula tersebut ditetapkan berdasarkan hasil perancangan optimasi menggunakan metode desain faktorial dua faktor. Faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan pembentuk basis gel, yakni carbopol dan propilen glikol. Masing-masing faktor memiliki dua aras konsentrasi yang berbeda. Carbopol digunakan pada aras konsentrasi rendah sebesar 0,5% dan aras konsentrasi tinggi sebesar 2%, sedangkan propilen glikol digunakan pada aras konsentrasi rendah 5% dan aras konsentrasi tinggi 15%. Selain itu, dalam pembuatan sediaan gel tabir surya ini ditambahkan beberapa bahan tambahan, yaitu TEA, nipagin, dan nipasol, yang berfungsi sebagai komponen pembentuk basis gel.

4.2 Hasil Evaluasi Sediaan Gel Tabir Surya

4.2.1 Hasil Pengujian Sifat Fisika kimia Sediaan Gel Tabir Surya

a. Hasil Pengujian Organoleptis

Uji organoleptis merupakan pengujian secara visual dengan melakukan pengamatan tekstur, massa, dan warna sediaan. Hasil uji organoleptis pada sediaan gel

tabir surya memiliki tekstur lembut, massa encer sampai semi padat, dan warna coklat jernih yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Organoleptis Sediaan Gel Tabir Surya

Formula	Tesktur	Massa	Warna
F(1)	Lembut	Encer	Coklat jernih
F(a)	Lembut	Semi padat	Coklat jernih
F(b)	Lembut	Sedikit encer	Coklat jernih
F(a)	Lembut	Semi padat	Coklat jernih

Berdasarkan hasil pengujian organoleptis pada tabel 4.1 menunjukkan keempat formula yaitu F(1), F(a), F(b), dan F(ab) menunjukkan tekstur lembut dengan massa encer hingga semi padat sehingga mudah menyebar ketika diaplikasikan pada kulit dan memiliki warna coklat jernih yang dapat dilihat pada (Lampiran 2). Keempat formula memiliki tekstur lembut dan memiliki warna coklat jernih. Berdasarkan hasil uji organoleptik, dapat disimpulkan bahwa seluruh formula telah memenuhi kriteria yang ditetapkan. Pada formula F(1) memiliki massa sedikit encer karena konsentrasi carbopol dan propilen glikol yang digunakan paling rendah.

b. Hasil Pengujian homogenitas

Uji homogenitas adalah pengujian yang bertujuan untuk mengamati kondisi sediaan untuk memastikan tidak adanya partikel kasar yang tidak homogen. Hasil pengujian homogenitas menunjukkan bahan gel dari keempat formula dapat terdispersi sempurna. Keempat formula menunjukkan karakteristik sediaan homogen tanpa terdeteksi partikel kasar didalamnya, sehingga nyaman ketika diaplikasikan pada kulit. Hasil uji organoleptis dan homogenitas dapat dilihat pada (Lampiran 2).

c. Hasil pengujian dan analisis desain faktorial pada nilai pH

Pengujian pH sediaan bertujuan untuk meentukan nilai pH sediaan gel tabir surya. Nilai pH yang diharapkan untuk sediaan ini adalah 4,5-6,5 (Putri & Anindhita, 2022). Nilai pH diluar rentang tersebut tidak memenuhi persyaratan dikarenakan berpotensi menyebabkan iritasi pada kulit. Penetapan rentang pH tersebut telah sesuai dengan nilai pH yang dapat diterima dan aman untuk kulit serta berperan dalam

menjaga sediaan gel tabir surya tetap stabil dalam kondisi penyimpanan. Hasil uji pH sediaan gel tabir surya dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji pH Sediaan Gel Tabir Surya

Formula	pH (rata-rata $\pm$ SD)
F(1)	5,30 $\pm$ 0,1865
F(a)	4,83 $\pm$ 0,2728
F(b)	4,90 $\pm$ 0,3154
F(ab)	4,75 $\pm$ 0,1603

Berdasarkan hasil uji pH pada tabel 4.2 seluruh formula memiliki nilai pH yang berada dalam rentang, yaitu 4,5-6,5. Nilai pH paling rendah yaitu formula F(ab) dan nilai pH paling tinggi yaitu formula F(1). Hasil tersebut menunjukkan seluruh formula dalam penelitian ini dinyatakan tidak berpotensi menyebabkan iritasi pada kulit serta mampu menjaga stabilitas gel tabir surya selama penyimpanan. Dari hasil pengujian tersebut, selanjutnya dilakukan penentuan pengaruh faktor carbopol dan propilen glikol dalam formula, serta ditentukan interaksi antara kedua bahan tersebut menggunakan analisis varian dengan *software Design-Expert*. Pengaruh faktor dan interaksinya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Faktor dan Interaksi keduanya terhadap Respon pH

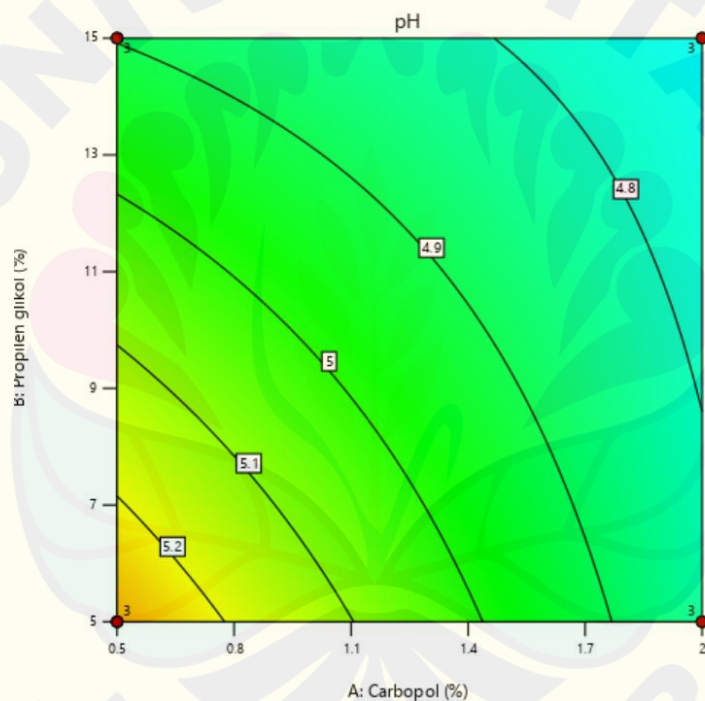
Formula	Efek pH
Konsentrasi carbopol	-0,1508
Konsentrasi propilen glikol	-0,1175
Interaksi carbopol dan propilen glikol	+0,0758

Nilai efek faktor carbopol dan propilen glikol masing-masing pada respon pH menunjukkan nilai negatif, sedangkan nilai efek faktor interaksi keduanya memiliki nilai positif. Nilai efek faktor negatif diartikan bahwa ketika konsentrasi faktor dinaikkan nilai pH semakin rendah. Nilai efek faktor positif pada peningkatan konsentrasi carbopol dan propilen glikol secara bersamaan diartikan bahwa ketika kedua faktor dinaikkan bersamaan akan menyebabkan penurunan nilai pH.

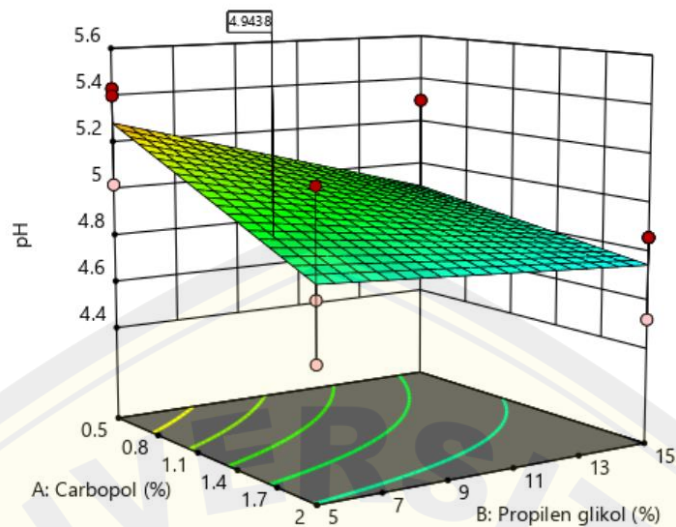
Hasil dari analisis varian menggunakan *software Design-Expert* menunjukkan nilai F-model sebesar 1,93 dengan p-value 0,2041 mengindikasikan bahwa model secara keseluruhan tidak signifikan dalam menjelaskan variasi respon pH. Hal ini

terjadi karena perubahan pH yang terjadi akibat variasi konsentrasi carbopol, propilen glikol, dan interaksinya terlalu kecil dan tidak konsisten untuk dibedakan dari variasi alami (noise) dalam data. Faktor carbopol menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,1160; faktor propilen glikol dengan nilai *p-value* sebesar 0,2070 dan interaksi antara carbopol dan propilen glikol dengan nilai *p-value* sebesar 0,4014. Berdasarkan hasil tersebut, ketiga nilai *p-value* $> 0,05$, sehingga disimpulkan bahwa faktor carbopol, faktor propilen glikol, maupun interaksi antara keduanya tidak berpengaruh secara signifikan terhadap respon pH sediaan.

Hasil analisis dengan menggunakan *software Design-Expert* disajikan dalam bentuk grafik kontur dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D), yang ditampilkan pada gambar berikut 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.1 Grafik *Contour Plot* Respon pH Dua Dimensi (2D)



Gambar 4.2 Grafik *Contour Plot* Respon pH Tiga Dimensi (3D)

Pada penelitian ini, hasil *contour plot* terlihat bahwa peningkatan konsentrasi carbopol cenderung menyebabkan penurunan nilai pH. Hal ini ditunjukkan oleh pergeseran warna dan garis kontur dari area berwarna kuning menuju hijau hingga biru seiring bertambahnya konsentrasi carbopol. Perubahan pH ini berkaitan dengan karakter asam dari carbopol. Pada penelitian ini diketahui faktor carbopol memiliki sifat asam lemah dan faktor propilen glikol memiliki sifat netral (Rowe dkk., 2017). Oleh karena itu, penambahan carbopol ke dalam formulasi tidak berkontribusi terhadap perubahan pH.

d. Hasil pengujian dan analisis desain faktorial pada nilai viskositas

Pengujian viskositas pada sediaan gel tabir surya dilakukan untuk menentukan tingkat kekentalan sediaan. Pada penelitian ini, pengukuran viskositas dilakukan menggunakan viskometer NDJ-8S, dengan rentang viskositas yang diharapkan sebesar 500–10.000 mPa·s. Hasil pengujian pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji Viskositas Sediaan Gel Tabir Surya

Formula	Viskositas (mPa.s) (rata-rata±SD)
F(1)	622,3±102,1
F(a)	6320±842,2
F(b)	2720±49,03
F(ab)	3366±386,4

Berdasarkan tabel 4.4 hasil uji viskositas keempat formula sediaan gel tabir surya pada penelitian ini berada pada rentang 500-10.000 mPa.s. Dari hasil pengujian tersebut, selanjutnya dilakukan penentuan efek faktor konsentrasi carbopol dan propilen glikol yang digunakan dalam formula, serta ditentukan interaksi antara kedua bahan tersebut menggunakan analisis varian dengan menggunakan *software Design-Expert*. Pengaruh faktor dan interaksinya dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengaruh Faktor dan Interaksi keduanya terhadap Respon Viskositas

Formula	Efek Viskositas
Konsentrasi carbopol	+1390,42
Konsentrasi propilen glikol	-214,08
Interaksi carbopol dan propilen glikol	-1458,42

Tabel 4.5 menunjukkan faktor konsentrasi carbopol memiliki efek (+) yang berarti dapat meningkatkan viskositas sediaan dengan meningkatkan konsentrasi carbopol. Efek faktor konsentrasi propilen glikol, interaksi antara carbopol dan propilen glikol memiliki efek (-) yang berarti dapat menurunkan viskositas sediaan dengan meningkatkan konsentrasinya. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian pada tabel 4.4, formula F(a) dengan konsentrasi carbopol aras tinggi dan konsentrasi propilen glikol aras rendah memiliki nilai viskositas paling tinggi diantara keempat formula.

Berdasarkan hasil analisis desain faktorial, diperoleh model persamaan yang menggambarkan pengaruh faktor konsentrasi carbopol (X_1) dan konsentrasi propilen glikol (X_2) serta interaksi keduanya terhadap respon viskositas (Y) sebagai berikut:

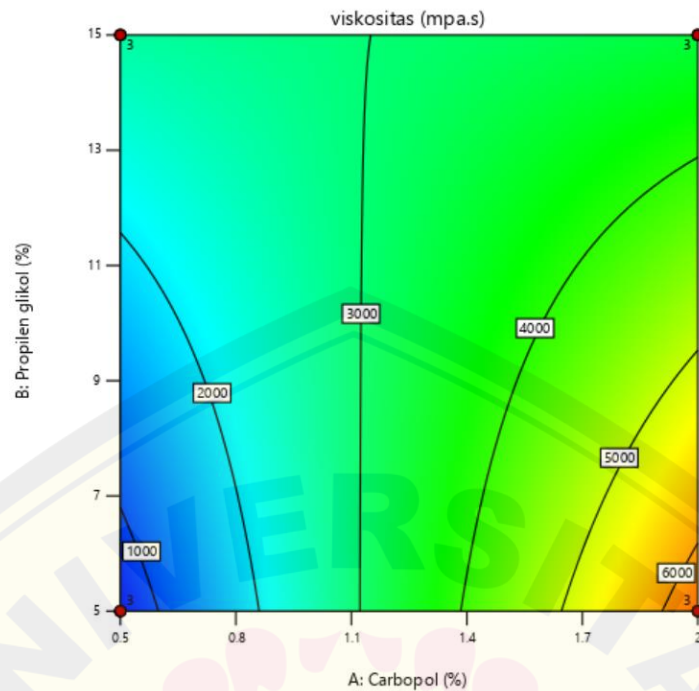
$$Y = b_0 + 1390,42 X_1 - 214,08 X_2 - 1458,42 X_1 X_2$$

Nilai koefisien pada persamaan desain faktorial, dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap respon viskositas adalah interaksi antara konsentrasi

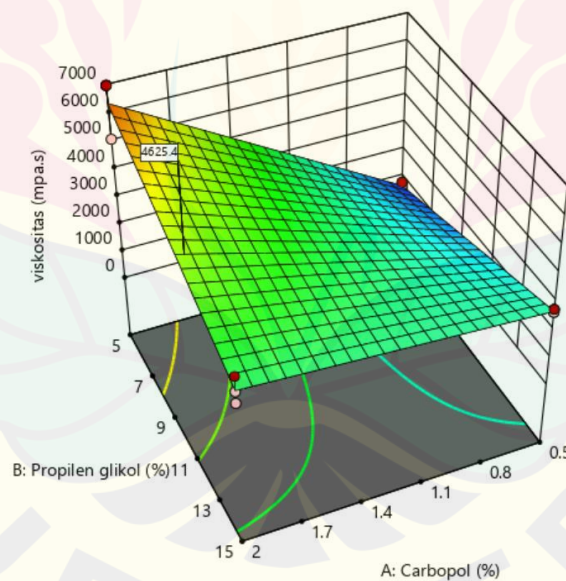
carbopol dan propilen glikol (X_1X_2), yang ditunjukkan oleh nilai koefisien terbesar secara, yaitu $-1458,42$. Besarnya nilai koefisien ini menunjukkan bahwa efek interaksi kedua faktor memberikan pengaruh yang lebih dominan dibandingkan pengaruh masing-masing faktor tunggal. Ketika konsentrasi carbopol dan propilen glikol tinggi, fraksi pelarut (air) dalam sediaan menjadi relatif lebih rendah. Kekurangan air dapat menghambat hidrasi dan pengembangan jaringan polimer carbopol, sehingga matriks gel menjadi kurang terbentuk dan viskositas sediaan menurun

Hasil analisis varians dari *software Design-Expert* menunjukkan bahwa faktor carbopol memiliki nilai $p\text{-value} < 0,0001$; faktor propilen glikol memiliki nilai $p\text{-value}$ sebesar $0,2238$; sedangkan interaksi antara carbopol dan propilen glikol memiliki nilai $p\text{-value} < 0,0001$. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa faktor carbopol serta interaksi antar carbopol dan propilen glikol memiliki nilai $p\text{-value} < 0,05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor carbopol serta interaksi carbopol dan propilen glikol berpengaruh secara signifikan terhadap respon viskositas. Sedangkan faktor propilen glikol memiliki nilai $p\text{-value}$ $0,2238$ yang artinya faktor propilen glikol tidak berpengaruh terhadap respon viskositas.

Analisis menggunakan *software Design-Expert* menampilkan grafik *contour plot* dalam bentuk grafik dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) yang dapat dilihat pada gambar berikut. Grafik *contour plot* menunjukkan bagaimana efek dari kedua faktor terhadap respon viskositas sediaan gel tabir surya. Efek faktor ditunjukkan dengan beberapa gradien warna pada grafik. Gradien berwarna kuning kemerahan menunjukkan efek paling tinggi dan gradien berwarna biru menunjukkan efek paling rendah. Hasil *contour plot* respon viskositas bisa dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.3 Grafik *Contour Plot* Respon Viskositas Dua Dimensi (2D)



Gambar 4.4 Grafik *Contour Plot* Respon Viskositas Tiga Dimensi (3D)

Hasil contour plot menggambarkan semakin tinggi faktor konsentrasi carbopol yang digunakan pada sediaan gel tabir surya dapat menyebabkan kenaikan viskositas

yang ditandai dengan gradien berwarna kuning kemerahan. Hal ini menunjukkan bahwa carbopol berperan dominan sebagai *gelling agent* dalam pembentukan jaringan gel dengan mengikat air secara efektif. Peningkatan konsentrasi carbopol menyebabkan jaringan gel menjadi semakin rapat, yang berakibat pada peningkatan viskositas sediaan (Rowe., 2019).

e. Hasil pengujian dan analisis desain faktorial pada nilai daya sebar

Pengujian daya sebar dilakukan untuk mengamati kemampuan sediaan gel tabir surya menyebar pada kulit. Gel dengan daya sebar baik memiliki penyebaran bahan obat yang baik sehingga efektif untuk digunakan. Daya sebar gel yang baik berapada pada kisaran 5-7 cm. Hasil uji daya sebar pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Daya Sebar

Formula	Daya Sebar (cm) (rata-rata $\pm$ SD)
F(1)	10,5 $\pm$ 1,217
F(a)	3,95 $\pm$ 0,3047
F(b)	5,5 $\pm$ 0,0865
F(ab)	4,6 $\pm$ 0,7951

Berdasarkan tabel 4.6, hasil uji daya sebar dari keempat formula sediaan gel tabir surya menunjukkan nilai berada dalam kisaran 3–11 cm. Dari hasil pengujian tersebut, selanjutnya dilakukan penentuan efek faktor konsentrasi carbopol dan propilen glikol yang digunakan dalam formula, serta ditentukan interaksi antara kedua bahan tersebut menggunakan analisis varian dengan menggunakan *software Design-Expert*. Pengaruh faktor dan interaksinya dapat dilihat pada 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Pengaruh Faktor dan Interaksi keduanya terhadap Respon Daya Sebar

Formula	Efek Daya Sebar
Konsentrasi carbopol	-1,85
Konsentrasi propilen glikol	-1,09
Interaksi carbopol dan propilen glikol	+1,44

Berdasarkan data pada tabel 4.7, menunjukkan bahwa konsentrasi carbopol merupakan faktor yang paling dominan dengan nilai efek -1,85 , artinya peningkatan konsentrasi carbopol secara signifikan dapat menurunkan daya sebar sediaan. Konsentrasi propilen glikol memberikan efek negatif sebesar -1,09 menunjukkan

bahwa penambahannya dapat menurunkan daya sebar namun pengaruhnya tidak sebesar carbopol. Hal tersebut sesuai dengan hasil pengujian pada tabel 4.6, formula F(a) dengan konsentrasi carbopol aras tinggi dan konsentrasi propilen glikol aras rendah memiliki daya sebar paling kecil diantara keempat formula.

Berdasarkan hasil analisis desain faktorial, diperoleh model persamaan yang menggambarkan pengaruh faktor konsentrasi carbopol (X_1) dan konsentrasi propilen glikol (X_2) serta interaksi keduanya terhadap respon viskositas (Y) sebagai berikut:

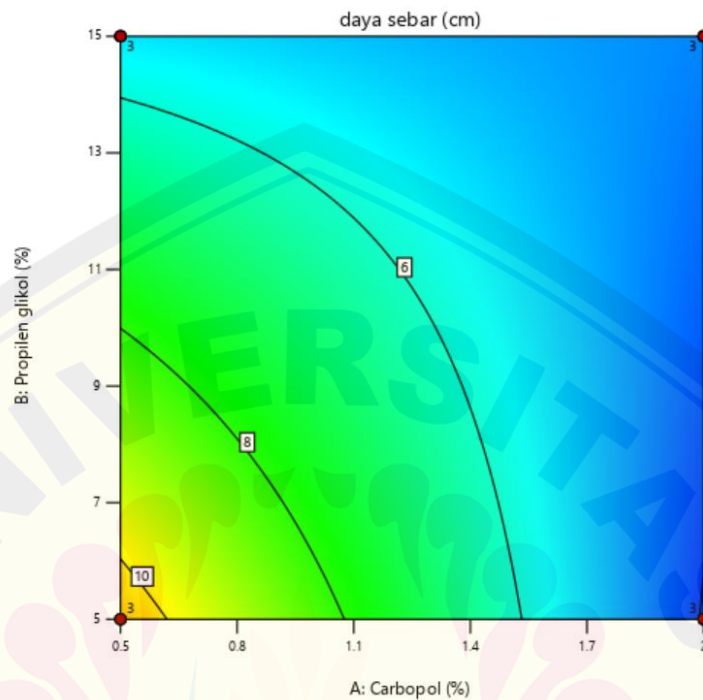
$$Y = b_0 - 1,85 X_1 - 1,09 X_2 + 1,44 X_1 X_2$$

Pada persamaan diatas menunjukkan faktor yang paling berpengaruh terhadap respon daya sebar adalah konsentrasi carbopol, karena memiliki nilai koefisien negatif terbesar sebesar $-1,85$, lebih besar dibandingkan koefisien propilen glikol $-1,09$ dan interaksinya $+1,44$. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi carbopol memberikan dampak paling signifikan dalam menurunkan daya sebar sediaan. Carbopol adalah polimer pengental utama yang meningkatkan viskositas dan kekakuan sediaan secara langsung, sehingga semakin tinggi konsentrasinya, sediaan menjadi semakin kental dan sulit menyebar. Meskipun interaksi antara carbopol dan propilen glikol memberikan efek positif yang meningkatkan daya sebar, besarnya pengaruh ini masih lebih kecil dibandingkan efek penurunan yang dihasilkan oleh konsentrasi carbopol secara tunggal.

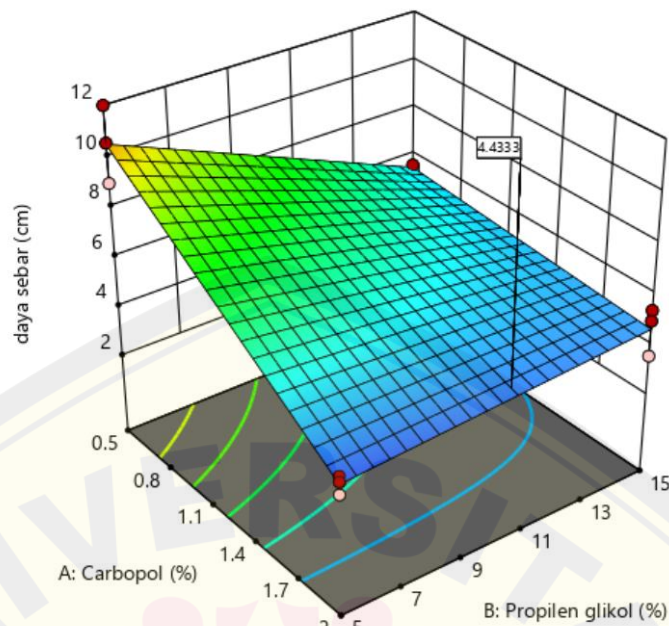
Hasil analisis varian menggunakan *software Design-Expert* menunjukkan bahwa faktor carbopol memiliki *p-value* 0,0001, faktor propilen glikol 0,0033, dan interaksi antara carbopol serta propilen glikol 0,0006. Nilai *p-value* berada di bawah 0,05 yang mengindikasikan bahwa konsentrasi carbopol, propilen glikol, maupun interaksi keduanya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respons daya sebar sediaan gel tabir surya.

Hasil analisis dengan *software Design-Expert* divisualisasikan dalam bentuk grafik kontur dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D), seperti terlihat pada gambar berikut. Grafik kontur ini memperlihatkan pengaruh kedua faktor terhadap respons

daya sebar pada sediaan gel tabir surya. Efek faktor ditunjukkan dengan beberapa gradien warna pada grafik. Gradien berwarna kuning kemerahan menunjukkan efek paling tinggi dan gradien berwarna biru menunjukkan efek paling rendah.



Gambar 4.5 Grafik *Contour Plot* Respon Viskositas Dua Dimensi (2D)



Gambar 4.6 Grafik *Contour Plot* Respon Daya sebar Tiga Dimensi (3D)

Dari hasil *contour plot*, terlihat bahwa peningkatan faktor carbopol pada gel tabir surya dapat menyebabkan penurunan daya sebar sediaan karena semakin tinggi tingkat kekentalan dari sediaan. Sedangkan peningkatan faktor propilen glikol tidak berpengaruh secara signifikan terhadap daya sebar sediaan.

4.3 Penentuan Formula Optimum

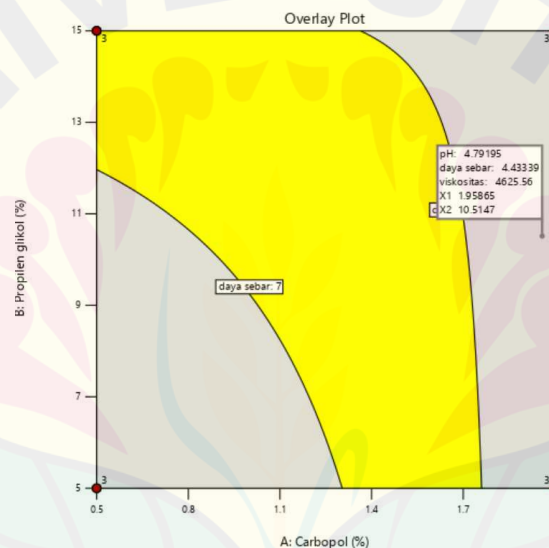
Penentuan formula optimum dalam penelitian ini berdasarkan *hasil overlay plot software Design-Expert* yang merupakan grafik gambaran area formula optimum berdasarkan prediksi *software*. Pada grafik terdapat dua area yang ditunjukkan yaitu area berwarna kuning dan area berwarna abu-abu. Daerah formula optimum ditunjukkan dengan warna kuning yang menggambarkan jumlah konsentrasi carbopol dan propilen glikol dapat memenuhi respon yang diharapkan dalam pengujian. Dalam penelitian ini, konsentrasi carbopol dan propilen glikol ditetapkan pada tingkat aras

rendah dan aras tinggi, sedangkan kriteria setiap respon diatur menyesuaikan dengan rentang persyaratan hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.5 Kriteria Penentuan Formula Optimum

Respon	Kriteria	Importance	Rentang Nilai
pH	<i>In range</i>	+++	4,5-6-5
Viskositas	<i>In range</i>	+++	500-10,000 mPa.s
Daya sebar	<i>In range</i>	+++	5-7 cm

Berdasarkan pengaturan kriteria penentuan tersebut, diharapkan *software Design-Expert* dapat memberikan hasil prediksi formula paling optimum. Pemilihan formula optimum oleh *software* dengan melihat nilai *desirability* yang mendekati satu atau sama dengan 1 dan berada pada grafik *overlay plot* area berwarna kuning yang dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.7 Grafik *Overlay Plot* Formula Optimum

Software Design-Expert memberikan sejumlah solusi yang dapat dilihat pada gambar 4.10.

100 Solutions found

Number	Carbopol	Propilen glikol	pH	daya sebar	viskositas	Desirability	
1	1.959	10.515	4.792	4.433	4625.401	1.000	Selected
2	0.500	15.000	4.897	5.467	2719.667	1.000	
3	0.500	5.000	5.283	10.523	622.333	1.000	
4	2.000	15.000	4.747	4.657	3366.333	1.000	
5	0.512	8.417	5.148	8.759	1370.294	1.000	
6	1.358	5.181	5.020	6.730	3887.032	1.000	
7	1.889	8.678	4.825	4.539	4969.411	1.000	
8	0.555	5.005	5.250	10.104	600.603	1.000	

Gambar 4.8 Gambar Solusi Formula Optimum Pilihan *Software Design-Expert*

Berdasarkan solusi hasil *Software Design-Expert* tersebut, formula paling optimum yang didapatkan memiliki konsentrasi carbopol 1,959% dan propilen glikol 10,515%. Nilai *desirability* 1 dan diprediksi memiliki nilai pH 4,792; Viskositas 4625,4 mPa.s; dan daya sebar 4,43 cm.

4.4 Verifikasi Formula Optimum

4.4.1 Verifikasi formula optimum

Verifikasi formula optimum dilakukan untuk menilai kesesuaian antara nilai prediksi yang dihasilkan oleh *software Design-Expert* dengan data aktual dari pengujian. Dilakukan pengujian kembali parameter respon yang mencakup pH, viskositas dan daya sebar pada formula yang diprediksi paling optimal dan dibandingkan dengan nilai prediksi. Untuk menentukan validitasnya, dilakukan analisis statistik menggunakan uji-t sampel tunggal (*one sample t-test*) untuk membandingkan data prediksi dan hasil percobaan. Apabila nilai signifikansi (*p-value*) lebih besar atau sama dengan 0,05, disimpulkan bahwa tidak adanya perbedaan signifikan dari hasil prediksi sistem dengan hasil pengujian nyata (Fajar, 2021). Hasil verifikasi terhadap formula optimum dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Verifikasi Formula Optimum

Respon	Hasil respon prediksi	Hasil respon observasi (rata-rata $\pm$ SD)
pH	4,792 ^a	5,05 $\pm$ 0,0216 ^b
Viskositas	4625,4 ^a mPa.s	4575 $\pm$ 415 ^a
Daya sebar	4,43 ^a cm	5,70 $\pm$ 0,0816 ^a

*Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan bermakna hasil prediksi dan observasi

Berdasarkan tabel 4.9, respon viskositas dan daya sebar memiliki nilai signifikansi $> 0,05$ yang menunjukkan hasil percobaan dan nilai prediksi *software Design-Expert* tidak memiliki perbedaan bermakna dari kedua kelompok hasil. Pada respon pH memiliki nilai signifikansi $< 0,05$ yang menunjukkan bahwa hasil percobaan dan prediksi *software Design-Expert* memiliki perbedaan bermakna dari kedua kelompok hasil. Selanjutnya, dilakukan karakterisasi terhadap formula optimum melalui beberapa parameter uji, meliputi organoleptis, homogenitas, pH, viskositas, dan daya sebar.

a. Hasil Pengujian Organoleptis

Hasil uji organoleptis yang diperoleh dari formula optimum ialah memiliki massa yang mudah menyebar, tekstur lembut, dan warna coklat jernih. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sediaan gel tabir surya ekstrak etanol buah mengkudu memenuhi persyaratan. Sediaan gel umumnya memiliki warna jernih dan konsistensi setengah padat padat (Putri dan Anindhita, 2022).

b. Hasil Pengujian Homogenitas

Hasil uji homogenitas formula optimum memiliki karakteristik yang homogen, tidak terdeteksi adanya gumpalan atau partikel kasar, menunjukkan sediaan nyaman saat diaplikasikan pada kulit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sediaan gel tabir surya telah memenuhi persyaratan dengan tidak adanya partikel kasar yang terlihat dalam sediaan (Putri dan Anindhita, 2022).

c. Hasil Pengujian pH

Hasil pengujian yang telah dilakukan, formula optimum memiliki rata-rata pH 4,85. Nilai tersebut memiliki perbedaan bermakna dengan nilai pH formula optimum yang diprediksi oleh *software Design-Expert*. Perbedaan bermakna antara pH prediksi dan pH observasi menunjukkan bahwa masih terdapat faktor eksperimental dan karakteristik sistem yang menyebabkan pH aktual tidak sepenuhnya sesuai dengan nilai prediksi. Hal ini bisa dipengaruhi oleh kalibrasi pH meter, kualitas air, stabilitas bahan aktif, dan kondisi lingkungan (Buck dkk., 2017).

d. Hasil Pengujian Viskositas

Hasil pengujian viskositas formula optimum diperoleh rata-rata nilai viskositas sebesar 4575 mPa.s. Nilai viskositas tersebut tidak berbeda signifikan dengan nilai viskositas prediksi *software Design-Expert* yaitu 4625,4 mPa.s.

e. Hasil Pengujian Daya Sebar

Hasil pengujian daya sebar formula optimum diperoleh rata-rata nilai daya sebar sebesar 5,59 cm. Nilai viskositas tersebut tidak berbeda signifikan dengan nilai viskositas prediksi *software Design Expert* yaitu 5,7 cm.

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Penambahan konsentrasi carbopol dan propilen glikol dapat memengaruhi sifat fisik sediaan gel tabir surya, terutama viskositas dan daya sebar. Peningkatan konsentrasi carbopol cenderung menyebabkan adanya peningkatan viskositas sekaligus penurunan daya sebar, sedangkan peningkatan konsentrasi propilen glikol cenderung menyebabkan penurunan viskositas dan peningkatan daya sebar.
2. Formula optimum yang didapatkan penelitian ini yaitu pada konsentrasi carbopol sebesar 1,959% dan propilen glikol 10,515% yang mampu menghasilkan gel tabir surya dengan karakteristik fisik sesuai persyaratan, meliputi organoleptis, homogenitas, pH, viskositas, dan daya sebar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya pengujian stabilitas sediaan gel tabir surya untuk mengetahui stabilitas fisika kimianya dalam proses penyimpanan.
2. Perlu dilakukan pengujian kapasitas antioksidan sediaan untuk mengetahui keefektifan sediaan sebagai gel tabir surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adila, T., & Fakhira, N. 2022. Analisis kualitas selai organik dari buah mengkudu sebagai produk bisnis skala rumahan. *Jurnal Sains Boga*, 5(2), 111–117.
- Agustiani, N., Ramadani, N., & Lestari, W. 2022. Formulasi sediaan gel dari bahan alam: Stabilitas dan efektivitas. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 18(2), 123–134.
- Akshayaa, A., & Gupta, V. 2024. Preservative Precision: A Novel UV Method for Methyl Paraben Quantification in Drug Formulations. *Quantum Journal of Medical and Health Sciences*, 4(1), 61-69.
- Ansel, H.C., Allen, L.V., & Popovich, N.G. 1989. *Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems*. 4th Edition. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Ariasti, D. dan E. D. Ningsih. 2020. Hubungan Tingkat Pengetahuan dan Lingkungan Sosial Dengan Perilaku Merokok. *KOSALA : Jurnal Ilmu Kesehatan*. 8(1): 34–44.
- Arkorful, D. A., Owusu, P. A., & Nartey, E. 2024. Phytochemical composition and antibacterial properties of *Morinda citrifolia* fruit extract. *Journal of Ethnopharmacology*, 320, 116–125.
- Buck, R. P., Rondinini, S., Covington, A. K., Baucke, F. G. K., Brett, C. M. A., Camoes, M. F., ... Wilson, G. S. 2017. *Measurement of pH: Definition, standards, and procedures*. Pure and Applied Chemistry, 89(7), 1–20.
- Dahlizar, S., Rahayu, T., & Nurlela. 2018. Pengaruh propilen glikol terhadap karakteristik fisik sediaan gel ekstrak herbal. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 16(1), 45–52.
- Fitriana, A., Sari, D. P., & Rukmana, A. 2025. Aktivitas antioksidan ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia*) dengan metode DPPH. *Jurnal Farmasi dan Sains Terapan*, 12(1), 22–30.
- Fitriani, D., Santoso, A., & Prasetya, B. 2020. Analisis desain faktorial dalam optimasi formulasi farmasi. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 17(2), 85–92.

- Hamdi, N. A., Azmi, N. A., Mohd Sabari, N. H., Harun, A. F., & Haris, M. S. 2023. An insight into the use and advantages of Carbopol in topical mucoadhesive drug delivery system: A systematic review. *Journal of Pharmacy*, 3(1), 53–65.
- Hardani, H., Yuliana, R., & Pratama, F. 2020. Aktivitas antioksidan ekstrak etanol buah mengkudu (*Morinda citrifolia*) dengan metode DPPH. *Jurnal Farmasi Sains dan Terapan*, 7(2), 55–62.
- Hidayat, I. R., Zuhrotun, A., & Sopyan, I. 2021. Design-Expert software sebagai alat optimasi formulasi sediaan farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(1), 99–12
- Hou, S., Ma, D., Wu, S., Hui, Q., & Hao, Z. 2025. *Morinda citrifolia* L.: A comprehensive review on phytochemistry, pharmacological effects, and antioxidant potential. *Antioxidants*, 14(3), 295.
- Mustapa, M. A., M. A. Paneo, L. E. Puluhulawa, M. S. Latif, dan I. Nani. 2025. Formulasi dan evaluasi sediaan exfoliating gel sari buah anggur (*Vitis vinifera* L.). *Jurnal Farmasi Teknologi Sediaan Dan Kosmetika*. 2(1):35–44.
- Pratama, R. A., Sari, N. P., & Lestari, D. W. 2023. Pemanfaatan propilen glikol sebagai pelarut dan humektan dalam formulasi sediaan farmasi. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 15(2), 112–120.
- Priawanto, R., & Hadning, I. 2017. Evaluasi Sifat Fisik Gel Ekstrak Etanol Daun Kemangi (*Ocimum sanctum* L.) dengan Basis HPMC. *Pharmaciana*, 7(1), 57–68.
- Putri, W. E. dan M. A. Anindhita. 2022. Optimization of cardamom fruit ethanol extract gel with combination of hpmc and sodium alginate as the gelling agent using simplex lattice design optimasi formula gel ekstrak etanol buah kapulaga dengan kombinasi gelling agent hpmc dan natrium alginat menggunakan simplex lattice design. *Jurnal Ilmiah Farmasi (Scientific Journal of Pharmacy) Special Edition*. 107–120.
- Rahmadhani, F. 2017. Evaluasi Carbopol sebagai basis gel dalam formulasi sediaan farmasi. *Jurnal Farmasi Higea*, 9(1), 14–21.

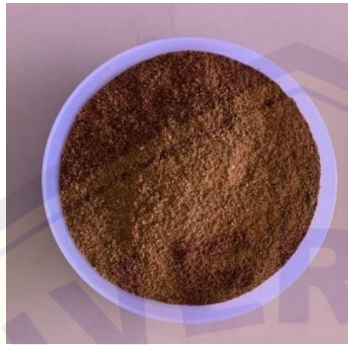
- Rahmatullah, S., Agustin, W., & Kurnia, N. 2020. Formulasi Dan Evaluasi Sediaan Gel Hand Sanitizer Sebagai Antiseptik Tangan Dengan Variasi Basis Karbopol 940 Dan Tea Chmk Pharmaceutical Scientific Journal. Chmk Pharmaceutical Scientific Journal, 3(September 2020), 189–194.
- Rahman, F., & Wulandari, P. 2021. Optimasi formulasi sediaan gel menggunakan desain faktorial 2^2 . *Jurnal Formulasi Farmasi*, 19(3), 112–120.
- Rifkia, V., Revina, R. 2023. “Pengaruh Variasi Bahan: Pelarut dan Lama Ekstraksi Ultrasonik dari Ekstrak Daun Kelor terhadap Rendemen dan Kadar Total Fenol.” *Jurnal Farmasi Indonesia*, 15(1), 94-100.
- Rohmah, S., Erlin, E. dan Rachmawati, J. 2021. Uji Ekstrak Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) terhadap Zona Hambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* secara In-Vitro. Bioed: *Jurnal Pendidikan Biologi*, 9 (1), 34-39.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. 2009. *Handbook of pharmaceutical excipients* (6th ed.). Pharmaceutical Press.
- Safitri, H., Nuraini, D., & Putra, A. G. 2022. Pengaruh penggunaan propilen glikol terhadap stabilitas dan daya serap sediaan gel topikal. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 20(4), 345–353.
- Serafini, M., Peluso, I., Raguzzini, A., Toti, E., Testa, M. F., & Maiani, G. 2014. *UVA-UVB photoprotective activity of topical formulations containing Morinda citrifolia extract*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014, 1–8.
- Shirisha, V., & Parasuraman, R. 2024. Method development and validation for the estimation of propyl paraben in cosmetics by UV spectroscopy. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 13(3), 612–621.
- Tasman, H., Arisanty, D., & Nurhaliza, S. 2023. Pengaruh penambahan propilen glikol terhadap stabilitas sediaan gel ekstrak herbal. *Jurnal Ilmu Farmasi dan Herbal*, 9(2), 88–95.

- Thomas, M., Alexander, J., & Ratri, D. 2023. Effect of Carbopol concentration on the viscosity and usability of topical gel formulations. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 14(5), 210–218.
- Thomas, NA., Tungadi, R., Hiola, F., Latif, M. S. 2023. Pengaruh Konsentrasi Carbopol 940 Sebagai Gelling Agent Terhadap Stabilitas Fisik Sediaan Gel Lidah Buaya (Aloe Vera). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 3(2), 316-324.
- Triyanti, S. B., Lestari, F. P., Fitriana, P. A. N., Rostiana, H. R., Silalahi, D. D., Syalsabina, T. D., Yenita Putri, R., & Saputra, I. S. 2025. Pengaruh metode ekstraksi maserasi, sonikasi, dan sokletasi terhadap nilai rendemen sampel kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 8(1), 71-78.
- Tsabitah, A. F., Zulkarnain, A. K., Wahyuningsih, M. S. H., & Nugrahaningsih, D. A. A. 2020. *Optimasi Carbomer, Propilen Glikol, dan Trietanolamin dalam Formulasi Sediaan Gel Ekstrak Etanol Daun Kembang Bulan (Tithonia diversifolia)*. *Majalah Farmaseutik*, 16(2), 111–118.
- USDA Natural Resources Conservation Service 2025. *Morinda citrifolia L.* <https://plants.sc.egov.usda.gov/plant-profile/MOC13>. [Diakses pada 9 November 2025].
- Voigt, R. 1994. *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wahidah, I., Zulfiani, R., & Kurniawati, H. 2024. Pengembangan gel berbasis bahan alam: Stabilitas dan karakteristik fisik. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 11(1), 33–42.
- Zhou, S., dkk. 2024. *The chemical composition and pharmacological activities of Morinda citrifolia L.* *Applied Biology and Chemistry*.

LAMPIRAN

Lampiran 1.

a. Dokumentasi Ekstrak Buah Mengkudu



Serbuk simplisia buah mengkudu



Ekstrak kental buah mengkudu

b. Dokumentasi Sediaan Gel



F(1)



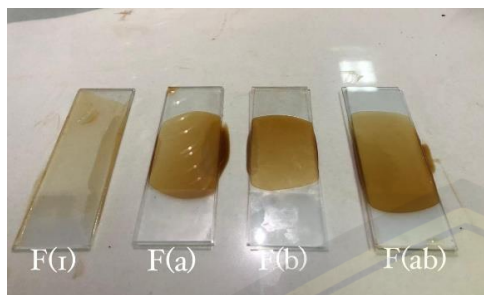
F(a)



F(b)



F(ab)

Lampiran 2. Hasil Pengujian**a. Hasil pengujian organoleptis dan homogenitas****b. Hasil pengujian pH**

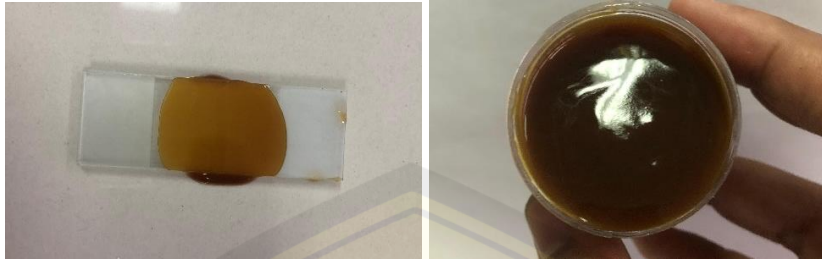
Replikasi	Hasil Pengujian			
	F(1)	F(a)	F(b)	F(ab)
1	5,43	5,19	4,86	4,86
2	5,02	4,77	5,30	4,86
3	5,40	4,53	4,53	4,52
Rata-rata±SD	5,3±0,1865	4,83±0,2728	4,90±0,3154	4,75±0,1602

c. Hasil pengujian viskositas

Replikasi	Hasil Pengujian			
	F(1)	F(a)	F(b)	F(ab)
1	500	6870	2789	2915
2	617	6960	2685	3325
3	750	5130	2685	3859
Rata-rata±SD	622,3±102,1	6320±842,2	2720±49,03	3366±386,4

d. Hasil pengujian daya sebar

Replikasi	Hasil Pengujian			
	F(1)	F(a)	F(b)	F(ab)
1	9,01	4,27	5,37	4,99
2	11,99	3,54	5,58	5,42
3	10,57	4,04	5,45	3,56
Rata-rata±SD	10,5 ±1,217	3,95±0,3047	5,47±0,0865	4,6±0,7951

Lampiran 3.**a. Formula Optimum**

Formula optimum dengan konsentrasi carbopol sebesar 1,959%
dan propilen glikol 10,515%

b. Hasil pengujian formula optimum

Replikasi	Hasil Pengujian		
	pH	Viskositas	Daya sebar
1	5,08	4720	5,6
2	5,03	4010	5,8
3	5,04	4995	5,7
Rata-rata±SD	5,05±0,0216	4575± 415	5,70±0,0816

Lampiran 4. Verifikasi Formula Optimum**a. Hasil *one sample T-test* Respon pH****Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
pH	.314	3	.	.893	3	.363

a. Lilliefors Significance Correction

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
pH	3	5.0500	.02646	.01528

One-Sample Test

	Test Value = 4.792					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
pH	16.890	2	.003	.25800	.1923	.3237

b. Hasil *one sample T-test* Respon Viskositas**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
viskositas	.279	3	.	.939	3	.523

a. Lilliefors Significance Correction

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
viskositas	3	4575.0000	508.25682	293.44221

One-Sample Test

	Test Value = 4625.4					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
viskositas	-.172	2	.879	-50.40000	-1312.9799	1212.1799

c. Hasil *one sample T-test* Respon Daya sebar

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
daya sebar	.175	3	.	1.000	3	1.000

a. Lilliefors Significance Correction

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
daya sebar	3	5.7000	.10000	.05774

One-Sample Test

	Test Value = 5.7					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
daya sebar	.000	2	1.000	.00000	-.2484	.2484