

OPTIMASI CARBOPOL SEBAGAI *GELLING AGENT* DAN GLISERIN SEBAGAI HUMEKTAN PADA SEDIAAN GEL ANTIOKSIDAN EKSTRAK NANAS (*Ananas comosus*)

OPTIMIZATION OF CARBOPOL AS A *GELLING AGENT* AND GLYCERIN AS A HUMECTANT IN THE ANTIOXIDANT GEL FORMULATION OF PINEAPPLE (*Ananas comosus*) EXTRACT

Lutfiana Deka Sasabilla¹, Gunawan Setiyadi^{1*}

¹Laboratorium Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Sukoharjo, Indonesia.

*E-mail correspondence : gunawan_setiyadi@ums.ac.id

Dikirim 13 November 2025 ; Disetujui : 27 November 2025 ; Diterbitkan : 30 November 2025.

Abstrak

Nanas (*Ananas comosus*) merupakan tanaman yang mengandung senyawa antioksidan flavonoid yang mampu menangkal radikal bebas. Ekstrak buah nanas diformulasikan menjadi gel antioksidan agar mudah menyerap pada kulit dan mudah diaplikasikan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai konsentrasi optimum carbopol dan gliserin sehingga dapat memenuhi standar sifat fisik sediaan gel ekstrak nanas berdasarkan parameter daya sebar, daya lekat, viskositas dan pH menggunakan metode *d-optimal design* dengan *software Design Expert* versi 13. Selain itu, tujuan dari penelitian ini untuk menentukan persentase antioksidan pada gel ekstrak buah nanas. Penelitian ini menggunakan sembilan variasi formula sediaan gel ekstrak nanas dengan perbandingan konsentrasi karbopol dan gliserin. Setelah itu dilakukan uji karakter fisik gel ekstrak nanas dan penentuan formula prediksi optimum. Formula prediksi optimum yang telah didapatkan kemudian diverifikasi untuk membandingkan nilai prediksi dengan hasil penelitian. Formula optimum didapatkan perbandingan dengan konsentrasi carbopol 1,5% dan gliserin 14,5%. Nilai IC_{50} dari formula gel ekstrak nanas adalah 99,10 $\mu\text{g/mL}$ yang membuktikan bahwa adanya aktivitas antioksidan dengan kategori sedang.

Kata Kunci: Antioksidan, Carbopol, Gliserin, Nanas, Optimasi.

Abstract

Pineapple (*Ananas comosus*) is a plant that contains flavonoid antioxidant compounds that can counteract free radicals. Pineapple fruit extract is formulated into an antioxidant gel so that it absorbs easily on the skin and is easy to apply. This study aims to obtain the optimum concentration value of carbopol and glycerin so as to meet the standards of physical properties of pineapple extract gel preparations based on the parameters of spreadability, adhesiveness, viscosity and pH using the *d-optimal design* method with *Design Expert* software version 13. In addition, the purpose of this study was to determine the percentage of antioxidants in pineapple fruit extract gel. This study used nine variations of pineapple extract gel preparation formula with carbopol and glycerin concentration ratio. After that, the physical character of pineapple extract gel was tested and the optimum prediction formula was determined. The optimum prediction formula that has been obtained is then verified to compare the prediction value with the research results. The optimum formula was obtained with carbopol concentration of 1.5% and glycerin concentration of 14.5%. The IC_{50} value of pineapple extract gel formula is 99.10 $\mu\text{g/mL}$ which proves that there is antioxidant activity with moderate category.

Keywords: Antioxidant, Carbopol, Glycerin, Pineapple, Optimization.

PENDAHULUAN

Kulit adalah bagian terluar tubuh manusia yang berinteraksi secara langsung dengan berbagai produk atau bahan asing seperti kosmetik. Sumber pembentukan radikal bebas berupa asap rokok, paparan sinar matahari, asap kendaraan, obat-obatan tertentu, dan polusi udara. Paparan radikal bebas secara berlebihan yang tidak dapat dikendalikan menyebabkan banyak permasalahan kulit seperti hiperpigmentasi, keriput, bercak hitam, dan penuaan dini. Antioksidan mampu menangkal radikal bebas yang terbentuk. Bahan alam yang memiliki potensi antioksidan salah satunya adalah buah nanas (Andarina, 2017; Jariyah, 2019).

Buah nanas memiliki banyak senyawa aktif berupa tanin, asam fenolik, lignin, enzim, β –keraton vitamin C, vitamin A, flavonoid, dan asam folat. Senyawa polifenol berkontribusi menghasilkan aktivitas antioksidan dibandingkan dengan senyawa lainnya. Buah nanas biasanya dikonsumsi secara langsung untuk memenuhi kebutuhan antioksidan di dalam tubuh. Buah nanas kering memiliki kandungan antioksidan lebih tinggi dibandingkan dengan buah nanas segar sehingga dibuatlah gel antioksidan ekstrak nanas menggunakan nanas kering untuk mendapatkan antioksidan yang lebih tinggi dan lebih praktis dalam penggunaannya (Assumi *et al.*, 2021; Rivaldi & Rasyid, 2021; Shabir *et al.*, 2022). Hasil penelitian yang telah dilakukan Maulana *et al.* (2021) menyatakan bahwa ekstrak nanas menggunakan pelarut etanol memiliki aktivitas antioksidan sebesar 24,13 $\mu\text{g/mL}$.

Sediaan gel dipilih karena memiliki berbagai keunggulan seperti memberikan efek pendingin saat digunakan, warna tampilan yang menarik, mudah masuk ke dalam pori-pori, tidak menyumbat pori-pori, mudah untuk dibilas, daya lekat serta daya sebar yang baik. Komponen utama pembuatan gel adalah *gelling agent* dan humektan. Sediaan gel membutuhkan *gelling agent* yang dapat meningkatkan konsistensi gel dan mempengaruhi pelepasan zat aktif pada buah nanas, sedangkan humektan sebagai emolien yang mampu mengikat air pada kulit. Kombinasi antara *gelling agent* dan humektan dalam formula gel memberikan efek sifat fisik gel yang berlawanan, yaitu bertambahnya *gelling agent* dapat menaikkan nilai viskositas serta daya lekat, sedangkan bertambahnya humektan akan menurunkan nilai viskositas dan daya lekat (Jariyah, 2019; Suradnyana, 2020; Milutinov *et al.*, 2023).

Penelitian ini menggunakan carbopol sebagai *gelling agent* dan gliserin sebagai humektan. Carbopol memiliki kelebihan mudah terdispersi pada konsentrasi rendah, membentuk gel bening, mudah bersifat higroskopis serta mudah larut dalam gliserin dan air. Gliserin dipilih tidak mudah teroksidasi pada penyimpanan suhu ruang, bersifat higroskopis, mengurangi penguapan air, dan menghasilkan gel yang bening (Rowe *et al.*, 2009; Sumule *et al.*, 2020). Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan perbandingan optimum antara carbopol dan gliserin terhadap respon daya sebar, daya lekat, viskositas, dan pH yang baik menggunakan metode *d-optimal design* dengan *software design Expert* versi 13. Selain itu, penelitian ini berfungsi untuk mengetahui aktivitas antioksidan pada sediaan gel ekstrak nanas.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas (Pyrex), rotary evaporator, waterbath, pH indikator, viskometer Brookfield (Ametek), alat uji daya lekat, alat uji daya sebar, spektrofotometer UV-VIS (Shimadzu), dan mikropipet (Socorex). Bahan yang digunakan pada

penelitian ini adalah buah nanas (*Ananas comosus*), etanol 70%, carbopol, gliserin, natrium metabisulfite, aquades, etanol 70%, DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), Trietanolamin (TEA).

Ekstraksi Buah Nanas

Simplisia buah nanas dimasukkan ke dalam wadah toples kaca untuk proses maserasi, ditambahkan pelarut etanol 70%, dan direndam selama 3 hari sembari diaduk. Residu dari larutan ekstrak etanol buah nanas dipisahkan menggunakan pompa *vacuum buchner* sehingga didapatkan ekstrak cair. Setelah dikumpulkan, ekstrak cair diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C dan kecepatan 120 rpm (Taufiq *et al.*, 2016). Ekstrak yang didapat kemudian diuapkan kembali menggunakan waterbath hingga didapatkan ekstrak kental.

Formulasi Gel

Pembuatan gel ekstrak nanas diformulasikan menggunakan variasi konsentrasi carbopol 1 - 2% dan gliserin sebanyak 14 - 15% yang didapatkan dari aplikasi *Design Expert* versi 13 dengan metode *d-optimal design*. Pembuatan gel antioksidan ekstrak nanas Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi formula gel ekstrak nanas.

Formula	Run	Kode		Actual		
		Gliserin (%)	Carbopol (%)	Gliserin (%)	Carbopol (%)	
F I	3	0,00	1,000	14	2	
	13	0,00	1,000	14	2	
F II	8	0,139	0,861	14,139	1,861	
	F III	7	0,279	0,721	14,279	1,721
		11	0,279	0,721	14,279	1,721
F IV	12	0,279	0,721	14,279	1,721	
	6	0,390	0,610	14,390	1,610	
	F V	14	0,496	0,504	14,496	1,504
F VI	9	0,607	0,393	14,607	1,393	
F VII	1	0,714	0,286	14,714	1,286	
	4	0,714	0,286	14,714	1,286	
F VIII	5	0,850	0,150	14,849	1,151	
F IX	2	1,000	0,000	15	1	
	10	1,000	0,000	15	1	

Carbopol dikembangkan dengan aquades dan TEA pada suhu ruang sembari diaduk secara perlahan agar tidak terdapat gelembung pada gel. Gliserin dicampurkan dengan carbopol yang telah mengembang dan diaduk hingga homogen. Larutan natrium metabisulfit ditambahkan ke dalam basis gel tersebut dan kemudian dimasukkan ekstrak buah nanas diaduk hingga tercampur sempurna. Setelah tercampur sempurna ditambahkan aquadest hingga 100 mL dan diaduk hingga terbentuk basis gel yang homogen (Hidayat *et al.*, 2020; Nurlaily *et al.*, 2021).

Uji Sifat Fisik Sediaan Gel Ekstrak Nanas

Uji Organoleptis

Uji organoleptis dilakukan secara makroskopis dengan memeriksa secara langsung bau, warna, dan bentuk sediaan. Uji organoleptis dilakukan dengan cara dioleskan pada *object glass* lalu diamati. Gel yang telah diamati selanjutnya dilakukan pencatatan dari masing-masing formulasi gel ekstrak nanas (Astuti *et al.*, 2017; Suradnyana, 2020).

Uji Homogenitas

Kesembilan formula gel ekstrak nanas dioleskan ke atas *object glass*. Formula gel ekstrak nanas diamati secara visual hingga tidak terlihat adanya bagian yang menggumpal. Hasil uji homogenitas yang baik akan menunjukkan zat aktif sudah terdistribusi secara merata di dalam sediaan (Priawanto, 2017; Pangestu *et al.*, 2021).

Tabel 2. Rancangan formula gel ekstrak nanas

Bahan	Jumlah								
	F I	F II	F III	F IV	F V	F VI	F VII	F VIII	F IX
Ekstrak buah Nanas (gram)	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Carbopol (gram)	2	1.861	1.721	1.610	1.504	1.393	1.286	1.151	1
Gliserin (gram)	(2%)	(1.861%)	(1.721%)	(1.610%)	(1.504%)	(1.393%)	(1.286%)	(1.151%)	(1%)
Natrium Metabisulfite (gram)	14	14.139	14.279	14.390	14.496	14.607	14.714	14.849	15
	(14%)	(14.139%)	(14.279%)	(14.390%)	(14.496%)	(14.607%)	(14.714%)	(14.849%)	(15%)
TEA (mL)	0.1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Aquadest (mL)	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100

Uji Daya Sebar

Uji daya sebar dilakukan dengan cara menimbang gel sebanyak 0,5 gram lalu diletakkan di atas *object glass* dan ditambahkan beban 50 g selama 1 menit. Beban diangkat dan diukur diameter gel yang menyebar. Beban ditambahkan secara berkala yaitu 100 g, 150 g, 200 g, dan 250 g setiap 1 menit. Daya sebar gel yang baik antara 5 - 7 cm (Nurlely *et al.*, 2021).

Uji Daya Lekat

Uji daya lekat dilakukan dengan menggunakan alat uji daya lekat gel dengan menempatkan salep di atas *object glass*. Letakkan *object glass* lainnya di atas salep dan tekan selama 5 menit dengan beban 1 kg. Setelah itu, pasang *object glass* pada alat uji dan lepaskan beban bersamaan dengan pencatatan waktu hingga kedua *object glass* terlepas. Daya lekat gel yang baik > 4 detik (Priawanto, 2017).

Uji Viskositas

Uji viskositas dilakukan dengan cara memasukkan sebanyak 50 mL gel ke dalam wadah diamati viskositasnya dengan menggunakan alat viskosimeter Brookfield. Uji viskositas gel menggunakan spindel no 6 dengan kecepatan 50 rpm. Viskosimeter dijalankan sehingga viskosimeter Brookfield dapat menunjukkan besarnya viskositas. Nilai viskositas gel yang baik berada pada rentang 3000 - 5000 cps (Nurlely *et al.*, 2021; Adriana *et al.*, 2022).

Uji pH

Uji pH dilakukan dengan menggunakan pH meter, sebelum dilakukan pengujian tersebut pH meter dilakukan proses kalibrasi terlebih dahulu dengan mencelupkan elektroda ke dalam pH 4, 7, dan 10, kemudian dibilas dan dikeringkan. PH meter yang sudah terkalibrasi kemudian dapat digunakan untuk pengujian sediaan gel ekstrak nanas. Gel yang baik memiliki pH 4,5 - 6,5. Jika terlalu asam akan menimbulkan iritasi sedangkan bila terlalu basa akan menyebabkan kulit kering (Pangestu *et al.*, 2021).

Optimasi Formula

Optimasi gel ekstrak nanas menggunakan metode *d-optimal design* dengan mencampurkan carbopol dan gliserin sehingga menghasilkan respon yang paling optimal. Respon yang dievaluasi meliputi daya sebar, daya lekat, viskositas, dan pH. Nilai kesembilan formulasi dianalisis menggunakan *Design Expert* versi 13. Langkah pertama dengan memasukkan nilai respon ke dalam *software* untuk menentukan model yang dibutuhkan untuk setiap respon. Selanjutnya, formula dioptimalkan sesuai model tersebut dengan menetapkan batas sasaran untuk masing-masing respon. Sasaran daya sebar, viskositas, dan pH ditetapkan berdasarkan referensi literatur, sedangkan sasaran untuk daya lekat dirancang dengan tujuan dimaksimalkan.

Verifikasi Formula Optimum

Verifikasi formula dilakukan untuk mengetahui nilai respon yang dihasilkan berada dalam rentang interval prediksi (95% PI). Sediaan gel antioksidan nanas dibuat 3 kali dan diuji untuk mendapatkan nilai respon daya sebar, daya lekat, viskositas, dan pH. Kemudian membandingkan nilai respon verifikasi dengan nilai respon prediksi.

Uji Antioksidan

Penentuan Aktivitas Antioksidan

Uji penentuan aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH dengan cara mengukur absorbansi dari radikal bebas DPPH yang tersisa setelah bereaksi dengan senyawa antioksidan. Proses ini dilakukan dengan memanfaatkan spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur besar absorbansi, selanjutnya melakukan perhitungan nilai IC_{50} yang menunjukkan kemampuan suatu senyawa dapat menghambat pembentukan radikal bebas sebesar 50% (Salim *et al.*, 2020).

Pembuatan larutan DPPH 0,2 mM

Empat mg DPPH ditimbang kemudian dilarutkan dalam 50 mL etanol p.a untuk mendapatkan larutan DPPH dengan konsentrasi 0,2 mM. Larutan dikocok sehingga DPPH larut secara sempurna dan dibungkus menggunakan aluminium foil. Larutan disimpan pada tempat gelap dan terlindung dari paparan cahaya (Widhiardani and Setiyadi, 2023).

Penentuan Panjang Gelombang Maksimal

Sebanyak 1 mL DPPH diencerkan dengan etanol hingga 5 mL menggunakan labu ukur, disimpan selama 30 menit pada suhu 37°C, dan diukur panjang gelombangnya pada rentang 400-800 nm untuk mendapatkan panjang gelombang maksimal menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sehingga didapatkan panjang gelombang 517 nm (Kiromah *et al.*, 2021; Susiloningrum and Mugita Sari, 2021).

Pembuatan Larutan blanko DPPH

Larutan DPPH 0,2 mM sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 5 mL ditambahkan dengan etanol hingga tanda batas. Campuran dihomogenkan dan diinkubasi selama 30 menit. Larutan dibaca pada panjang gelombang sebesar 517 nm (Susiloningrum & Mugita Sari, 2021).

Pembuatan larutan vitamin C sebagai pembanding

Larutan pembanding dibuat dengan mencampurkan 50 mg vitamin C dengan 50 mL aquades sehingga larutan menjadi homogen. Kemudian, larutan dipipet sebanyak 100 μ L, 200 μ L, 300 μ L, 400 μ L, dan 500 μ L, dan ditambahkan ke dalam labu takar 5 mL. Larutan pembanding memiliki konsentrasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm (Kiromah *et al.*, 2021).

Pengujian aktivitas larutan vitamin C dengan DPPH

Uji dilakukan dengan memipet 4 mL dari berbagai konsentrasi larutan vitamin C (20, 40, 60, 80, dan 100 ppm). Selanjutnya, dicampurkan dengan 1 mL DPPH ad homogen. Campuran diinkubasi selama 30 menit di ruang gelap, absorbansi diukur menggunakan spektrofotometri UV- Vis dengan panjang gelombang sebesar 517 nm. Prosedur ini dilakukan 3 kali (Kiromah *et al.*, 2021).

Pembuatan larutan basis tanpa ekstrak nanas

Larutan stok gel tanpa zat aktif diperoleh dengan menimbang 50 mg gel tanpa ekstrak nanas dan dilarutkan dengan etanol sambil dihomogenkan, volume akhir dicukupkan dalam labu takar 50 mL. Larutan stok gel ekstrak nanas memiliki konsentrasi 1000 ppm. Masing-masing dipipet sebanyak 100, 200, 300, 400, dan 500 μ L dan dicukupkan volumenya hingga 5 mL, sehingga didapatkan konsentrasi 200, 400, 600, 800, dan 1000 ppm.

Pengujian aktivitas larutan basis terhadap DPPH

Uji dilakukan dengan cara memipet 4 mL dari berbagai konsentrasi larutan basis (200, 400, 600, 800, dan 1000 ppm), kemudian ditambahkan dengan 1 mL DPPH hingga tercampur sempurna. Campuran disimpan 30 menit di ruang gelap, kemudian diukur absorbansi menggunakan spektrofotometri UV- Vis pada panjang gelombang 517 nm, dilakukan sebanyak 3 kali replikasi.

Pembuatan larutan stok sediaan gel ekstrak nanas

Larutan stok gel ekstrak diperoleh dengan menimbang 50 mg gel ekstrak nanas dan dilarutkan dengan etanol sambil dihomogenkan, volume akhir dicukupkan dalam labu takar 50 mL. Larutan stok gel ekstrak nanas memiliki konsentrasi 1000 ppm (Kiromah *et al.*, 2021).

Pembuatan larutan seri uji gel ekstrak nanas

Larutan stok gel ekstrak masing-masing dipipet sebanyak 100, 200, 300, 400, dan 500 μ L dan dicukupkan volumenya hingga 5 mL, sehingga didapatkan konsentrasi 200, 400, 600, 800, dan 1000 ppm (Kiromah *et al.*, 2021).

Pengujian antioksidan gel ekstrak nanas terhadap DPPH

Larutan gel ekstrak nanas pada masing-masing konsentrasi dipipet sebanyak 4 mL kemudian ditambahkan dengan 1 mL larutan DPPH, dimasukkan ke dalam labu takar 5 mL sehingga didapatkan konsentrasi terakhir dari seri larutan uji gel ekstrak nanas sebesar 4 ppm, 8 ppm, 12 ppm, 16 ppm, 20 ppm. Campuran tersebut didiamkan selama 30 menit pada tempat yang terlindung dari cahaya, selanjutnya serapannya diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Masing-masing konsentrasi dilakukan 3 kali replikasi (Widhiardani, 2023). Nilai absorbansi dari larutan ekstrak berbagai konsentrasi digunakan untuk menghitung besar nilai peredaman radikal DPPH dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{(A_{\text{blanko}} - A_{\text{sampel}})}{A_{\text{blanko}}} \times 100\% \quad (\text{Amin et al., 2022})$$

Data absorbansi yang diperoleh dibuat persamaan regresi linear menggunakan persamaan $y = bx+a$ yang menyatakan hubungan antara konsentrasi bahan uji (x) dengan aktivitas penangkap radikal rata-rata (y) dari suatu seri replikasi pengukuran sehingga diperoleh nilai IC_{50} (Senja *et al.*, 2016). Persentase nilai anti radikal bebas suatu senyawa dinyatakan sangat kuat apabila nilai IC_{50} kurang dari 10 μ g/mL, kuat apabila nilai IC_{50} antara 10-50 μ g/mL, sedang apabila nilai IC_{50} berkisar antara 50-100 μ g/mL, lemah apabila nilai IC_{50} berkisar antara 100-250 μ g/mL, dan tidak aktif apabila IC_{50} lebih dari 250 μ g/mL (Aisyah, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Buah Nanas

Simplisia buah nanas seberat 400 gram di maserasi, kemudian diupkan hingga menghasilkan ekstrak kental buah nanas sebanyak 100,69 gram. Berat rendemen ekstrak buah nanas yang didapatkan sebesar 42,17%. Nilai rendemen berkaitan dengan banyaknya kandungan aktif yang terkandung pada tanaman semakin tinggi nilai rendemen semakin tinggi zat yang terlarut pada pelarut.

Tabel 3. Hasil maserasi ekstrak nanas

Warna	Aroma	Bobot Simplisia	Bobot Ekstrak	% Rendeman
Oren	Khas ekstrak	400 gram	100,69 gram	42,17
Kecoklatan	Nanas			

Uji Sifat Fisik Sediaan Gel Ekstrak Nanas

Uji Organoleptis

Uji organoleptis bertujuan untuk mengetahui warna, bau, dan konsistensi dari masing-masing sediaan formula gel ekstrak nanas yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji organoleptis gel antioksidan ekstrak nanas

Formula	Gliserin (%)	Carbopol (%)	Organoleptis	
			Bau	Warna
1	14	2	Khas ekstrak*	Kuning bening
2	14,1391	1,8609	Khas ekstrak*	Kuning bening
3	14,2791	1,72085	Khas ekstrak*	Kuning bening
4	14,3904	1,60963	Khas ekstrak*	Kuning bening
5	14,4964	1,50363	Khas ekstrak*	Kuning bening
6	14,6071	1,39293	Khas ekstrak*	Kuning bening
7	14,7142	1,2858	Khas ekstrak*	Kuning bening
8	14,8495	1,15048	Khas ekstrak*	Kuning bening
9	15	1	Khas ekstrak*	Kuning bening

*ekstrak buah nanas

Homogenitas suatu gel dipengaruhi oleh komposisi dan proses pembuatan gel tersebut. Hasil dari pemeriksaan organoleptis dari kesembilan formula tersebut diperoleh sediaan gel dengan bau yang khas ekstrak buah nanas dan warna kuning bening selain itu, pada formula 1 hingga 9 tidak terdapat adanya perbedaan bau dan warna yang signifikan.

Uji Homogenitas

Uji homogenitas pada sediaan topikal penting dilakukan untuk mengetahui tidak adanya partikel yang menggumpal pada gel ekstrak nanas. Hasil pengamatan homogenitas pada sediaan topikal berfungsi untuk mengetahui apakah sediaan yang telah diformulasikan tercampur dengan homogen. Homogenitas sangat penting pada sediaan berkaitan dengan keseragaman kandungan jumlah zat aktif dalam setiap penggunaannya sehingga terdistribusi di kulit secara merata, semakin kecil dan seragam bentuk partikel maka sediaan semakin stabil. Hasil homogenitas dari masing-masing formula sediaan gel ekstrak buah tidak terdapat

adanya partikel yang menggumpal, sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh formula gel ekstrak nanas memiliki homogenitas yang baik. Homogenitas suatu gel dipengaruhi oleh komposisi dan cara pengadukan gel tersebut. Hasil uji homogenitas masing-masing formula gel antioksidan ekstrak nanas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji homogenitas gel antioksidan ekstrak nanas

Formula	Gliserin (%)	Carbopol (%)	Homogenitas
1	14	2	Homogen*
2	14,1391	1,8609	Homogen*
3	14,2791	1,72085	Homogen*
4	14,3904	1,60963	Homogen*
5	14,4964	1,50363	Homogen*
6	14,6071	1,39293	Homogen*
7	14,7142	1,2858	Homogen*
8	14,8495	1,15048	Homogen*
9	15	1	Homogen*

*tidak terdapat partikel yang menggumpal

Analisis model respon

Hasil pengukuran sifat fisik gel dapat dilihat pada Tabel 6. Model persamaan respon daya sebar, daya lekat, viskositas, dan pH secara berturut-turut adalah kubik, kuadratik, kubik, dan kuadratik dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 1. Model dipilih apabila memiliki nilai *lack of fit* < 0,05 yang berarti model memiliki ketidaksesuaian dengan data respon secara signifikan. Hasil yang direkomendasikan adalah nilai *lack of fit* tidak signifikan ($p > 0,05$) dengan nilai ANOVA signifikan ($p < 0,05$). Hasil pengujian di respon daya sebar didapatkan nilai daya sebar berada di rentang 4,8 - 5,6 cm dengan nilai *lack of fit* sebesar 0,2542 (*not significant*). P-value dari respon daya sebar adalah < 0,0001 mencerminkan pola telah terdistribusi dengan baik. Nilai selisih adjusted r^2 dan predicted r^2 yang baik adalah < 0,2. Selisih adjusted r^2 dan predicted r^2 pada respon daya sebar yaitu 0,0998 menandakan respon tidak terpaut jauh dari area 95 CI. Nilai *adequate precision* berkaitan dengan besarnya sinyal terhadap rasio noise dinyatakan baik apabila > 4. Nilai *adequate precision* daya sebar yaitu 13,911. Respon daya lekat berada pada rentang 12,06 – 25,65 detik. *Lack of fit* dari respon daya lekat > 0,05 yaitu 0,6896 artinya memiliki *lack of fit* yang tidak signifikan. Nilai p-value respon daya lekat adalah < 0,0001 mencerminkan pola telah terdistribusi dengan baik. Selisih adjusted r^2 dan predicted r^2 pada respon daya lekat yaitu 0,0295. Nilai *adequate precision* pada daya lekat > 4 yaitu 16,636 menunjukkan rasio sinyal terhadap noise telah memadai sehingga model kuadratik dapat digunakan untuk mengoptimasi gel antioksidan ekstrak nanas. Selanjutnya, hasil respon pengujian viskositas didapatkan nilai viskositas antara 3634 – 5382 cps dengan model respon kubik. *Lack of fit* dari respon viskositas yaitu 0,9067 artinya memiliki *lack of fit* yang tidak signifikan mencerminkan adanya kesesuaian data respon dengan model kuadratik. Nilai ANOVA p-value respon viskositas adalah < 0,0001 menandakan pola respon viskositas telah terdistribusi dengan baik. Selisih adjusted r^2 dan predicted r^2 pada respon viskositas yaitu 0,0126 dapat dinyatakan baik karena > 0,2. Nilai *adequate precision* pada respon viskositas > 4 yaitu 22,828. Hasil pengujian respon pH adalah 4,34 - 5,98. *Lack*

of fit dari respon pH > 0,05 yaitu 0,1585 (*not signifikan*) artinya terdapat kesesuaian model dengan data respon dengan signifikansi 5%. Nilai p-value respon pH adalah < 0,0001 mencerminkan pola telah terdistribusi dengan baik. Selisih adjusted r^2 dan predicted r^2 pada respon pH yaitu 0,0079. Nilai *adequate precision* pada daya lekat > 4 yaitu 40,182 menunjukkan rasio sinyal terhadap noise telah memadai sehingga model kuadratik dapat digunakan untuk mengoptimasi gel antioksidan ekstrak nanas (Kusuma *et al.*, 2019; Hidayati *et al.*, 2022; Widhiardani and Setiyadi, 2023).

Penentuan Kriteria Respon

Optimasi dilakukan dengan cara menentukan kriteria pada masing-masing model grafik respon. Model berbentuk kuadratik pada uji daya lekat dan pH, serta berbentuk kubik pada daya sebar dan viskositas. Selain itu, juga dilakukan penentuan kriteria batas atas dan batas bawah dari setiap respon dapat dilihat pada Tabel 8.

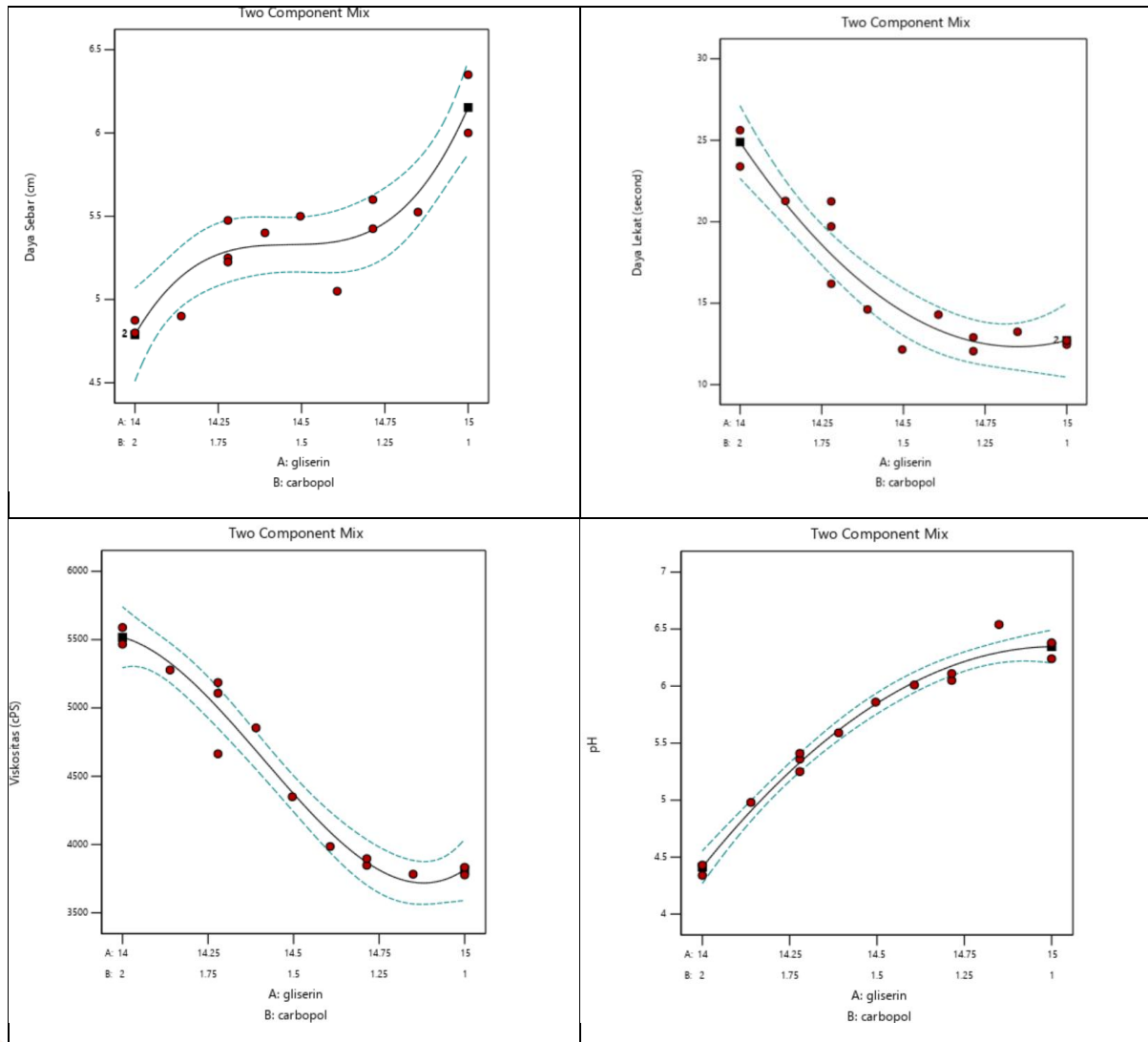
Tabel 6. Hasil pengukuran daya sebar, daya lekat, viskositas, pH gel antioksidan ekstrak nanas

Formula	Run	Gliserin (mg)	Carbopol (mg)	Daya Sebar (cm)	Daya Lekat (detik)	Viskositas (cps)	pH
1	3	14	2	4,8	23,39	5382	4,34
	13	14	2	4,875	25,65	5338	4,43
2	8	14,1391	1,8609	4,9	21,28	4925	4,98
	3	14,2791	1,72085	5,25	19,71	4801	5,36
3	11	14,2791	1,72085	5,225	21,25	4629	5,25
	12	14,2791	1,72085	5,475	16,19	4667	5,41
4	6	14,3904	1,60963	5,4	14,62	4476	5,59
5	14	14,4964	1,50363	5,5	12,16	4150	5,86
6	9	14,6071	1,39293	5,05	14,30	4186	6,01
7	1	14,7142	1,2858	5,425	12,06	3598	6,05
	4	14,7142	1,2858	5,6	12,91	3678	6,11
8	5	14,8495	1,15048	5,525	13,25	3583	6,54
9	2	15	1	6,35	12,46	3678	5,98
	10	15	1	6	12,71	3634	5,88

Tabel 7. Tabel output berdasarkan design expert versi 13 metode *d-optimal design* gel ekstrak nanas

Respon	Lack of Fit	P-value	Selisih R^2	Adequate Precision	Model
Daya Sebar	0,2542	< 0,0001	0,0998	13,911	Kubik
Daya Lekat	0,6896	< 0,0001	0,0295	16,636	Kuadratik
Viskositas	0,9067	< 0,0001	0,0126	22,828	Kubik
pH	0,1585	< 0,0001	0,0079	40,182	Kuadratik

Pemilihan kriteria respon daya sebar, viskositas, dan pH berdasarkan dengan literatur, sedangkan kriteria respon daya lekat mengambil data yang paling optimal. Respon daya sebar dipilih dengan kriteria *in range* dikarenakan gel yang baik berada pada rentang 5 - 7 cm, jika gel memiliki daya sebar < 5 cm maka akan lebih sulit untuk terserap kulit sedangkan gel yang memiliki daya sebar > 7 cm maka sediaan memiliki konsistensi cair tidak membentuk gel. Pemilihan kriteria *maximize* pada respon daya lekat dikarenakan semakin besar daya lekat dari suatu sediaan gel maka keberadaannya akan semakin lama di kulit setelah dioleskan, tidak mudah terhapus, dan diharapkan mampu memberikan efek yang diinginkan.



Gambar 1. Grafik model respon daya sebar, daya lekat, viskositas, dan pH pada sediaan gel ekstrak nanas

Pemilihan kriteria *in range* pada respon viskositas disesuaikan dengan konsistensi gel ekstrak nanas yang lunak yaitu tidak terlalu kental dan tidak terlalu cair menyebabkan gel lebih mudah diaplikasikan saat penggunaannya, berkesan lembut di kulit dan mudah menyerap dibandingkan dengan gel yang memiliki konsistensi kental akan sulit menyerap di kulit. Sediaan gel ekstrak nanas dikatakan memiliki konsistensi baik jika sesuai dengan parameter kriterianya. Kriteria pH disesuaikan dengan pH kulit manusia berada pada rentang 4,5 – 6,5 sehingga tidak menimbulkan iritasi dan mengurangi adanya efek samping yang timbul akibat penggunaan dari gel ekstrak nanas tersebut. Gel yang memiliki pH terlalu asam menyebabkan iritasi pada kulit sedangkan gel yang memiliki pH terlalu basa menyebabkan kulit kering, sensitif, dan mudah terkena infeksi (Widhiardani & Setiyadi, 2023).

Tabel 8. Kriteria respon gel ekstrak nanas

Respon	Kriteria	Batas Bawah	Batas Atas
Daya Sebar	<i>In range</i>	5	7
Daya Lekat	<i>Maximize</i>	12,06	25,62
Viskositas	<i>In range</i>	3000	5000
pH	<i>In range</i>	4,5	6,5

Penentuan Formula Optimum dan Respon Prediksi

Berdasarkan persamaan model masing-masing respon dan sasaran serta rentang batas respon yang telah ditetapkan didapatkan perbandingan konsentrasi carbopol dan gliserin yang diprediksi menghasilkan respon yang memenuhi sebanyak mungkin sasaran yang ditetapkan formula optimum. Nilai respon prediksi formula optimum dapat dilihat pada Tabel 10 didapatkan nilai desirability sebesar 0,438. Nilai desirability adalah nilai yang berfungsi yang menunjukkan kapasitas program untuk melakukan sebuah optimasi dengan kriteria yang telah ditetapkan untuk sebuah produk. Nilai desirability dapat dikatakan baik apabila mendekati nilai 1 menunjukkan produk yang dihasilkan mendekati sempurna (Ramadhani *et al.*, 2017). Nilai respon verifikasi dikatakan baik apabila masuk dalam rentang rentang 95% CI (Tabel 10).

Tabel 9. Nilai prediksi proporsi optimal komponen gel ekstrak nanas

Komponen	Prediksi proporsi optimal	Desirability
Carbopol	1,5	0,438
Gliserin	14,5	

Tabel 10. Prediksi formula optimum gel antioksidan ekstrak nanas

Nama respon	Rata-rata nilai Prediksi	Standar Deviasi	95% CI low	95% CI high
Daya Sebar (cm)	5,33046	0,183508	5,1652	5,49572
Daya Lekat (detik)	14,4692	1,63016	13,0251	15,9134
Viskositas (cps)	4372,23	146,876	4239,95	4504,5
pH	5,84859	0,104036	5,75643	5,94076

Verifikasi Formula Optimum

Persamaan model masing-masing respon dan sasaran serta rentang batas respon yang telah ditetapkan didapatkan perbandingan konsentrasi carbopol dan gliserin yang untuk dibandingkan dengan nilai prediksi. Hasil percobaan nilai respon uji masuk ke dalam rentang 95% CI, pada rancangan *software Design Expert versi 13* yang membuktikan bahwa hasil prediksi dapat dioptimasi dengan baik. Nilai perbandingan prediksi, rata-rata hasil respon uji, dan nilai 95% CI.

Hasil Uji Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan gel ekstrak nanas dilakukan menggunakan metode DPPH. Prinsip metode DPPH dengan menghilangnya hilangnya warna ungu akibat adanya aktivitas donor atom hidrogen oleh senyawa flavonoid yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-

Vis pada panjang gelombang 517 nm dan rata-rata absorbansi blanko sebesar 0,714. Berkurangnya intensitas warna ungu pada metode DPPH dikarenakan.

Tabel 11. Nilai perbandingan prediksi, rata-rata hasil respon uji, 95% PI gel antioksidan ekstrak nanas

Nama Respon	Rata-rata respon prediksi	95% CI low	Rata-rata respon verifikasi	95% CI high
Daya Sebar (cm)	5,33046	5,04229	5,43667	5,61863
Daya Lekat (detik)	14,4692	11,944	14,1667	16,9944
Viskositas (cps)	4372,23	4141,58	4231,67	4602,87
pH	5,84859	5,68744	5,70333	6,00975

Tabel 14. Nilai inhibisi vitamin C, basis, gel ekstrak nanas terhadap DPPH

Larutan uji	Konsentrasi (ppm)	Rata-rata	Standar deviasi	%inhibisi
Abs vitamin C	4	0,439	0,093125	38,533
	8	0,332	0,036226	53,526
	12	0,380	0,021794	46,754
	16	0,267	0,033262	62,634
	20	0,181	0,014012	74,591
Abs basis	40	0,574	0,008185	19,57
	80	0,570	0,01253	20,131
	120	0,575	0,008622	19,477
	160	0,541	0,012124	24,194
	200	0,527	0,008505	26,109
Abs sampel gel ekstrak nanas	40	0,450	0,028054	36,945
	80	0,372	0,016703	47,875
	120	0,296	0,010149	58,524
	160	0,299	0,026407	58,150
	200	0,237	0,015716	66,791

Metode DPPH dipilih karena mudah, praktis, dan sensitif terhadap sampel dengan konsentrasi rendah. Aktivitas anti radikal bebas dinyatakan dengan nilai IC_{50} sebagai konsentrasi yang dibutuhkan untuk sebuah sampel meredam 50% aktivitas dari radikal DPPH, semakin rendah nilai IC_{50} maka semakin baik zat tersebut sebagai antioksidan. Perhitungan IC_{50} diperoleh dari persamaan regresi linier $y = bx + a$ dengan nilai x adalah nilai konsentrasi larutan uji dan nilai y adalah nilai % inhibisi (Sibua *et al.*, 2022; Dhiafanti and Setiyadi, 2023).

Nilai inhibisi (%) dihitung menggunakan persamaan regresi linear dengan sumbu x dan y. Sumbu x adalah konsentrasi larutan uji dan sumbu y berupa nilai antioksidan. Hasil uji aktioksidan gel antioksidan buah nanas adalah 99,10 $\mu\text{g/mL}$ dinyatakan sampel memiliki aktivitas antioksidan sedang. Nilai IC_{50} larutan pembanding vitamin C adalah 8,76 $\mu\text{g/mL}$ termasuk kategori sangat kuat. Nilai basis tanpa ekstrak nanas memiliki nilai IC_{50} sebesar 402,56 $\mu\text{g/mL}$ dinyatakan tidak memiliki kemampuan untuk menangkal radikal bebas. Persentase nilai anti radikal bebas suatu senyawa dinyatakan sangat kuat apabila nilai $IC_{50} < 10 \mu\text{g/mL}$, kuat apabila nilai IC_{50} antara 10-50 $\mu\text{g/mL}$, sedang apabila nilai IC_{50} antara 50-100 $\mu\text{g/mL}$, lemah jika nilai IC_{50}

berkisar antara 100-250 µg/mL, dan tidak aktif IC₅₀ lebih dari 250 µg/mL (Aisyah, 2020; Dhiafanti and Setiyadi, 2023).

Tabel 12. Nilai IC₅₀ vitamin C, basis tanpa ekstrak, dan gel antioksidan ekstrak nanas

Larutan Uji	Persamaan	R ²	R	IC ₅₀ (µg/mL)
Vitamin C	Y = 1,8318x + 33,959	0,7678	0,8762	8,76
Basis tanpa ekstrak	Y = 0,0829x + 16,628	0,9438	0,9715	402,56
Gel Ekstrak Nanas	Y = 0,1749 + 32,667	0,9252	0,9619	99,10

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa pemberian kombinasi antara carbopol sebagai *gelling agent* dan gliserin sebagai humektan memberikan model persamaan respon daya sebar, daya lekat, viskositas, dan pH secara berturut-turut adalah kubik, kuadratik, kubik, dan kuadratik. Perbandingan komposisi optimal carbopol dan gliserin pada sediaan gel antioksidan ekstrak nanas adalah 1.5% dan 14,5%. Gel antioksidan ekstrak buah nanas menunjukkan nilai IC₅₀ sebesar 99,1 µg/mL termasuk ke dalam kategori antioksidan sedang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, A. N., Setiawati, H., & Afriliani. (2022). Pengaruh konsentrasi hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) terhadap fisik gel anti jerawat ekstrak biji pinang (*Areca catechu* L) dan uji aktivitas terhadap *Propionibacterium acne*. *Fito Medicine: Journal Pharmacy and Sciences*, 12(2), 46–59. <https://doi.org/10.47650/fito.v13i2.426>
- Aisyah, M. (2020). Perbandingan aktivitas antioksidan terhadap biji bunga matahari dengan tumbuhan lainnya. *Journal of Research and Education Chemistry*, 2(2), 85. [https://doi.org/10.25299/jrec.2020.vol2\(2\).5667](https://doi.org/10.25299/jrec.2020.vol2(2).5667)
- Amin, A., Wunas, J., & Anin, M. (2022). Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol klika faloak (*Sterculia quadrifida* R.Br) dengan metode DPPH. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 2(2), 111–114. <https://doi.org/10.33096/jffi.v2i2.180>
- Andarina. (2017). Antioksidan dalam dermatologi. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 4(1), 39–48. <https://doi.org/10.32539/jkk.v4i1.77>
- Assumi, S. R., Singh, P. T., & Jha, A. K. (2021). *Pineapple (Ananas comosus L. Merr.)*. Retrieved August 18, 2023, from <https://www.researchgate.net/publication/351450967>
- Astuti, D. P., Husni, P., & Hartono, K. (2017). Formulasi dan uji stabilitas fisik sediaan gel antiseptik tangan minyak atsiri bunga lavender (*Lavandula angustifolia* Miller). *Farmaka*, 15(1), 176–184.
- Dhiafanti, Y. A., & Setiyadi, G. (2023). Optimasi HPMC sebagai gelling agent dan gliserin sebagai humektan pada sediaan masker gel ekstrak labu siam (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz). *Usadha Journal of Pharmacy*, 2(1), 1–15. <https://doi.org/10.23917/ujp.v2i1.93>
- Hidayat, I. R., Zuhrotun, A., & Sopyan, I. (2020). Design-Expert software sebagai alat optimasi formulasi sediaan farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(1), 99–120. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i1.27842>

- Hidayati, N., Santi, C., & Addin, Q. (2022). Optimasi formula gel aromaterapi minyak atsiri bunga kenanga (*Cananga odorata*) menggunakan metode simplex lattice design. *CERATA Jurnal Ilmu Farmasi*, 13(1), 10–17. <https://doi.org/10.61902/cerata.v13i1.451>
- Jariyah, B. (2019). *Pengaruh konsentrasi gelling agent kombinasi karbopol 940 dan HPMC terhadap stabilitas fisik dan kelembaban sediaan gel moisturizing minyak zaitun (olive oil)*. [Skripsi STIKES Tulungagung]. <http://repository.stikes-kartrasa.ac.id/63/>
- Kiromah, N. Z. W., Husein, S., & Rahayu, T. P. (2021). Aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun ganitri (*Elaeocarpus ganitrus* Roxb.). *Pharmakon: Jurnal Farmasi Indonesia*, 18(1), 60–67. <https://doi.org/10.23917/pharmakon.v18i1.12161>
- Kusuma, H., Kumalaningsih, S., & Pranowo, D. (2019). Optimasi suhu dan konsentrasi maltodekstrin pada proses pembuatan serbuk lobak dengan metode foam mat drying. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 171–182. DOI : <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2019.008.03.2>
- Maulana, I. T., Soewondo, B. P., & Kudus, A. (2021). Pengembangan sari nanas tinggi aktivitas antioksidan menggunakan pendekatan half factorial design. *Media Pharmaceutica Indonesiana*, 3(3), 162–170. DOI : [10.24123/mpi.v3i3.4461](https://doi.org/10.24123/mpi.v3i3.4461)
- Milutinov, J., Krstonošić, V., Ćirin, D., & Pavlović, N. (2023). Emulgels: Promising carrier systems for food ingredients and drugs. *Polymers*, 15(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym15102302>
- Nurlely, N., Rahmah, A., Ratnapuri, P. H., Srikartika, V. M., & Anwar, K. (2021). Uji karakteristik fisik sediaan gel ekstrak daun kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) dengan variasi karbopol dan HPMC. *Jurnal Pharmascience*, 8(2), 79.
- Pangestu, R. W., Aisyah, S., & Harmastuti, N. (2021). Optimasi karbopol dan gliserin pada sediaan gel dispersi padat ibuprofen secara simplex lattice design. *Jurnal Farmasi*, 9(2), 5–14. DOI : [10.37013/jf.v9i2.104](https://doi.org/10.37013/jf.v9i2.104)
- Priawanto. (2017). *Formulasi dan uji kualitas fisik sediaan gel getah jarak*. [Skripsi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta]. <https://etd.umy.ac.id/id/eprint/73024/>
- Ramadhani, R. A., Riyadi, D. H. S., Triwibowo, B., & Kusumaningtyas, R. D. (2017). Review pemanfaatan Design Expert untuk optimasi komposisi campuran minyak nabati. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1), 11–16.
- Rivaldi, M., & Rasyid, M. (2021). Pemanfaatan buah nanas (*Ananas comosus* L.) sebagai antioksidan untuk meningkatkan imunitas tubuh. *Community Engagement & Emergence Journal*, 3, 64–68. DOI : <https://doi.org/10.37385/CEEJ.V2i3.294>
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2009). *Pharmaceutical excipients*. Pharmaceutical Press.
- Salim, E., Syukuri, Santoni, A., Zein, R., Arief, S., & Efdi, M. (2020). Uji aktivitas anti-aging krim campuran ekstrak *Spirulina platensis* dan VCO. *Jurnal Kimia Unand*, 9(3), 10–25.
- Senja, R. Y., Nugroho, A. K., & Setyowati, E. P. (2016). Optimasi formula gel ekstrak kubis ungu (*Brassica oleracea* L.) menggunakan simplex lattice design. *Pharmaciana*, 6(2), 171–180. DOI : [10.12928/pharmaciana.v6i2.3307](https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v6i2.3307)
- Shabir, I., Kumar Pandey, V., Shams, R., Dar, A. H., Dash, K. K., Khan, S. A., ... Pandiselvam, R. (2022). Promising bioactive properties of quercetin: A review. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.999752>

- Sibua, P., Simbala, H., & Datu, O. S. (2022). Uji aktivitas antioksidan ekstrak daun pinang yaki (*Areca vestiaria*) menggunakan metode DPPH. *Pharmacon: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 11(2021), 1–14. DOI : <https://doi.org/10.35799/pha.11.2022.41729>
- Sumule, A., Kunchahyo, I., & Leviana, F. (2020). Optimization of Carbopol 940 and glycerine in snail mucus gel using simplex lattice design. *Pharmacy: Jurnal Farmasi Indonesia*, 17(1), 108. DOI : <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v17i1.5640>
- Suradnyana, I. G. M., et al. (2020). Optimasi gelling agent dan humektan gel hand sanitizer minyak atsiri daun jeruk limau. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 6(1), 15–22. DOI : [10.36733/medicamento.v6i1.716](https://doi.org/10.36733/medicamento.v6i1.716)
- Susiloningrum, D., & Mugita Sari, D. E. (2021). Uji aktivitas antioksidan dan penetapan kadar flavonoid total ekstrak temu mangga (*Curcuma mangga* Valetton & Zijp). *Cendekia Journal of Pharmacy*, 5(2), 117–127. DOI : <https://doi.org/10.31596/cjp.v5i2.148>
- Taufiq, H., Sumarawati, T., Aini, Q., Rahmawati, R., Pawestri, Y., & Qarinah, N. (2016). *Potensi fraksi-fraksi ekstrak tanaman sebagai antioksidan* (Skripsi). Universitas Islam Sultan Agung.
- Widhiardani, F. A. F., & Setiyadi, G. (2023). Optimasi gliserol dan HPMC sebagai gelling agent dalam formula gel antioksidan ekstrak wortel (*Daucus carota* L.). *Usadha Journal of Pharmacy*, 2(3), 278–290.