

## OPTIMASI CARBOPOL DAN CMC-NA PADA GEL TABIR SURYA EKSTRAK KULIT JERUK NIPIS MENGGUNAKAN *SIMPLEX* *LATTICE DESIGN*

Arfi Delasafira<sup>1</sup>, Dwi Saryanti<sup>1</sup>, Muhammad Sa'ad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional

Jl.Raya Solo-Baki, Bangorwo, Kwarasan, Kecamatan Grogol, Sukoharjo, Indonesia, 57552

Korespondensi: [dwisaryanti@stikesnas.ac.id](mailto:dwisaryanti@stikesnas.ac.id)

### ABSTRAK

Paparan sinar matahari yang berkepanjangan berdampak buruk pada kulit, meningkatkan risiko eritema, sengatan matahari, dan berpotensi kanker kulit akibat radiasi UV-B yang berbahaya. Flavonoid, fenol, dan tanin dalam kulit jeruk nipis dapat berfungsi sebagai agen tabir surya alami, karena kemampuannya untuk mengurangi intensitas paparan UV. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi agen pembentuk gel yang ideal dengan mengevaluasi kombinasi karbopol dan CMC-Na dalam formulasi gel ekstrak etanol kulit jeruk nipis (EKJN) untuk digunakan sebagai tabir surya. Pembuatan EKJN dilakukan melalui proses maserasi dengan etanol 70% sebagai pelarut. Optimasi karbopol dan CMC-Na dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Simplex Lattice Design*, dengan pH, viskositas, daya rekat, dan daya sebar sebagai faktor respons dalam formulasi. Formula terbaik dievaluasi efektivitas tabir suryanya dengan spektrofotometer UV-Vis, dan daya tahan gel optimal diperiksa melalui siklus beku-cair (*freeze thaw*). Hasil optimasi menunjukkan kombinasi optimal karbopol:CMC-Na adalah 0,5g: 4,5g. Gel yang dihasilkan berwarna kuning kecokelatan, berbau khas jeruk nipis, homogen dengan pH  $6,36 \pm 0,15$ , daya sebar  $7,30 \pm 0,05$  cm, daya lekat  $7,27 \pm 0,15$  detik dan nilai viskositas  $250,33 \pm 1,52$  dPa.s. Nilai SPF  $29,75 \pm 0,40$  dikategorikan sebagai perlindungan sedang. Uji stabilitas *freeze-thaw cycling* selama 6 siklus menunjukkan sediaan gel tetap stabil selama penyimpanan. Gel EKJN dengan formulasi yang optimum berpotensi sebagai tabir surya yang efektif dan stabil.

Kata kunci: optimasi, gel, SPF, SLD, jeruk nipis

### ABSTRACT

*Prolonged exposure to sunlight adversely affects the skin, elevating the risk of erythema, sunburn, and potentially skin cancer owing to detrimental UV-B radiation. The flavonoids, phenols, and tannins in lime peel may serve as natural sunscreen agents, owing to their capacity to diminish UV exposure intensity. This study seeks to identify the ideal gel-forming agent by evaluating the combination of carbopol and CMC-Na in the formulation of lime peel ethanol extract (EKJN) gel for use as a sunscreen. The EKJN was conducted via the maceration process with 70% ethanol as the solvent. The optimization of carbopol and CMC-Na was conducted utilizing the Simplex Lattice Design approach, with pH, viscosity, adhesiveness, and spreadability as response factors in the formulation. The best formula was evaluated for sunscreen efficacy with a UV-Vis spectrophotometer, and the durability of the optimal gel was examined through freeze-thaw cycling. The optimization results indicated that the ideal combination of carbopol:CMC-Na was 0,5g:4,5g. The resulting gel exhibited a brownish-yellow color, and characteristic lime peel scent, was homogeneous, and had a pH of  $6,36 \pm 0,15$ . It demonstrated a spreadability of  $7,30 \pm 0,05$  cm, an adhesiveness of  $7,27 \pm 0,15$  seconds, and a viscosity of  $250,33 \pm 1,52$  dPa.s. The SPF of  $29,75 \pm 0,40$  categorizes it as providing moderate protection. Stability testing through six freeze-thaw cycles confirmed that the gel remained stable during storage. Overall, the EKJN gel with this optimal formulation shows potential as an effective and stable sunscreen.*

Keywords: optimization, gel, SPF, SLD, lime

## PENDAHULUAN

Cahaya matahari berfungsi sebagai sumber daya yang memberikan manfaat bagi kehidupan manusia sehari-hari, karena memiliki kemampuan untuk menghasilkan sinar *ultraviolet*. Sinar *ultraviolet* dapat meningkatkan sistem imunitas, mensintesis vitamin D dan memelihara kesehatan kulit. Pada negara beriklim tropis khususnya Indonesia memiliki waktu penyinaran matahari yang lebih lama dan panas yang dapat menimbulkan kerusakan kulit baik secara akut yang meliputi *sunburn*, *eritema* dan secara kronis yang meliputi *photoaging*, hiperpigmentasi dan bahkan kanker kulit. Paparan UV yang berlebih dapat merusak konfigurasi DNA dengan merusak sel kulit dari waktu ke waktu tergantung sistem kekebalan pada tubuh. Kanker kulit dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu melanoma kanker dan non-melanoma kanker [1]. Kanker kulit jenis melanoma sebanyak 2-3 juta dan non melanoma sebanyak 132.000 di dunia [2]. Tahun 2022 di Indonesia kanker pada kulit jenis melanoma sebanyak 1.716 kejadian dan kanker pada kulit jenis non melanoma sebanyak 7.841 kasus [1].

Upaya meminimalisir terjadinya efek merugikan akibat sinar matahari dengan mengaplikasikan tabir surya. Tabir surya beroperasi melalui dua cara, yaitu mekanisme fisik dan kimia. Tabir surya berfungsi secara fisik dengan cara memantulkan radiasi cahaya UV, sementara dengan mekanisme kimia, tabir surya berfungsi dengan cara menyerap radiasi UV [3]. Kemampuan tabir surya dalam pencegahan paparan matahari ditentukan oleh angka SPF. Semakin besar angka SPF, perlindungan menjadi lebih optimal. Tabir surya dengan bahan sintesis menyebabkan efek samping *pruritis* apabila digunakan jangka waktu panjang, karena terdapat kandungan *Para Amino Benzoic Acid* dan *Benzophenon* untuk menyerap sinar UV B, sehingga bahan alami lebih aman digunakan karena efek samping minimal. Salah satu tanaman yang berada di sekitar kehidupan kita yang memiliki aktivitas sebagai tabir surya adalah kulit jeruk nipis (KJN) [4].

KJN mempunyai kandungan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas tabir surya seperti flavonoid, fenol dan tanin. Menurut penelitian [5] angka SPF dalam ekstrak kulit jeruk nipis (EKJN) konsentrasi 600 ppm memiliki angka SPF sebesar 42,5 (kategori tinggi). Pada tabir surya dipilih dalam bentuk

sediaan gel karena memiliki tekstur ringan di kulit, mudah meresap karena bersifat hidrofilik, gel menjadi jernih, meningkatkan viskositas gel dengan konsentrasi rendah, sehingga memberikan efek sejuk saat diaplikasikan di kulit, tidak menyumbat pori (non komedogenik) dan mudah dicuci dengan air dibandingkan krim. Pada sediaan gel perlu dilakukan optimasi untuk memperoleh sediaan dengan sifat fisik optimal.

Carbopol dapat membuat sediaan menjadi lebih kental yang menyebabkan daya sebar menurun. Untuk itu, dikombinasikan dengan CMC-Na, karena memiliki homogenitas, konsistensi dan daya sebar baik, tetapi menghasilkan koloida yang membuat gel tidak jernih. Kombinasi carbopol dan CMC-Na diharapkan memperbaiki sifat CMC-Na, sehingga menghasilkan gel jernih, daya sebar baik, viskositas stabil dan menghasilkan daya lekat yang kuat terhadap zat aktif.

Tabir surya yang mengandung carbopol dan CMC-Na akan meningkatkan SPF karena tabir surya akan lebih lama berada di kulit untuk menyerap sinar UV secara efektif. Desain yang digunakan untuk memperoleh kombinasi carbopol dan CMC-Na sebagai *gelling agent* yang optimal pada sediaan gel dengan menggunakan desain *Simplex Lattice Design* dikarenakan metode cepat, praktis dan tidak memerlukan bahan banyak dibandingkan dengan metode *trial and error* [6].

## METODE PENELITIAN

Studi ini adalah penelitian eksperimen yang fokus pada pengembangan formula gel tabir surya EKJN. Gel ini dibuat dengan variasi kombinasi agen pengental, yaitu carbopol dan CMC-Na, menggunakan desain Simplex Lattice Design. Uji SPF untuk gel yang paling baik dilakukan secara *in vitro*, menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 290-320 nm. Selain itu, uji stabilitas dilakukan melalui *cycling test* selama enam siklus untuk menilai stabilitas gel pada suhu penyimpanan yang berbeda.

**Bahan :** Bahan penelitian antara lain jeruk nipis, pelarut etanol 70% (Onemed), aquadest (Medika), carbopol (Sigma aldrich), CMC-Na (Brataco), Propilenglikol (Brataco), metilparaben (Brataco), propylparaben (Brataco), triethanolamine (Brataco), HCl pekat (Merck), serbuk Mg, etanol p.a (Merck), produk *sunscreen* gel wardah SPF 35.

**Alat** : spektrofotometri UV-Vis (Shimadzu UV 1240), timbangan analitik (Ohaus EP 214 ketelitian 0,1 mg), bejana untuk maserasi (Maxi), *rotary evaporator* (IKA RV 10B), *waterbath* (HaruTech), pH meter, viskometer (RION-VT-04F), alat pengujian daya lekat, alat pengujian daya sebar, ayakan no 40, caawan porselin (Herma), alat-alat gelas (Iwaki pyrex®), taabung reaksi (Iwaki pyrex®), raak tabung reaksi (Mitra), pipet tetes, pipet ukur (Iwaki pyrex®), mortir dan stamfer, kuvet (Helma), labu takar (Iwaki pyrex®).

### Persiapan Sampel dan Ekstrak

KJN diperoleh dari daerah Tiromoyo, Wonogiri, Jawa Tengah. Jeruk nipis dipanen pada pagi hari pukul 09.00 WIB. Jeruk yang digunakan untuk penelitian dipilih dengan kondisi yang paling baik dengan tingkat kematangan agak matang, segar, berwarna hijau muda, tebal dan bertekstur [7]. Buah jeruk nipis untuk preparasi sebanyak 6 kg. Buah jeruk nipis yang diperoleh dicuci bersih, kemudian dirajang bagian kulitnya. Setelah itu, dikeringkan menggunakan sinar matahari selama 3 hari untuk menghilangkan kadar air. KJN yang sudah kering ditandai dengan warna kecokelatan dan mudah dipatahkan. KJN yang sudah kering diserbukkan hingga halus kemudian dilakukan pengayakann dengan ukuran 40 mesh, selanjutnya timbang bobot serbuk yang diperoleh.

Pembuatan EKJN dilakukan melalui proses maserasi. Sebanyak lima ratus gram serbuk dimasukkan ke wadah maserasi dan dicampur dengan pelarut etanol 70% dengan perbandingan tujuh setengah bagian. Proses maserasi berlangsung selama tiga hari, setelah itu larutan sampel disaring menggunakan kain

flannel dan kertas filter. Residu yang dihasilkan diremaserasi dengan perbandingan dua setengah bagian selama dua hari. Endapan yang terbentuk kemudian dipisahkan, dan hasil filtratnya dikonsentrasikan. Setelah proses maserasi, ekstrak kulit jeruk nipis disaring kembali dan kemudian dievaporasi pada suhu lima puluh derajat Celsius dengan kecepatan lima puluh rpm menggunakan rotary evaporator hingga mulai agak kental. Selanjutnya, ekstrak tersebut dipindahkan ke dalam cawan porselin untuk dipadatkan di *waterbath* pada suhu lima puluh derajat Celsius sehingga diperoleh ekstrak yang kental dan dilakukan perhitungan rendemen EKJN.

### Penapisan Fitokimia EKJN

Penapisan fitokimia dilakukan terhadap EKJN yaitu uji flavonoid, fenolik dan tannin dengan menggunakan beberapa reagen yang sudah ditentukan.

### Pembuatan Sediaan Gel

Carbopol dan CMC-Na dilakukan pengembangan dengan menggunakan air panas pada mortir dan didiamkan selama tigapuluh menit. Carbopol yang sudah mengembang ditambahkan dengan TEA hingga terbentuk basis gel. CMC-Na dimasukkan ke dalam campuran Carbopol dan propilenglikol dimasukkan ke dalam campuran, diaduk hingga memperoleh basis gel transparan. EKJN dimasukkan dalam mortir diaduk hingga homogen. Ditambahkan metilparaben dan propilparaben, setelah tercampur merata ditambahkan dengan air suling sedikit demi sedikit sampai diperoleh volume akhir 100 g, diaduk hingga homogen. Formula gel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Formulasi Gel EKJN

Komponen	Run Formula (%)							
	Run I	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6	Run 7	Run 8
EKJN	6	6	6	6	6	6	6	6
Carbopol	1,50	0,75	1,25	0,50	1,00	0,50	1,00	1,50
CMC-Na	3,50	4,25	3,75	4,50	4,00	4,50	4,00	3,50
Propilenglikol	5	5	5	5	5	5	5	5
Metilparaben	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Propylparaben	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TEA	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Air suling	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100	ad 100

### Pengujian Sifat Fisik Gel EKJN

#### a. Pengamatan Sensori

Pengamatan sensori sediaan gel EKJN meliputi pengamatan terhadap warna, bentuk, bau dan nilai rabaan [8].

#### b. Pengamatan Homogenitas

Pemeriksaan pemerataan distribusi gel dilakukan dengan gel EKJN sebanyak 0,5 gram dioleskan secara arata pada *object glass*. Syarat uji ini adalah terdistribusi secara rata dan tidak ada butiran atau partikel kasar [8].

#### c. Pengukuran derajat keasaman

Penentuan derajat keasaman menggunakan pH meter. Sebanyak setengah gram gel EKJN dilarutkan dengan limapuluh mL air suling. Syarat pH sediaan gel 4,5-6,5 [9].

#### d. Daya sebar

Ditimbang gel EKJN 0,5 gram diletakkan cawan petri ditutup dengan kaca lain didiamkan 60 detik. Penambahan beban dilakukan sampai beban 250 gram. Kemudian diukur diameter dan luas penyebarannya. Syarat daya sebar 5-7 cm [8].

#### e. Daya Lekat

EKJN seberat 0,5 gram gel diletakkan di atas gelas objek dan ditutup dengan gelas objek lainnya. Kemudian, berat 1000 g diberikan selama 5 menit. Setelah itu, beban diangkat, dan kedua ujung gelas objek yang terhubung dijepit dengan penjepit di alat uji. Selanjutnya, beban alat seberat 80 gram dilepaskan. Waktu ketika kedua pelat mulai terpisah dicatat. Kondisi agar daya lekat gel baik adalah lebih dari 4 detik [9].

#### f. Uji Viskositas

Gel dimasukkan pada *beakerglass* dan diuji viskositas dengan rotor nomor 2 diamati skala yang ditunjuk jarum hingga menunjukkan angka stabil dengan kecepatan 30 rpm. Syarat viskositas gel 30-500 dPa.s [10].

### Pemilihan Formula Optimal Gel EKJN

Digunakan software *Design Expert* versi 13. Evaluasi hasil digunakan parameter uji sifat fisik sediaan gel. Penentuan formula gel dengan sifat optimum dilihat melalui nilai *desirability*. Nilai *desirability* yang baik mendekati 1.

### Validasi Formula Optimal Gel EKJN

Formulasi optimal sediaan gel EKJN diformulasikan sebanyak 3 replikasi dan dibandingkan hasil uji evaluasi fisiknya. Dilakukan dengan statistik *One sample t-test* menggunakan confidence level 95% dan

diamati adanya perbedaan data yang signifikan atau tidak.

### Uji Stabilitas Dengan *Cycling Test*

Sediaan gel EKJN terbaik disimpan dalam suhu dingin pada 4°C selama satu hari. Setelah itu, dipindahkan ke suhu panas di 40°C untuk satu hari (ini disebut satu siklus). Seluruh pengujian dilakukan selama enam siklus, yang berarti berlangsung selama 12 hari. Gel dianggap stabil jika sifat fisiknya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan selama proses penyimpanan.

### Penentuan SPF Formula Gel Optimal EKJN

Gel optimal, kontrol positif dan kontrol negatif dilakukan penimbangan sebanyak 0,1 gram dilarutkan dalam etanol p.a dan volume dicukupkan hingga 10 mL. Gel yang sudah larut difilter dengan kertas saring dan pembacaan absrbansi pada rantang *wavelength* antara 290-320 nm dengan interval 5 nm. Pelarut etanol pro analisa digunakan sebagai larutan balko dalam pengujian [8]. Untuk menentukan nilai SPF, dilakukan tiga kali pengulangan pada setiap gel. Perhitungan SPF berdasarkan hasil absorbansi dilakukan mengikuti teori Mansur.

$$SPF = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times absorptansi(\lambda)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Ekstraksi KJN

Metode ekstraksi yang digunakan untuk pembuatan EKJN adalah maserasi. Maserasi merupakan proses pengambilan sari dengan perendaman serbuk menggunakan pelarut organik sehingga zat yang terkandung akan mudah terlarut. Serbuk simplisia yang digunakan untuk maserasi sebanyak 500 gram. Tujuan maserasi untuk menghindari rusaknya senyawa yang bersifat termolabil seperti flavonoid, fenol dan tanin. Pelarut yang digunakan adalah etanol 70% (5L), karena merupakan pelarut polar. Keuntungan pelarut etanol 70% yaitu bersifat *volatile*, mampu mengekstraksi senyawa yang terkandung dalam KJN, sehingga menghasilkan ekstrak pekat, dan memiliki indeks polaritas 5,2 [11]. Hasil ekstraksi maserasi di remaserasi kembali dengan pelarut baru untuk menghindari kejenuhan selama proses penyarian, sehingga memaksimalkan proses penyarian yang terkandung dalam simplisia. Hasil yang diperoleh kulit jeruk nipis setelah pemekatan

yaitu ekstrak pekat sebesar 114,3 gram. Tujuan pemekatan dengan *waterbath* untuk menghilangkan sisa pelarut yang terkandung dalam ekstrak, sehingga diperoleh bobot tetap dan nilai % rendemen.



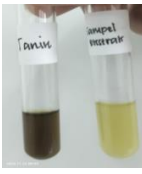
Hasil rendemen yang diperoleh pada EKJN sebesar 22,86% yang dinyatakan sudah sesuai dengan persyaratan EKJN yang baik, menurut [12] yang menyatakan hasil rendemen EKJN sekurang-kurangnya adalah tidak kurang dari 15%. Perhitungan rendemen ekstrak bertujuan untuk menentukan kandungan senyawa bioaktif yang terdapat

dalam EKJN. Pada hasil ekstraksi, nilai rendemen yang semakin besar, maka semakin besar zat bioaktif yang terambil pada proses ekstraksi [9].

**Hasil Penapisan Fitokimia EKJN**

EKJN yang telah diperoleh dilakukan penapisan fitokimia yang ditujukan untuk memperoleh kandungan bioaktif pada sampel KJN terutama kandungan flavonoid, fenol dan tanin dimana kandungan metabolit sekunder tersebut berpotensi sebagai tabir surya. Hasil penapisan fitokimia yang diperoleh dari sampel EKJN disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Skrining Fitokimia EKJN

Senyawa Kimia	Hasil Pengujian	Keterangan
Flavonoid		(+) Flavonoid Terbentuk warna jingga setelah penambahan HCl pekat dan serbuk Mg [10]
Fenol		(+) Fenol Terbentuknya warna hitam pekat setelah penambahan FeCl <sub>3</sub> 1% 3-4 tetes [13].
Tanin		(+) Tanin Terbentuknya warna hijau kehitaman, setelah penambahan FeCl <sub>3</sub> 2-3 tetes [10].

**Evaluasi Sediaan Gel EKJN**

EKJN dibuat dalam sediaan gel tabir surya. Bagian yang paling penting pada pembuatan sediaan gel adalah bahan pembentuk gel dan humektan karena bahan pembentuk gel mampu memebentuk jaringan struktur, sedangkan humektan mampu menjaga

ketahanan sediaan gel dengan menyerap kelembaban dan meghalangi penguapan air dari sediaan gel. Metode SLD merekomendasikan 8 formula dengan perbedaan konsentrasi Carbopol dan CMC-Na. Hasil variabel dependen tertera dalam tabel 3.

Tabel 3. Hasil Evaluasi Fisik Gel EKJN

Parameter Uji	Run Formula							
	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6	Run 7	Run 8

Organoleptis	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket	Gel berwarna coklat kekuningan, berbau khas jeruk nipis, dan tekstur tidak lengket
Distribusi partikel	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
Derajat keasaman	5,3	6,4	6,0	6,5	6,3	6,4	6,3	5,4
Daya sebar (cm)	5,2	6,5	5,4	7,3	5,8	7,2	5,7	5,3
Daya lekat (detik)	8,24	7,34	8,20	7,32	7,63	7,24	7,60	8,32
Viskositas (dPa.s)	500	300	500	250	390	250	400	500

Berdasarkan tabel 3, SLD akan memberikan solusi berdasarkan variabel yang terikat dan variabel yang bebas. Ini berarti model yang paling mirip dengan hasil pengamatan atau model yang menunjukkan hasil yang signifikan dengan nilai *p*-value kurang dari 0,05. Variabel bebas dengan harga model yang berbeda secara signifikan dapat menjadi acuan dalam memilih formula optimal EKJN.

### Uji Sifat Fisik Sediaan Gel EKJN

#### a. Pengamatan Sensori

Uji sensori dilakukan dengan tujuan untuk menilai kualitas fisik gel meliputi aroma, bentuk, warna, tekstur sediaan dari gel. Diperoleh penelitian pada 8 run sediaan gel memiliki warna sediaan gel berbeda. Hal ini dipengaruhi karena adanya perbedaan konsentrasi antara carbopol dan CMC-NA

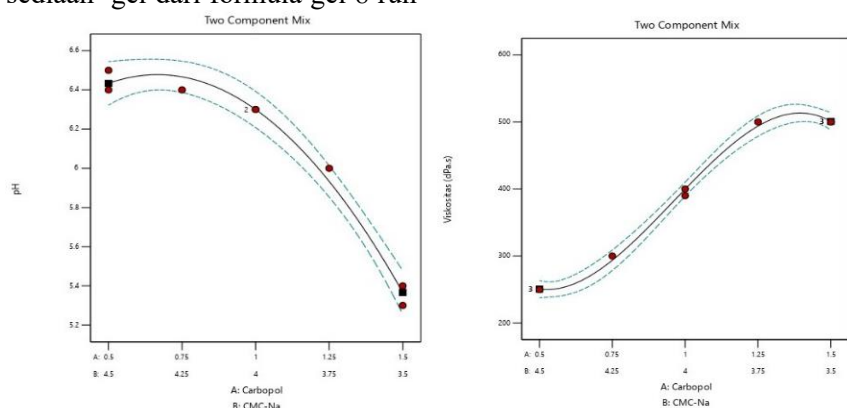
#### b. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan dengan tujuan untuk mengamati adanya butiran kasar atau bagian tidak tercampur dengan baik pada saat pembuatan sediaan gel dari formula gel 8 run

seluruhnya memiliki tekstur homogen sehingga mampu memberikan efektifitas yang maksimal

#### c. pH dan Viskositas

Pengukuran tingkat keasaman produk dilakukan untuk mengetahui apakah pH produk sesuai untuk kulit. pH yang ideal untuk sediaan topikal adalah antara 4,5 hingga 6,5, yang sesuai dengan rentang pH kulit. Jika pH gel terlalu rendah, itu dapat menyebabkan iritasi pada kulit, sementara pH yang tinggi dapat membuat kulit kering dan bersisik. Berdasarkan hasil SLD, model campuran linier disarankan. Model ini mampu memprediksi nilai variabel bebas dengan baik, seperti terlihat pada gambar 1 (kiri). Dari gambar 1, dapat dilihat bahwa ketika konsentrasi carbopol meningkat, pH akan menurun. Ini disebabkan oleh sifat asam dari carbopol sehingga seiring ditingkatkan, pH semakin rendah karena carbopol memiliki gugus karboksilat (-COOH) [14].



Gambar 1. Grafik *Gelling Agent* dan Nilai pH (kiri) dan *Gelling Agent* dan Viskositas (kanan)

Grafik pada gambar 1 (kiri) carbopol dan CMC-Na terhadap nilai pH diperoleh persamaan

$$(1) Y = 5,37(A) + 6,43(B) + 1,6(AB) \dots \dots \dots (1)$$

Berdasarkan persamaan (1) interaksi antara kedua komponen dapat meningkatkan pH sediaan gel, karena nilai koefisien bernilai positif. CMC-Na memiliki pengaruh peningkatan pH lebih tinggi pada gel, karena pelepasan ion H<sup>+</sup> dari gugus karboksil terionisasi CMC-Na. Kekentalan gel EKJN diketahui dengan pengujian viskositas. Sediaan gel memiliki viskositas 200-400 dPa.s. Viskositas rendah menghasilkan daya lekat rendah dan daya sebar tinggi. Grafik perbandingan interaksi antara 2 komponen dapat dilihat pada gambar 1 (kanan). Persamaan hubungan konsentrasi Carbopol dan CMC-Na dalam viskositas dapat dilihat melalui persamaan (2):

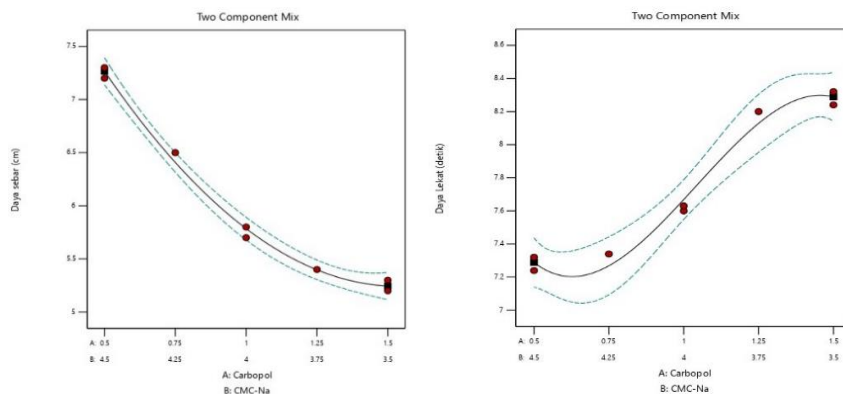
$$Y = 500,78(A) + 250,78(B) + 95,68(A)(B) \dots \dots \dots (2)$$

Berdasarkan persamaan carbopol berpengaruh terhadap viskositas gel karena memiliki nilai koefisien tertinggi. Interaksi antar komponen meningkatkan viskositas gel karena carbopol bersifat hidrofil menyebabkan peningkatan kekentalan sediaan yang signifikan meskipun digunakan dalam kadar yang kecil [15].

d. Daya Sebar dan Daya Lekat

Gel dikatakan baik ketika membutuhkan waktu untuk terdistribusi yang lebih cepat dan kemampuan penyebaran yang besar. Semakin tinggi kemampuan penyebaran maka semakin mudah sediaan untuk digunakan pada permukaan kulit. Grafik perbandingan interaksi antara 2 komponen dapat dilihat pada gambar 2 (kiri). Hasil pengujian daya sebar diperoleh persamaan konsentrasi carbopol dan CMC-Na pada daya sebar adalah persamaan (3):

$$Y = 5,24(A) + 7,27(B) - 1,8824(A)(B) \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 2. Grafik *Gelling Agent* dan Nilai Daya Sebar (kiri) dan *Gelling Agent* dan Nilai Daya lekat (kanan)

CMC-Na lebih berpengaruh pada peningkatan daya sebar hal ini dikarenakan konsistensi gel dengan penambahan CMC-Na relatif lebih encer dibandingkan dengan penambahan carbopol, sedangkan apabila carbopol semakin banyak dan CMC-Na semakin sedikit maka daya sebar pada sediaan gel akan rendah. Hal tersebut dipengaruhi karena konsistensi gel lebih kental, sehingga daya sebar menjadi lebih kecil, karena nilai koefisien interaksi antara kedua komponen pada daya sebar bernilai negatif. Kemampuan penyebaran dipengaruhi oleh kekentalan gel yang dengan korelasi terbalik dengan

*spreadability* (daya sebar) yang dihasilkan. Sediaan dengan kekentalan rendah (encer) memiliki daya sebar yang lebih luas karena sediaan gel encer dan mudah diratakan sebaliknya, sediaan dengan kekentalan tinggi cenderung lebih pekat, sehingga kemampuan menyebar rendah [4].

Uji daya lekat pada tabir surya berkaitan dengan sifat *water resistance* gel. Jika daya rekatnya rendah, efektivitas gel akan menurun, sehingga perlindungan terhadap kulit menjadi tidak memadai. Namun, jika daya rekatnya terlalu tinggi, hal itu dapat mengurangi kenyamanan selama penggunaan [16]. Daya

rekat berbanding lurus dengan viskositas [17]. Persamaan daya sebar diperoleh persamaan (4):

$$Y=8,29(A)+7,29(B)+0,4816(A)(B).....(4)$$

Faktor yang dominan terhadap kemampuan lekat yaitu carbopol karena carbopol bersifat hidrofilik sehingga semakin tinggi konsentrasi daya lekat gel meningkat.

#### Formula Optimal dan Verifikasi EKJN

Formula terbaik dari sediaan ditentukan berdasarkan evaluasi terhadap sifat fisiknya. Formula yang paling optimal yang diperoleh dari perangkat lunak design expert adalah

campuran carbopol dan CMC-Na dengan perbandingan 0,5:4,5, karena menunjukkan respon paling ideal dengan nilai desirability 0,984. Setelah itu, formula yang paling sesuai diuji untuk pembuatan gel untuk menilai kesesuaian antara prediksi respon yang dihasilkan dengan hasil percobaan gel dari ekstrak kulit jeruk nipis. Hasil pengujian secara statistik menghasilkan harga  $\text{sig} > 0,05$ , yang implementasinya adalah tidak ada perbedaan signifikan di antara berbagai formula. Hasil analisis statistik dari prediksi respon yang dihasilkan oleh software design expert dan hasil eksperimen melalui tabel 4.

Tabel 4. Signifikansi Perkiraan dan Hasil Aktual Formula Optimum

Parameter	Prediksi	Hasil Pengujian	Signifikansi	Interpretasi
pH	6,43	6,36 ± 0,15	0,547	Tidak berbeda secara bermakna
Daya sebar (cm)	7,26	7,30 ± 0,05	0,300	Tidak berbeda secara bermakna
Daya lekat (detik)	7,28	7,27 ± 0,01	0,742	Tidak berbeda secara bermakna
Kekentalan (dPa.s)	250,78	250,33 ± 1,52	0,742	Tidak berbeda secara bermakna

#### Pengukuran Potensi Sunscreen Gel EKJN

Pengukuran *sunscreens* dilakukan dengan menentukan nilai SPF dengan metode *in vitro*. Penentuan nilai SPF untuk mengetahui efektifitas bahan tabir surya terhadap sinar UV-B. Semakin besar harga SPF dari produk *sunscreens* maka semakin besar kemampuan

untuk memproteksi kulit dari pengaruh cahaya matahari. Nilai CF diperoleh dari kontrol positif sediaan gel SPF 35 dengan rumus persamaan Mansur. Tujuan pengukuran nilai CF untuk mentoleransi penggunaan spektrofotometer UV-Vis dan pelarut. Hasil harga SPF gel EKJN disajikan melalui tabel 5.

Tabel 5. Nilai SPF Gel Tabir Surya Secara *In Vitro*

Kelompok Uji	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Nilai SPF rata-rata
Gel Optimal	29,38	29,71	30,18	29,75 ± 0,40
Kontrol positif	34,99	35,05	34,95	35,00 ± 0,05
Kontrol negatif	7,92	7,92	7,93	7,92 ± 0,00

Nilai SPF dari gel tabir surya yang terbaik ditemukan mempunyai harga SPF 29,75 ± 0,40, yang termasuk dalam kategori perlindungan sedang. Sedangkan nilai untuk kontrol positif, yaitu gel tabir surya dengan

SPF 35, tercatat pada angka 35,00 ± 0,05, dan kontrol negatif tercatat pada nilai 7,92 ± 0,00. Melalui pengujian normalitas menggunakan metode Shapiro Wilk, hasil yang didapatkan untuk gel terbaik, kontrol positif, dan kontrol

negatif adalah berturutan 0,802, 0,927, serta 0,496, yang menampilkan harga sig lebih besar dari 0,05, menandakan bahwa data tersebar secara normal. Selanjutnya, pada pengujian homogenitas menggunakan tes Lavene, diperoleh nilai sig 0,055 yang lebih besar dari 0,05, yang menandakan bahwa uji tersebut merata (homogen), dan bisa dianalisis dengan menggunakan uji Parametric One-way Anova, yang mendapatkan nilai sig 0,000, yang lebih kecil dari 0,05, mengindikasikan adanya perbedaan secara signifikan pada rata-rata nilai SPF dari berbagai sediaan gel, sehingga perlu dilakukan analisis lanjutan dengan uji Post-Hoc. Hasil dari statistik Post-Hoc mengindikasikan perbedaan secara signifikan dengan harga  $p < 0,001$  antara gel terbaik, kontrol positif, dan kontrol negatif. Gel terbaik menunjukkan nilai SPF di bawah kontrol positif karena kontrol positif mengandung

bahan-bahan kimia sintetik seperti Benzophenon dan Titanium dioxide. Sedangkan gel terbaik memiliki nilai SPF di atas kontrol negatif karena mengandung bahan aktif dari ekstrak kulit jeruk nipis yang kaya akan flavonoid, phenol, dan tannin, yang terbukti berpotensi untuk digunakan sebagai *sunscreen*.

#### Uji Stabilitas Formula Optimum Gel EKJN

Pengujian kestabilan dengan metode siklus beku-cair (*freeze-thaw*) adalah pengujian yang dilakukan untuk memastikan bahwa kualitas dan mutu sediaan gel tetap sesuai dengan produk gel yang baru diproduksi. Hasil dari pengujian kestabilan menggunakan metode siklus beku-cair melalui tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Stabilitas Formula Optimum Gel EKJN

Respon Uji	Sebelum	Sesudah	Signifikansi	Interpretasi
Organoleptis	Gel tekstur kental berwarna kuning kecoklatan, memiliki bau khas jeruk nipis.	Gel tekstur kental, berwarna kuning kecoklatan, memiliki bau khas jeruk nipis	-	Tidak Berbeda secara bermakna
Homogenitas	Homogen	Homogen	-	Tidak berbeda secara bermakna
Derajat keasaman	$6,36 \pm 0,15$	$6,46 \pm 0,05$	0,478	Tidak Berbeda secara bermakna
Daya sebar (cm)	$7,30 \pm 0,05$	$7,03 \pm 0,12$	0,119	Tidak Berbeda secara bermakna
Daya lekat (detik)	$7,27 \pm 0,015$	$7,29 \pm 0,015$	0,368	Tidak Berbeda secara bermakna
Viskositas (dPa.s)	$250,33 \pm 1,52$	$284,00 \pm 27,71$	0,184	Tidak Berbeda secara bermakna

Sesuai dengan hasil pengujian stabilitas yang berkaitan dengan karakteristik fisik produk, gel EKJN menunjukkan standar kualitas yang baik dan stabilitas yang terjaga saat disimpan. Dengan demikian, itu memenuhi kriteria untuk menjadi formulasi topikal yang baik, karena analisis data menandakan tidak terdapat perbedaan secara

signifikan dalam sifat fisiknya antara sebelum pengujian dan setelah dilakukan uji stabilitas menggunakan metode siklus beku-cair.

#### SIMPULAN

Proporsi optimum Carbopol dan CMC-Na yang optimal pada sediaan gel EKJN menggunakan *Simplex Lattice Design* masing-

masing gelling agent carbopol dan CMC-Na secara berurutan diperoleh konsentrasi (0,5g:4,5g), formula optimum gel yang dihasilkan berpotensi sebagai *sunscreen*

dengan harga SPF 29,75 (kategori perlindungan sedang) dan tetap stabil selama uji stabilitas menggunakan *freeze-thaw cycling*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitraneti, E. *et al.*, (2024). Pengaruh Paparan Sinar Ultraviolet terhadap Kesehatan Kulit dan Upaya Pencegahannya. *Scientific Journal*, May, 3(3), pp. 185-194.
- [2] WHO, (2017). *Radiasi; Radiasi ultraviolet (UV) dan Kanker kulit*. [Online] Available at: [https://www.who.int.translate.google/newsroom/questions-and-answers/item/radiation-ultraviolet-\(uv\)-radiation-and-cancer](https://www.who.int.translate.google/newsroom/questions-and-answers/item/radiation-ultraviolet-(uv)-radiation-and-cancer) [Accessed 7 Juni 2024].
- [3] Rauf, A., Ningsi, S. & Yasin, R. A., (2017). Penentuan Aktivitas Potensi tabir Surya Ekstrak Kulit Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Secara *In Vitro*. *Jurnal Farmasi*, 5(3), pp. 193-198.
- [4] Wulandari, L., Suhartinah & Nopiyanti, V., (2021). Formulasi dan Uji Aktivitas Perlindungan Tabir Surya Emulgel Ekstrak Etanol Kulit Bawang Merah (*Allium cepa L.*) Secara *In Vitro* dan *In Vivo*. *Cerata Jurnal Ilmu Farmasi*, Juli.12(1)
- [5] Suryadi, A. A., Pakaya, M. S., Djuwarno, E. N. & Akuba, J.,(2021). Penentuan Nilai *Sun Protection Factor* (SPF) Pada Ekstrak Kulit Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantiifolia*) Dengan Metode Spektrofotometer Uv-Vis. *Jambura Journal*, Juli, 3(2), pp. 169-180.
- [6] Suhery, W. N., Dewi, N., Umar, R.U., Furi, M., Octaviani, M.,(2021). Formulasi Dan Penentuan Nilai *Sun Protection Factor* (SPF) Sediaan Krim Tabir Surya Ekstrak Etanol Beras Merah. *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 10(1).
- [7] Maihendra, A., (2021). Efektivitas Waktu Pemanenan Yang Berbeda Terhadap Analisis Mutu Jeruk Nipis (*Citrus aurantiifolia*).Pekanbaru,Riau: UIN Suska Riau, pp. 1-33.
- [8] Pratikko, A. P., V.Y.Yamlean, P. & Siampa, J. P., (2024). Formulasi dan Evaluasi Krim Ekstrak Kulit Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) Sebagai Tabir Surya. *Pharmacon*, Februari, 13(1), pp. 483-495.
- [9] Lumantow, V. S., Edy, H. J. & Siampa, J. P., (2023). Formulation And Determination Of Sun Protection Factor SPF Value Of Sunscreen Cream With Suanggi Lemon Peel Extract (*Citrus limon (L.) Burm.f.*) *In Vitro*. *Pharmacon*, 12(3).
- [10] Tyas, D. A. K. & Saryanti, D.,(2023). Optimasi CMC Na dan Carbopol dalam sediaan Gel Ekstrak Etanol Daun Ketapang (*Terminalia cattapa L.*) dengan Metode *Simplex Lattice Design*. *Jurnal Sains da Kesehatan*, Desember.5(6).
- [11] Padmasari, P., Astuti, K. & Warditianti, N., (2021). Skinning Fitokimia Ekstrak etanol 70% Rimpang Bangle (*Zingiber purpureum Roxb.*). *Jurnal Farmasi Udayana*, pp. 1-7.
- [12] Departemen Kesehatan RI, (2017). *Farmakope Herbal Indonesia Edisi II*, Jakarta. Departemen Kesehatan RI.
- [13]Putri, F. A., Widia, Syarmila & Mahardika, R. G., (2018). Antioksidan Daun Cempedak dan Potensinya Sebagai Face Mask. *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat*.
- [14]Sari, A. K. & Saryanti, D.,(2021). Optimasi Penggunaan Carbopol dan Na CMC Pada Formula Gel Ekstrak Etanol Daun Kayu Putih Dengan Metode *Simplex Lattice Design*. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 7(2), pp. 175-181.
- [15] Rawar, E. A., 2024. Pengaruh Komposisi Basis CMC-Na dan Carbopol Terhadap Karakteristik Sediaan Fisik Gelo Minyak Atsiri Bunga Cengkeh. *Jurnal Mahasiswa Ilmu Farmasi dan Kesehatan*, 2(1).
- [16] Arifin, A., Pakki, E. & Fitrah, (2023).Formulasi Dan Uji Stabilitas

Sediaan Losio Rumput Laut.  
*Pharmamedica Journal*, 8(2), pp. 174-184.

[17] Rahmatullah, Slamet, Ningrum, W. A. & Dewi, N. K., (2020). Formulasi Dan

Evaluasi Sediaan Gel *Sanitizer* Sebagai Antiseptik Tangan Dengan Variasi Basis Carbopol 940 Dan TEA.  
*Pharmaceutical scientific Journal*, 3(3), pp. 189-194.