



Optimasi Jumlah Karbopol 1,5%, Triethanolamine, dan Air terhadap Sifat Fisik Emulgel Astaxanthin dan Ekstrak Wortel

Kadek Adinda Suryadewi S.P.

Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Indonesia

Alamat: Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali 80361

Korespondensi penulis: adindasrydw@gmail.com

Abstract: Skin damage can adversely affect a person's health and physical appearance. One of the factors causing is exposure to free radicals that can trigger various skin problems such as premature aging, hyperpigmentation, to skin cancer. The combination of astaxanthin and carrot extract (*Daucus carota* L.) can be a natural approach that is promising for skin care because it contains antioxidant carotenoids. Astaxanthin and carrot extract are formulated in the form of emulgel preparations to optimize their effectiveness when used on the surface of the skin. The success of an emulgel preparation is not only determined by its active ingredient, but also by the physical characteristics of the preparation. This study aims to determine the optimum formulation of the combination of carbopol 940, triethanolamine, and aquadest in making emulgel preparations with active substances Astaxanthin and carrot extract in order to obtain physical properties that meet the standards. Optimization is carried out using the D-Optimal Mixture Design method through the Design Expert® software version 13.0.0. The evaluated parameters include pH, viscosity, scattering power, and adhesion. This study produced an optimum formulation of emulgel with a composition of 940 1.5% carbopol as much as 40.697 grams, TEA as much as 0.5 grams, and aquadest amounted to 15,188 grams. This formula shows a pH of $5,783 \pm 0.0249$, viscosity $24,856.7 \pm 2,829.61$ cps, $5,113 \pm 0.4216$ cm spread power, as well as the adhesion of $1,873 \pm 0.1641$ seconds. Based on the analysis using the D-optimal method, Tea is known as the most influential component of the physical characteristics of the Astaxanthin combination emulgel and carrot extract.

Keywords: Astaxanthin, Carrot Extract, Design Expert, Emulgel, TEA

Abstrak: Kerusakan kulit dapat berdampak buruk pada kesehatan maupun penampilan fisik seseorang. Salah satu faktor penyebabnya adalah paparan radikal bebas yang dapat memicu berbagai masalah kulit seperti penuaan dini, hiperpigmentasi, hingga kanker kulit. Kombinasi astaxanthin dan ekstrak wortel (*Daucus carota* L.) dapat menjadi pendekatan alami yang menjanjikan untuk perawatan kulit karena mengandung karotenoid antioksidan. Astaxanthin dan ekstrak wortel diformulasikan dalam bentuk sediaan emulgel untuk mengoptimalkan efektivitasnya saat digunakan pada permukaan kulit. Keberhasilan suatu sediaan emulgel tidak hanya ditentukan oleh kandungan bahan aktifnya, tetapi juga oleh karakteristik fisik sediaan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formulasi optimum dari kombinasi karbopol 940, triethanolamin, dan aquadest dalam pembuatan sediaan emulgel dengan zat aktif astaxanthin dan ekstrak wortel agar diperoleh sifat fisik yang memenuhi standar. Optimasi dilakukan dengan menggunakan metode *D-Optimal mixture design* melalui perangkat lunak *Design Expert*® versi 13.0.0. Parameter yang dievaluasi meliputi pH, viskositas, daya sebar, serta daya lekat. Penelitian ini menghasilkan formulasi optimum emulgel dengan komposisi karbopol 940 1,5% sebanyak 40,697 gram, TEA sebanyak 0,5 gram, dan aquadest sejumlah 15,188 gram. Formula ini menunjukkan pH sebesar $5,783 \pm 0,0249$, viskositas $24.856,7 \pm 2.829,61$ cPs, daya sebar $5,113 \pm 0,4216$ cm, serta daya lekat $1,873 \pm 0,1641$ detik. Berdasarkan analisis menggunakan metode *D-optimal*, TEA diketahui sebagai komponen yang paling berpengaruh terhadap karakteristik fisik dari sediaan emulgel kombinasi astaxanthin dan ekstrak wortel.

Kata Kunci: Astaxanthin, Ekstrak Wortel, Pakar Desain, Emulgel, TEH

1. PENDAHULUAN

Kulit merupakan lapisan paling luar dari tubuh manusia yang berperan penting sebagai pelindung terhadap berbagai faktor eksternal. Kerusakan pada kulit tidak hanya berdampak pada aspek kesehatan, tetapi juga memengaruhi penampilan, sehingga penting untuk menjaga dan merawat kesehatannya (Purwaningsih *et al.*, 2014). Salah satu faktor

penyebab kerusakan kulit adalah paparan radikal bebas, yakni molekul yang terbentuk melalui proses pemutusan homolitik pada ikatan kovalen, sehingga salah satu elektronnya terlepas. Molekul ini kemudian memiliki elektron yang tidak berpasangan dan menjadikannya sangat reaktif, karena kecenderungan elektron untuk berpasangan demi menjaga kestabilan spin. Kondisi ini membuat radikal bebas mudah bereaksi dengan molekul lain dan membentuk radikal baru.

Radikal bebas dapat terbentuk sebagai hasil dari proses metabolisme tubuh (faktor internal) maupun sebagai akibat dari paparan faktor eksternal, seperti asap rokok, zat prooksidan dalam makanan, polusi udara, serta radiasi sinar ultraviolet dari matahari yang diketahui sebagai salah satu penyebab utama penuaan dini pada kulit (Ambari *et al.*, 2022; Franyoto *et al.*, 2019). Kerusakan yang ditimbulkan oleh radikal bebas terjadi melalui mekanisme kompleks yang melibatkan reaksi berantai, hingga memicu stres oksidatif dan merusak sel (Andarina *et al.*, 2017). Dampak dari paparan radikal bebas ini meliputi penuaan kulit, timbulnya flek hitam, dan peningkatan risiko kanker kulit (Makmur, 2023). Oleh sebab itu, diperlukan suatu upaya perawatan kulit yang mengandung senyawa antioksidan untuk melawan efek merusak dari radikal bebas (Ambari *et al.*, 2022). Antioksidan merupakan senyawa yang bekerja dengan cara menghambat proses oksidasi yang memicu terbentuknya radikal bebas (Sulastri *et al.*, 2021).

Astaxanthin (*3,3'-dihydroxy- β,β -carotene-4,4'-dione*) adalah senyawa karotenoid golongan xantofil yang larut dalam lemak dan secara alami terdapat pada berbagai organisme seperti alga, ragi, salmon, ikan trout, dan udang (Ambati *et al.*, 2014). Senyawa ini dikenal memiliki potensi antioksidan yang tinggi, dengan efektivitas 50 hingga 100 kali lebih besar dibandingkan vitamin E, serta mampu mendukung fungsi antioksidan dari vitamin E dan C (Ekpe *et al.*, 2018; Oh *et al.*, 2020). Selain itu, aktivitas antioksidan astaxanthin 10 kali lebih tinggi dibandingkan zeaxanthin, lutein, canthaxanthin, β -karoten dan lebih dari 500 kali lebih efektif dibandingkan α -tokoferol (Ambati *et al.*, 2014; Rizaldy *et al.*, 2025). Beberapa penelitian memberikan bukti kuat mengenai manfaat astaxanthin dalam mencegah dan mengobati penuaan kulit, memperlambat keriput, meningkatkan elastisitas kulit, mencerahkan kulit, meningkatkan produksi kolagen, dan menjaga kesehatan, serta kecantikan kulit secara keseluruhan (Sariharyanti *et al.*, 2024).

Salah satu tumbuhan yang memiliki potensi antioksidan adalah wortel (*Daucus carota* L.) yang mengandung beberapa senyawa antioksidan, yaitu β -karoten, antosianin, dan vitamin C (Sulastri dkk., 2021). β -karoten merupakan senyawa karotenoid hidrokarbon yang berfungsi sebagai prekursor vitamin A dan antioksidan alami dalam mengurangi efek

radikal bebas (Agustina dkk, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Agustina dkk. (2019), kadar β -karoten dalam wortel sebesar $34,94 \pm 7,810\%$. Senyawa β -karoten menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih besar dibandingkan dengan antosianin dan vitamin C. Kandungan β -karoten pada umbi wortel (*Daucus carota* L.) diketahui berperan dalam menjaga kelembapan kulit, membuat kulit terasa lebih lembut, serta membantu mengurangi munculnya kerutan dan garis halus, yang merupakan tanda-tanda penuaan dengan cara meningkatkan proses regenerasi sel kulit (Nursyahrani dkk., 2024). Selain itu, wortel dapat memperbaiki dan meregenerasi serat protein yang telah rusak akibat radiasi ultraviolet dan merangsang pembaruan epidermis, serta membantu produksi kulit yang halus dan lembut (Jamuna, 2023). Kombinasi astaxanthin dan ekstrak wortel (*Daucus carota* L.) dapat menjadi pendekatan alami yang menjanjikan untuk perawatan kulit karena mengandung karotenoid antioksidan yang bekerja secara sinergis dalam menjaga kesehatan dan integritas kulit. Astaxanthin merupakan karotenoid xantofil larut lemak yang sangat poten sebagai antioksidan, sementara ekstrak wortel kaya akan β -karoten, prekursor vitamin A yang berperan dalam proses regenerasi dan perlindungan kulit (Ambati *et al.*, 2014; Jamuna, 2023).

Astaxanthin dan ekstrak wortel dikembangkan dalam bentuk sediaan emulgel untuk meningkatkan efektivitas penggunaannya secara topikal. Emulgel merupakan sistem kombinasi antara gel dan emulsi. Emulsi tipe minyak dalam air (O/W) maupun air dalam minyak (W/O) digunakan sebagai sistem penghantar bahan aktif ke kulit, sementara penambahan gelling agent pada fase air mengubah emulsi menjadi bentuk emulgel (Yadav *et al.*, 2017). Sediaan ini terdiri dari fase minyak yang berfungsi mencegah adanya penguapan, serta fase air yang membantu menjaga kelembapan kulit, sehingga memungkinkan sediaan bertahan lebih lama di permukaan kulit (Djajadisastra *et al.*, 2014). Penelitian ini menggunakan karbopol 940 sebagai basis gel, yakni agen pembentuk gel yang umum digunakan karena sifatnya yang stabil, kompatibel dengan berbagai bahan, tidak menimbulkan toksisitas saat diaplikasikan pada kulit, serta mudah tersebar di permukaan kulit (Thomas dkk., 2023). Selain itu, karbopol 940 dikenal mampu memberikan efek mendinginkan saat digunakan, memiliki daya lekat yang baik, mudah dibersihkan dengan air, dan mendukung pelepasan zat aktif secara optimal (Megawati *et al.*, 2019). Keunggulan lain dari karbopol 940 adalah sifatnya yang hidrofilik, sehingga mudah terdispersi meski hanya digunakan dalam jumlah kecil, tetapi sudah mampu menghasilkan viskositas yang memadai untuk basis gel (Rowe *et al.*, 2009). Menurut Rowe *et al.* (2009), konsentrasi ideal karbopol 940 dalam formulasi gel berkisar antara 0,5%

hingga 2%. Secara fisik, carbopol 940 berwarna putih, memiliki tekstur menyerupai bulu halus, aroma khas, bersifat sangat asam, serta higroskopis.

Karbopol 940 yang bersifat terlalu asam membutuhkan penyesuaian pH dalam formulasi sediaan topikal agar pH akhir mendekati pH kulit normal atau netral (Rowe *et al.*, 2009). Oleh karena itu, pada formulasi emulgel ini ditambahkan *triethanolamine* sebagai agen pengalkali yang berfungsi untuk menetralkan keasaman dari karbopol 940, sehingga menghasilkan sediaan yang jernih. *Triethanolamine* merupakan cairan kental dengan warna bening hingga kuning pucat, beraroma khas menyerupai amonia, dan bersifat higroskopis. Zat ini larut dengan mudah dalam air, etanol 95%, maupun kloroform (Rowe *et al.*, 2009).

Keberhasilan suatu sediaan topikal tidak hanya ditentukan oleh kandungan bahan aktifnya, tetapi juga oleh karakteristik fisik dari sediaan yang mempengaruhi mutu, efektivitas, stabilitas, dan kenyamanan sediaan. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengoptimalkan formulasi agar menghasilkan sediaan yang stabil, aman, dan bermutu. Proses optimasi ini melibatkan penggunaan karbopol 940 sebagai agen pembentuk gel, *triethanolamine* sebagai agen penetral, dan aquadest sebagai pelarut. Optimasi formulasi dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak *Design Expert*, yaitu sebuah aplikasi statistik yang digunakan untuk mengoptimalkan respon dalam suatu proses atau produk berdasarkan beberapa variabel input (Kahfi *et al.*, 2021).

Proses formulasi suatu sediaan, diperlukan langkah optimasi untuk menentukan komposisi formula terbaik, yang didasarkan pada hasil evaluasi terhadap sediaan yang telah dibuat. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk proses optimasi tersebut adalah metode *D-Optimal*. Metode *D-Optimal mixture design* memiliki kelebihan dibandingkan metode optimasi lainnya, karena mampu secara otomatis menghasilkan jumlah formula yang sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan. Selain itu, metode ini juga mampu menggambarkan pengaruh masing-masing komponen dalam formula terhadap nilai respon. *D-Optimal mixture design* akan memberikan variasi konsentrasi dari tiap bahan dalam batas formula yang telah ditentukan, sehingga memudahkan dalam proses formulasi (Borhan *et al.*, 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi emulgel optimal yang optimal melalui proses optimasi terhadap tiga komponen utama, yaitu karbopol 940, *triethanolamine*, dan aquadest dalam pengembangan formula emulgel kombinasi astaxanthin dan ekstrak wortel. Proses optimasi didasarkan pada empat respon meliputi pH, viskositas, daya sebar, dan daya lekat. Penentuan formula optimum dilakukan

menggunakan metode *D-Optimal mixture design* melalui aplikasi *Design Expert®* versi 13.0.0.

2. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan adalah Astaxanthin, ekstrak wortel (Lab. Farmasetika Farmasi, FMIPA UNUD), aquadest, Carbopol 940, trietanolamin, propilen glikol, Tween 80, PEG 400, Gliserin, Olive Oil, Vitamin E, BHT, Opthipen, dan Fragrance. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas (Pyrex®), timbangan analitik (DAN GR-200), pH meter, viskometer Brookfield (DV-Viscometer), overhead stirrer (IKA RW 20 digital), dan sonikator (Branson 1510).

Sediaan emulgel dibuat sebanyak 100 gram pada setiap formulasi. Rancangan formula pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Formula Emulsi

Bahan	Fungsi	Jumlah (gram)
Ekstrak Wortel	Zat Aktif	0,5
Astaxanthin	Zat Aktif	0,1
Olive Oil	<i>Emollient</i>	1
Tween 80	Surfaktan	7
PEG 400	Kosurfaktan	4
Propilen Glikol	Humektan	5
Gliserin	Humektan	5
Vitamin E	Antioksidan	0,005
BHT (<i>Butylated Hydroxytoluene</i>)	Antioksidan	0,01
Optiphen	Pengawet	1
Aquadest (Emulsi)	Pelarut	19,5
Fragrance	Pewangi	0,5

Tabel 2. Rancangan formulasi Emulgel menggunakan Design Expert®

Run	Emulsi	Karbopol 1,5%	TEA	Aquadest	Propilenglikol (humektan)	Gliserin (humektan)	Total
1	33,615	36,9475	0,875	18,5625	5	5	100
2	33,615	43,385	0,5	12,5	5	5	100
3	33,615	55,885	0,5	0	5	5	100
4	33,615	54,385	2	0	5	5	100
5	33,615	30,885	0,5	25	5	5	100
6	33,615	30,885	0,5	25	5	5	100
7	33,615	55,135	1,25	0	5	5	100
8	33,615	36,9475	1,625	17,8125	5	5	100
9	33,615	54,385	2	0	5	5	100
10	33,615	55,885	0,5	0	5	5	100
11	33,615	30,885	2	23,5	5	5	100
12	33,615	30,885	1,25	24,25	5	5	100
13	33,615	30,885	2	23,5	5	5	100
14	33,615	43,385	0,5	12,5	5	5	100
15	33,615	43,01	1,25	12,125	5	5	100
16	33,615	49,4475	0,875	6,0625	5	5	100

Pembuatan emulsi astaxanthin dan ekstrak wortel dilakukan dengan menimbang astaxanthin, ekstrak wortel, vitamin E, BHT, olive oil, ophipen, dan fragrance (fase minyak). Kemudian, ditambahkan tween 80 dan PEG 400 (fase surfaktan), lalu sonikasi selama 1 jam. Setelah itu, diaduk menggunakan *overhead stirrer* selama 5 menit pada kecepatan 1000 rpm. Fase surfaktan ditambahkan ke dalam aquadest tetes demi tetes sambil diaduk dengan kecepatan 1000 rpm selama 5 menit hingga homogen. Pembuatan basis gel dilakukan dengan dibuat karbopol 940 1,5% sebanyak 100 gram, lalu didispersikan ke dalam akuades yang telah dipanaskan pada suhu 80-90°C hingga membentuk dispersi yang homogen. Selanjutnya, campurkan karbopol 940 1,5% dengan TEA dan aquadest sesuai dengan masing-masing run, lalu ditambahkan propilen glikol dan gliserin sambil diaduk dengan *overhead stirrer* pada kecepatan 1000 rpm hingga homogen. Selanjutnya, dilakukan pencampuran basis gel dan emulsi dengan menambahkan emulsi astaxanthin dan ekstrak wortel sedikit demi sedikit ke dalam campuran basis gel selama 5 menit pada kecepatan 1000 rpm sampai homogen.

Sebanyak 16 run formulasi diuji untuk mengevaluasi sifat fisik dan menentukan formula yang paling optimal. Pengujian meliputi pengamatan organoleptik serta pengukuran pH, viskositas, daya sebar, dan daya lekat. Uji organoleptik dilakukan dengan mengamati konsistensi, warna, dan aroma sediaan. Pemeriksaan terhadap konsistensi dan warna dilakukan melalui pengamatan visual, sedangkan bau dinilai secara langsung

menggunakan indera penciuman (Ratnapuri dkk., 2019). Derajat keasaman atau pH sediaan ditentukan dengan menggunakan pH meter setelah dilakukan proses kalibrasi elektroda menggunakan larutan buffer pH 4, 7, dan 10. Kalibrasi dianggap selesai apabila tampilan angka pada layar pH meter sesuai dengan nilai larutan buffer dan menunjukkan kestabilan. Sebanyak 1 gram sediaan kemudian diencerkan menggunakan 10 mL aquadest, lalu elektroda dicelupkan ke dalam larutan tersebut. Nilai pH yang diukur akan muncul secara otomatis pada layar alat (Zulfa *et al.*, 2019).

Pengujian viskositas dilakukan dengan menggunakan viskometer brookfield tipe DV-E. Sediaan emulgel dimasukkan dalam wadah pengujian, viskometer diatur pada spindel nomor 6 pada kecepatan 60 rpm. Spindel dipasang pada viskometer dengan memutarnya berlawanan arah jarum jam hingga terkunci. Selanjutnya, spindel diturunkan secara vertikal ke dalam sediaan dengan hati-hati agar tidak menyentuh dasar wadah. Setelah tombol pada layar ditekan, spindel akan mulai berputar hingga mencapai kestabilan, kemudian nilai viskositas emulgel akan ditampilkan di layar (Widitasari *et al.*, 2023). Uji daya sebar dilakukan dengan menimbang 0,5 gram emulgel, lalu ditempatkan di atas kaca transparan yang telah dialasi kertas grafik. Selanjutnya, kaca lainnya diletakkan di atasnya dan dibiarkan selama satu menit., lalu beban seberat 50 gram ditambahkan, diikuti oleh beban 100 gram dan 150 gram. Masing-masing beban dibiarkan selama satu menit sebelum dilakukan pengukuran diameter sebaran emulgel (Ratnapuri *et al.*, 2019). Uji daya lekat dilakukan dengan menempatkan 0,5 gram sediaan emulgel di atas kaca objek, lalu ditutup menggunakan kaca objek kedua. Setelah itu, sampel diberi tekanan dengan beban seberat 1 kg selama lima menit. Kaca objek kemudian dipasang pada alat uji dan beban sebesar 80 gram dilepaskan, lalu waktu yang dibutuhkan hingga kedua kaca terlepas dicatat (Ratnapuri *et al.*, 2019). Emulgel dikatakan memenuhi syarat jika waktu lekatnya melebihi 1 detik (Widitasari *et al.*, 2023).

Optimalisasi dalam pemilihan formula terbaik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Design Expert* versi 13.0.0 menggunakan metode *Mixture D-Optimal*. Variabel bebas yang digunakan dalam proses ini mencakup Karbopol 940 dengan rentang 30,885 hingga 55,885 gram, triethanolamin antara 0,5 hingga 2 gram, serta aquadest sebanyak 0 hingga 25 gram. Kemudian, parameter respons berupa pH, viskositas, daya sebar, dan daya lekat juga diinputkan sebagai variabel terikat untuk membentuk model prediksi dalam menentukan formula emulgel yang paling optimal. Data hasil pengujian sifat fisik dianalisis secara statistik menggunakan analisis variansi (ANOVA) yang terintegrasi di dalam *software Design Expert* dengan pendekatan model matematika untuk mengevaluasi dan

menentukan model yang paling sesuai berdasarkan nilai F, nilai probabilitas (*p-value*), koefisien determinasi (R^2), serta kecocokan model (*lack of fit*). Metode *Mixture D-Optimal* memproses seluruh variabel terikat berdasarkan kriteria yang telah ditentukan dan menghasilkan beberapa formula optimal yang dapat dipilih berdasarkan nilai *desirability*, yakni nilai yang menggambarkan korelasi antara data pengamatan dan prediksi model (Assalam dkk., 2022; Wijaya *et al.*, 2022). Nilai *desirability* yang mendekati angka 1 merupakan nilai yang diinginkan, di mana titik optimum yang ideal ditandai dengan nilai yang tinggi atau mendekati 1 (Hidayat dkk., 2021).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Hasil respon dari uji sifat fisik 16 formula emulgel

Run	Komponen 1 A: Karbopol 1,5% (gram)	Komponen 2 B: TEA (gram)	Komponen 3 C: Aquadest (gram)	Respon 1 pH	Respon 2 Viskositas (cPs)	Respon 3 Daya Sebar (cm)	Respon 4 Daya Lekat (detik)
1	36,9475	0,875	18,5625	6.59	15000	5.975	1.4
2	43,385	0,5	12,5	5.76	26560	4.12	1.8
3	55,885	0,5	0	5.37	26880	4.1	1.99
4	54,385	2	0	7.89	36560	3.5	2.66
5	30,885	0,5	25	6.47	7080	6.025	1.285
6	30,885	0,5	25	6.56	8320	6.375	1.21
7	55,135	1,25	0	7	30460	3.175	2.25
8	36,9475	1,625	17,8125	7.92	25360	4.13	1.72
9	54,385	2	0	7.68	39440	3	2.05
10	55,885	0,5	0	5.46	22980	4.6	1.65
11	30,885	2	23,5	8.25	22970	4.8	1.68
12	30,885	1,25	24,25	7.67	16000	5.325	1.42
13	30,885	2	23,5	8.2	25740	4.1	1.75
14	43,385	0,5	12,5	5.75	28280	4.7	2.04
15	43,01	1,25	12,125	7.39	32600	3.025	2.46
16	49,4475	0,875	6,0625	6.54	30560	3.175	2.36

Organoleptis

Pengamatan uji organoleptis dilakukan dengan mengamati langsung konsistensi, warna, dan bau dari sediaan emulgel yang dihasilkan dari masing masing formula (Kemenkes RI, 2014). Hasil pengujian organoleptis dari ke-16 formulasi emulgel memiliki warna merah bata yang diperoleh dari campuran warna astaxanthin dan ekstrak wortel, bau

khas lavender dari hasil penggunaan *fragrance*, dan sediaan emulgel mempunyai konsistensi kental yang diperoleh dari penggunaan *gelling agent*.

pH

Pengujian pH berfungsi untuk mengetahui nilai pH emulgel yang dihasilkan agar optimal saat penggunaan pada kulit. Pengukuran pH sediaan emulgel dilakukan dengan menggunakan pH meter. Sediaan emulgel dengan pH yang baik adalah memiliki pH yang hampir sama atau mendekati pH kulit, yaitu berkisar antara 4,5-6,5. Adapun tujuannya adalah agar tidak menimbulkan iritasi saat penggunaan emulgel pada kulit. Hasil pengujian pH diketahui bahwa hanya pada Run 2, 3, 5, 10, dan 14 yang memenuhi syarat pH untuk aplikasi topikal.

Karbopol merupakan polimer asam poliakrilik yang bersifat asam lemah dengan pKa sekitar 5,5 (Gupta *and* Vyas, 2010). Dispersi karbopol dalam air memiliki pH 2,8-3,3, dan semakin tinggi konsentrasi polimer, maka semakin rendah pH yang dihasilkan karena peningkatan gugus karboksil (-COOH). Oleh karena itu, run dengan konsentrasi karbopol tinggi cenderung memiliki pH yang lebih rendah (Amelia *and* Noval, 2021). TEA berfungsi sebagai pengatur pH dan modifier viskositas dalam formulasi gel. Penambahan TEA secara bertahap meningkatkan pH formulasi melalui netralisasi gugus asam pada karbopol.

Berdasarkan hasil uji pH, diperoleh bahwa run dengan konsentrasi TEA 0,5% menghasilkan pH 5,37-6,47 (dalam rentang syarat), run dengan TEA 1,25% menghasilkan pH 7,0-7,67 (di atas rentang syarat), dan run dengan TEA berkonsentrasi 1,625-2,0% menghasilkan pH 7,68-8,25 (terlalu basa). Karbopol mengalami transisi sol-gel ketika pH dinaikkan di atas pKa-nya (Gupta *and* Vyas, 2010). Proses netralisasi oleh TEA mengubah gugus karboksil (-COOH) menjadi karboksilat (-COO⁻), yang meningkatkan pH formulasi. Konsentrasi TEA sebesar 0,5% pada run 2, 3, 5, 10, dan 14 menghasilkan pH yang berada pada rentang pH kulit. Sediaan emulgel harus memiliki pH yang netral, karena pH yang terlalu asam (di bawah pH alami kulit) dapat menimbulkan rasa gatal dan iritasi, sedangkan pH yang terlalu basa (melebihi rentang pH kulit) berisiko menyebabkan kulit bersisik serta dapat memengaruhi tingkat elastisitas kulit (Sawiji dkk., 2023).

Pengujian respon data pH sediaan emulgel menghasilkan grafik uji pH sediaan berbentuk *quadratic*. Permodelan yang digunakan menunjukkan hasil signifikan, yang dapat dilihat dari nilai p-value sebesar $< 0,0001$ (kurang dari 0,05). Nilai tersebut menjelaskan bahwa model persamaan yang digunakan memiliki tingkat kepercayaan lebih dari 95% dengan model aktual. Hal tersebut didukung dengan nilai pergeseran prediksi

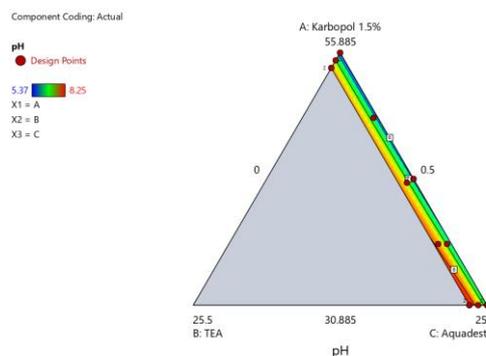
model yang tidak signifikan yaitu 0,0656 (lebih dari 0,05) yang mengindikasikan nilai relatif terhadap kesalahan murni. Nilai regresi (R^2) dari model yang digunakan menunjukkan nilai yang mendekati 1 yakni 0,9884. Nilai *adjusted* R^2 sebesar 0,9826 dan nilai *predicted* R^2 sebesar 0,9755, maka dapat dikatakan bahwa model yang digunakan telah linear dengan perbedaan nilai *adjusted* R^2 dan *predicted* R^2 yang kurang dari 0,2. Nilai *Adeq Precision* yang dihasilkan adalah 35,2927. *Adeq precision* diperlukan untuk mengukur tingkat noise dari suatu percobaan, dan nilai *adeq precision* yang diharapkan adalah lebih dari 4.

Persamaan koefisien yang diperoleh yakni A(+5,42), sedangkan B(-377,64), dan C(+6,44). Berdasarkan analisis koefisien persamaan yang diperoleh, komponen yang paling dominan mempengaruhi nilai pH sediaan emulgel adalah *Triethanolamine* (TEA) dengan koefisien estimasi sebesar -377,64. TEA berperan sebagai agen alkalizer yang menetralkan karbopol 940 sehingga pH sediaan tidak terlalu asam dan tidak mengiritasi kulit. Karbopol 940 dalam bentuk terdispersi memiliki pH yang sangat rendah (2,8-3,3), sehingga memerlukan agen penetral untuk mencapai pH yang sesuai dengan kulit. Koefisien interaksi AB (Karbopol-TEA) sebesar 449,90 menunjukkan sinergisme yang kuat antara kedua komponen ini. TEA tidak hanya mengatur pH tetapi juga berfungsi sebagai emulgator fase air yang dapat meningkatkan ketahanan sistem emulsi dan menghasilkan emulsi yang homogen dan stabil (Anggraeni *et al.*, 2025). Hasil perhitungan *D-Optimal mixture design* untuk pengujian pH ditampilkan pada tabel 4. Analisis hubungan antara Karbopol 940, TEA, dan Aquadest dengan nilai pH sediaan emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel dijabarkan dalam bentuk grafik tiga dimensi yang ditampilkan pada gambar 1.

Tabel 4. Hasil Perhitungan *D-Optimal mixture design* Uji pH Sediaan Emulgel Astaxanthin dan Ekstrak Wortel

pH	*A	*B	*C	*AB	*AC	*BC
	+5,42	-377,64	+6,44	+449,90	-0,5558	+440,30

Keterangan: A = *Carbopol* 940; B = TEA; C = Aquadest; AB = Interaksi *Carbopol* 940 dan TEA; AC = Interaksi *Carbopol* 940 dan Aquadest; BC = Interaksi TEA dan Aquadest.



Gambar 1. Grafik Countour Hasil Uji pH

Viskositas

Uji viskositas dilakukan dengan tujuan mengetahui tingkat kekentalan dari suatu sediaan emulgel. Viskositas menggambarkan ketahanan dari suatu zat untuk terdistribusi. Uji viskositas bertujuan untuk mengetahui konsistensi sediaan, yang berpengaruh pada penggunaan secara topikal. Semakin tinggi nilai viskositas, maka semakin susah sediaan dioleskan pada kulit (Sawiji dkk., 2023). Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa formulasi run 9 menghasilkan viskositas tertinggi, yaitu sebesar 39.440 cPs dan formulasi pada run 5 menghasilkan viskositas terendah, yakni 7.080 cPs. Berdasarkan SNI 16-4399-1996, nilai standar viskositas untuk sediaan emulgel adalah 6000-50000 cPs. Hasil pengujian viskositas pada seluruh formula run, menghasilkan nilai yang termasuk dalam standar.

Variasi yang luas ini mengindikasikan bahwa komposisi komponen sangat berpengaruh terhadap sifat reologi formulasi. Karbopol akan mengalami pembentukan ikatan hidrogen dan terdispersi saat dicampurkan ke dalam air. Untuk mencegah seluruh karbopol larut sempurna dalam air, dibutuhkan zat penetralsasi guna membentuk struktur gel. Salah satu agen penetral yang umum digunakan adalah TEA. TEA berperan dalam mengionisasi karbopol sehingga menghasilkan muatan negatif sepanjang rantai utama polimer, yang memicu tolakan elektrostatis. Tolakan ini menyebabkan terbentuknya struktur tiga dimensi yang memanjang dan menghasilkan massa gel yang padat. Jumlah karbopol yang digunakan akan memengaruhi viskositas sediaan gel, yakni semakin besar konsentrasi karbopol yang ditambahkan, maka viskositas gel yang dihasilkan pun akan semakin tinggi (Tsabitah dkk., 2020). Formulasi pada run 9 memiliki komposisi karbopol 1,5% tinggi, yakni sebesar 54.385 gram, TEA maksimal sebanyak 2 gram, dan tanpa penambahan aquadest, sehingga dapat menghasilkan viskositas tertinggi. Sebaliknya,

formulasi dengan viskositas terendah, yakni run 5 memiliki karbopol 1,5% rendah, yakni 30.885 gram, TEA minimal sebesar 0.5 gram, dan aquadest tinggi dengan jumlah 25 gram.

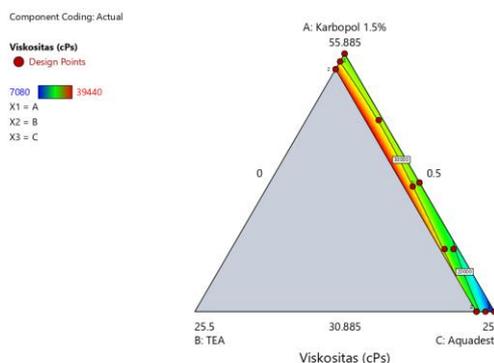
Data respon viskositas menghasilkan grafik uji viskositas emulgel ekstrak astaxanthin dan ekstrak wortel berbentuk *quadratic* dan menunjukkan hasil signifikan yang dapat dilihat dari nilai p-value sebesar $< 0,0001$. Hal tersebut didukung dengan nilai ketidaksesuaian model (*lack of fit*) yang tidak signifikan, yaitu sebesar 0,095. Nilai regresi (R^2) dari model yang digunakan menunjukkan nilai, yaitu 0,9360. Nilai *adjusted* R^2 sebesar 0,9040 dan nilai *predicted* R^2 sebesar 0,8627, maka dapat dikatakan bahwa model yang digunakan telah linear dengan perbedaan nilai *adjusted* R^2 dan *predicted* R^2 yang kurang dari 0,2.

Persamaan koefisien yang diperoleh yakni $A(+25.877,50)$, sedangkan $B(+2.676 \times 10^6)$ dan $C(+7.614,40)$. Hal ini menunjukkan bahwa komponen yang paling dominan memengaruhi nilai viskositas sediaan emulgel adalah TEA, dengan nilai koefisien tertinggi yaitu 2.676×10^6 . TEA berfungsi menetralkan gugus karboksilat pada rantai polimer karbopol, sehingga muatan negatif sepanjang rantai saling tolak menolak dan rantai terbuka membentuk struktur gel. Proses netralisasi ini yang menyebabkan peningkatan viskositas secara eksponensial dibandingkan hanya penambahan karbopol saja. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Iceri *et al.* (2022), menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi TEA (dalam kisaran 500–700 ppm) berbanding lurus dengan bertambahnya tegangan luluh (*yield stress*) pada sistem karbopol, yang juga mencerminkan kenaikan viskositas pada rentang konsentrasi tersebut. Hasil perhitungan *D-Optimal mixture design* untuk pengujian viskositas ditampilkan pada tabel 5. Analisis hubungan antara Karbopol 940, TEA, dan Aquadest dengan nilai viskositas sediaan emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel dijabarkan dalam bentuk grafik tiga dimensi yang ditampilkan pada gambar 2.

Tabel 5. Hasil Perhitungan *D-Optimal mixture design* Uji Viskositas Sediaan Emulgel Astaxanthin dan Ekstrak Wortel

	*A	*B	*C	*AB	*AC	*BC
Viskositas	+25.877,50	$+2.676 \times 10^6$	+7.614,40	-2.601×10^6	36.435	-2.549×10^6

Keterangan: A = *Carbopol* 940; B = TEA; C = Aquadest; AB = Interaksi *Carbopol* 940 dan TEA; AC = Interaksi *Carbopol* 940 dan Aquadest; BC = Interaksi TEA dan Aquadest.



Gambar 2. Grafik Countour Hasil Uji Viskositas

Daya Sebar

Daya sebar adalah kemampuan suatu sediaan untuk menyebar di permukaan kulit. Pengujian terhadap daya sebar ini penting dilakukan karena berhubungan langsung dengan kemudahan pengguna saat mengoleskan sediaan tersebut (Ratnapuri dkk., 2019). Berdasarkan hasil pengujian daya sebar formulasi emulgel, menunjukkan hasil yang sebagian besar tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan. Dari 16 formula yang diuji, hanya 4 formula yang memenuhi persyaratan daya sebar yang baik, yaitu 5-7 cm, sementara 12 formula memiliki daya sebar di bawah syarat minimum. Formula dengan daya sebar terbesar adalah Run 6 (6,375 cm), sedangkan yang terkecil adalah Run 9 (3,0 cm). Formulasi yang memenuhi standar daya sebar meliputi Run 1 (5,975 cm), Run 5 (6,025 cm), Run 6 (6,375 cm), dan Run 12 (5,325 cm). Nilai daya sebar yang tinggi, pada run 5 dan 6 menunjukkan bahwa sediaan memiliki konsistensi yang lebih cair atau rendah viskositas karena memiliki komposisi aquadest sebesar 25%, sedangkan nilai daya sebar yang rendah pada run 9 menunjukkan sediaan lebih kental atau memiliki viskositas tinggi karena pada formulasi tidak ditambahkan aquadest. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan negatif antara viskositas dan daya sebar, yaitu semakin tinggi viskositas maka daya sebar cenderung menurun, dan sebaliknya (Sadeli, 2016). Selain itu, hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan kandungan air dalam formulasi meningkatkan kemampuan daya sebar. Aquadest berperan sebagai fase pendispersi yang menurunkan konsistensi gel dan memfasilitasi aliran sediaan.

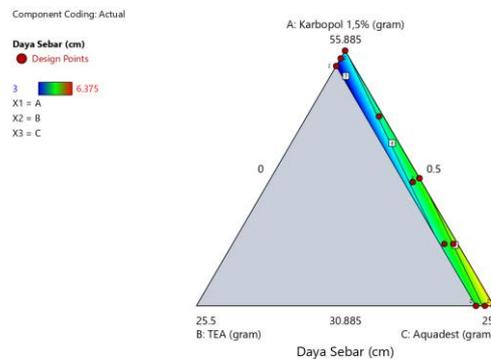
Data respon daya sebar menghasilkan grafik uji daya sebar emulgel ekstrak astaxanthin dan ekstrak wortel berbentuk linear dan menunjukkan hasil signifikan yang dapat dilihat dari nilai p-value sebesar 0,0005. Hal tersebut didukung dengan nilai ketidaksesuaian model (*lack of fit*) yang tidak signifikan, yaitu sebesar 0,0635. Nilai regresi

(R^2) dari model yang digunakan menunjukkan nilai, yaitu 0,6879. Nilai *adjusted* R^2 sebesar 0,6399 dan nilai *predicted* R^2 sebesar 0,5642 dengan perbedaan nilai *adjusted* R^2 dan *predicted* R^2 yang kurang dari 0,2. Hal ini dapat dikatakan bahwa model yang digunakan model mempunyai keseimbangan baik antara kemampuan fitting dan prediksi sehingga layak digunakan untuk estimasi dan optimasi. Persamaan koefisien yang diperoleh yakni A(+3,93), sedangkan B(-15,60), dan C(+ 5,81). Hal ini menunjukkan bahwa komponen yang paling dominan memengaruhi nilai daya sebar adalah TEA yang memiliki nilai koefisien paling besar secara absolut dan negatif menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi TEA secara signifikan akan memperkuat struktur gel dan menurunkan daya sebar sediaan. Hasil perhitungan *D-Optimal mixture design* untuk pengujian viskositas ditampilkan pada tabel 6. Analisis hubungan antara Karbopol 940, TEA, dan Aquadest dengan nilai viskositas sediaan emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel dijabarkan dalam bentuk grafik tiga dimensi yang ditampilkan pada gambar 3.

Tabel 6. Hasil Perhitungan *D-Optimal mixture design* Uji Daya Sebar Sediaan Emulgel Astaxanthin dan Ekstrak Wortel

Daya Sebar	*A	*B	*C
	+3,93	-15,60	+ 5,81

Keterangan: A = *Carbopol* 940; B = TEA; C = Aquadest



Gambar 3. Grafik Countour Hasil Uji Daya Sebar

Daya Lekat

Pengujian daya lekat bertujuan untuk mengetahui kemampuan sediaan gel yang dihasilkan untuk melekat pada kulit. Hasil data pengujian daya lekat dari 16 formulasi emulgel, menunjukkan hasil yang bervariasi dengan rentang 1,21-2,66 detik. Semua formulasi memenuhi standar minimum daya lekat untuk sediaan topikal, yakni lebih dari 1 detik (Widitasari *et al.*, 2023). Berdasarkan hasil respon pada tabel X, formulasi dengan viskositas tinggi, seperti pada Run 4 dan Run 15 cenderung memiliki daya lekat yang

tinggi, sedangkan Formulasi dengan viskositas rendah, seperti Run 5 dan Run 6 memiliki daya lekat yang rendah. Hal ini menunjukkan hubungan positif antara viskositas dan daya lekat, sehingga semakin tinggi konsentrasi *gelling agent* yang digunakan, maka kekentalan suatu sediaan juga meningkat yang menyebabkan daya lekat sediaan meningkat (Widitasari dkk., 2023).

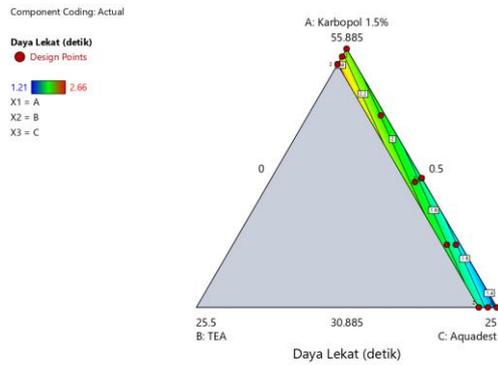
Pengujian respon data daya lekat sediaan emulgel menghasilkan grafik uji daya lekat sediaan emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel berbentuk linear. Permodelan yang digunakan menunjukkan hasil signifikan, yang dapat dilihat dari nilai p-value sebesar 0,0020 (kurang dari 0,05). Nilai tersebut menjelaskan bahwa model persamaan yang digunakan dapat menggambarkan kondisi aktual hasil pengukuran daya lekat. Hal tersebut didukung dengan nilai ketidaksesuaian model (*lack of fit*) yang tidak signifikan, yaitu sebesar 0,2782 (lebih dari 0,05). Nilai regresi (R^2) dari model yang digunakan menunjukkan nilai, yaitu 0,6167. Nilai *adjusted R²* sebesar 0,5577 dan nilai *predicted R²* sebesar 0,4417 dengan perbedaan nilai *adjusted R²* dan *predicted R²* yang kurang dari 0,2.

Persamaan yang dihasilkan dari permodelan ini, yaitu koefisien A(+2,08), koefisien B(+7,84), dan koefisien C(+1,34). Hal ini menandakan bahwa TEA merupakan komponen paling dominan yang mempengaruhi nilai daya lekat emulgel, dengan koefisien tertinggi sebesar 7,84. TEA berfungsi sebagai agen penetral yang mengionisasi gugus karboksilat pada karbopol dan membentuk muatan negatif pada rantai polimer, sehingga terjadi tolakan elektrostatik antar rantai. Proses ini memperluas struktur gel secara tiga dimensi dan menghasilkan massa gel yang lebih padat dan melekat kuat, meningkatkan daya lekat sediaan (Rahayu dkk., 2016). Hasil perhitungan *D-Optimal mixture design* untuk pengujian daya lekat ditampilkan pada tabel 7. Analisis hubungan antara Karbopol 940, TEA, dan Aquadest dengan nilai daya lekat sediaan emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel dijabarkan dalam bentuk grafik tiga dimensi yang ditampilkan pada gambar 8.

Tabel 7. Hasil Perhitungan *D-Optimal mixture design* Uji Daya Lekat Sediaan Emulgel Astaxanthin dan Ekstrak Wortel

pH	*A	*B	*C
	+2,08	+7,84	+1,34

Keterangan: A = *Carbopol* 940; B = TEA; C = Aquadest



Gambar 8. Grafik Countour Hasil Uji Daya Lekat

Penentuan Formula Optimum

Tabel 8. Kriteria Penetapan Target Tujuan Emulgel Astaxanthin dan Ekstrak Wortel

Name	Goal	Lower Limit	Upper Limit	Lower Weight	Upper Weight	Importance
Karbopol 940 1,5%	<i>is in range</i>	30,885	55,885	1	1	3
TEA	<i>is in range</i>	0,5	2	1	1	3
Aquadest	<i>is in range</i>	0	25	1	1	3
pH	<i>is in range</i>	5,37	6,5	1	1	3
Viskositas	<i>is in range</i>	7080	39440	1	1	3
Daya Sebar	<i>is in range</i>	5	6,375	1	1	3
Daya Lekat	<i>is in range</i>	1,21	2,66	1	1	3

Tabel 9. Hasil formula optimal dan nilai prediksi

Karbopol 940 1,5%	TEA	Aquadest	pH	Viskositas	Daya Sebar	Daya Lekat	Desirability
40,697	0,5	15,188	5,906	23470,578	5,075	1,634	1

Penentuan formula optimum dilakukan pada tiga komponen, yaitu karbopol 940 1,5%, TEA, dan aquadest yang ditentukan berdasarkan 4 respon, yakni pH, viskositas, daya sebar, dan daya lekat. Formula optimum emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel ditentukan dengan menganalisis data pengujian dengan metode *D-Optimal Mixture* menggunakan perangkat lunak Design Expert 13.0.0. Proses optimasi formula dilakukan untuk mendapatkan respon yang paling optimal dengan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya seperti pada tabel 8. Pada komponen karbopol 940 1,5%, TEA, dan aquadest dipilih target “*is in range*” karena sesuai dengan batas bawah dan atas yang sudah ditentukan. Target respon pH, viskositas, daya sebar, dan daya lekat dipilih juga di dalam rentang karena respon tersebut disesuaikan pada persyaratan sifat fisik sediaan emulgel.

Analisis dilakukan berdasarkan kriteria di atas, sehingga diperoleh formula optimal dengan prediksi respons yang telah diprediksi. Hasil formula optimal dan prediksi dapat dilihat pada Tabel 9. Formula optimal memiliki komposisi 40,697 gram karbopol 940 1,5%, 0,5 gram TEA, dan 15,188 gram aquadest dengan nilai *desirability* yang diperoleh adalah 1. Nilai *desirability* merupakan nilai target optimasi yang akan dicapai, di mana semakin nilai mendekati 1, maka semakin tinggi kesesuaian terhadap kriteria–kriteria yang ditetapkan (Hidayat dkk., 2021). Formula optimum digunakan untuk membuat sediaan emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel, setelah itu dievaluasi fisik dan hasilnya dibandingkan dengan nilai prediksi masing-masing respon.

Karakterisasi Formula Optimal



Gambar 5. Formulasi Optimum Sediaan Emulgel Astaxanthin dan Ekstrak Wortel

Formula optimal yang dihasilkan dibuat sebanyak 3 (F1= formula optimum replikasi pertama, F2= replikasi kedua, R3= replikasi ketiga) dan akan dilakukan verifikasi formula optimal terhadap hasil prediksi yang telah ditetapkan oleh *Design Expert* dengan membandingkan dengan hasil observasi selama percobaan.

Tabel 10. Verifikasi Formula Optimal

Respon yang diamati	Hasil Prediksi Rata-rata	95% PI Low	Hasil observasi Rata-rata ± SD	95% PI High
pH	5,906	5,67012	5,78333 ± 0,0249	6,14212
Viskositas (cPs)	23470,578	18306,1	24856,7 ± 2829,61	28635
Daya Sebar (cm)	5,075	4,09877	5,11333 ± 0,4216	6,05216
Daya Lekat (detik)	1,634	1,21204	1,87333 ± 0,1641	2,05575

Prediction Interval (PI) adalah rentang nilai yang diperkirakan akan mencakup nilai aktual (observasi baru) dari suatu respon dengan tingkat keyakinan tertentu, biasanya 95%, di mana 95% PI Low merupakan batas bawah prediksi pada tingkat kepercayaan 95%, sedangkan 95% PI High adalah batas atas prediksi pada tingkat kepercayaan 95%. Hal ini menunjukkan bahwa jika pengujian diulang, maka 95 dari 100 kali hasil observasi aktual akan jatuh dalam rentang PI low hingga PI high. Hal ini penting untuk menilai reliabilitas dan kestabilan model prediksi, serta menentukan apakah formulasi konsisten dalam hasil eksperimen berulang. Berdasarkan data yang dapat dilihat pada tabel 10, nilai hasil observasi berada dalam rentang 95% PI pada semua parameter respon, yaitu pH, viskositas, daya sebar, daya lekat. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengujian aktual mendekati hasil prediksi.

Tabel 11. Hasil Uji Karakteristik Fisik Formula Optimum

Jenis uji	Hasil uji			Rata-Rata
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	
Organoleptik	Kental, warna merah bata, bau khas	Kental, warna merah bata, bau khas	Kental, warna merah bata, bau khas	
pH	5,79	5,75	5,81	5,78333 ± 0,0249
Viskositas (cPs)	25600	21060	27850	24856,7 ± 2829,61
Daya Sebar (cm)	5,02	5,67	4,65	5,11333 ± 0,4216
Daya Lekat (detik)	1,93	1,65	2,04	1,87333 ± 0,1641

Hasil pengujian organoleptis pada ketiga formulasi optimum adalah sediaan emulgel memiliki warna merah bata yang berasal dari campuran warna astaxanthin dan ekstrak wortel, bau khas lavender dari hasil penggunaan *fragrance*, dan sediaan emulgel mempunyai konsistensi yang kental. Berdasarkan 3 kali replikasi, diketahui organoleptis dari ketiga replikasi tidak menunjukkan perbedaan wujud sediaan nanoemulsi.

Hasil uji pH formulasi optimum pada ketiga replikasi dapat dilihat pada tabel 11. Hasil uji pH menunjukkan formula optimum memiliki pH yang sesuai dengan rentang persyaratan pH sediaan topikal, yaitu 4,5-6,5 (Zulfa dkk., 2019). pH sediaan topikal harus sesuai dengan rentang pH kulit, yakni 4,5-6,5 agar tidak menyebabkan iritasi pada saat pengaplikasian sediaan pada kulit. Pengujian viskositas dilakukan dengan menggunakan viskometer Brookfield tipe DV-E. Hasil pengukuran viskositas formula optimum emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel dapat dilihat pada tabel 11. Hasil uji viskositas menunjukan

formula optimum menghasilkan viskositas yang memenuhi persyaratan untuk sediaan emulgel, yaitu 6000-50000 cPs.

Uji daya sebar dilakukan untuk mengukur diameter penyebaran sediaan emulgel, yang menunjukkan sejauh mana sediaan dapat tersebar di permukaan kulit (Liandhajani *et al.*, 2022). Semakin besar daya sebar suatu sediaan, semakin luas kemampuan zat aktif untuk tersebar di permukaan kulit, sehingga kontak dengan area kulit dapat semakin luas (Liandhajani *et al.*, 2022). Hasil pengujian daya sebar formula optimum emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel dapat dilihat pada tabel 11. Hasil ini telah sesuai dengan daya sebar sediaan emulgel yang baik, yaitu antara 5-7 cm (Aryantini *et al.*, 2020). Pengujian daya lekat bertujuan untuk mengetahui kemampuan sediaan emulgel melekat dan melapisi permukaan kulit agar dapat berfungsi secara optimal. Hasil pengujian daya lekat formula optimum emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel dapat dilihat pada tabel 11. Hasil pengujian daya lekat menunjukkan bahwa formula optimum emulgel memenuhi persyaratan daya lekat sediaan topikal, yaitu lebih dari 1 detik (Widitasari *et al.*, 2023). Menurut penelitian Saryanti dkk. (2019) Daya lekat sediaan berbanding lurus dengan viskositas, di mana peningkatan daya lekat pada setiap formulasi sediaan emulgel dipengaruhi oleh viskositas emulgel yang meningkat (Saryanti dkk., 2019).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa optimasi jumlah karbopol 940 1,5%, TEA, dan aquadest berpengaruh terhadap sifat fisik sediaan emulgel astaxanthin dan ekstrak wortel. Berdasarkan hasil prediksi dari program Design Expert, formula optimum yang diperoleh terdiri atas 40,697 gram Karbopol 940 1,5%, 0,5 gram TEA, dan 15,188 gram aquadest. Di antara ketiga komponen tersebut, TEA memiliki kontribusi terbesar dalam menentukan sifat fisik sediaan emulgel kombinasi astaxanthin dan ekstrak wortel.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, sehingga proses penelitian dapat berlangsung lancar hingga selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A., Hidayati, N., & Susanti, P. (2019). Penetapan kadar β -karoten pada wortel (*Daucus carota* L.) mentah dan wortel rebus dengan spektrofotometri visibel. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 5(1), 6–10.
- Ambari, Y., Nurrosyidah, I. H., & Hardianti, D. M. (2022). Studi formulasi body scrub ekstrak etanol kelopak bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dan madu. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Rustida*, 9(1), 26–36.
- Ambati, R. R., Phang, S.-M., Ravi, S., & Aswathanarayana, R. G. (2014). Astaxanthin: Sources, extraction, stability, biological activities and its commercial applications—A review. *Marine Drugs*, 12(1), 128–152.
- Amelia, N. A., & Noval, N. (2021). The effect of variations in carbopol 940 concentration on the stability of the formulation of spray gel nanoparticles of bundung plant extract (*Actinoscirpus grossus*). In *International Conference on Health and Science* (Vol. 1, No. 1, pp. 573–584).
- Andarina, R., & Djauhari, T. (2017). Antioksidan dalam dermatologi. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*, 4(1), 39–48.
- Anggraeni, W., Al-Hakim, N. A., & Maharani, N. I. (2025). Evaluation of sunflower seed oil emulgel with carbopol 940: Physical properties and moisturizing effectiveness. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 5(1), 12–26.
- Borhan, F. P., Gani, S. S. A., & Shamsuddin, R. (2014). The use of D-optimal mixture design in optimising okara soap formulation for stratum corneum application. *Hindawi*, 2014, 1–8.
- Djajadisastra, J., Dzuhro, Z. S., & Sutriyo. (2014). Pengaruh natrium hialuronat terhadap penetrasi kafein sebagai antiselulit dalam sediaan hidrogel, hidroalkoholik gel, dan emulsi gel. *Pharm Sci Res.*, 1, 46–63.
- Ekpe, L., Inaku, K. O., & Ekpe, V. (2018). Antioxidant effects of astaxanthin in various diseases—A review. *Journal of Molecular Pathophysiology*, 7(1), 1–6.
- Franyoto, Y. D., Mutmainnah, & Kusmita, L. (2019). Uji aktivitas antioksidan dan formulasi sediaan krim ekstrak kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 4(1), 45–49.
- Gupta, S., & Vyas, S. P. (2010). Carbopol/chitosan based pH triggered in situ gelling system for ocular delivery of timolol maleate. *Scientia Pharmaceutica*, 78(4), 959.
- Hidayat, I. R., Zuhrotun, A., & Sopyan, I. (2021). Design-Expert software sebagai alat optimasi formulasi sediaan farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(1), 99–120.
- Iceri, D. M., Biazussi, J. L., van der Geest, C., Thompson, R. L., & de Castro, M. S. (2022). Analysis of Carbopol and Triethanolamine Concentration in The Viscoplastic Properties of Aqueous Solution. *Proceedings of the 9th International Conference on Heat Transfer and Fluid Flow (HTFF'22)*.

- Jamuna, J. (2023). Properties of carrot, extraction methods and its impact on skin: A narrative review. *International Journal of Early Childhood Special Education (INT-JECSE)*, 15(2), 523–525.
- Kahfi, M. A., Sutisna, A. N., Ainia, H., & Cecep, A. R. (2021). Using Design Expert D-Optimal for Formula Optimization of Functional Drink That Enriched with Moringa Leaf Extract (*Moringa oleifera*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 75(1), 1–10.
- Kemendes RI. (2014). *Farmakope Indonesia* (Edisi V). Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Makmur, V. H. (2023). Potensi kombinasi bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) dan bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) sebagai toner wajah antioksidan. *Journal Scientific of Mandalika (JSM)*, 4(1), 361–367.
- Megawati, Roosevelt, A., & Akhir, L. O. (2019). Formulasi dan uji stabilitas fisik sediaan gel ekstrak kulit buah rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) sebagai obat sariawan menggunakan variasi konsentrasi basis Carbopol. *Jurnal Farmasi Sandi Karsa*, 5(1), 5–10.
- Meriska, Y., Ansokowati, A. P., Fauzia, F. R., & Gz, S. (2022). Kadar beta karoten pada tepung wortel (*Daucus carota* L.) dengan perlakuan perbedaan suhu dan lama pengeringan (Disertasi, UNISA Yogyakarta).
- Nursyahrani, R. A., Karmilah, K., Ramadhani, N., Hasipa, H. S., Haq, M. I. A., Ridwan, H., & Kelana, D. (2024). Pemanfaatan bahan alami *Daucus carota*, *Pandanum amaryllifolius* dan *Oryza sativa* dalam sediaan masker untuk mengatasi permasalahan semua jenis kulit. *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan*, 15(1), 1–12.
- Oh, S., Kim, Y. J., Lee, E. K., Park, S. W., & Yu, H. G. (2020). Antioxidative Effects of Ascorbic Acid and Astaxanthin on ARPE-19 Cells in an Oxidative Stress Model. *Antioxidants*, 9(833), 1–15.
- Purwaningsih, S., Salamah, E., & Budiarti, T. A. (2014). Formulasi skin lotion dengan penambahan karagenan dan antioksidan alami dari *Rhizophora mucronata* Lamk. *Jurnal Akuatika*, 5(1).
- Rahayu, T., Fudholi, A., & Fitria, A. (2016). Optimasi formulasi gel ekstrak daun tembakau (*Nicotiana tabacum*) dengan variasi kadar Karbopol 940 dan TEA menggunakan metode simplex lattice design (SLD). *Jurnal Ilmiah Farmasi*, 12(1), 16–24.
- Ratnapuri, P. H., Haitami, F., & Fitriana, M. (2019). Stabilitas fisik sediaan emulgel ekstrak etanol daging buah limpasu (*Baccaurea lanceolata* (Miq.) Müll. Arg.). *Jurnal Pharmascience*, 6(2), 8–18.
- Rizaldy, M. E., Sutriyo, & Mun'im, A. (2025). Astaxanthin delivery system in oral and topical preparations: A literature review. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 12(1), 104–111.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipients* (6th ed.). London: Pharmaceutical Press.

- Sadeli, R. A. (2016). Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ekstrak bromelain buah nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.). *Skripsi*, 32–33.
- Sariharyanti, R., Wargasetia, T. L., & Ratnawati, H. (2024). The potential of astaxanthin as a natural compound for decelerating skin aging: An update review. *Aging Pathobiology and Therapeutics*, 6(4), 191–198.
- Sawiji, R. T., Valtina, N. P., Putri, K. M. W., Dewi, N. M. A. S., Nurjana, N. H., & Adityawan, P. A. R. (2023). Optimasi komposisi emulgator formulasi lotion dengan bahan aktif ceramide dan vitamin C menggunakan metode SLD. *Acta Holistica Pharmacia*, 5(2), 68–78.
- Sulastri, L., Rizikiyan, Y., Indryati, S., Amelia, R., & Karlina, N. (2021). Formulasi dan uji aktivitas antioksidan lotion sari wortel (*Daucus carota* L.) dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). *Journal of Pharmacopolium*, 4(3).
- Thomas, N. A., 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.
- 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.
- Widitasari, A. S., Rejeki, E. S., & Purnamasari, N. A. D. (2023). Pengaruh variasi konsentrasi Karbopol 940 terhadap mutu fisik sediaan emulgel ekstrak etanol daun kersen (*Muntingia calabura* L.) sebagai tabir surya secara *in vitro*. *EduNaturalia: Jurnal Biologi dan Kependidikan Biologi*, 4(2), 41–49.
- Wijaya, H., Wiratama, I. P. R. K. P., Putri, P. K. P. D., Ariyanthini, K. S., Angelina, E., Andina, N. K. D. P., ... & Setyawan, E. I. (2022). Application D-optimal method on the optimization of formulation of Kintamani Arabica coffee gel (*Coffea arabica* L.). *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 19–27.
- Yadav, S. K., Mishra, M. K., Tiwari, A., & Shukla, A. (2017). Emulgel: A new approach for enhanced topical drug delivery. *International Journal of Current Pharmaceutical Research*, 9(1), 15–19.
- Zulfa, E., Novianto, D., & Setiawan, D. (2019). Formulasi nanoemulsi natrium diklofenak dengan variasi kombinasi Tween 80 dan Span 80: Kajian karakteristik fisik sediaan. *Media Farmasi Indonesia*, 14, 1471–1477.