

Research Article



Optimization Formula of Antipollutant Facial Wash Gel Purple Roselle Flower (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *roselindo* 2)

Optimasi Formula Gel Pembersih Wajah Antipolutan dari Bunga Rosella Ungu (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *roselindo* 2)

Hidayah Anisa Fitri^{1*}, Fadita Iza Falahdin², Ika Yuni Astuti³

¹Departemen Biologi Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Jl K.H.Ahmad Dahlan, Banyumas, 53182, Jawa Tengah, Indonesia

²Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Jl.K.H.Ahmad Dahlan, Banyumas, 53182, Jawa Tengah, Indonesia

³Departemen Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Jl.K.H.Ahmad Dahlan, Banyumas, 53182, Jawa Tengah, Indonesia

Received:
November 20, 2024

Reviewed:
Januari 10, 2025

Accepted:
Februari 21, 2025

Published:
April 30, 2025

*Corresponding Author:
hidayah.anisa.f@ump.ac.id

ABSTRACT

Exposure to Particulate Matter (PM) and other airborne pollutants can lead to various skin issues. The anthocyanin compounds in purple roselle flower extract exhibit antipollution activity, making the extract a promising candidate for the development of a facial wash gel formulation, optimised with carbopol 940 and triethanolamine (TEA). These two ingredients were selected due to their influence on the physical properties of the formulation, which is expected to help maintain the physicochemical stability of anthocyanins. This study aimed to determine the optimal concentrations of these components as gel base-forming agents, such as viscosity, pH, and spreadability. The optimum formula was designed using Design Expert 13 software with a Simple Lattice Design (SLD) model, while statistical analyses were conducted using one-way ANOVA and T-test to verify the predicted and actual optimum formula. The physical evaluation results confirmed that the optimum formula met the required viscosity (3826 ± 28.67 cPs), dispersibility (6.07 ± 0.45 cm), and exhibited an acidic pH (6.53 ± 0.07) suitable for a facial cleansing gel. Based on the conducted tests and analyses, the optimum formula contained 2% carbopol 940 and 2% TEA, with a desirability value of 0.993. Verification testing indicated no significant differences between the predicted and actual optimum formula.

Keywords: Carbopol 940, Gel, Optimization, Roselle, Triethanolamine

ABSTRAK

Paparan Particulate Matters (PM) dan polutan lain yang ada di udara dapat menyebabkan berbagai macam permasalahan kulit. Senyawa antosianin dalam ekstrak bunga rosella ungu memiliki aktivitas sebagai antipolutan, sehingga ekstrak tersebut berpotensi untuk dikembangkan menjadi sediaan facial wash gel dengan optimasi karbopol 940 dan trietanolamin (TEA). Kedua bahan tersebut dipilih karena memiliki pengaruh terhadap sifat fisik sediaan sehingga diharapkan dapat mempertahankan kestabilan fisikokimia antosianin. Tujuan penelitian untuk mendapatkan konsentrasi optimal kedua bahan tersebut sebagai



Copyright ©2024. The Author(s). This open-access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC BY-SA) 4.0 license.

komponen pembentuk basis gel terhadap sifat fisik sediaan yaitu viskositas, pH dan daya sebar. Rancangan formula optimum dibuat dengan bantuan software Design Expert 13 model Simple Lattice Design (SLD) dan digunakan analisis statistik uji one-way ANOVA dan uji T untuk verifikasi hasil formula optimum dengan prediksi. Hasil pengujian fisik menunjukkan bahwa formula optimum memenuhi syarat viskositas ($3826 \pm 28,67$ cPs), daya sebar ($6,07 \pm 0,45$ cm), dan memiliki pH asam ($6,53 \pm 0,07$) sebagai sediaan gel pembersih wajah. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan formula optimum dengan kandungan karbopol 940 dan TEA masing-masing sebesar 2% dengan nilai desirabilitas sebesar 0,993. Uji verifikasi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara formula optimum prediksi dan formula sebenarnya.

Kata Kunci: Gel, Karbopol 940, Optimasi, Rosella, Trietanolamin

PENDAHULUAN

Peningkatan polusi udara, terutama di udara terbuka pada masa kini, merupakan salah satu faktor lingkungan yang dapat merugikan kesehatan di seluruh dunia, termasuk kesehatan kulit. Paparan polutan yang berlebihan, seperti *Particulate Matters* (PM) dan gas-gas toksik yang dihasilkan dari gas buangan industri dan asap kendaraan telah diketahui memiliki dampak merusak yang signifikan bagi kulit. Kulit yang terpapar dengan polutan terus-menerus tanpa adanya usaha perlindungan dapat menginisiasi terjadinya stres oksidatif, penuaan dini, inflamasi, penyakit, dan permasalahan kulit lainnya (1–3).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mencegah berbagai efek buruk dari adanya polutan adalah penggunaan *skincare* yang diklaim memiliki aktivitas sebagai antipolutan. *Skincare* antipolutan yang saat ini beredar di pasaran merujuk pada produk-produk *personal care* atau produk kosmetik yang bertujuan untuk mencegah efek berbahaya dari berbagai macam jenis polusi. Produk-produk tersebut umumnya mengandung senyawa aktif yang diklaim memiliki aktivitas sebagai antipolutan dengan berbagai mekanisme, salah satunya adalah meningkatkan mekanisme proses pembersihan dan eksfoliasi lapisan kulit serta keratin dari kotoran yang menempel pada permukaan kulit (4).

Salah satu jenis tanaman yang telah diketahui memiliki berbagai manfaat kesehatan adalah bunga rosella (5). Ekstrak bunga rosella merupakan ekstrak yang dapat dimanfaatkan sebagai sediaan antipolutan karena kaya akan senyawa flavonoid antosianin, yaitu *cyanidin-3-rutinoside* dan *delphinidin-3-glucoxyloside* (6). Antosianin dalam sediaan topikal telah diketahui memiliki efek antipolutan dengan salah satu mekanisme pencegahan penumpukan kotoran pada lapisan epidermis dan keratin yang disebabkan karena paparan polusi (7). Namun demikian, faktor pH merupakan salah satu titik kritis yang mempengaruhi kestabilan fisikokimia dan organoleptik senyawa antosianin, dimana senyawa ini lebih stabil pada pH yang rendah (6,8). Dengan demikian, perancangan sediaan yang mengandung senyawa antosianin perlu mempertimbangkan pH akhir sediaan yang dapat mempertahankan kestabilannya, namun tetap memenuhi syarat untuk penggunaan secara topikal.

Gel merupakan sistem yang dapat dipertimbangkan sebagai basis sediaan antipolutan yang mengandung ekstrak rosella sebagai pembersih wajah (*facial wash*). Gel merupakan suatu sediaan berbasis air yang memiliki daya lekat, daya sebar, dan hantar yang baik serta tidak menyumbat pori-pori (9). Selain itu, sediaan gel mudah dibilas dengan air, tidak menimbulkan rasa berminyak, dapat memberikan efek dingin setelah penggunaan, dan memiliki tekstur nyaman, dan ringan. Pemilihan dan konsentrasi basis gel yang digunakan mudah untuk ditentukan dan diatur agar menghasilkan sediaan akhir dengan parameter fisika penting yang diinginkan, seperti viskositas, pH, dan daya sebar.

Karbopol 940 dan Trietanolamin atau TEA merupakan komponen yang secara luas digunakan untuk membentuk basis sediaan gel. Selain berpengaruh terhadap teksturnya, variasi perbandingan

dari kombinasi keduanya memiliki peranan penting dalam pengaturan pH sediaan (10–12). Meskipun penggunaan karbopol 940 dan TEA sudah banyak dilakukan, namun optimasi penggunaan keduanya untuk menghasilkan sediaan dengan pH yang dapat mempertimbangkan kestabilan senyawa antosianin dalam bunga rosella ungu belum banyak dilakukan. Optimasi variasi kedua bahan bertujuan untuk mendapatkan formula optimum sediaan *facial wash gel* ekstrak bunga rosella ungu terbaik yang diharapkan memiliki pH sesuai dengan persyaratan untuk penggunaan topikal dan dapat mempertahankan stabilitas senyawa antosianin di dalamnya. Selain itu, formula optimum diharapkan memiliki parameter viskositas, dan daya sebar yang dapat diterima.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi sediaan *facial wash gel* ekstrak bunga rosella ungu dengan melakukan variasi perbandingan karbopol 940 dan TEA dengan metode *Simple Lattice Design* (SLD). Formula optimum yang didapatkan kemudian dilakukan pengujian fisik dan divalidasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah simplisia bunga rosella ungu, etanol 70% (Prima Chemical and Packaging), etanol p.a (Merck), *aquadest* (Prima Chemical and Packaging), karbopol 940 (Multi Kimia), TEA (Multi Kimia), Sodium Lauryl Ether Sulphate (SLES) (Multi Jaya Kimia), propilen glikol (Prima Chemical and Packaging), dan DMDM hydantoin (Multi jaya kimia).

Metode

1. Pembuatan Ekstrak dan Karakterisasinya

Simplisia yang digunakan merupakan seluruh bagian bunga tumbuhan rosella ungu (*Hibiscus sabdariffa* var. *roselindo* 2) yang masih kuncup dengan penebalan pada bagian *calyx*-nya. Asal tumbuhan yang tumbuh di daerah Kecamatan Jogorogo, Ngawi, Jawa Timur telah dideterminasi sebelumnya di Laboratorium Biologi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, dengan nomor dokumen No. 218-S.Ket.Der/L.BioFar-F.Far/VII/2021. Ekstrak dibuat dengan cara melakukan ekstraksi simplisia bunga rosella menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 70% (100 g simplisia untuk 1 L pelarut). Maserasi dilakukan selama 72 jam dengan sesekali diaduk. Maserat yang telah dipisahkan kemudian dikentalkan dengan *rotary evaporator* (IKA) dengan suhu 40-45°C dan penangas air (Emmrt) pada suhu 40°C sampai didapatkan ekstrak kental. Ekstrak kental yang didapatkan kemudian dikarakterisasi parameter organoleptiknya secara kualitatif dan dilakukan uji kuantitatif rendemen, kadar air, kadar abu total, dan kadar abu tidak larut asam dengan cara kerja dan pengolahan data yang mengacu pada Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (13) untuk ekstrak bunga rosella. Pengujian untuk parameter kuantitatif dilakukan replikasi tiga kali.

2. Preformulasi

Preformulasi dilakukan dengan bantuan *software Design Expert* 13 versi trial menggunakan model SLD dengan memasukkan rancangan formula pada **Tabel 1** dengan variabel bebas karbopol 940 dan TEA sebagai dua komponen yang dioptimasi. Delapan rancangan formulasi dengan variasi konsentrasi kedua komponen dari hasil analisis *software* kemudian dibuat di Laboratorium Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto dan dilakukan uji fisik. Adapun bahan lain yang digunakan dalam formula adalah ekstrak bunga rosella ungu sebanyak 1%, SLES, dan propilen glikol masing-masing 2%, DMDM hydantoin 0,4% dan *aquadest* sampai dengan 100%. Delapan rancangan preformula sediaan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rancangan Preformula Facial Wash Gel

Bahan	Preformula							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Karbopol 940 (%)	1,5	1	1,5	1,75	1	1,25	2	2
TEA (%)	2,5	3	2,5	2,25	3	2,75	2	2

3. Pembuatan Sediaan *Facial Wash Gel* Preformula dan Formula Optimum

Metode pembuatan *gel* pada penelitian ini mengacu pada metode yang dilakukan oleh Tsabitah *et al.* (2020) dengan modifikasi (11). *Gel* dibuat dengan bantuan *magnetic stirrer* untuk pengadukan secara otomatis. Sediaan dibuat dengan cara mendispersikan karbopol 940 dalam *aquades* yang dipanaskan pada suhu 80°C. Setelah didapatkan pH <6, kemudian ditambahkan TEA sedikit demi sedikit sampai terbentuk massa yang mengental. Selanjutnya, ditambahkan propilen glikol, DMDM hydantoin, dan SLES secara berurutan sambil terus diaduk. Terakhir ditambahkan ekstrak rosella, diaduk hingga warnanya homogen. Campuran kemudian ditambahkan *aquades* sampai didapatkan volume yang sesuai sambil terus diaduk hingga terbentuk sediaan *gel* setengah padat yang homogen dan stabil.

4. Uji Fisik Sediaan

Uji fisik sediaan meliputi uji organoleptik dan uji untuk tiga parameter fisik krusial, yaitu viskositas, pH, dan uji daya sebar sediaan. Uji organoleptik dilakukan dengan mengamati sediaan yang telah dibuat dengan pancaindra, uji viskositas sediaan dengan *viscometer* Brookfield (Brookfield) dilakukan menggunakan *spindle* nomor 4 dan kecepatan 60 RPM, sedangkan uji pH dilakukan dengan pengukuran pH menggunakan pH meter (Ohaus). Uji daya sebar dilakukan dengan meletakkan sediaan sebanyak 0,5 g di atas kaca berskala. Kemudian, diletakkan kaca penutup di atasnya dan diberi beban anak timbang 150 g, selanjutnya dидiamkan 1 menit, dan diukur diameter sebar yang terbentuk. Metode pengujian viskositas dan daya sebar mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Tsabitah *et al.* (2020) dengan modifikasi (11).

5. Penetapan Formula Optimum

Formula optimum ditetapkan dengan mengambil satu rancangan formula prediksi dari hasil analisis *software Design Expert* dengan nilai desirabilitas yang paling mendekati 1. Prediksi formula optimum berdasarkan pada data uji fisik 8 preformula dengan 3 parameter krusial yang dirancang ideal untuk sediaan topikal, yaitu pH sebesar 4,5-6,5 (14), viskositas sebesar 2000-4000 cPs (15), dan daya sebar dengan diameter sebesar 5-7 cm (16). Formula optimum dibuat dengan tiga replikasi (triplo).

Analisis Data

1. Analisis Data Hasil Preformulasi

Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi kedua bahan yang dioptimasi terhadap tiga parameter krusial sediaan, hasil uji sifat fisik dari parameter pH, viskositas dan daya sebar diolah dengan statistik *one-way ANOVA* yang terdapat dalam *software Design Expert*. Variasi konsentrasi kedua senyawa yang dioptimasi dikatakan berbeda bermakna apabila memiliki signifikansi kurang dari 0,05 ($p < 0,05$). Pengaruh masing-masing komponen ketiga parameter krusial yang diuji dapat dianalisis dari persamaan polinomial dan *contour plot* yang didapatkan. Persamaan polinomial yang didapatkan adalah sebagai berikut:

$$Y = (A) + (B) + (A)(B) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

Y : Hasil uji

A : Komponen A yang dioptimasi

B : Komponen B yang dioptimasi

(A)(B) : Campuran komponen yang dioptimasi

2. Validasi Formula Optimum

Validasi formula optimum dilakukan dengan analisis statistik metode *one sample T-test* menggunakan SPSS dari data hasil uji fisik tiga parameter krusial formula optimum dengan hasil nilai prediksi yang dirancang dengan *software Design Expert*. Hasil aktual dikatakan tidak berbeda bermakna apabila signifikansi lebih dari 0,05 ($p > 0,05$).

HASIL

1. Ekstrak dan Karakterisasinya

Hasil ekstrak yang didapatkan dapat dilihat pada **Gambar 1** dan hasil karakterisasinya dapat dilihat pada **Tabel 2**. Secara organoleptik, ekstrak yang dihasilkan telah memenuhi syarat karakteristik parameter kualitatif dari standar yang telah ditetapkan. Warna ekstrak mirip dengan warna simplisia yang digunakan berasal dari bunga rosella var. *roselindo* 2 yang berwarna merah keunguan. Untuk parameter lain yang telah dikuantifikasi, yaitu rendemen, kadar air, kadar abu total dan kadar abu tidak larut asam seluruhnya juga telah sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.



Gambar 1. Ekstrak bunga rosella ungu

Tabel 2. Hasil Karakterisasi Ekstrak Bunga Rosella Ungu

Parameter Ekstrak	Hasil	Standar (13)	Keterangan
Konsistensi	Kental dan lengket	Kental	Memenuhi syarat
Bau	Khas	Khas	Memenuhi syarat
Warna	Merah hati (keunguan)	Merah hati	Memenuhi syarat
Rasa	Asam	Asam	Memenuhi syarat
Rendemen	49,983%	Tidak kurang dari 19,1%	Memenuhi syarat
Kadar Air	0,95%±0,08	Tidak lebih dari 10,0%	Memenuhi syarat
Kadar Abu Total	4,60%±1,01	Tidak lebih dari 5,6%	Memenuhi syarat
Kadar Abu Tidak Larut Asam	0,16%±0,23	Tidak lebih dari 1,4%	Memenuhi syarat

2. Pengaruh Variasi Karbopol 940 dan TEA terhadap Preformula *Facial Wash Gel*

Kedelapan preformula yang telah dibuat dapat dilihat pada **Gambar 3**. Hasil pengamatan organoleptik menunjukkan kedelapan preformula sediaan seluruhnya memiliki karakteristik yang mirip, yaitu berbentuk semi solid jernih, berbau khas rosella, dan berwarna homogen merah tua keunguan. Namun, terdapat perbedaan intensitas gradasi warna. Sedangkan, hasil dari uji fisik sediaan preformulasi dapat dilihat pada **Tabel 3**, dimana analisis statistik menunjukkan bahwa variasi konsentrasi karbopol 940 dan TEA memiliki nilai yang berbeda bermakna karena kurang dari 0,05 ($p < 0,05$), artinya kedua bahan yang dioptimasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap viskositas, pH, dan daya sebar sediaan *facial wash gel*.

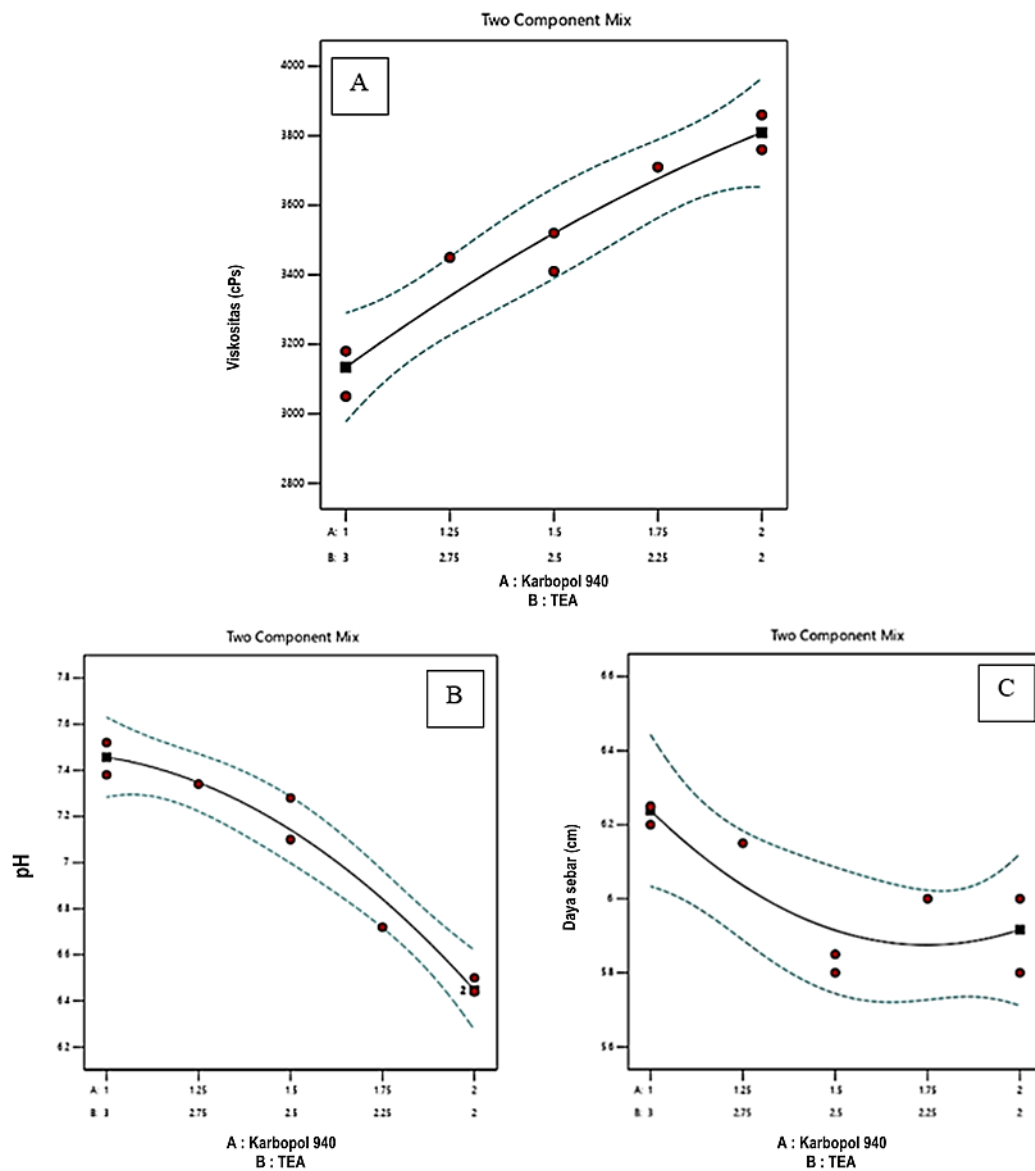


Gambar 2. Delapan sediaan preformula *facial wash gel* bunga rosella dengan variasi karbopol 940 dan TEA yang berbeda-beda

Tabel 3. Hasil Uji Fisik Delapan Sediaan Preformulasi berdasarkan Rancangan *Software Design Expert*

Formula ke-	Karbopol 940 (%)	TEA (%)	Viskositas (cPs)	pH	Daya Sebar (cm)
1	1,5	2,5	3410	7,10	5,80
2	1	3	3050	7,52	6,25
3	1,5	2,5	3520	7,28	5,85
4	1,75	2,25	3710	6,72	6,00
5	1	3	3180	7,34	6,20
6	1,25	2,75	3450	6,44	6,15
7	2	2	3860	6,50	5,8
8	2	2	3760	7,34	6,00
Nilai signifikansi <i>one-way ANOVA</i>			0,0014*	0,0003*	0,0493*

*berbeda bermakna ($p < 0,05$)



Gambar 3. *Contour plot* variasi karbopol 940 dan TEA terhadap parameter viskositas (A), pH (B), dan daya sebar (C)

Selain didapatkan hasil statistik berupa signifikansi, didapatkan pula hasil analisis dalam bentuk persamaan polinomial sebagai berikut dan grafik *contour plot* (**Gambar 3**).

$$\begin{aligned} Y1 &= 1,16(A)+1,92(B)+0,8502(A)(B).....(2) \\ Y2 &= 6,45(A)+7,46(B)+0,7592(A)(B).....(3) \\ Y3 &= 5,92(A)+6,42(B)-0,651(A)(B).....(4) \end{aligned}$$

Keterangan:

Y1 : Parameter viskositas
Y2 : Parameter pH
Y3 : Parameter daya sebar
A : Karbopol 940
B : TEA
(A)(B) : Campuran karbopol 940 dan TEA

Ketiga persamaan polinomial mengkonfirmasi hasil analisis statistik, dimana karbopol 940 dan TEA masing-masing memiliki pengaruh terhadap viskositas, pH, dan daya sebar sediaan yang dapat dilihat dari nilai positif A dan B dalam persamaan. Campuran keduanya juga mempengaruhi ketiga parameter tersebut. Namun, campuran karbopol 940 dan TEA memiliki pengaruh yang lebih rendah terhadap daya sebar dibandingkan dengan masing-masing komponennya. Hal ini dapat dilihat pada nilai negatif campuran (AB) pada persamaan 4.

Berdasarkan pada ketiga grafik *contour plot* pada **Gambar 3**, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi karbopol 940, maka akan semakin meningkatkan viskositas (sediaan semakin kental), pH semakin rendah (sediaan menjadi asam), dan menurunkan daya sebar. Sedangkan, TEA memberikan efek yang berlawanan dengan karbopol 940. Semakin tinggi konsentrasi TEA, maka akan menyebabkan penurunan viskositas (sediaan semakin cair), pH semakin tinggi (sediaan menjadi basa), dan daya sebar semakin meningkat.

3. Penentuan Formula Optimum, Pengujian Fisik, dan Verifikasinya

Formula optimum yang dipilih dari hasil prediksi *software* adalah formula optimum dengan karbopol 940 dan TEA masing-masing sebesar 2% dan memiliki nilai desirabilitas tertinggi yaitu 0,993. Formula optimum *facial wash gel* ekstrak bunga rosella ungu yang telah dibuat secara triplo dapat dilihat pada **Gambar 4**. Secara organoleptik, sediaan berbentuk semi padat yang jernih, memiliki bau khas rosella dan berwarna merah tua keunguan yang homogen. Sediaan formula optimum juga dilakukan uji fisik untuk tiga parameter krusial dan kemudian dianalisis kesesuaiannya dengan standar ketentuannya sebagai sediaan *facial wash gel* serta diverifikasi secara statistik.

Hasil pengujian fisik dan verifikasi yang terdapat pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa nilai parameter pH, viskositas, dan daya sebar formula optimum memenuhi syarat sebagai sediaan *gel*/yang diperuntukkan untuk kulit wajah. Adapun syarat pH yang harus dipenuhi adalah 4,5-6,5, viskositas sebesar 2000-4000 cPs, dan daya sebar dengan diameter sebesar 5-7 cm (14–16). Hasil analisis verifikasi parameter krusial formula optimum antara prediksi formula dengan formula sebenarnya menunjukkan tidak ada perbedaan bermakna.



Gambar 4. Formula optimum sediaan *facial wash gel*

Tabel 4. Hasil Verifikasi Formula Optimum dengan Prediksi

Parameter	Data Formula Optimum Hasil Uji	Data Prediksi <i>Design Expert</i>	Nilai Signifikansi <i>T-test</i>
Viskositas (cPs)	3826±28,67	3809,346	0,483
pH	6,53±0,07	6,448	0,234
Daya Sebar (cm)	6,07±0,45	5,916	0,683

PEMBAHASAN

Sediaan *facial wash gel* yang dibuat pada penelitian ini menggunakan ekstrak bunga rosella ungu (*Hibiscus sabdariffa* L. var. *roselindo* 2). Ekstrak rosella diketahui kaya akan senyawa flavonoid antosianin yang memiliki aktivitas sebagai antipolutan dari bahan alam (6,7). Ekstrak bunga rosella yang digunakan telah dikarakterisasi. Karakterisasi ekstrak bertujuan untuk menjamin kebenaran dan kualitas beberapa parameter yang ditetapkan oleh standar yang tertera dalam Farmakope Herbal Indonesia (17). Karakterisasi ekstrak yang dilakukan meliputi beberapa parameter, yaitu parameter organoleptik yang meliputi konsistensi, bau, warna dan rasa ekstrak dan parameter kuantitatif rendemen, kadar air, kadar abu total, dan kadar abu tidak larut asam dalam ekstrak.

Uji organoleptik berfungsi untuk memastikan identitas dan kualitas ekstrak yang digunakan sesuai dengan standar secara sederhana (18). Ekstrak yang didapatkan merupakan ekstrak kental berwarna merah tua keunguan dengan konsistensi yang lengket dengan karakteristik organoleptik yang sesuai dengan pemerianannya dalam Farmakope Herbal Indonesia Edisi II (13). Warna merah keunguan pada ekstrak menunjukkan bahwa senyawa antosianin yang juga merupakan senyawa pigmen, sudah terekstraksi dengan baik (19). Ekstrak kental merupakan ekstrak yang mengandung senyawa yang kompleks, memiliki sifat yang amorf, lengket, dan higroskopis. Adanya kandungan senyawa air yang masih terdapat didalamnya biasanya berhubungan dengan pelarut hidrofilik yang digunakan pada saat penyarian dan sulit untuk diuapkan, sehingga ekstrak kental umumnya memiliki kandungan senyawa yang cenderung polar sampai semi polar (20,21).

Pada uji kuantitatif didapatkan nilai rendemen ekstrak yang memenuhi syarat, yaitu sebesar 49,983% yang lebih besar dibandingkan standar yang ditetapkan, yaitu 19,1%. Hal ini menunjukkan bahwa metode maserasi yang dilakukan telah dapat menyari senyawa dengan efektif dan efisien. Pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan ekstrak etanol bunga rosella sebesar 26,46-57,69% (22). Adanya variasi rendemen ekstrak memungkinkan untuk terjadi, mengingat kandungan senyawa yang terdapat dalam ekstrak tumbuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi tempat tumbuhnya (23–26).

Untuk batasan kadar air, kadar abu, dan kadar abu tidak larut asam menggambarkan kandungan senyawa sisa air dari pelarut dan senyawa anorganik, seperti senyawa mineral atau senyawa asing yang tersisa di dalam ekstrak dan masih diperbolehkan (27). Batasan kandungan air dalam ekstrak dapat mempengaruhi konsistensi ekstrak kental yang didapatkan, kestabilan fisik, kimia, dan mikrobiologi ekstrak, sehingga kandungannya tidak boleh terlalu tinggi (28–30). Sedangkan kandungan sisa abu berhubungan dengan senyawa anorganik yang secara alami terdapat pada tumbuhan asal yang digunakan atau adanya suatu senyawa pencemar karena proses pascapanen, pengolahan simplisia ataupun proses penyarian yang kurang baik (27,31). Secara kualitatif dan kuantitatif (**Tabel 2**), seluruh karakteristik ekstrak yang dihasilkan telah memenuhi syarat yang mengacu pada Farmakope Herbal Indonesia (13), sehingga kualitas ekstrak yang digunakan untuk membuat sediaan *facial wash gel* telah sesuai dengan ketentuan.

Campuran komponen pembentuk *gel* yang baik minimal terdiri dari *gelling agent*, *alkalizing agent*, dan *humectant* (11). Pada percobaan ini, digunakan karbopol 940 sebagai *gelling agent*, TEA sebagai *alkalizing agent*, dan propilen glikol sebagai *humectant*. DMDM hydantoin digunakan sebagai pengawet, SLES sebagai surfaktan, dan ekstrak bunga rosella ungu sebagai agen antipolutan yang dapat membantu mengefektifkan proses pembersihan kotoran pada permukaan kulit wajah. Optimasi formula hanya dilakukan untuk komponen karbopol 940 dan TEA, karena kedua senyawa tersebut merupakan pembentuk basis *gel* utama, bersifat tidak toksik, mudah didapatkan, dan mempengaruhi sifat fisik akhir dari sediaan, seperti pH (11,32). Nilai pH sediaan dapat dengan mudah diatur dengan merancang penggunaan konsentrasi yang ideal dari keduanya, sehingga sediaan formula optimum

diharapkan dapat mempertahankan stabilitas fisikokimia senyawa antosianin yang labil terhadap pH dan cenderung stabil pada pH yang rendah.

Terbentuknya basis *gel* dalam campuran karbopol 940 dan TEA disebabkan karena terjadinya ionisasi karbopol 940 oleh TEA dan membentuk polimer, sehingga didapatkan suatu masa semi solid yang jernih (11). Besarnya konsentrasi dari karbopol 940 dan TEA perlu menjadi perhatian dalam formulasi. Untuk mengetahui pengaruh variasi penggunaan karbopol 940 dan TEA, dilakukan uji preformulasi sehingga dapat dirancang formula optimumnya. Hasil penelitian preformulasi pada penelitian ini sejalan dengan beberapa penelitian formula sejenis yang telah dilakukan sebelumnya, dimana variasi konsentrasi karbopol dan atau TEA berpengaruh terhadap beberapa parameter fisik sediaan, seperti viskositas, pH, dan daya sebar (11,34–36). Selain itu, adanya variasi konsentrasi keduanya juga berpengaruh terhadap intensitas warna sediaan (**Gambar 2** dan **Tabel 3**).

Antosianin merupakan senyawa yang kestabilannya sangat sensitif terhadap perubahan berbagai faktor, seperti cahaya, suhu, tekanan, reaksi enzimatik, dan adanya senyawa lain yang dapat bereaksi, seperti molekul air dan senyawa logam (37,38). Adanya perbedaan intensitas warna pada kedelapan preformulasi sediaan kemungkinan besar dipengaruhi oleh pH. Flavonoid antosianin cenderung lebih stabil pada pH rendah. Adanya perubahan pH dapat menyebabkan peristiwa ionisasi pada struktur senyawa kimianya yang menyebabkan adanya perubahan warna (39,40). Antosianin akan berwarna merah cerah pada pH rendah dan intensitas warnanya akan meningkat sampai pH netral. Antosianin akan berubah menjadi berwarna hijau sampai kuning pada pH yang semakin tinggi (19,41). Meskipun selisih pH kedelapan preformulasi sediaan terlihat tidak terlalu jauh, hal tersebut cukup berpengaruh terhadap intensitas warna dari antosianin yang terkandung di dalam sediaan preformulasi.

Karbopol 940 atau carbomer merupakan suatu polimer akrilik yang biasanya digunakan sebagai *gelling* dan *thickening agent* yang dapat meningkatkan viskositas suatu sediaan. Karbopol 940 memiliki pH yang rendah atau asam dan memiliki kelarutan yang tinggi dalam air (34). Kemampuan karbopol 940 sebagai *thickening agent* serta pH yang asam tentunya akan menyebabkan sediaan preformulasi menjadi semakin kental dan pH yang semakin asam apabila digunakan dalam konsentrasi tinggi. Adapun daya sebar sediaan berhubungan erat dengan viskositas. Viskositas yang semakin tinggi akan semakin menyebabkan penurunan daya sebar.

Trietanolamin merupakan suatu zat tambahan yang berfungsi untuk mengatur dan menstabilkan pH dalam pembentukan massa *gel*. TEA mudah larut dalam air dan memiliki pH 7,5 (34). Penggunaan konsentrasi TEA pada penelitian ini memiliki efek berlawanan dengan karbopol 940. Penggunaan TEA yang semakin tinggi dalam preformulasi dapat menyebabkan sediaan menjadi semakin cair, pH semakin tinggi, dan daya sebar semakin meningkat. Penelitian ini memiliki hasil yang serupa dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (10), dimana peningkatan penggunaan TEA menyebabkan peningkatan pH, dan daya sebar yang berbanding terbalik dengan viskositas.

Dikarenakan TEA bukan merupakan *gelling agent*, melainkan hanya pengatur pH untuk pembentukan massa *gel* karbopol 940, penambahan TEA tanpa penambahan karbopol tidak akan memiliki pengaruh yang besar terhadap peningkatan viskositas. Hal ini terlihat dari persamaan polinomial 1, dimana campuran dari TEA dan karbopol 940 memiliki nilai positif dengan koefisien sebesar 0,8502. Penurunan viskositas akibat peningkatan penggunaan TEA kemungkinan disebabkan karena TEA merupakan cairan kental (34). Oleh karena itu, peningkatan penggunaannya tanpa penambahan karbopol dapat menurunkan viskositas campuran dalam sediaan.

Berdasarkan pada analisis preformulasi, ditetapkan bahwa formula optimum *facial wash gel* adalah sediaan dengan kandungan karbopol 940 dan TEA masing-masing sebesar 2%. Penetapan konsentrasi optimum karbopol 940 dan TEA pada penelitian ini mengacu pada nilai desirabilitasnya sebesar 0,993 yang mendekati 1. Nilai desirabilitas merupakan nilai yang menunjukkan bahwa prediksi akhir dari suatu produk berdasarkan pada model dan program yang digunakan telah sesuai dengan nilai ideal yang diinginkan. Semakin nilai rancangan mendekati 1, maka rancangan yang diusulkan semakin mendekati nilai ideal (42). Konsentrasi karbopol 940 sebesar 0,5%-2% diketahui merupakan konsentrasi yang dapat menghasilkan *gel* dengan sifat fisik yang baik (34). Penggunaan TEA pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang berkisar antara 0,4-0,56% (35,36).

Hasil pengujian formula optimum yang telah dibuat menunjukkan bahwa sediaan memiliki karakteristik organoleptik yang mirip dengan sediaan preformulasi (**Gambar 4**). Sediaan formula optimum memiliki karakteristik *gel* setengah padat yang jernih. Sediaan memiliki aroma dan warna

seperti ekstrak yang digunakan, yaitu ekstrak bunga rosella ungu, sehingga formula optimum berwarna merah tua keunguan. Hal ini sesuai dengan ekspektasi organoleptik mengenai sediaan *gel* yang idealnya jernih dan berwarna sesuai dengan warna bahan yang terkandung di dalamnya. Parameter viskositas, pH, dan daya sebar formula optimum kemudian diuji dan diverifikasi untuk memastikan bahwa formula optimum sudah memenuhi syarat ideal sebagai sediaan pembersih wajah berbentuk *gel* agar dapat terjamin keberterimaan, kualitas dan keamanannya.

Viskositas merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan suatu sistem untuk dapat mengalir sehingga sediaan mudah dituang saat penggunaan. Viskositas memiliki hubungan yang sangat erat dengan daya sebar. Daya sebar merupakan kemampuan sediaan untuk mudah dioleskan pada suatu permukaan, dalam hal ini kulit. Viskositas dan daya sebar yang ideal untuk sediaan *gel* adalah 2000-4000 cPs dan 5-7 cm (15,16). Viskositas yang tinggi dapat menyulitkan sediaan untuk dapat mengalir dan diratakan, sedangkan viskositas yang rendah menyebabkan peningkatan sediaan untuk dapat menyebar pada permukaan. *Gel* sebaiknya tidak terlalu cair, mengingat *gel* adalah suatu sediaan dengan karakteristik setengah padat, meskipun mengandung air pada kadar yang tinggi.

Nilai pH berhubungan dengan sifat keasaman atau kebasaan sediaan. pH sediaan yang digunakan untuk kulit wajah harus memenuhi syarat untuk menjamin keamanan dan mencegah iritasi kulit, apalagi sediaan merupakan sediaan pembersih yang digunakan sehari-hari. pH sediaan untuk kulit yang diperbolehkan adalah sebesar 4,5-6,5 (14). Berdasarkan pada hasil analisis uji fisik pada **Tabel 4**, dapat dilihat bahwa seluruh parameter krusial formula optimum yang dibuat telah memenuhi syarat sebagai sediaan *facial wash gel*. Formula optimum memiliki viskositas, pH, dan daya sebar masing-masing sebesar $3826 \pm 28,67$ cPs, $6,53 \pm 0,07$, dan $6,07 \pm 0,45$ cm. Viskositas dan daya sebar yang telah memenuhi persyaratan diharapkan dapat menghasilkan sediaan yang mudah dituang dan mudah diratakan pada permukaan kulit pada saat digunakan. pH formula yang cenderung asam diharapkan dapat membantu menstabilkan senyawa flavonoid antosianin di dalamnya.

Hasil verifikasi hasil uji fisik formula optimum secara statistik dengan *One Sample T-test* menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan bermakna dengan hasil prediksi ($p > 0,05$) (**Tabel 4**). Hal ini berarti formula optimum yang telah dibuat tidak memiliki perbedaan parameter krusial yang signifikan dengan formula prediksi yang telah dirancang sebelumnya, sehingga dapat disimpulkan model optimasi SLD yang digunakan pada penelitian ini dapat merancang sediaan *facial wash gel* yang diinginkan. Meskipun pada penelitian ini telah didapatkan formula optimum sediaan *facial wash gel* dari ekstrak bunga rosella, namun uji *post-formulasi* untuk mengetahui penerimaan dan stabilitas formula optimum lebih lanjut masih perlu dilakukan. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran kemampuan formula optimum yang lebih komprehensif dalam menjamin kualitas dan penerimaan produk.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan formula optimum sediaan *facial wash gel* ekstrak bunga rosella ungu dengan kandungan karbopol 940 dan TEA masing-masing sebesar 2% yang memiliki nilai desirabilitas sebesar 0,993. Hasil pengujian fisik menunjukkan bahwa formula optimum memenuhi syarat viskositas, pH, dan daya sebar sebagai sediaan *gel* pembersih wajah. Uji verifikasi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara formula optimum prediksi dan formula sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. English JSC, Dawe RS, Ferguson J. Environmental Effects and Skin Disease. *Br Med Bull*. 2003;68:129–142. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg026>.
2. Kim KE, Cho D, Park HJ. Air pollution and skin diseases: Adverse Effects of Airborne Particulate Matter on Various Skin Diseases. *Life Sci*. 2016;152:126–134. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.03.039>.
3. Koohgoli R, Hudson L, Naidoo K, Wilkinson S, Chavan B, Birch-Machin MA. Bad Air Gets Under Your Skin. *Exp Dermatol*. 2017;26:384–387. <https://doi.org/10.1111/exd.13257>.
4. Mistry N. Guidelines for Formulating Anti-Pollution Products. *Cosmetics*. 2017;4:57. <https://doi.org/10.3390/cosmetics4040057>.
5. Nining N, Seowandhi SN, Wikarsa S. Pengeringan Ekstrak Kelopak Bunga Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) melalui Mikroenkapsulasi dengan Maltodekstrin Metode Semprot Kering.

- Farmasains: Jurnal Ilmiah Ilmu Kefarmasian.* 2017;4:65–71.
<https://doi.org/10.22236/farmasains.v4i2.234>.
6. Nuryanti S, Matsjeh S, Anwar C, Raharjo T.J. Isolation Anthocyanin from Roselle Petals (*Hibiscus sabdariffa* L) and the Effect of Light on the Stability. *Indonesian Journal of Chemistry.* 2012;12:167–171. <https://doi.org/10.22146/ijc.21358>.
7. Catroux P, Cotovio J, Pruche F. The Use of Anthocyanins in Cosmetic Compositions to Protect Against Pollution, Especially Toxic Gases and Ozone. FR2809003A1, 2001.
8. Oancea S. A Review of the Current Knowledge of Thermal Stability of Anthocyanins and Approaches to Their Stabilization to Heat. *Antioxidants.* 2021;10:1337. <https://doi.org/10.3390/antiox10091337>.
9. Rinaldi R, Fauziah F, Zakaria N. Studi Formulasi Sediaan Gel Ekstrak Etanol Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* (L.) Randle) dengan Basis HPMC. *Jurnal Ilmiah Farmasi Simplisia (JIFS).* 2021;1:33–42.
10. Rahayu T, Fudholi A, Fitria A. Optimasi Formulasi Gel Ekstrak Daun Tembakau (*Nicotiana tabacum*) dengan Variasi Kadar Karbopol940 dan TEA menggunakan Metode Simplex Lattice Design (SLD). *JIF.* 2016;12:16–24.
11. Tsabitah AF, Zulkarnain AK, Wahyuningsih MSH, Nugrahaningsih DAA. Optimasi Carbomer, Propilen Glikol, dan Trietanolamin dalam Formulasi Sediaan Gel Ekstrak Etanol Daun Kembang Bulan (*Tithonia diversifolia*). *Majalah Farmaseutik.* 2020;16:111–118. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v16i2.45666>.
12. Handayani M, Mita N, Ibrahim A. Formulasi dan Optimasi Basis Emulgel Carbopol 940 dan Trietanolamin dengan Berbagai Variasi Konsentrasi. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences.* 2015;1:53–60. <https://doi.org/10.30872/mpc.v1i.22>.
13. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Farmakope Herbal Indonesia Edisi II. II. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2017.
14. Tranggono, Iswari R, Latifah, Fatmah. Buku Pegangan Ilmu Pengetahuan Kosmetik. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama; 2007.
15. Garg A, Aggarwal D, Garg S, Singla AK. Spreading of Semisolid Formulations: an Update. *Pharmaceutical Technology North America.* 2002;26:84–105.
16. Niazi SK. *Handbook of Pharmaceutical Manufacturing Formulations.* 3rd ed. Vol. 1, Compressed Solid Products. Boca Raton: CRC Press; 2019. <https://doi.org/10.1201/9781315103389>.
17. Hartanti D, Charisma SL, Fitri HA, Fitriani F, Putri DA, Rinawati J, et al. Karakter Mutu Simplisia dan Ekstrak Tumbuhan Antidiabetes Lokal dari Banyumas. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi).* 2022;6:227–236. <https://doi.org/10.30595/jrst.v6i2.15545>.
18. Rosidah I, Zainuddin Z, Agustini K, Bunga O, Pudjiastuti L. Standardisasi Ekstrak Etanol 70% Buah Labu Siam (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.). *Farmasains: Jurnal Ilmiah Ilmu Kefarmasian.* 2020;7:13–20. <https://doi.org/10.22236/farmasains.v7i1.4175>.
19. Khoo HE, Azlan A, Tang ST, Lim SM. Anthocyanidins and Anthocyanins: Colored Pigments as Food, Pharmaceutical Ingredients, and the Potential Health Benefits. *Food & Nutrition Research.* 2017;61:1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>.
20. Tong HHY, Wong SYS, Law MWL, Chu KKW, Chow AHL. Anti-hygroscopic Effect of Dextran in Herbal Formulations. *Int J Pharm.* 2008;363:99–105. <https://doi.org/10.1016/j.iipharm.2008.07.016>.
21. Chang YX, Yang JJ, Pan RL, Chang Q, Liao YH. Anti-hygroscopic Effect of Leucine on Spray-Dried Herbal Extract Powders. *Powder Technology.* 2014. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.06.058>.
22. Chongwilaikasem N, Sithisarn P, Rojsanga P, Sithisarn P. Green Extraction and Partial Purification of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extracts with High Amounts of Phytochemicals and in Vitro Antioxidant and Antibacterial Effects. *Journal of Food Science.* 2024;89:8819–8835. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17418>.
23. Aminurita A, Samodra G, Fitriana AS. Pengaruh Ketinggian Tempat Tumbuh terhadap Kadar Flavonoid Total dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Mahoni (*Swietenia maghoni* L.). *Pharmacy Genius.* 2024;3:108–115. <https://doi.org/10.56359/pharmgen.v3i2.344>.

-
24. Katuuk RHH, Wanget SA, Tumewu P. Pengaruh Perbedaan Ketinggian Tempat terhadap Kandungan Metabolit Sekunder pada Gulma Babadotan (*Ageratum conyzoides* L.). *COCOS*. 2018;10. <https://doi.org/10.35791/cocos.v1i4.24162>.
 25. Utomo DS, Kristiani EBE, Mahardika A. Pengaruh Lokasi Tumbuh terhadap Kadar Flavonoid, Fenolik, Klorofil, Karotenoid dan Aktivitas Antioksidan pada Tumbuhan Pecut Kuda (*Stachytarpheta jamaicensis*). *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*. 2021;22:143–149. <https://doi.org/10.14710/bioma.22.2.143-149>.
 26. Indriani DM. *Pengaruh Lokasi Tumbuh terhadap Profil Metabolit dan Aktivitas Antioksidan Fraksi Daun Gaharu Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; 2021.
 27. BPOM. *Parameter Standar Umum Ektrak Tumbuhan Obat*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan, Departemen Kesehatan; 2000.
 28. Turon F, Caro Y, Villeneuve P, Pina M, Graille J. Effect of Water Content and Temperature on *Carica papaya* Lipase Catalyzed Esterification and Transesterification Reactions. *OCL*. 2003;10:400–404. <https://doi.org/10.1051/ocl.2003.0400>.
 29. Komala AM, Haryoto H. Tests of Ash Content, Moisture Content and Dry Shrinkage of Ethanol Extracts of Capidada Leaves (*Sonneratia alba*) and Ketapang (*Terminilia cattapa*). *Journal of Nutraceuticals and Herbal Medicine*. 2021;3:10–14. <https://doi.org/10.23917/jnhm.v3i1.10549>.
 30. Tandi EA, Purwanti R, Kemila M. Kadar Air Ekstrak Herba Sambiloto (*Andrographis paniculata*) pada Variasi Suhu Pengeringan. *Jurnal Permata Indonesia*. 2021;12. <https://doi.org/10.59737/jpi.v12i1.4>.
 31. Utami YP, Sisang S, Burhan A. Pengukuran Parameter Simplisia dan Ekstrak Etanol Daun Patikala (*Etlintera elatior* (Jack) R.M. Sm) Asal Kabupaten Enrekang Sulawesi Selatan. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*. 2020;24:5–10. <https://doi.org/10.20956/mff.v24i1.9831>.
 32. Safitri FI, Nawangsari D, Febrina D. Overview: Application of Carbopol 940. In: *Proceedings of the International Conference on Health and Medical Sciences* (AHMS 2020). 2021;34:80–84. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.210127.018>.
 33. Rowe RC, Sheskey P, Quinn M. *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Libros Digitales-Pharmaceutical Press; 2009.
 34. Aeni LN, Sulaiman TNS, Mulyani S. Formulasi Gel Mukoadhesif Kombinasi Minyak Cengkeh dan Getah Jarak Pagar serta Uji Aktivitas Antibakteri terhadap *Streptococcus mutant*. *Majalah Farmaseutik*. 2017;8:108–112. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v8i1.24062>.
 35. Rahman AG, Astuti IY, Dhiani BA. Formulasi Lotion Ekstrak Rimpang Bangle (*Zingiber purpureum* Roxb) dengan Variasi Konsentrasi Trietanolamin sebagai Emulgator dan Uji Iritasinya. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia* (Pharmaceutical Journal of Indonesia). 2013;10. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v10i1.780>.
 36. Kopjar M, Piližota V, Šubarić D, Babić J. Prevention of Thermal Degradation of Red Currant Juice Anthocyanins By Phenolic Compounds Addition. *Croatian Journal of Food Science and Technology*. 2009;1:24–30.
 37. Marpaung AM, Andarwulan N, Hariyadi P, Nur Faridah D. The Colour Degradation of Anthocyanin-Rich Extract from Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* L.) Petal in Various Solvents at pH 7. *Nat Prod Res*. 2017;31:2273–2280. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1303689>.
 38. Houghton A, Appelhagen I, Martin C. Natural Blues: Structure Meets Function in Anthocyanins. *Plants*. 2021;10: 726. <https://doi.org/10.3390/plants10040726>.
 39. Angriani L. Potensi Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) sebagai Pewarna Alami Lokal pada Berbagai Industri Pangan: (The Potential of Extract Butterfly Pea Flower (*Clitoria ternatea* L.) as a Local Natural Dye for Various Food Industry). *Canrea Journal*. 2019;32–37. <https://doi.org/10.20956/canrea.v2i1.120>.
 40. Wulandari A, Sunarti TC, Fahma F, Enomae T. The Potential of Bioactives as Biosensors for Detection of pH. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;460:1:012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/460/1/012034>.
 41. Ramadhani RA, Riyadi DHS, Triwibowo B, Kusumaningtyas RD. Review Pemanfaatan Design Expert untuk Optimasi Komposisi Campuran Minyak Nabati sebagai Bahan Baku Sintesis Biodiesel. *J Tek Kim Ling*. 2017;1:11–16. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v1i1.5>.