

Formulation of Rosella Gel Blush on with Copigmentation to Enhance Color Stability and Antioxidant Activity

Khotimah CAHYANINGTYAS, Rayhan AKBAR, NOPRATILOVA, Anugerah Budipratama ADINA*

Department of Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Jakarta Global University, Depok, West Java, Indonesia 16412

*Corresponding author: anugerah@jgu.ac.id

ABSTRACT: The use of synthetic dyes in cosmetics, such as blush on, has the potential to cause harmful side effects, including skin irritation, respiratory issues, and carcinogenicity. To avoid these risks, natural dyes like rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract are considered a safer alternative. However, natural colorants often lack stability and tend to fade easily. This study aims to improve the color stability and antioxidant activity of rosella flower extract through copigmentation techniques with ferulic acid at various ratios (0.5:1, 0.8:1, 1:1) and concentrations in a blush on gel formulation (15%, 20%, 25%). Color stability was tested using a UV-Vis spectrophotometer at wavelengths of 475–550 nm, showing that the 1:1 copigmentation ratio provided the best results, with the smallest color degradation against pH (22%), light (3.4%), and temperature (2.0%). Antioxidant activity was measured using a UV-Vis spectrophotometer at a wavelength of 517 nm, where the IC₅₀ value of rosella extract was found to be 2.75 µg/ml. Antioxidant activity increased after copigmentation, with IC₅₀ values of 2.46 µg/ml at the 0.5:1 ratio, 1.70 µg/ml at the 0.8:1 ratio, and 0.94 µg/ml at the 1:1 ratio. As a comparison, the positive control vitamin C had an IC₅₀ value of 0.55 µg/ml. These results indicate that copigmentation techniques can enhance the color stability and antioxidant activity of rosella-based blush on gel, making it a potential candidate for safer and more effective cosmetic products.

KEYWORDS: *blush on gel, copigmentation, anthocyanin, rosella flower, ferulic acid.*

© 2025. Published by Faculty of Pharmacy Jakarta Global University, in coordination with Directorate for Research and Community Service (LPPM) of Jakarta Global University. DOI: <https://doi.org/10.56904/jgpr.v1i01.112> Received: June 2025, accepted: June 2025, published: June 2025

PENDAHULUAN

Kosmetik dekoratif berperan penting dalam menunjang penampilan dengan menutupi ketidaksempurnaan kulit tanpa harus memperbaiki kondisi kesehatan kulit. Produk ini tetap dianggap aman selama tidak menimbulkan efek merugikan pada kulit [1]. Salah satu produk kosmetik dekoratif yang banyak digunakan adalah *blush on* atau perona pipi, yang memberikan warna alami pada pipi dan meningkatkan estetika wajah.

Dalam formulasi kosmetik, pewarna berperan besar dalam menentukan daya tarik visual produk. Pewarna sintetik seperti Rhodamin B umumnya digunakan karena stabilitasnya tinggi, namun keberadaannya menimbulkan kekhawatiran karena berpotensi menyebabkan iritasi kulit, gangguan pernapasan, dan bersifat karsinogenik jika digunakan secara terus-menerus. Oleh karena itu, pewarna alami mulai banyak digunakan sebagai alternatif yang lebih aman dan ramah kulit. Tren kosmetik saat ini juga menunjukkan preferensi masyarakat terhadap bahan-bahan alami yang tidak hanya mempercantik tampilan, tetapi juga aman bagi kesehatan [2].

Salah satu pewarna alami yang memiliki potensi tinggi adalah antosianin dari bunga rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.). Antosianin tidak hanya memberikan warna merah khas, tetapi juga memiliki aktivitas antioksidan yang bermanfaat dalam melindungi kulit dari stres oksidatif [3]. Namun, antosianin bersifat tidak stabil dan mudah mengalami degradasi akibat cahaya, suhu, dan pH, sehingga membatasi penggunaannya dalam formulasi kosmetik [4].

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, teknik kopigmentasi telah dikembangkan. Kopigmentasi merupakan interaksi non-kovalen antara antosianin dan senyawa lain, seperti flavonoid, asam ferulat, atau logam, yang dapat meningkatkan kestabilan dan intensitas warna antosianin. Asam ferulat, sebagai salah satu senyawa fenolik, diketahui efektif dalam membentuk kompleks stabil dengan antosianin melalui interaksi π - π dan ikatan hidrogen, sehingga melindungi antosianin dari degradasi dan meningkatkan stabilitas warnanya [5,6].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merumuskan sediaan *blush on* gel berbasis ekstrak bunga rosela dengan teknik kopigmentasi menggunakan asam ferulat, guna meningkatkan stabilitas warna dan mendukung aktivitas antioksidan dalam sediaan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kosmetik dekoratif yang tidak hanya aman dan alami, tetapi juga memiliki performa warna yang stabil. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penerapan teknik kopigmentasi dalam formulasi kosmetik gel dekoratif, yang masih jarang dieksplorasi dalam konteks pewarna alami.

MATERIAL DAN METODE

MATERIAL

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ekstrak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.), etanol 96%, hidroksipropil metilselulosa (HPMC), natrium benzoat, triethanolamine (TEA), gliserin, larutan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), asam sitrat, natrium sitrat, ferulic acid, aquadest, dan vitamin C. Seluruh bahan yang digunakan merupakan grade proanalisis maupun farmasi dan digunakan tanpa pemurnian lebih lanjut.

METODE

1. Preparasi Simplisia dan Ekstraksi

Kelopak bunga rosella dikeringkan dengan diangin-anginkan selama 5 hari, kemudian dipotong kecil dan diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan etanol 96% (1:5, b/v) selama 5 hari dalam kondisi gelap, dengan pengadukan harian. Ekstrak kemudian disaring dan diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 50°C selama ± 5 jam [7].

2. Uji Kualitatif Simplisia

Uji kualitatif antosianin dilakukan dengan HCl 2M dan NaOH 2M. Adanya antosianin ditandai dengan perubahan warna merah yang stabil dan perubahan menjadi hijau-biru setelah ditetesi NaOH. Uji flavonoid dilakukan dengan NaOH 10%, dengan perubahan warna menjadi kuning sebagai indikator positif [8].

3. Uji Aktivitas Antioksidan

Uji dilakukan menggunakan metode DPPH. Sampel (ekstrak dan sediaan) dan vitamin C (kontrol positif) diuji dalam berbagai konsentrasi. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ 517 nm, dan nilai IC50 dihitung dari kurva regresi linier (% inhibisi vs konsentrasi) [9].

4. Kopigmentasi

Prosedur kopigmentasi mengacu pada metode Gris *et al.* (2007). Ekstrak antosianin dicampur dengan *ferulic acid* dalam *buffer* sitrat pH 4.0 dengan rasio 0.5:1, 0.8:1, dan 1:1 (w/v). Campuran diaduk dalam kondisi gelap selama 30 menit dan dibiarkan selama 2 jam untuk membentuk kompleks stabil [10].

5. Formulasi Blush On Gel

Sediaan *blush on* gel dibuat dalam tiga variasi konsentrasi ekstrak (15%, 20%, dan 25%) sesuai Tabel 1. Komponen gel meliputi HPMC sebagai gelling agent (10%), gliserin sebagai humektan (5%), Na-benzoat sebagai pengawet (0,5%), dan TEA sebagai alkalizing agent (2%). Aquadest ditambahkan hingga volume akhir 10 mL.

6. Evaluasi Stabilitas Warna

Stabilitas warna diuji terhadap pH (3–6), suhu (lemari es, ruang, oven), dan cahaya (matahari, lampu, gelap) selama periode tertentu. Absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan dihitung % degradasi warna [7].

Tabel 1. Rancangan Formulasi Sediaan Blush on Gel Ekstrak Kelopak Bunga Rosella

Nama bahan	Konsentrasi				Fungsi
	F0	FI	FII	FIII	
Ekstrak kelopak bunga rosella	0%	15%	20%	25%	Pewarna
Na Benzoat	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%	Pengawet
HPMC	10%	10%	10%	10%	Gelling agent
Gliserin	5%	5%	5%	5%	Humektan
TEA	2%	2%	2%	2%	Alkalizing agent
Aquadest	ad 100%	ad 100%	ad 100%	ad 100%	Basis
Total	10 ml	10 ml	10 ml	10 ml	

Keterangan:

F0 : Formula blush on stick ekstrak kelopak bunga rosella 0%

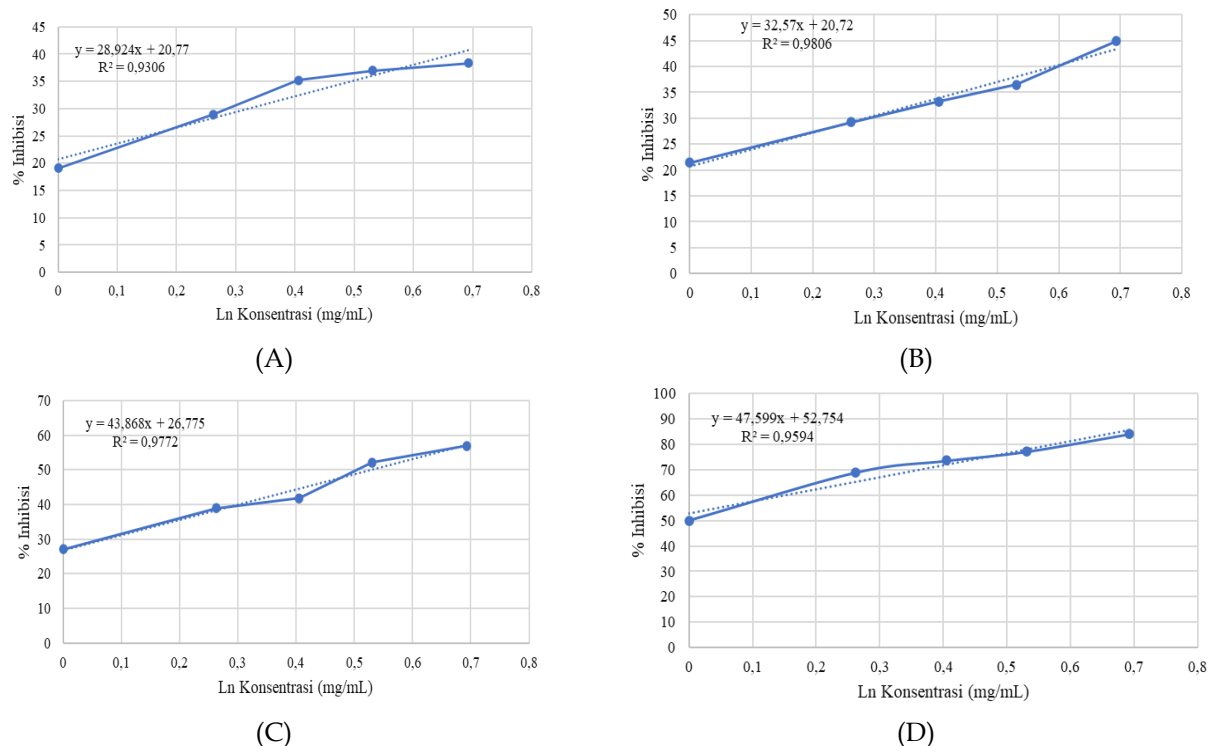
FI : Formula blush on stick ekstrak kelopak bunga rosella 15%

FII : Formula blush on stick ekstrak kelopak bunga rosella 20%

FIII : Formula blush on stick ekstrak kelopak bunga rosella 25%

7. Evaluasi Fisik Sediaan

Evaluasi mencakup uji organoleptik, homogenitas, daya sebar, dan pH. Uji organoleptik mengamati bau, warna, dan konsistensi. Homogenitas diuji dengan kaca objek, daya sebar diukur dengan metode beban 50 g, dan pH diuji menggunakan pH meter setelah pengenceran sediaan [11–14].



Gambar 1. (A) Absorbansi ekstrak bunga rosella, (B) Absorbansi ekstrak bunga rosella dengan kopigmentasi 0,5:1, (C) Absorbansi ekstrak bunga rosella dengan kopigmentasi 0,8:1, (D) Absorbansi ekstrak bunga rosella dengan kopigmentasi 1:1

HASIL

1. Uji Kualitatif Simplisia

Hasil uji kualitatif ekstrak kelopak bunga rosella didapati hasil positif senyawa antosianin ditandai perubahan warna merah berubah warna menjadi hijau tua sedikit kebiruan yang menandakan positif antosianin.

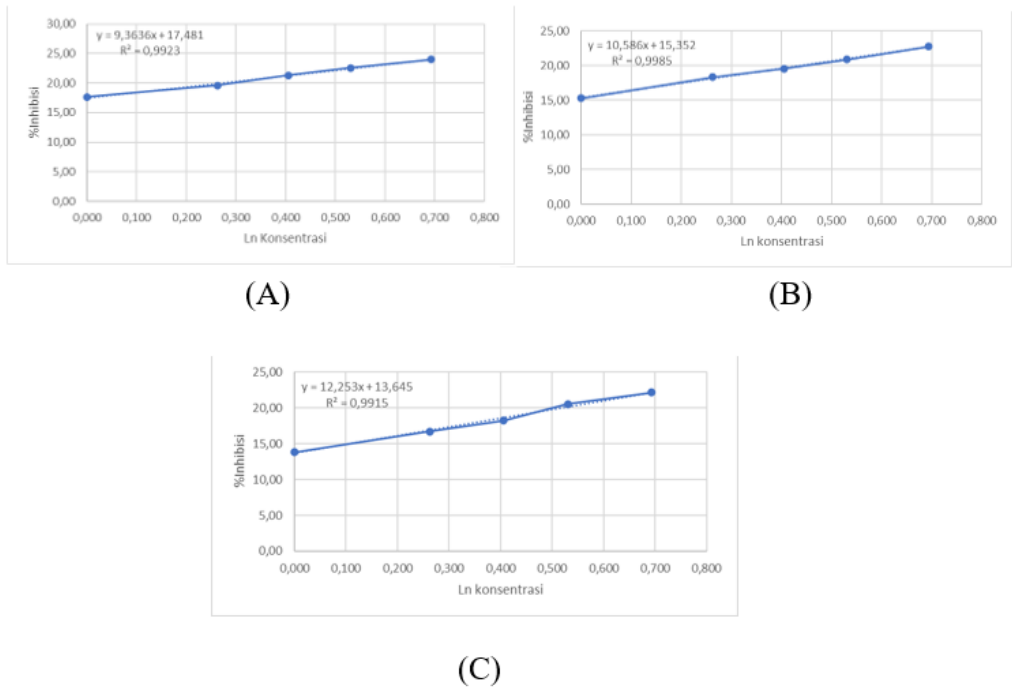
2. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rosella

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan terhadap ekstrak bunga rosella menggunakan metode DPPH dengan pembacaan pada panjang gelombang 517 nm. Hasil menunjukkan bahwa ekstrak rosella memiliki

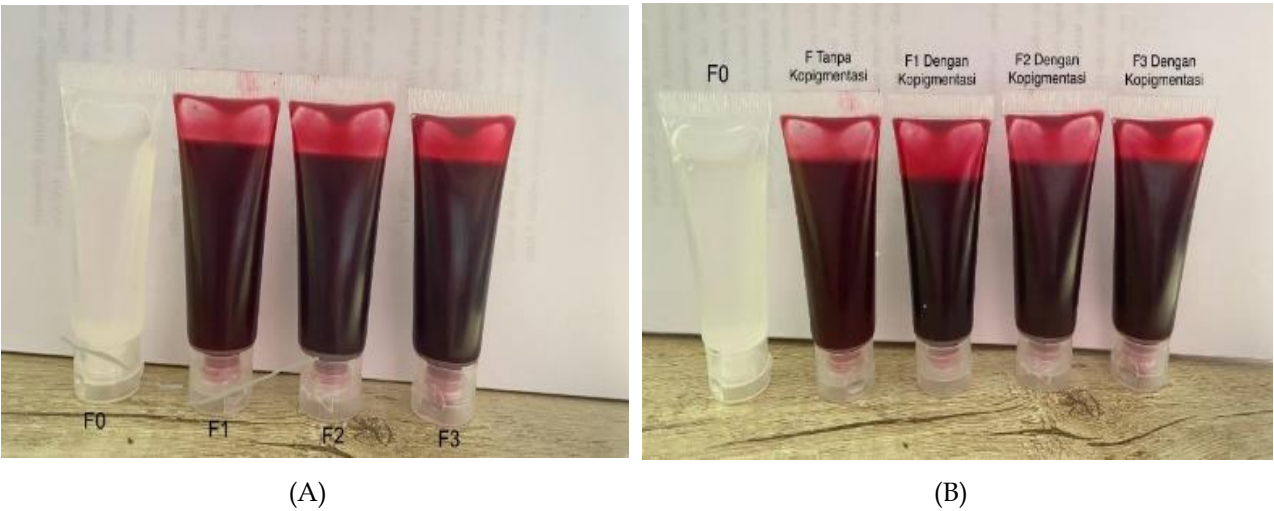
nilai IC50 sebesar 2,75 µg/mL. Setelah dikopigmentasi dengan asam ferulat pada rasio 0,5:1; 0,8:1; dan 1:1, nilai IC50 menurun berturut-turut menjadi 2,46; 1,70; dan 0,94 µg/mL. Sebagai pembandingan, vitamin C memiliki nilai IC50 sebesar 0,55 µg/mL (Gambar 1).

3. Uji Aktivitas Antioksidan Sediaan Blush On Gel

Sediaan blush on gel diformulasikan dalam tiga variasi konsentrasi ekstrak rosella: 15% (F1), 20% (F2), dan 25% (F3), baik tanpa maupun dengan kopigmentasi. Nilai IC50 dari sediaan tanpa kopigmentasi berturut-turut adalah 28,39; 23,59; dan 17,64 µg/mL. Sedangkan pada sediaan dengan kopigmentasi, nilai IC50 menurun menjadi 26,09; 21,63; dan 16,72 µg/mL untuk F1, F2, dan F3 secara berurutan.



Gambar 2. (A) Absorbansi blush on gel F1, (B) Absorbansi blush on gel F2, (C) Absorbansi blush on gel F3.



Gambar 3. Sediaan blush on gel ekstrak bunga rosella. (A) Sediaan tanpa kopigmentasi dan (B) Sediaan dengan kopigmentasi.

4. Uji Organoleptik

Seluruh sediaan menunjukkan bentuk gel yang kental, jernih, berwarna merah keunguan, serta memiliki bau khas rosella.

5. Uji Homogenitas

Semua sediaan, baik tanpa maupun dengan kopigmentasi, menunjukkan sifat homogen tanpa adanya penggumpalan atau perbedaan warna (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji homogenitas

Konsentrasi formulasi	Hasil pengamatan
F0 (0%)	Homogen
F1 (15%)	Homogen
F2 (20%)	Homogen
F3 (25%)	Homogen
F1 (15%) Kopigmentasi	Homogen
F2 (20%) kopigmentasi	Homogen
F3 (25%) kopigmentasi	Homogen

6. Uji Daya Sebar

Uji daya sebar menunjukkan hasil dalam rentang 5,10–5,60 cm untuk seluruh formulasi, sesuai standar ideal 5–7 cm (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Uji daya sebar

Konsentrasi formulasi	Hasil Uji (cm)
F0 (0%)	5,1±0,047
F1 (15%)	5,6±0,082
F2 (20%)	5,5±0,047
F3 (25%)	5,5±0,082
F1 (15%) Kopigmentasi	5,5±0,082
F2 (20%) kopigmentasi	5,4±0,047
F3 (25%) kopigmentasi	5,4±0,047

7. Uji pH

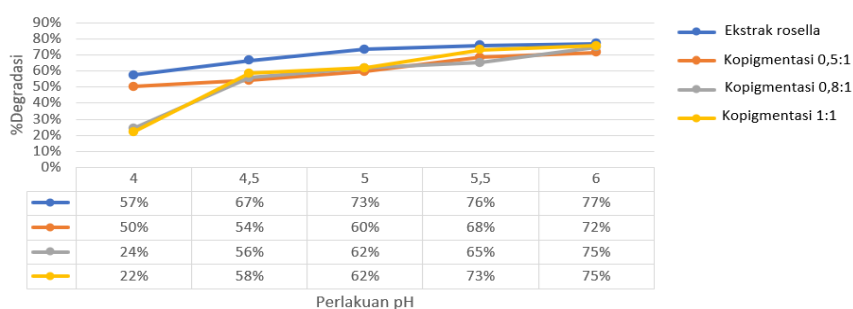
Nilai pH sediaan berada dalam kisaran 4,62–5,99, yang sesuai dengan rentang pH kulit normal (4,5–6,5) (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Uji pH

Konsentrasi formulasi	Hasil Uji Ph
F0 (0%)	5,99±0,000
F1 (15%)	4,94±0,021
F2 (20%)	4,66±0,016
F3 (25%)	4,62±0,008
F1 (15%) Kopigmentasi	5,06±0,008
F2 (20%) kopigmentasi	5,02±0,021
F3 (25%) kopigmentasi	4,69±0,022

8. Evaluasi Stabilitas Warna Terhadap Pengaruh pH

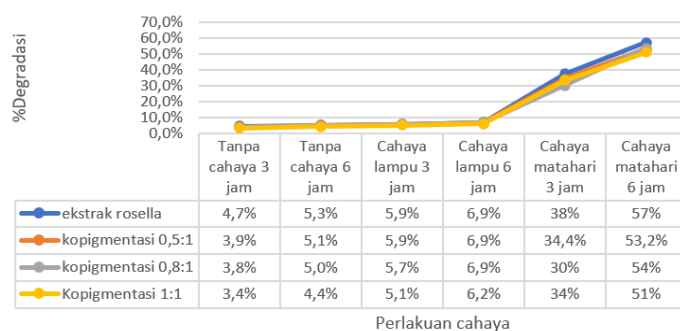
Stabilitas warna diuji pada pH 3–6 menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi menurun signifikan pada pH > 5 untuk sampel tanpa kopigmentasi, sementara sampel kopigmentasi menunjukkan kestabilan warna lebih baik hingga pH 6 (Gambar 4).



Gambar 4. Stabilitas warna ekstrak rosella terhadap pH

9. Evaluasi Stabilitas Warna Terhadap Cahaya

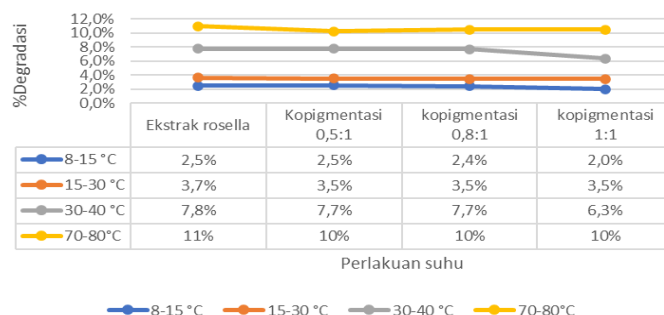
Sampel yang disimpan di bawah sinar matahari mengalami penurunan absorbansi lebih besar dibandingkan yang disimpan dalam gelap. Kopigmentasi meningkatkan ketahanan terhadap degradasi warna akibat Cahaya (Gambar 5).



Gambar 5. Stabilitas warna terhadap cahaya

10. Evaluasi Stabilitas Warna Terhadap Suhu

Sampel diuji pada suhu lemari es, ruang, oven (30–40 °C), dan 70–80 °C. Penurunan absorbansi paling besar terjadi pada suhu tinggi. Sampel dengan kopigmentasi menunjukkan kestabilan warna lebih baik dibandingkan kontrol (Gambar 6).



Gambar 6. Stabilitas warna terhadap suhu

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kopigmentasi dengan *ferulic acid* mampu meningkatkan aktivitas antioksidan dari ekstrak bunga rosella secara signifikan. Penurunan nilai IC50 pada berbagai rasio kopigmentasi (0,5:1 hingga 1:1) mengindikasikan bahwa interaksi antara antosianin dan *ferulic acid* dapat memperkuat kapasitas ekstrak dalam menangkap radikal bebas. Hal ini sejalan dengan literatur yang

menyebutkan bahwa *ferulic acid*, sebagai senyawa fenolik, dapat membentuk kompleks non-kovalen yang stabil dengan antosianin, menghasilkan efek hiperchromik dan pergeseran batokromik yang meningkatkan stabilitas dan efektivitas warna serta fungsi antioksidan [6,15].

Stabilisasi antosianin melalui kopigmentasi tidak hanya berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan, tetapi juga terhadap stabilitas warna sediaan *blush on gel*. Data stabilitas warna terhadap pengaruh pH menunjukkan bahwa meskipun kopigmentasi efektif mempertahankan warna pada kondisi asam (pH 3–4), efektivitasnya menurun pada pH yang lebih tinggi. Ini menunjukkan bahwa interaksi kopigmen-antosianin bersifat sensitif terhadap lingkungan pH, sebagaimana juga dilaporkan oleh Wahyuni *et al.* (2017), bahwa bentuk berwarna antosianin (*flavylium*) tidak stabil dalam kondisi basa dan cenderung berubah menjadi bentuk tak berwarna akibat reaksi hidrasi [16].

Selain itu, pengujian stabilitas terhadap cahaya dan suhu menunjukkan bahwa sampel dengan kopigmentasi lebih tahan terhadap degradasi dibandingkan ekstrak murni. Degradasi warna paling besar terjadi pada paparan cahaya matahari langsung dan suhu tinggi (70–80 °C), kondisi yang memicu reaksi oksidatif dan fotodegradasi. Meskipun begitu, rasio kopigmentasi 1:1 terbukti memberikan perlindungan paling optimal. Temuan ini konsisten dengan laporan Gençdağ *et al.* (2022), yang menjelaskan bahwa kopigmentasi dengan *ferulic acid* dapat memperpanjang stabilitas warna antosianin dalam kondisi penyimpanan yang ekstrem melalui pembentukan ikatan hidrogen dan interaksi π - π stacking [17].

Dalam formulasi kosmetik, kestabilan warna dan aktivitas antioksidan sangat penting untuk menjamin daya saing dan keamanan produk. Sediaan *blush on gel* hasil formulasi tidak hanya menunjukkan karakteristik fisik yang baik (organoleptik, homogenitas, pH, daya sebar), tetapi juga didukung oleh peningkatan nilai fungsional melalui kopigmentasi. Hal ini membuka peluang untuk pengembangan kosmetik alami yang aman dan efektif, serta sesuai dengan tren keberlanjutan dan preferensi konsumen masa kini terhadap bahan aktif alami.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa teknik kopigmentasi menggunakan *ferulic acid* merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk mengatasi keterbatasan stabilitas antosianin, baik dari sisi warna maupun fungsi antioksidan, dalam formulasi kosmetik berbasis tanaman.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknik kopigmentasi efektif dalam meningkatkan stabilitas warna dan aktivitas antioksidan dari ekstrak bunga rosella. Kopigmentasi memungkinkan ekstrak antosianin mempertahankan kualitas warnanya dalam berbagai kondisi lingkungan serta meningkatkan daya tangkalnya terhadap radikal bebas.

Formulasi sediaan *blush on gel* yang dikembangkan memiliki kualitas fisik yang sesuai standar kosmetik topikal, sehingga berpotensi diaplikasikan sebagai produk dekoratif alami yang aman dan fungsional. Temuan ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan kosmetik berbasis bahan alam yang tidak hanya memperhatikan aspek estetika, tetapi juga mendukung keamanan dan keberlanjutan dalam industri kosmetik.

Acknowledgements: This research was supported by Faculty of Pharmacy, Jakarta Global University.

Author contributions: Concept – A.B.A, N; Design – A.B.A, N; Supervision – A.B.A, N, R.A; Resources – A.B.A, R.A; Materials – A.B.A, R.A; Data Collection and/or Processing – K.C; Analysis and/or Interpretation – K.C, A.B.A, N; Literature Search – K.C; Writing – K.C; Critical Reviews – K.C, A.B.A, N, R.A.

Conflict of interest statement: The authors have no conflict of interest to declare.

REFERENSI

1. R. Iwan Tranggono, Fatma Latifah. Buku Pegangan Ilmu Pengetahuan Kosmetik. Indonesian: Gramedia Pustaka Utama; 2007.
2. Harmoni Br Tarigan M, Asfianti V, Anastasia Br Ginting G, Kunci K, Etanol E, Kecombrang B, et al. Formulation and Evaluation of the Preparation of Blush on Cream from Ethanol Extract Flower Kecombrang (*Etlingera elatior* (Jack) R. M. Sm.). *Jurnal Biosains* 2021;7:103–15. <https://doi.org/10.24114/jbio.v7i2.26604>.
3. Enaru B, Dreţcanu G, Pop TD, Stănilă A, Diaconeasa Z. Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants* 2021;10:1967. <https://doi.org/10.3390/antiox10121967>.
4. Amantika RS, Syamwil R, Nurrohmah S. Fashion and Fashion Education Journal: Pemanfaatan Daun Lengkek (*Nephelium logan*) untuk Pewarna Batik. vol. 10. 2021.
5. Munawaroh H, Fadillah G, Saputri L, Hanif QA. Kopigmentasi dan Uji Stabilitas Warna Antosianin dari Isolasi Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.). Seminar Nasional Matematika, Sains dan Informatika 2015; 2015.
6. Azman EM, Yusof N, Chatzifragkou A, Charalampopoulos D. Stability Enhancement of Anthocyanins from Blackcurrant (*Ribes Nigrum* L.) Pomace through Intermolecular Copigmentation. *Molecules* 2022;27:5489. <https://doi.org/10.3390/molecules27175489>.
7. Dwiki, Nur Y, Fadraersada J. Profil Stabilitas Ekstrak Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa*) sebagai Kandidat Pewarna Lipstik. *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences* 2018;8:200–6. <https://doi.org/10.25026/mpc.v8i1.324>.
8. Trida P, Perwito Program Studi Farmasi D, Sains dan Kesehatan F. Optimasi Perbandingan Pelarut dan Lama Maserasi terhadap Kadar Total Antosianin Ekstrak Jantung Pisang (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*) Optimization of Solvent Comparison and Maceration Duration to Total Anthocyanin Levels of inflorescence Extract (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*). vol. 19. 2022.
9. Adrianto A, Laila Vifta R, Dyahariesti N. Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder Ekstrak Bunga Rosella dengan Perbandingan Pelarut Etanol 96% dan 70% serta Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl). 2019.
10. Gris EF, Ferreira EA, Falcão LD, Bordignon-Luiz MT. Influence of Ferulic Acid on Stability of Anthocyanins from Cabernet Sauvignon Grapes in a Model System and a Yogurt System. *Int J Food Sci Technol* 2007;42:992–8. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01335.x>.
11. Iskandar B, Ernilawati M, Firmansyah F, Frimayanti N. Formulasi Blush On Stick dengan Zat Pewarna Alami Ekstrak Kering Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus* L.). *Cendekia Journal of Pharmacy* 2021;5:70–80. <https://doi.org/10.31596/cjp.v5i1.117>.
12. Noor Hikmah F, Malahayati S, Fitri Nugraha D, Studi Farmasi Fakultas Kesehatan P, Sari Mulia Jl Pramuka Nomor U, Luar pemurus, et al. Formulasi dan Evaluasi Sediaan Serum Gel Ekstrak Bunga Melati (*Jasminum sambac* L.). vol. 3. 2023.
13. Yuliana A, Nurdianti L, Fitriani F, Amin S. Formulasi dan Evaluasi Kosmetik Dekoratif Perona Pipi dari Ekstrak Angkak (*Monascus purpureus*) sebagai Pewarna dengan Menggunakan Lesitin sebagai Pelembab Kulit. *Fitofarmaka: Jurnal Ilmiah Farmasi* 2020;10:1–11. <https://doi.org/10.33751/jf.v10i1.1673>.
14. Alvionita F. Formulasi dan Evaluasi Pewarna Pipi (Blush On) Tipe Compact Powder Ekstrak Freeze Dry Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.). *Politeknik Kesehatan Tanjungkarang*, 2021.
15. Qian B-J, Liu J-H, Zhao S-J, Cai J-X, Jing P. The Effects of Gallic/Ferulic/Caffeic Acids on Colour Intensification and Anthocyanin Stability. *Food Chem* 2017;228:526–32. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.120>.
16. Wahyuni H, Hanum T, Murhadi dan, Ir Sutami Km J, Kemang D, Laga W, et al. Pengaruh Kopigmentasi terhadap Stabilitas Warna Antosianin Ekstrak Kulit Terung Belanda (*Cyphomandra betacea* Sendtn). vol. 22. 2017.
17. Gençdağ E, Özdemir EE, Demirci K, Görgüç A, Yılmaz FM. Copigmentation and Stabilization of Anthocyanins Using Organic Molecules and Encapsulation Techniques. *Curr Plant Biol* 2022;29:100238. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100238>.