Journal of Pharmaceutical and Sciences
Electronic ISSN: 2656-3088 DOI: https://doi.org/10.36490/journal-jps.com
Homepage: https://journal-jps.com



ORIGINAL ARTICLE JPS. 2026, 9(4), 3551-3565

Optimization of PVA and Carbopol 940 in Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Pod Husk Extract Peel-off Gel Mask and Antioxidant Activity

Optimasi PVA dan Carbopol 940 dalam Masker Gel *Peel-off* Ekstrak Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan Aktivitas Antioksidan

Nisrina Aulia Aziz [a], Juwita Rahmawati [a]*

[a] *Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia.*

Corresponding Authors: jr673@ums.ac.id

Abstract

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk offers considerable promise as a source of natural antioxidants for cosmetic products. Favorable physical properties of a peel-off gel mask can only be achieved when its base has been optimized. This study aimed to optimize the combination of PVA and carbopol 940 in a peel-off gel mask containing cocoa pod husk extract and to evaluate its antioxidant activity. Optimization was carried out using a Simplex Lattice Design run in Design-Expert software (version 13), with pH, viscosity, spreadability, adhesion, and drying time as responses. The optimum formula was verified by comparing predicted and actual values using a one-sample t-test. The antioxidant capacity of the selected formula was measured by the DPPH radical scavenging assay (compared using an independent sample t-test), while its physical stability was examined through a cycling test and analyzed using a paired t-test. The combination of 9.451% PVA and 1.049% carbopol 940 produced the optimum formula with a desirability value of 0.985. Predicted versus actual values were pH 5.52 and 5.50, viscosity 175.22 and 198.94 dPas, spreadability 6.00 and 5.99 cm, adhesion 7.40 and 7.45 seconds, and drying time 23.33 and 23.22 minutes, respectively. The IC_{50} value of the formula was 51.83 ppm, while the cocoa pod husk extract, vitamin C, and the base without extract gave IC_{50} values of 29.28 ppm, 2.42 ppm, and 349.60 ppm, respectively. After the *cycling test*, no physical parameter changed significantly ($p > 0.05$). The optimized proportion of PVA and carbopol 940 produced a mask that met the physical criteria of the study and exhibited antioxidant activity in the strong category.

Keywords: Antioxidant, Carbopol 940, Cocoa pod husk, Peel-off gel mask, PVA.

Abstrak

Kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) berpeluang besar untuk dijadikan bahan antioksidan alami pada produk kosmetik. Sifat fisik masker gel *peel-off* yang baik hanya bisa dicapai apabila basisnya telah dioptimasi. Kajian ini ditujukan untuk mengoptimasi kombinasi PVA dan carbopol 940 pada masker gel *peel-off* ekstrak kulit buah kakao sekaligus menilai aktivitas antioksidannya. Optimasi dikerjakan menggunakan rancangan *Simplex Lattice Design* yang dijalankan pada program *Design-Expert* versi 13, sedangkan responsnya memuat pH, viskositas, daya sebar, daya lekat, dan waktu mengering. Formula optimum diverifikasi dengan membandingkan nilai prediksi dan aktual memakai *one sample t-test*. Kapasitas antioksidan formula terpilih diukur melalui uji peredaman radikal DPPH (dibandingkan dengan *independent sample t-test*), sedangkan kestabilan fisiknya ditelaah dengan *cycling test* dan dianalisis menggunakan *paired t-test*. Kombinasi PVA 9,451% dan carbopol 940 1,049% menghasilkan formula optimum dengan nilai *desirability* 0,985. Nilai prediksi dibandingkan aktual masing-masing adalah pH 5,52 dan 5,50, viskositas 175,22 dan 198,94 dPas, daya sebar 6,00 dan 5,99 cm, daya lekat 7,40 dan 7,45 detik, serta waktu mengering 23,33 dan 23,22 menit. Nilai IC_{50} formula tercatat sebesar 51,83 ppm, sementara ekstrak kulit buah kakao, vitamin C, dan basis tanpa ekstrak masing-masing memberikan nilai IC_{50} 29,28 ppm, 2,42 ppm, dan 349,60 ppm. Setelah *cycling test*, tidak ada parameter fisik yang berubah bermakna ($p > 0,05$). Proporsi PVA dan carbopol 940 hasil optimasi mampu menghasilkan masker yang memenuhi kriteria fisik penelitian dan memiliki antioksidan dalam kategori kuat.

Kata Kunci: Antioksidan, Carbopol 940, Kulit buah kakao, Masker gel peel-off, PVA.

Copyright © 2020 The author(s). You are free to : **Share** (copy and redistribute the material in any medium or format) and **Adapt** (remix, transform, and build upon the material) under the following terms: **Attribution** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use; **NonCommercial** — You may not use the material for commercial purposes; **ShareAlike** — If you remix, transform, or build upon the material, you must distribute your contributions under the same license as the original. Content from this work may be used under the terms of the a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License

https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v9i4.2144

Article History:
Received: 29/09/2026,
Revised: 19/11/2026,
Accepted: 22/11/2026,
Available Online: 22/11/2026.

QR access this Article

Pendahuluan

Permasalahan kulit wajah hingga kini masih banyak dikeluhkan oleh masyarakat. Kondisi tersebut antara lain dipicu oleh radikal bebas yang bersumber dari radiasi ultraviolet (UV), udara yang tercemar, paparan asap rokok, dan pola hidup yang kurang sehat [1]. Stres oksidatif dapat timbul akibat paparan radikal bebas yang berlebihan dan turut memicu beragam gangguan kulit, antara lain jerawat, kulit kusam, hiperpigmentasi, penuaan dini, keriput, dan berkurangnya elastisitas kulit. Perlindungan kulit terhadap kerusakan oksidatif tersebut memerlukan produk perawatan yang mengandung antioksidan [2]. Kulit buah kakao layak dikembangkan sebagai bahan antioksidan alami [3] karena kaya akan polifenol, terutama flavonoid dan tanin. Netralisasi radikal bebas oleh senyawa-senyawa ini berlangsung lewat donasi elektron ataupun atom H yang pada akhirnya memutus rantai reaksi oksidasi [4]. Pemanfaatan kulit buah kakao sebagai sumber antioksidan juga mampu menaikkan nilai guna limbah dari pengolahan kakao [5]. Pengolahan menjadi zat aktif dalam kosmetik menciptakan kesempatan untuk memanfaatkan sumber daya lokal sekaligus berperan dalam pengurangan limbah di area perkebunan [6]. Potensi antioksidan ini perlu dijaga ketika ekstrak diolah menjadi sediaan topikal mengingat proses formulasi dapat berpengaruh terhadap pelepasan dan ketersediaan senyawa aktif di dalam sediaan.

Sediaan topikal yang dapat dipakai untuk membawa senyawa antioksidan ke kulit ialah masker gel *peel-off*. Mekanisme kerja sediaan ini mengikuti prinsip *Occlusive Dressing Treatment* (ODT), yakni pembentukan lapisan semi-oklusif di permukaan kulit yang mampu meningkatkan hidrasi stratum korneum serta membantu bahan aktif menembus kulit [7]. Lapisan film yang terbentuk setelah masker mengering dapat dilepas tanpa air sehingga sediaan ini praktis dipakai [8]. Komponen pembentuk film dan pembentuk gel yang dipilih akan menentukan karakteristik masker tersebut. Polimer PVA umumnya berfungsi membentuk matriks film melalui ikatan H di antara serangkaian polimer, tetapi pemakaiannya tanpa polimer lain cenderung menghasilkan lapisan yang kaku dan kurang lentur. Carbopol 940 dapat berperan sebagai *gelling agent* yang menaikkan viskositas dan stabilitas sediaan serta menghasilkan gel yang jernih dan homogen setelah dinetralkan dengan basa seperti trietanolamin [9]. Dengan demikian, karakteristik sediaan yang lebih sesuai diharapkan dapat dicapai melalui kombinasi PVA pada rentang konsentrasi 9-10% dan carbopol 940 0,5-1,5% [10]. Optimasi kombinasi kedua polimer tersebut diperlukan agar diperoleh masker dengan sifat fisik yang optimal.

Untuk memperoleh komposisi kedua polimer yang optimal, diperlukan cara *Simplex Lattice Design* (SLD). SLD ialah rancangan *mixture design* yang dipakai guna mengevaluasi pengaruh proporsi setiap komponen beserta interaksinya terhadap respons formulasi. Metode ini sesuai diterapkan apabila jumlah total komponen campuran dipertahankan tetap, sedangkan proporsi masing-masing komponen divariasikan [11]. Optimasi kombinasi PVA dan carbopol pada masker gel *peel-off* berbahan ekstrak etanolik daun sirih telah dilaporkan di penelitian Setiyadi dan Qonitah, (2020), dengan rentang PVA (13-14%) dan carbopol (1-2%) yang memperoleh desirability 0,531, dengan IC_{50} 111,25 µg/mL, sedangkan ekstraknya memiliki nilai IC_{50} 7,62 µg/mL. Penelitian Salmannejad, *et al*., (2024), pada masker ekstrak kedelai juga menggunakan kombinasi PVA (2,5-17,5%) dan carbopol (0-2,4%), dengan nilai desirability 0,964, tetapi tidak mengevaluasi aktivitas antioksidan. Sementara itu, penelitian Wulandari, *et al*., (2023), pada ekstrak kulit buah kakao menggunakan kombinasi Xanthan gum (0-1,5%) dan HPMC (0-1,5%), serta memperoleh desirability 0,969 dan nilai IC_{50} formula optimum 143,664 ppm. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa optimasi kombinasi polimer dapat diterapkan pada masker gel *peel-off*, termasuk sediaan yang mengandung bahan aktif antioksidan. Namun, jenis polimer, rentang konsentrasi, dan bahan aktif yang digunakan masih berbeda

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

sehingga diperlukan kajian lebih lanjut mengenai kombinasi PVA dan carbopol 940 pada masker gel *peel-off* ekstrak kulit buah kakao.

Selain memperoleh penggabungan polimer yang optimal, evaluasi aktivitas antioksidan setelah proses formulasi juga penting dilakukan. Aspek ini penting mengingat proses formulasi dapat mengubah pelepasan dan ketersediaan senyawa aktif sehingga aktivitas antioksidan sediaan berpotensi ikut terpengaruh. Oleh karena itu, pengujian aktivitas antioksidan perlu dilakukan tidak hanya pada ekstrak, tetapi juga terhadap formula optimum, dengan membandingkan terhadap kontrol positif dan kontrol negatif menggunakan metode DPPH. Di samping itu, stabilitas fisik dari formula optimum juga perlu diuji untuk memastikan bahwa mutu masker tetap terjaga selama proses penyimpanan, salah satunya melalui *cycling test* yang memberi tekanan perubahan suhu berulang [2]. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengoptimasi kombinasi PVA dan carbopol 940 menggunakan metode SLD pada masker gel *peel-off* ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.), serta mengevaluasi karakteristik fisik, stabilitas fisik, dan aktivitas antioksidan dengan cara DPPH.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Peralatan riset terdiri atas perangkat gelas merek Pyrex, blender (Philips), neraca analitik (Ohaus), oven (Memmert), *rotary evaporator* (Heidolph Laborata 4000), pH meter tipe Ohaus starter 3100, spektrofotometer UV-Vis tipe Shimadzu UV-1280, *hotplate stirrer* serta *magnetic stirrer* merek Thermo Scientific Cimarec, viskometer Brookfield (Ametek DV-1), *waterbath* (Memmert), *spreadability tester*, dan *adhesion tester*.

Bahan utama berupa kulit buah kakao diperoleh dari daerah Gunungwungkal, Pati, Jawa Tengah. Bahan lainnya meliputi etanol 96%, *Polyvinyl Alcohol* (PVA), carbopol 940, propilen glikol, trietanolamin, propil paraben, metil paraben, *cacao fragrance*, aquadest, etanol p.a, serbuk DPPH, serbuk Mg, HCl pekat, pereaksi Dragendorff, pereaksi Mayer, $FeCl_3$, kloroform, serta asam sulfat.

Ekstraksi Kulit Buah Kakao

Kulit buah kakao terlebih dahulu dicuci bersih menggunakan air, lalu dirajang kecil-kecil dan dijemur hingga kering. Bahan yang sudah kering selanjutnya digiling memakai blender sehingga menjadi serbuk yang masih bertekstur kasar. Sejumlah 1000 gram serbuk kering tersebut direndam dalam 5 L etanol 96% selama 48 jam menggunakan bejana tertutup yang dijauhkan dari cahaya, dan campuran diaduk sesekali selama perendaman. Campuran hasil maserasi disaring, lalu filtrat yang didapat ditampung di dalam wadah kaca tertutup dan diberi label sebagai filtrat 1. Ampas kulit buah kakao yang tersisa diremaserasi menggunakan 2,5 L etanol 96% selama 48 jam, kemudian campuran tersebut disaring dan filtratnya ditampung sebagai filtrat 2. Filtrat 3 diperoleh dengan cara mengulang kembali tahap remaserasi melalui prosedur yang sama. Ketiga filtrat yang terkumpul digabungkan menjadi satu, lalu pelarutnya dihilangkan memakai *rotary evaporator* yang diatur pada 45°C dan 90 rpm. Hasil evaporasi tersebut diuapkan lebih lanjut di atas *waterbath* bersuhu 50°C sampai terbentuk ekstrak yang kental dan pekat [15].

Formulasi Sediaan Masker Gel *Peel-off*

Tabel 1. Variasi Konsentrasi PVA dan carbopol 940

		Jumlah (%)	
Formula	***Run***	**PVA**	**Carbopol 940**
1	1	9,5	1
	6	9,5	1
2	2	10	0,5
	4	10	0,5
3	3	9	1,5
	5	9	1,5
4	7	9,75	0,75
5	8	9,25	1,25

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

Pembuatan *Simplex Lattice Design* yang dioperasikan di aplikasi *Design-Expert* versi 13 dipakai untuk mengoptimasi formula masker gel *peel-off*. Komponen yang dioptimasi adalah PVA pada rentang 9 – 10% dan carbopol 940 pada rentang 0,5 – 1,5%, dengan total kedua polimer dijaga tetap 10,5% [10]. Pemilihan rentang konsentrasi tersebut didasarkan pada fungsi PVA sebagai *film-forming agent* dan carbopol 940 sebagai *gelling agent*, serta mengacu pada penelitian Budiarti, *et al*., (2025) yang melaporkan penggunaan konsentrasi polimer dalam formulasi masker gel *peel-off*. Rentang konsentrasi yang dipakai relatif sempit karena optimasi difokuskan pada pengaruh perubahan proporsi kedua polimer dengan jumlah tetap. Rancangan tersebut menghasilkan delapan *run* yang terdiri atas lima komposisi formula dan tiga run tambahan sebagai replikasi (Tabel 1). Replikasi dimaksudkan untuk menjamin konsistensi, keandalan, serta validitas hasil pengujian [16].

Pembuatan Sediaan Masker Gel *Peel-off*

Carbopol 940 diformulasikan pada mortir menggunakan aquadest sebanyak 20 kali jumlahnya selama 1 jam tanpa diaduk hingga terbentuk gel jernih, lalu TEA ditambahkan dan campuran diaduk sampai homogen (bagian 1). PVA dikembangkan dalam aquadest bersuhu 80°C dengan pengadukan konstan hingga mengembang dan menghasilkan larutan yang jernih serta homogen (bagian 2). Propilen glikol dipakai untuk melarutkan kedua pengawet, yakni propil paraben dan metil paraben, dengan pemanasan memakai *hot plate* sampai homogen (bagian 3). Bagian 2 dicampurkan ke dalam bagian 1 dan diaduk hingga homogen, diikuti penambahan bagian 3 dengan pengadukan sampai tercampur rata. Ekstrak kulit buah kakao lalu dicampurkan pada basis gel sambil terus diaduk sampai merata, kemudian *cacao fragrance* ditambahkan. Bobot sediaan dicukupkan hingga 100 gram dengan aquadest, kemudian campuran diaduk kembali hingga diperoleh masker yang seragam [16].

Tabel 2. Formula masker gel *peel-off* ekstrak kulit kakao

Nama	*Run*							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Ekstrak kulit kakao (g)	5	5	5	5	5	5	5	5
PVA (g)	9,5	10	9	10	9	9,5	9,75	9,25
Carbopol 940 (g)	1	0,5	1,5	0,5	1,5	1	0,75	1,25
Propilen glikol (g)	10	10	10	10	10	10	10	10
TEA (g)	1	1	1	1	1	1	1	1
Metil paraben (g)	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Propil paraben (g)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Cacao fragrance (tts)	3	3	3	3	3	3	3	3
Aquadest ad (mL)	100	100	100	100	100	100	100	100

Uji Skrining Fitokimia

Skrining fitokimia dikerjakan guna mengenali keberadaan tanin, terpenoid, saponin, flavonoid, dan alkaloid di dalam ekstrak. Ekstrak seberat 0,1 g untuk uji alkaloid dilarutkan dalam campuran 9 mL air, 1 mL HCl 2N, serta 1 mL etanol 96%, kemudian dipanaskan. Filtrat yang telah dingin dibagi dua, kemudian masing-masing bagian diuji memakai pereaksi Mayer dan Dragendorff. Uji flavonoid menggunakan 0,5 g ekstrak yang dididihkan 5 menit dalam air panas bervolume 10 mL, lalu filtratnya diberi 3 tetes HCl pekat dan serbuk Mg seberat 0,05 g. Uji saponin memakai 0,1 g ekstrak yang ditambah 10 mL air panas beserta 1 mL etanol 96%, disaring sesudah dingin, lalu filtratnya dikocok vertikal selama ±10 detik. Identifikasi terpenoid memerlukan larutan 0,1 g ekstrak dalam kloroform sebanyak 2 mL, lalu 1 mL asam asetat anhidrat beserta 1–2 tetes H_2SO_4 pekat dialirkan perlahan lewat sisi tabung. Sampel uji tanin disiapkan dengan cara serupa, yaitu 0,1 g ekstrak yang dicampur 1 mL etanol 96% serta air panas sebanyak 10 mL, lalu filtratnya ditetesi 3 tetes $FeCl_3$ 1%. Penanda positif alkaloid berupa endapan putih ataupun kuning sesudah diberi Mayer dan endapan merah jingga sesudah diberi Dragendorff. Flavonoid ditandai oleh munculnya warna kuning-jingga sampai merah, saponin oleh busa yang bertahan sedikitnya 10 menit, terpenoid oleh warna merah kecokelatan atau ungu, dan tanin oleh warna biru atau hijau kehitaman [17].

Evaluasi Fisik Masker Gel *Peel-off* Ekstrak Kulit Kakao

Uji Organoleptik

Warna, aroma, dan bentuk masker diamati secara visual sebagai bagian dari uji organoleptik [2].

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

Uji Homogenitas

Sampel dioleskan tipis pada permukaan kaca objek, kemudian diperiksa apakah masih terdapat partikel yang tidak tercampur. Homogenitas sediaan terpenuhi jika olesan pada kaca objek tidak memperlihatkan butiran kasar, gumpalan, ataupun gelembung udara [2].

Uji pH

Alat pH meter dikalibrasi lebih dulu memakai dua dapar baku, yakni pH 4 dan pH 7. Elektroda kemudian dibilas aquadest, diseka hingga kering, lalu dicelupkan pada sampel hingga angka pH yang terbaca tidak lagi berubah, lalu nilainya dicatat [2]. Sediaan topikal dinilai baik bilamana pH-nya ada pada kisaran pH kulit, yakni 4,5-6,5 [18].

Uji Viskositas

Viskositas ditentukan dengan alat *Brookfield* yang dipasangi *spindle* nomor 7 dan diputar 30 rpm. *Spindle* dicelupkan ke dalam sediaan sampai batas tanda, lalu angka viskositas yang ditunjukkan alat dicatat [2]. Rentang viskositas yang baik berada pada 20-500 dPas [18].

Uji Daya Sebar

Pengujian daya sebar diawali dengan menaruh 0,5 gram masker di atas lempeng kaca berdiameter 15 cm, menutupnya dengan kaca penutup, lalu membiarkannya selama 1 menit. Beban ditambahkan secara bertahap hingga 250 gram dengan selang waktu 1 menit, dan diameter sebaran diukur setiap kali beban ditambah [2]. Kemampuan menyebar yang baik ketika sediaan dioleskan pada kulit ditunjukkan oleh daya sebar 5-7 cm [18].

Uji Daya Lekat

Daya lekat diukur dengan mengapit 0,5 gram sampel memakai dua kaca objek yang lalu dibebani 100 gram selama 5 menit. Durasi hingga kedua kaca objek lepas setelah beban diangkat dicatat sebagai nilai daya lekat. Sediaan dinilai memiliki kemampuan melekat yang baik apabila waktu lekatnya melampaui 4 detik [19].

Uji Waktu Mengering

Waktu kering ditentukan melalui pengolesan 0,5 gram sediaan di lengan atas dengan luas olesan 5x5 cm, lalu lama waktu hingga olesan tersebut kering dan berubah menjadi lapisan tipis diukur memakai *stopwatch* [2]. Rentang waktu kering yang ideal bagi masker jenis ini ialah 15-30 menit [18].

Pengukuran Aktivitas Antioksidan

Pembuatan larutan DPPH 0,1 mM

Serbuk DPPH 4 mg dilarutkan memakai etanol p.a pada labu ukur bervolume 100 mL yang telah dibungkus aluminium foil. Larutan tersebut disimpan di tempat gelap sampai digunakan untuk pengujian [20].

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum DPPH

Sebanyak 3 mL DPPH berkadar 0,1 mM dipipet ke labu takar berukuran 5 mL, lalu etanol p.a ditambahkan sampai volumenya tepat serta larutan dikocok rata. Serapan larutan dalam kuvet dibaca pada rentang 515-520 nm memakai spektrofotometer UV-Vis [20].

Penentuan *Operating Time*

Labu takar 5 mL diisi dengan 3 mL DPPH berkonsentrasi 0,1 mM, kemudian ditambah etanol p.a hingga homogen. Serapan larutan dalam kuvet dibaca pada λ maksimum dengan selang 5 menit sepanjang 60 menit atau sampai nilainya tidak berubah lagi [20].

Pengujian Larutan Blanko DPPH

Larutan blanko disiapkan dari 3 mL DPPH 0,1 mM yang dipipet ke labu takar 5 mL, berikutnya dipadakan dengan etanol p.a hingga tercampur rata. Inkubasi dilakukan dalam ruang tanpa cahaya selama 30 menit, lalu serapannya dibaca dalam kuvet pada λ maksimum [20].

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

Pengujian dan Pembuatan Larutan Kontrol Vitamin C

Serbuk vitamin C seberat 10 mg dilarutkan dengan etanol p.a di labu ukur bervolume 100 mL hingga menjadi larutan stok 100 ppm. Sebanyak 75, 100, 125, 150, dan 175 µL larutan stok 100 ppm dipindahkan ke labu takar 5 mL untuk memperoleh seri konsentrasi 1,5; 2; 2,5; 3; dan 3,5 ppm. Ke setiap labu ditambahkan DPPH sejumlah 3 mL beserta etanol p.a sampai garis tanda, kemudian larutan dikocok rata dan didiamkan 30 menit tanpa cahaya. Serapannya dibaca pada instrumen spektrofotometer UV-Vis [20].

Pengujian dan Pembuatan Larutan Uji Ekstrak Kulit Buah Kakao

Larutan stok ekstrak 1000 ppm disiapkan dari 100 mg ekstrak yang dilarutkan memakai pelarut etanol p.a pada labu takar berkapasitas 100 mL. Larutan uji 25, 30, 35, 40, dan 45 ppm disiapkan dengan memipet 125, 150, 175, 200, dan 225 µL larutan stok 1000 ppm yang masing-masing ditampung pada labu takar 5 mL. Tiap labu kemudian diberi 3 mL DPPH, ditepatkan volumenya dengan etanol p.a, dikocok, serta dibiarkan bereaksi 30 menit tanpa paparan cahaya. Serapan larutan kemudian dibaca menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis [20].

Pengujian dan Pembuatan Larutan Uji Formula Optimum

Sampel masker seberat 2 g dilarutkan memakai etanol p.a pada labu takar 100 mL untuk menghasilkan larutan stok 1000 ppm. Pemipetan 150, 225, 300, 375, dan 450 µL larutan stok 1000 ppm pada labu takar 5 mL menghasilkan larutan uji 30, 45, 60, 75, dan 90 ppm. Setiap labu memperoleh tambahan 3 mL DPPH serta etanol p.a sampai garis batas, kemudian dikocok rata dan didiamkan 30 menit terlindung dari sinar. Serapan setiap larutan kemudian dibaca memakai alat spektrofotometer UV-Vis [20].

Pengujian dan Pembuatan Larutan Kontrol Negatif

Larutan kontrol negatif berbahan dasar 2 g basis masker yang tidak mengandung ekstrak, dilarutkan memakai etanol p.a pada labu takar 100 mL hingga didapat larutan stok 1000 ppm. Larutan stok 1000 ppm dipipet sebanyak 150, 225, 300, 375, dan 450 µL ke dalam labu ukur 5 mL sehingga dihasilkan larutan uji 30, 45, 60, 75, dan 90 ppm. Tiap labu diberi 3 mL DPPH lalu ditepatkan dengan etanol p.a, dikocok sampai rata, dan dibiarkan 30 menit di ruang gelap. Absorbansinya ditentukan dengan spektrofotometer UV-Vis [20].

Penentuan Persen Inhibisi dan Nilai IC_{50}

Persentase penghambatan (% inhibisi) tiap sampel dihitung dari nilai absorbansi yang diperoleh dengan rumus berikut :

$$\%\ inhibisi = \frac{absorbansi\ DPPH - absorbansi\ sampel}{absorbansi\ DPPH}\ x\ 100\%$$

Nilai IC_{50} ditentukan dengan meregresikan secara linier konsentrasi sampel (x) terhadap persentase inhibisi (y) yang menghasilkan persamaan garis y = bx + a. Nilai IC_{50} didapatkan dengan menuang angka 50 sebagai nilai y pada persamaan itu karena IC_{50} merupakan kadar sampel yang dapat menekan 50% radikal DPPH [20]. Perhitungannya mengikuti persamaan di bawah ini :

$$x = \frac{50 - a}{b}$$

Uji Stabilitas Fisik

Cycling Test dipakai untuk menguji kestabilan sediaan melalui paparan dua suhu, yaitu suhu dingin 4 ± 2°C serta suhu hangat 40 ± 2°C. Setiap siklus terdiri atas penyimpanan 24 jam di 4 ± 2°C yang diikuti penyimpanan 24 jam di 40 ± 2°C. Perlakuan ini diulang hingga 6 siklus dengan total durasi 12 hari [2].

Analisis Data

Formula terbaik ditetapkan dengan rancangan *Simplex Lattice Design* yang dikaji dalam program *Design-Expert* versi 13 berdasarkan respons waktu mengering, daya sebar, pH, daya lekat, dan viskositas. Formula optimal diverifikasi dengan analisa statistik uji *one sample t-test* memakai program SPSS versi 25. Data aktivitas antioksidan diuji menggunakan *independent sample t-test* guna melihat ada tidaknya perbedaan antara

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

kelompok kontrol serta kelompok uji. Selanjutnya, data stabilitas sebelum dan sesudah perlakuan diolah menggunakan *paired t-test* pada program SPSS 25.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Ekstraksi Kulit Buah Kakao

Proses maserasi memakai pelarut etanol 96% menghasilkan 123,61 gram ekstrak kental kulit buah kakao dari 1000 gram simplisia kering, setara dengan rendemen 12,361%. Ekstrak tersebut secara organoleptik berwarna cokelat tua dengan aroma khas kulit buah kakao. Rendemen ini lebih besar daripada yang dilaporkan penelitian Khoiriyah, *et al*., (2022), yaitu 8,03% untuk ekstrak etanol 96% kulit buah kakao. Perbedaan rendemen pada penggunaan pelarut yang sama dapat disebabkan oleh sejumlah faktor, misalnya ukuran partikel simplisia, durasi dan proses ekstraksi, perbandingan pelarut dengan simplisia, serta proses pemekatan ekstrak [6].

Hasil Skrining Fitokimia

Penelusuran golongan metabolit sekunder pada ekstrak ditempuh melalui serangkaian uji fitokimia. Tabel 3 memuat hasil identifikasi senyawa tersebut.

Tabel 3. Hasil uji skrining fitokimia ekstrak kulit kakao

No	Uji	Hasil	Keterangan
1	Alkaloid	+	Mayer: endapan putih Dragendorff: endapan jingga
2	Flavonoid	+	Warna jingga
3	Saponin	+	Terbentuk busa stabil
4	Terpenoid	+	Warna merah kecokelatan
5	Tanin	+	Warna hijau kehitaman

Hasil skrining fitokimia memperlihatkan reaksi positif ekstrak terhadap golongan senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, terpenoid, dan tanin. Kandungan alkaloid terdeteksi melalui munculnya endapan berwarna putih setelah ekstrak direaksikan dengan pereaksi Mayer serta endapan berwarna jingga setelah ditetesi pereaksi Dragendorff. Keberadaan flavonoid teridentifikasi dari berubahnya warna larutan menjadi jingga, sementara keberadaan saponin ditandai oleh busa yang terbentuk secara stabil. Reaksi positif terpenoid terlihat dari timbulnya warna merah kecokelatan, sedangkan tanin dikenali dari larutan yang berubah warna menjadi hijau pekat cenderung hitam. Kemampuan antioksidan ekstrak terutama berasal dari kelompok polifenol, khususnya flavonoid dan tanin [21].

Hasil Evaluasi Fisik Masker Gel *Peel-off*

Tabel 4. Nilai rata-rata uji sifat fisik masker gel *peel-off* ekstrak kulit buah kakao

Run	Respon				
	pH	Viskositas (dPas)	Daya sebar (cm)	Daya lekat (detik)	Waktu kering (menit)
1	5,62 ± 0,01	184,00 ± 2,70	6,25 ± 0,01	7,29 ± 0,33	23,03 ± 0,15
2	6,32 ± 0,01	94,66 ± 3,52	6,70 ± 0,17	5,52 ± 0,48	21,22 ± 0,14
3	5,10 ± 0,005	354,23 ± 12,70	5,35 ± 0,21	8,53 ± 0,12	25,47 ± 0,24
4	6,29 ± 0,005	100,43 ± 4,26	6,72 ± 0,21	5,34 ± 0,11	21,45 ± 0,23
5	5,13 ± 0,005	346,63 ± 6,11	5,33 ± 0,14	8,96 ± 0,04	25,38 ± 0,22
6	5,57 ± 0,005	161,33 ± 0,75	6,13 ± 0,16	7,42 ± 0,33	23,07 ± 0,15
7	5,99 ± 0,01	109,33 ± 1,35	6,34 ± 0,04	6,55 ± 0,33	22,33 ± 0,24
8	5,25 ± 0,005	218,23 ± 2,04	5,71 ± 0,03	8,25 ± 0,09	24,28 ± 0,27

Kedelapan *run* masker gel *peel-off* yang diuji memiliki karakteristik organoleptik yang seragam, yakni berwarna cokelat tua, beraroma khas kulit buah kakao, dan bertekstur semipadat. Butiran kasar maupun gumpalan juga tidak dijumpai pada seluruh *run* sehingga semuanya tergolong homogen. Hasil pengujian sifat fisik secara lengkap disajikan pada Tabel 4. Pengukuran pH ditujukan guna menilai keselarasan sediaan

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

dengan pH kulit serta kemungkinan timbulnya iritasi ketika sediaan digunakan. pH masker gel *peel-off* tidak boleh berada di luar rentang pH alami kulit, yakni 4,5 – 6,5 [16]. Hasil pengukuran membuktikan bahwa seluruh *run* telah memenuhi kriteria pH tersebut. Persamaan Scheffe pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa koefisien carbopol 940 bernilai positif (+129,40) dan lebih besar daripada koefisien PVA (+0,58) sehingga pengaruh carbopol 940 terhadap nilai pH lebih kuat. Koefisien interaksi antara PVA dan carbopol 940 yang bernilai negatif (-20,18) menandakan adanya interaksi yang menurunkan pH sediaan. Pola naik turun di grafik (Gambar 1a) diwakili oleh suku AB(A-B) yang merupakan suku tambahan pengaruh gabungan kadar PVA dan carbopol. Penurunan pH sejalan dengan sifat carbopol yang asam dan baru membentuk gel setelah dinetralkan dengan basa seperti TEA. Karena jumlah TEA pada semua formula sama (1 g), maka semakin tinggi kadar carbopol akan semakin banyak gugus asam yang tidak ternetralkan sehingga pH menurun [10]. Model *cubic* dinyatakan signifikan oleh analisis ANOVA (*p-value* <0,05) sehingga mampu menjelaskan keterkaitan antara komposisi PVA dan carbopol 940 dengan respons pH.

Tingkat kekentalan sediaan diukur melalui uji viskositas karena sifat ini menentukan seberapa mudah masker dioleskan dan disebarkan. Viskositas yang makin tinggi dapat memperpanjang waktu retensi sediaan di tempat aplikasi, tetapi dapat pula menurunkan daya sebarnya. Retensi yang berkepanjangan memperpanjang kontak sediaan dengan permukaan kulit sehingga manfaat yang diinginkan lebih mungkin diperoleh. Rentang viskositas yang dijadikan acuan adalah 20 – 500 dPas [2]. Seluruh *run* terbukti berada dalam rentang tersebut. Persamaan Scheffe pada Tabel 5 memperlihatkan koefisien positif carbopol 940 (+2298,05) yang lebih besar daripada PVA (+14,55) sehingga carbopol 940 lebih berpengaruh terhadap respons viskositas. Koefisien interaksi PVA dan carbopol 940 yang bernilai negatif menandakan adanya interaksi yang menurunkan viskositas sediaan. Hal ini dapat dijelaskan karena jumlah TEA yang digunakan tetap, sehingga pengembangan mikrogel tidak naik proporsional. Ikatan hidrogen antara gugus -OH PVA dan gugus -COOH carbopol yang belum terionisasi juga ikut berperan. Analisis ANOVA (*p-value* <0,05) membuktikan bahwa model *quadratic* signifikan mempengaruhi komposisi PVA dan carbopol 940 terhadap respons viskositas.

Tabel 5. Persamaan model dan hasil analisis ANOVA respons uji fisik

Respon	Persamaan	Model	SS	df	MS	*F-value*	*p-value*	*Lack of fit*	*Adjusted* R^2
pH	y = 0,58 (A) + 129,40 (B) – 20,18 (AB) + 0,77 AB(A-B)	*Cubic*	1,71	3	0,5705	1052,77	<0,0001	0,8853	0,9978
Viskositas	y = 14,55 (A) + 2298,05 (B) – 239,35 (AB)	*Quadratic*	75450,30	2	37725,15	182,95	<0,0001	0,1589	0,9811
Daya sebar	y = 0,70 (A) - 0,65 (B)	*Linear*	2,07	1	2,07	249,97	<0,0001	0,0965	0,9727
Daya lekat	y = 0,37 (A) + 3,70 (B)	*Linear*	12,43	1	12,43	258,91	<0,0001	0,3815	0,9736
Waktu mengering	y = 1,91 (A) + 14,90 (B) – 1,05 (AB)	*Quadratic*	18,74	2	9,37	644,68	<0,0001	0,2828	0,9946

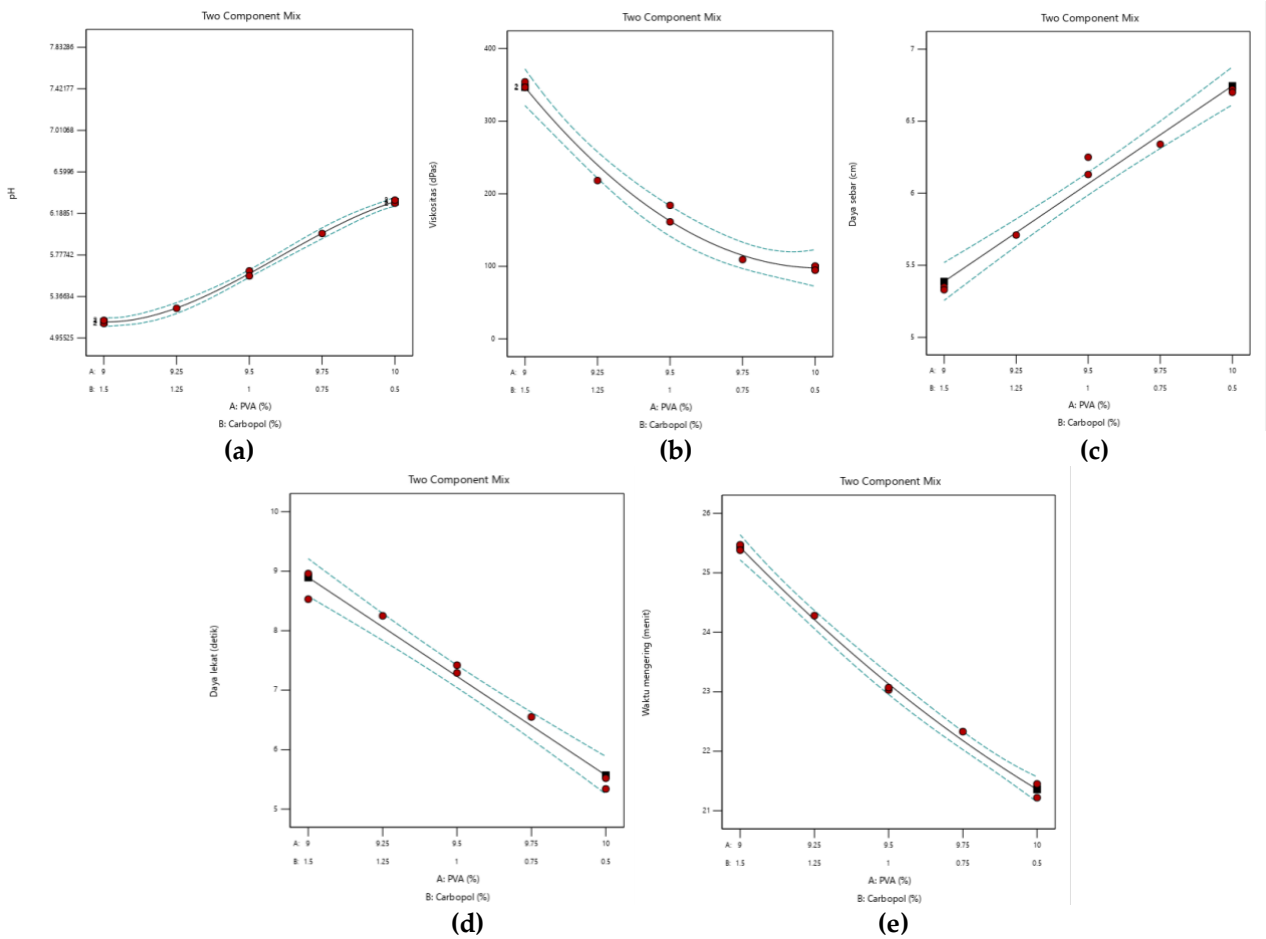
Keterangan: A : PVA
B : Carbopol 940

Daya sebar diuji untuk melihat seberapa luas masker dapat melebar di atas kulit sehingga mudah dioleskan secara merata. Masker yang mudah dioleskan pada permukaan kulit menandakan bahwa bahan aktif di dalamnya terdistribusi dengan baik [22]. Daya sebar seluruh *run* tercatat berada pada kisaran 5,33 – 6,72 cm sehingga seluruhnya memenuhi kriteria 5-7 cm. Persamaan Scheffe pada Tabel 5 menghasilkan koefisien yang bernilai positif untuk PVA (+0,70) dan koefisien yang bernilai negatif untuk carbopol 940 (-0,65). Temuan ini berarti bahwa PVA memberikan pengaruh yang meningkatkan daya sebar, sedangkan carbopol 940 memberikan pengaruh yang menurunkannya. Efek negatif carbopol 940 tersebut berkaitan dengan naiknya viskositas sediaan yang cenderung menghambat kemampuan sediaan untuk menyebar. Signifikansi model *linear* dalam menerangkan pengaruh komposisi PVA dan carbopol 940 terhadap respons daya sebar dibuktikan melalui analisis ANOVA (*p-value* <0,05).

Pengujian daya lekat dimaksudkan guna menilai kemahiran sediaan untuk tetap menempel dan mempertahankan kontak dengan permukaan kulit selama dipakai. Sediaan yang memiliki daya lekat baik tidak mudah terlepas sehingga zat aktif dapat bersentuhan lebih lama dengan kulit dan efektivitas terapi yang diharapkan dapat dicapai [22]. Waktu lekat kedelapan *run* tercatat 5,34 – 8,96 detik sehingga seluruhnya telah melampaui batas minimal 4 detik. Persamaan Scheffe pada Tabel 5 menunjukkan koefisien positif carbopol 940 (+3,70) yang lebih besar daripada koefisien PVA (+0,37) sehingga carbopol 940 memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap respons daya lekat. Kondisi ini berkaitan dengan kemampuan carbopol 940 dalam

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

membentuk struktur gel dan menaikkan konsistensi sediaan. Model *linear* terbukti signifikan berdasarkan analisis ANOVA (*p-value* <0,05) dalam menjelaskan keterkaitan komposisi PVA dan carbopol 940 dengan respons daya lekat.



Gambar 1. Grafik respons pH (a), viskositas (b), daya sebar (c), daya lekat (d), waktu mengering (e) pada masker gel *peel-off* ekstrak kulit buah kakao dengan kombinasi PVA dan carbopol 940

Lama pengeringan diukur untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan masker hingga berubah menjadi selaput tipis setelah dioleskan pada kulit. Kepraktisan pemakaian sediaan sangat ditentukan oleh parameter ini [2]. Waktu mengering seluruh *run* berkisar 21,22 – 25,47 menit sehingga masih berada dalam rentang acuan 15-30 menit. Persamaan Scheffe pada Tabel 5 memperlihatkan koefisien positif carbopol 940 (+14,90) yang lebih besar daripada PVA (+1,91) sehingga carbopol 940 lebih berpengaruh terhadap respons waktu mengering. Koefisien interaksi PVA dan carbopol 940 bernilai negatif (-1,05) yang menandakan adanya interaksi yang mempersingkat waktu mengering. Secara teoretis, konsistensi sediaan dan pembentukan lapisan film selama pengeringan dapat dipengaruhi oleh komposisi polimer [23]. Analisis ANOVA (*p-value* <0,05) memperlihatkan bahwa model *quadratic* signifikan untuk menggambarkan pengaruh komposisi PVA dan carbopol 940 terhadap respons waktu mengering.

Perbedaan model untuk tiap respons terjadi karena pemilihan model dilakukan secara terpisah untuk setiap respons. Model yang dipilih ialah model berderajat tinggi yang signifikan ($p < 0,05$), tidak mengalami *aliasing*, dan memiliki *lack of fit* yang tidak signifikan ($p > 0,05$), dengan mempertimbangkan nilai R^2 terkoreksi (*adjusted* R^2). Seluruh model memenuhi kriteria tersebut, seperti yang ditunjukkan oleh nilai *lack of fit* dan *adjusted* R^2 pada Tabel 5.

Konfirmasi dan Verifikasi Formula Optimum

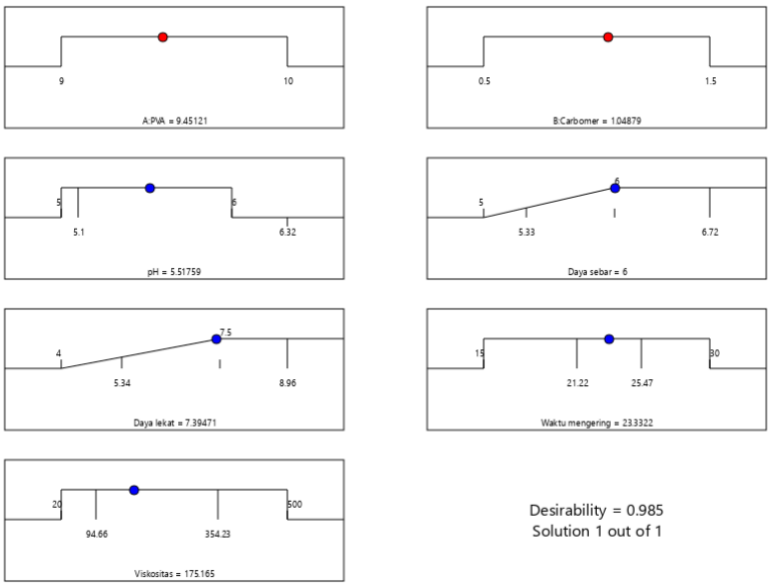
Data hasil evaluasi fisik tiap *run* diolah menggunakan program *Design-Expert* versi 13 untuk mendapatkan formula optimum. Formula optimum ditetapkan dengan mempertimbangkan kriteria yang sudah ditentukan bagi masing-masing respons, yakni daya sebar, viskositas, waktu mengering, daya lekat, dan pH. Pendekatan *desirability* digunakan dalam proses optimasi ini, yaitu metode yang memadukan seluruh respons ke dalam satu nilai tunggal sebagai gambaran seberapa sesuai formula dengan kriteria yang

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

diharapkan. Formula yang memiliki nilai *desirability* mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap keseluruhan kriteria optimasi [24]. Analisis tersebut menghasilkan formula optimum yang tersusun atas PVA 9,451% dan carbopol 940 1,049% serta nilai *desirability* sebesar 0,985 (Gambar 2). Angka ini menandakan tingginya tingkat kesesuaian formula optimum terhadap kriteria respons yang telah ditetapkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria optimum masker gel *peel-off* ekstrak kulit kakao

Parameter	Kriteria	*Goal*
pH	5 - 6	*In range*
Viskositas (dPas)	20 - 500	*In range*
Daya sebar (cm)	4 – 6	*Maximize*
Daya lekat (detik)	4 – 7,5	*Maximize*
Waktu mengering (menit)	15 - 30	*In range*



Gambar 2. Ramp plot hasil optimasi formula memakai cara *Simplex Lattice Design*

Formula optimum yang didapat dari hasil prediksi aplikasi *Design-Expert* versi 13 (Tabel 7) diverifikasi melalui pengujian di laboratorium sebanyak tiga kali replikasi dengan menggunakan formula yang sama. Rerata data uji tersebut kemudian disandingkan dengan angka prediksi untuk menilai tingkat kesesuaian model [24]. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa nilai aktual dari semua respons berada di dalam rentang *prediction interval* (PI) 95%. Nilai rerata pH yang diperoleh sebesar 5,50 ± 0,01 masih sejalan dengan kisaran pH wajah, yakni 4,5 – 6,5. Viskositas rerata sebesar 198,94 ± 3,87 dPas juga masih berada di dalam rentang kriteria 20 – 500 dPas. Kemampuan menyebar sediaan rata-rata mencapai 5,99 ± 0,02 cm sehingga sesuai dengan kriteria 5-7 cm. Daya lekat rerata sebesar 7,45 ± 0,15 detik menandakan bahwa sediaan memiliki waktu lekat yang baik karena nilainya melebihi 4 detik. Waktu mengering rerata sebesar 23,22 ± 0,33 menit juga berada di dalam rentang acuan 15-30 menit. Secara keseluruhan, hasil tersebut membuktikan bahwa formula optimum telah memenuhi kriteria fisik yang ditetapkan dalam penelitian ini.

Besarnya selisih antara nilai prediksi dan hasil aktual dievaluasi lebih lanjut dengan cara menghitung nilai *prediction error* (PE). Nilai PE untuk respons waktu mengering, daya lekat, daya sebar, dan pH berada di bawah 5% sehingga selisih antara nilai prediksi dan hasil uji laboratorium tergolong relatif kecil [25]. Respons viskositas justru menunjukkan nilai aktual sebesar 198,94 dPas yang lebih tinggi daripada nilai prediksinya, yaitu 175,22 dPas, dengan PE sebesar 13,54%. Selisih tersebut memang lebih besar dibandingkan respons lainnya, tetapi nilai aktual viskositas tetap berada di dalam rentang PI 95%, yakni 145,408-205,033 dPas, dan memenuhi persyaratan viskositas 20-500 dPas. Hasil uji *one sample t-test* di Tabel 7 menampilkan bilamana respons pH, daya sebar, daya lekat, serta waktu mengering memegang nilai signifikansi > 0,05 hingga tidak ada perbedaan yang berarti antar nilai prediksi serta hasil aktual. Sebaliknya, respons viskositas menampilkan perbedaan yang signifikan dengan nilai signifikansi 0,009 ($p < 0,05$). Perihal ini menampilkan bilamana model

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

memiliki kesesuaian prediksi yang baik pada empat respons, tetapi belum mampu memprediksi viskositas secara statistik dengan baik. Kerumitan karakter sediaan, yang ditentukan oleh kadar PVA dan carbopol 940 beserta interaksi kedua polimer itu, dapat menjadi penyebab kondisi tersebut [23].

Tabel 7. Hasil uji *one sample t-test* perbandingan nilai prediksi dan aktual formula optimum

Parameter	Nilai prediksi	PI 95%	Nilai aktual	PE	*Sig 2-tailed*	Keterangan
pH	5,52	5,46-5,57	5,50 ± 0,01	0,19	0,270	Tidak signifikan
Viskositas (dPas)	175,22	145,41-205,03	198,94 ± 3,87	13,54	0,009	Berbeda signifikan
Daya sebar (cm)	6,00	5,85-6,15	5,99 ± 0,02	0,16	0,580	Tidak signifikan
Daya lekat (detik)	7,40	7,03-7,76	7,45 ± 0,15	0,74	0,630	Tidak signifikan
Waktu mengering (menit)	23,33	23,08-23,58	23,22 ± 0,33	0,45	0,648	Tidak signifikan

Hasil verifikasi menyatakan bahwa formula optimum dengan konsentrasi PVA 9,451% dan carbopol 940 1,049% valid dan memenuhi kriteria karakteristik fisik yang baik. Namun, hasil pengujian statistik menampilkan bilamana masih ada perbedaan signifikan pada respons viskositas. Oleh karena itu, model SLD bisa dipakai guna mendukung penentuan formula optimum, dengan tetap mempertimbangkan keterbatasan kemampuan prediksi pada respons viskositas. Tiga replikasi formula optimum kemudian digunakan pada pengujian daya antioksidan serta kestabilan fisik melalui metode *cycling test*.

Uji Aktivitas Antioksidan

Formula optimum yang sifat fisiknya telah memenuhi syarat kemudian dievaluasi daya antioksidannya melalui uji DPPH. Dasar metode ini ialah daya suatu antioksidan dalam menetralkan radikal DPPH, yang tampak dari memudarnya warna ungu larutan menjadi kuning disertai turunnya serapan pada spektrofotometer UV-Vis. Kepopuleran metode tersebut didukung oleh prosedurnya yang sederhana, praktis, cepat, peka, serta kebutuhan sampel yang sedikit pada pengujian aktivitas antioksidan [26].

Kategori aktivitas antioksidan ditetapkan menurut nilai IC_{50} (ppm). Nilai IC_{50} < 50 ppm menandakan aktivitas sangat kuat, rentang 50-100 ppm kuat, rentang 101-150 ppm sedang, rentang 151-200 ppm lemah, sementara nilai IC_{50} > 200 ppm tergolong sangat lemah [20]. Nilai tersebut diperoleh dari garis regresi linier yang memetakan persentase peredaman radikal bebas terhadap konsentrasi sampel. Data aktivitas antioksidan seluruh sampel tercantum pada Tabel 8.

Tabel 8. Persamaan regresi, nilai R^2, dan IC_{50} aktivitas antioksidan sampel

Sampel	n	Konsentrasi (ppm)	Persamaan Regresi	R^2	IC_{50} (ppm)	Kategori
Vitamin C	3	1,5 – 3,5	y = 14,466x + 14,992	0,9947	2,42 ± 0,04	Sangat kuat
Ekstrak kulit kakao	3	25 – 45	y = 0,7689x + 27,484	0,9902	29,28 ± 0,08	Sangat kuat
FO + ekstrak	3	30 – 90	y = 0,3415x + 32,304	0,9883	51,83 ± 0,78	Kuat
FO tanpa ekstrak	3	30 – 90	y = 0,0982x + 15,669	0,9925	349,60 ± 1,60	Sangat lemah

Hasil *independent sample t-test* di Tabel 9 menampilkan bilamana nilai IC_{50} ekstrak kulit kakao berbeda secara bermakna dengan formula optimum (p < 0,001). Varians data tidak homogen berdasarkan uji *Levene* (p = 0,048) sehingga interpretasi uji t mengikuti keluaran *Equal variances not assumed* (*Welch*). Kenaikan nilai IC_{50} dari 29,28 ppm pada ekstrak menjadi 51,83 ppm setelah diformulasikan menandakan berkurangnya aktivitas antioksidan yang terukur. Penurunan ini dapat terjadi karena ekstrak terencerkan oleh komponen basis masker sehingga kadar senyawa aktif per satuan massa sediaan menjadi lebih kecil. Interaksi senyawa fenolik dengan matriks formulasi juga dapat memengaruhi ketersediaan senyawa aktif selama pengujian. Formula optimum tetap memperlihatkan aktivitas antioksidan yang kuat walaupun terjadi penurunan tersebut.

Nilai IC_{50} formula optimum juga berbeda signifikan dengan basis masker tanpa ekstrak (p < 0,001). Uji *Levene* menampilkan varians yang homogen (p = 0,200) hingga uji t diinterpretasikan menurut keluaran *Equal variances assumed*. Nilai IC_{50} formula optimum sebesar 51,83 ppm, sementara basis masker mencapai 349,60 ppm dan termasuk antioksidan sangat lemah. Tingginya nilai IC_{50} basis menandakan kemampuan menangkap radikal DPPH yang lebih rendah daripada formula optimum. Temuan ini menguatkan dugaan bahwa ekstrak kulit buah kakao menjadi komponen utama yang menyumbang aktivitas antioksidan sediaan.

Perbedaan nilai IC_{50} yang signifikan juga ditemukan antara vitamin C dan formula optimum (p < 0,001). Varians data tidak homogen menurut uji *Levene* (p = 0,041) sehingga pembacaan uji t memakai keluaran *Equal variances not assumed* (*Welch*). Vitamin C memiliki IC_{50} 2,42 ppm sehingga berada di bawah formula optimum

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

yang bernilai 51,83 ppm. Temuan ini berarti vitamin C lebih kuat dalam meredam radikal DPPH pada kondisi uji yang sama. Vitamin C berperan sebagai senyawa antioksidan pembanding, sedangkan ekstrak kulit buah kakao tersusun atas campuran beragam senyawa bioaktif dengan kemampuan antioksidan yang tidak sama. Formula optimum tetap berpotensi menjadi sediaan antioksidan walaupun aktivitasnya belum setara dengan kontrol positif.

Tabel 9. Hasil *independent sample t-test* nilai IC50 formula optimum dan pembanding

Perbandingan	IC_{50} FO (ppm)	IC_{50} pembanding (ppm)	*Levene* (*p*)	t	df	*p* (*2-tailed*)	Interpretasi
FO vs ekstrak	51,83 ± 0,78	29,28 ± 0,08	0,048	50,03	2,04	< 0,001	Signifikan
FO vs kontrol negatif	51,83 ± 0,78	349,60 ± 1,60	0,200	-290,32	4	< 0,001	Signifikan
FO vs vitamin C	51,83 ± 0,78	2,42 ± 0,04	0,041	110,04	2,01	< 0,001	Signifikan

Uji Stabilitas Fisik Formula Optimum

Kemampuan formula optimum dalam mempertahankan karakteristik fisiknya selama penyimpanan dinilai melalui uji stabilitas fisik. Parameter yang diamati mencakup organoleptik, homogenitas, viskositas, pH, daya lekat, daya sebar, serta waktu mengering [1]. Parameter tersebut dijadikan indikator untuk menilai stabilitas fisik, kenyamanan penggunaan, dan mutu masker tersebut. Hasil perbandingan uji sifat fisik sebelum serta sesudah *cycling test* tercantum pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan uji sifat fisik sebelum serta sesudah *cycling test*

Parameter	Uji stabilitas (*cycling test*)					
	Sebelum penyimpanan			Sesudah penyimpanan		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Organoleptik	Cokelat, bau khas, semi padat	Cokelat, bau khas, semi padat	Cokelat, bau khas, semi padat	Cokelat, bau khas, semi padat	Cokelat, bau khas, semi padat	Cokelat, bau khas, semi padat
Homogenitas	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
pH	5,51 ± 0,005	5,49 ± 0,005	5,52 ± 0,005	5,5 ± 0,005	5,49 ± 0,005	5,51 ± 0,005
Viskositas	202,2 ± 1,55	199,96 ± 2,02	194,66 ± 2,65	199,86 ± 2,67	198,66 ± 1,46	193,86 ± 3,75
Daya sebar	5,97 ± 0,16	5,98 ± 0,02	6,02 ± 0,11	5,98 ± 0,12	6 ± 0,05	6,05 ± 0,13
Daya lekat	7,41 ± 0,35	7,62 ± 0,18	7,32 ± 0,04	7,78 ± 0,42	7,71 ± 0,2	7,59 ± 0,09
Waktu mengering	22,84 ± 0,57	23,39 ± 0,25	23,45 ± 0,12	23,09 ± 0,19	23,55 ± 0,14	24,14 ± 0,24

Organoleptik dan Homogenitas

Tabel 11. Hasil uji *paired sample t-test* sebelum serta sesudah *cycling test*

Parameter	t	Df	*Sig 2-tailed*	Interpretasi
pH	2,000	2	0,184	Tidak signifikan
Viskositas	3,263	2	0,082	Tidak signifikan
Daya sebar	-3,464	2	0,074	Tidak signifikan
Daya lekat	-2,970	2	0,097	Tidak signifikan
Waktu mengering	-2,239	2	0,154	Tidak signifikan

Masker gel *peel-off* ekstrak kulit buah kakao tetap berwarna cokelat tua, berbau khas, dan memiliki konsistensi semipadat, baik pada pengamatan sebelum maupun sesudah menjalani *cycling test*. Tidak adanya perubahan sifat organoleptik menandakan bahwa karakteristik sediaan mampu dipertahankan dengan baik selama proses pengujian berlangsung. Ketiga replikasi juga masih homogen pada kedua waktu pengamatan, yang berarti komponen penyusun sediaan tersebar secara merata tanpa adanya perubahan homogenitas [27]. Kedua parameter tersebut memperlihatkan bahwa karakteristik fisik formula optimum relatif tidak mengalami perubahan setelah melalui *cycling test*.

Uji pH

Nilai pH sediaan berada pada kisaran 5,49 – 5,52 sebelum penyimpanan dan 5,49 – 5,51 setelah penyimpanan. Seluruh angka tersebut tidak keluar dari batas pH wajah yang disyaratkan, yaitu 4,5-6,5. Rentang ini harus dipenuhi karena kulit dapat menjadi kering bila pH sediaan terlalu basa, sedangkan iritasi berisiko muncul bila pH terlalu asam [18]. Uji stabilitas tidak menimbulkan perbedaan pH yang signifikan

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

dibuktikan pada Tabel 11. Angka signifikansi 0,184 (p > 0,05) dari *paired sample t-test* menegaskan bahwa keasaman sediaan tidak bergeser secara bermakna akibat *cycling test*.

Uji Viskositas

Viskositas sediaan yang semula berkisar 194,66-202,2 dPas sebelum penyimpanan mengalami sedikit penurunan menjadi 193,86-199,86 dPas sesudah penyimpanan. Penurunan tersebut tidak membuat sediaan keluar dari batas persyaratan viskositas, yaitu 20-500 dPas. Paparan suhu dan kelembapan selama masa penyimpanan menjadi penyebab menurunnya viskositas sediaan [28]. Kecilnya perubahan viskositas tersebut dikonfirmasi oleh *paired sample t-test* yang memperoleh signifikansi 0,082 (p > 0,05), artinya kekentalan sediaan tidak berubah bermakna sesudah *cycling test*.

Uji Daya Sebar

Daya sebar sediaan tercatat sebesar 5,97-6,02 cm sebelum penyimpanan dan 5,98-6,05 cm sesudah penyimpanan sehingga masih sesuai dengan batas 5-7 cm yang berlaku bagi masker jenis ini. Peningkatan daya sebar yang sangat kecil ini selaras dengan sedikit menurunnya viskositas sediaan selama masa penyimpanan. Gel yang tingkat kekentalannya berkurang akan lebih mudah melebar ketika diberi beban di atasnya [29]. Hasil *paired t-test* berupa angka signifikansi 0,074 (p > 0,05) membuktikan bahwa kemampuan menyebar sediaan pada kedua waktu pengamatan tidak berbeda secara bermakna.

Uji Daya Lekat

Daya lekat sediaan meningkat dari kisaran 7,32-7,62 detik sebelum penyimpanan menjadi 7,59-7,78 detik sesudah penyimpanan, dan seluruh nilai tersebut telah melampaui batas minimum 4 detik yang dipersyaratkan. PVA sebagai polimer pembentuk film dan carbopol 940 sebagai bahan pengental ikut berperan dalam menaikkan kekentalan sehingga sediaan dapat melekat lebih kuat pada permukaan wajah [23]. Signifikansi *paired t-test* sebesar 0,097 (p > 0,05) mengindikasikan bahwa kemampuan melekat sediaan sebelum dan setelah *cycling test* tidak berbeda secara bermakna.

Uji Waktu Mengering

Waktu mengering sediaan tercatat sebesar 22,84-23,45 menit sebelum penyimpanan dan 23,09-24,14 menit sesudah penyimpanan. Kedua rentang tersebut masih berada di dalam batas 15-30 menit yang lazim berlaku bagi masker jenis ini. Kemampuan PVA dan carbopol 940 dalam menahan air membuat proses penguapan pelarut berlangsung lebih lambat [23]. Perubahan waktu mengering kurang dari satu menit menandakan bahwa kemampuan sediaan dalam membentuk lapisan film tetap konsisten. Temuan ini diperkuat oleh *paired sample t-test* yang memperoleh angka signifikansi 0,154 (p > 0,05) sehingga lama pengeringan sediaan dinyatakan tidak berubah bermakna setelah *cycling test*.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Stabilitas hanya dinilai melalui *cycling test* selama 12 hari sehingga belum mewakili stabilitas jangka panjang, dan aktivitas antioksidan tidak diukur ulang setelah penyimpanan. Potensi iritasi hanya disimpulkan dari pH sediaan, padahal komponen lain tetap berpotensi mengiritasi. Aktivitas antioksidan hanya diuji secara *in vitro* dengan cara DPPH pada satu kadar ekstrak (5%), tanpa uji pelepasan atau penetrasi, sehingga belum menggambarkan efektivitas pada kulit. Selain itu, jumlah replikasi yang kecil (n = 3) membatasi kekuatan uji statistik, dan model optimasi belum memprediksi viskositas dengan baik (p = 0,009). Penelitian lanjutan disarankan meliputi uji stabilitas jangka panjang, uji iritasi, uji pelepasan dan penetrasi zat aktif, serta uji in vivo untuk memastikan efektivitas dan keamanannya.

Kesimpulan

Optimasi kombinasi PVA dan carbopol 940 melalui pendekatan *Simplex Lattice Design* menghasilkan formula optimum berkadar masing-masing 9,451% dan 1,049% serta nilai *desirability* sebesar 0,985. Hasil verifikasi menunjukkan seluruh respons fisik formula optimum memenuhi kriteria yang ditetapkan. Namun pada uji one sample t-test parameter viskositas berbeda bermakna (p = 0,009; PE 13,54%) walaupun masih berada dalam rentang prediction interval 95% dan persyaratan 20-500 dPas, sehingga model belum memprediksi viskositas dengan baik. Formula optimum memegang aktivitas antioksidan kategori kuat

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

dengan nilai IC_{50} sebesar 51,83 ± 0,78 ppm, lebih lemah daripada ekstrak kulit kakao (29,28 ± 0,08 ppm) dan vitamin C (2,42 ± 0,04 ppm), tetapi jauh lebih kuat daripada basis tanpa ekstrak (349,60 ± 1,60 ppm), sehingga aktivitas antioksidan tersebut berasal dari ekstrak. Setelah *cycling test* enam siklus, pH, viskositas, daya sebar, daya lekat, serta waktu mengering tidak berubah bermakna ($p > 0,05$), serta organoleptik dan homogenitas tetap terjaga. Dengan demikian, kombinasi PVA dan carbopol 940 hasil optimasi menghasilkan masker gel peel-off ekstrak kulit buah kakao yang memenuhi kriteria fisik, stabil secara fisik pada kondisi uji, dan memiliki aktivitas antioksidan kuat. Stabilitas jangka panjang, aktivitas antioksidan setelah penyimpanan, serta keamanan dan efektivitas pada kulit masih perlu diuji lebih lanjut.

Konflik Kepentingan

Penulis menegaskan tidak adanya kepentingan yang bertentangan, entah bersifat keuangan, personal, ataupun kelembagaan, yang dapat memengaruhi jalannya penelitian maupun pelaporan hasilnya. Semua tahapan percobaan, pengolahan data, dan penafsiran temuan berjalan secara independen tanpa campur tangan ataupun desakan pihak lain yang berpotensi menimbulkan bias.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih dihaturkan penulis pada Universitas Muhammadiyah Surakarta atas fasilitas serta dukungan yang telah dibagikan dalam riset ini.

Referensi

[1] Made IG. Formulasi dan Uji Mutu Fisik Masker Gel Peel Off Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (Selenicereus costaricensis) dengan Variasi Konsentrasi PVA dan Gelatin Sebagai Gelling Agent 2024;10:213-218.
[2] Trisnaputri DR, Dewi C, Anisa SN, Isrul M, Ode W, Fitriah I, et al. Formulasi dan Uji Aktivitas Antioksidan Sediaan Masker Gel Peel - Off Ekstrak Etanol Daun Kelengkeng (Dimocarpus longan L.) 2023;9:432–49.
[3] Oracz J. Antioxidants in Cocoa 2020;9:1230.
[4] Putu N, Tarianti S. Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Kakao : Narrative Review tentang Efikasi dan Senyawa Bioaktifnya 2024;3:305–12.
[5] Anatachodwanit A, Chanpirom S, Tree-udom T, Kitthaweesinpoon S, Sripisut T. Upcycled Cocoa Pod Husk : A Sustainable Source of Phenol and Polyphenol Ingredients for Skin Hydration, Whitening, and Anti-Aging 2025:1–22.
[6] Dewi SR, Stevens LA, Anwar M, Mao Y, Ferrari RS, Irvine DJ, et al. Towards a scalable cacao pod husk biorefinery : Understanding the effects of process conditions on phenolic antioxidant extraction and residual solid properties. Chem Eng Sci 2025;305:121171. https://doi.org/10.1016/j.ces.2024.121171.
[7] Pantura B, Ananda F, Krisnawati M, Maerda I. Formulasi Sediaan Masker Sheet dari Ekstrak Bunga Telang (Clitoria Ternatea L.) Sebagai Antioksidan 2024;13:43–52.
[8] Morakul B, Wongrakpanich A, Teeranachaidekul V. Clindamycin Peel-Off Mask Film, An Effective Formulation For C . Acnes Treatment : Characterization And Microbiological Activity 2023;34:128–39.
[9] Widyani Budiarti HT, Rahmani, Neni Andhyni D. Optimasi Formulasi Masker Gel Peel-off dengan Ekstrak Kulit Putih Buah Semangka (Citrullus lanatus) menggunakan Variasi Konsentrasi Karbopol 940 2025;06:68–77.
[10] Raymond C Rowe PJS and MEQ. Handbook of Pharmaceutical Excipients Sixth Edition. Libros Digitales-Pharmaceutical Press 2009.
[11] Annisa V, Nanda T, Sulaiman S, Nugroho AK, Nugroho AE. Characterization of Alginate with Natural Polymers Combination for Drug Encapsulation 2022;31:150–9.
[12] Setiyadi G, Qonitah A, Genesys U. Optimasi Masker Gel Peel-Off Ekstrak Etanolik Daun Sirih (Piper Betle L.) dengan Kombinasi Carbomer dan Polivinil Alkohol 2020;17:174–83.
[13] Salmannejad F, Qorab H, Ghari T. Formulation, Characterization and Optimization of Peel-Off Gel of Soybean Extract as a Face Mask 2024;8:6544–51.
[14] Wulandari LF, Ameliana L, Sari LO. Optimasi Xanthan Gum dan Hydroxypropyl Methylcellulose dalam Masker Gel Peel-Off Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao L.) 2023;5:492–9.
[15] Khoiriyah N, Pambudi DB, Slamet S, Rahmatullah S. Phytochemical Screening And Determination Of SPF Value Of Cocoa Fruit Peel Ethanol Extract (Theobroma cacao L.) Skrining Fitokimia Dan Penetapan Nilai SPF Ekstrak Etanol Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao L.) 2022;5:665–73.
[16] Indah Shaliha, Dina Ruslika Anjani FMF. Pembuatan Sediaan Masker Gel Peel-Off Beras Hitam (Oryza sativa L .) dan Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH 2025;01:27-40.

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com

[17] Wijayanti SN, Kharisma Jayak Pratama, Irma DA, Permatasari. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Dan Fraksi N-Heksan, Etil Asetat, Air Dari Kulit Buah Kakao (Theobroma Cacao L.) Terhadap Bakteri Propionibacterium acnes ATCC 11827 Secara Difusi 2023;9:755–70.
[18] Latifah F, Zannah A. Optimasi Sediaan Masker Peel-Off Ekstrak Daun Mangga Gedong (Mangifera indica L.) Menggunakan Simplex Lattice Design (SLD) 2024;13:80–6.
[19] Arifin A, Ida N. Formulasi dan Uji Stabilitas Fisik Masker Gel Peel Off Ekstrak Metanol Alga Merah (Eucheuma cottonii) Variasi Konsentrasi Polivinil Alkohol (Film Forming) 2025;14:28–38.
[20] Nurwaini S, Fatimah MN. Formulation And Characterization Of Gels Of Telang Flower Extract (Clitoria Ternatea L.) With Variations Of Carbopol 940 Concentration And Antioxidant Activity Test Using Dpph Methods 2024;21:145–51.
[21] Sariyanto I. Comparative analysis of total flavonoid, total phenolic content, and antioxidant activity of Theobroma cacao Pod Husk extract and its derived fractions 2023;25:159-166.
[22] Mukhlisa I, Riska R, Mardiana R, Yusrawati Y. Formulasi Sediaan Masker Peel off dari Ekstrak Buah Batok Aceh (Limonia Acidissima L.) Sebagai Pencerah Kulit 2025;6:120–9. https://doi.org/10.47065/jharma.v6i3.8385.
[23] Alifah DY, Resky Giantari Ahmad GR. Formulasi dan Uji Stabilitas Fisik Sediaan Masker Gel Peel-off Ekstrak Daun Manggis (Garcinia mangostana L.) dengan Metode Cycling Test 2026;7:162–73.
[24] Fiqlyanur P, Primadana I, Erawati T, Rosita N, Hamdan SH. Application of the Simplex Lattice Design Methode to Determine the Optimal Formula Nanoemulsion with Virgin Coconut Oil and Palm Oil 2024;11:395–401. https://doi.org/10.20473/jfiki.v11i32024.395-401.
[25] Kılıç A. Optimization of cleansing oil formulation containing polyglyceryl-6 caprylate and polyglyceryl-4 caprate using the response surface method 2025;55:85–92.
[26] Putri IA, & Mahfur. Skrining Fitokimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol 70% Batang Nilam (Pogostemon cablin Benth.) dengan Metode DPPH 2023;1:1–16.
[27] Setyowati E, Fadhillah N, Nisa H. Physical stability test of liquid facial soap formulation of citronella extract (Cymbopogon nardus L.) 2025;21:1–10.
[28] Besse Y, Aris HK, Habiburrahim. Evaluasi Masker Peel Off Ekstrak Kulit Pisang Cavendish (Musa Acuminata L.) Dengan Variasi Konsentrasi PVA 2026;22:117-124.
[29] Azizah FN, Sari SW, Islamiyati D. Formulasi dan Uji Sifat Fisik Masker Gel Peel-Off Ekstrak Lidah Buaya (Aloe vera) 2025;2:20–9.

Electronic ISSN : 2656-3088
Homepage: https://www.journal-jps.com