Jurnal Pharmacia Mandala Waluya Vol.5 No.3
ISSN : 2829-6850
https://jurnal-pharmaconmw.com/jpmw/index.php/jpmw
DOI : https://doi.org/10.54883/jpmw.v5i3.689

Optimasi Kombinasi Ekstrak Biji Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan Kulit Delima (*Punica granatum* L.) dalam sediaan Krim

Wulida Nuril Fajriyah[1], Setyo Nurwaini[2]

[1] Fakultas Farmasi, Universitas Pekalongan, Pekalongan, Indonesia
[2] Fakultas Farmasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia

ABSTRAK

Sinar ultra violet dapat menimbulkan masalah kulit seperti sunburn, fotosensitivitas eritema hingga kanker kulit. Dampak negatif paparan ultra violet dapat dicegah dengan penggunaan tabir surya. Optimasi kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dalam sediaan krim diharapkan menghasilkan formula yang optimum dengan evaluasi fisik optimal serta evaluasi efektivitas tabir surya dengan nilai *Sun Protection Factor*. Penetapan formula optimum ditentukan oleh sifat fisik krim dan efektivitas tabir surya dengan nilai Sun Protection Factor menggunakan metode *Simplex Lattice Design software Design Expert 11*. Hasil verifikasi dianalisis menggunakan uji *one sample t-test* atau *wilcoxon test* untuk mengetahui perbedaan nilai antara formula prediksi dan formula verifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula optimum yaitu pada formula 1 dan 7 dengan komposisi bahan yang sama. Proporsi ekstrak biji kakao dan kulit delima yang menghasilkan formula optimum masing-masing sebesar 10% dan 5,5% dengan sifat fisika kimia yang baik, selain pada respon daya sebar dan daya lekat. Evaluasi daya lekat, daya sebar, pH, viskositas dan nilai Sun Protection Factor tidak ada perbedaan signifikan antara formula prediksi *Simplex Lattice Design* dengan hasil verifikasi. Pengujian efektivitas formula optimum tabir surya secara in vitro krim kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima menghasilkan nilai *Sun Protection Factor* sebesar 4,93±0,14 memiliki proteksi sedang.

Kata kunci: optimasi; evaluasi; biji kakao; kulit delima

Optimization of the Combination of Cocoa Bean Extract (*Theobroma cacao* L.) and Pomegranate Peel Extract (*Punica granatum* L.) in a Cream Formulation

ABSTRACT

Ultraviolet rays can cause skin problems such as sunburn, photosensitivity, erythema, and even skin cancer. The negative effects of ultraviolet exposure can be prevented by using sunscreen. Optimizing the combination of cocoa bean extract and pomegranate peel in a cream formulation is expected to yield an optimal formula with optimal physical properties and effective sun protection, as measured by the Sun Protection Factor. The determination of the optimal formula is based on the cream's physical properties and the sunscreen's effectiveness, as measured by the Sun Protection Factor, using the Simplex Lattice Design method in Design Expert 11 software. Verification results were analyzed using a one-sample t-test or the Wilcoxon test to identify differences between the predicted and verified formula values. The study results indicate that the optimal formulas are Formulas 1 and 7, which share the same ingredient composition. The proportions of cocoa bean extract and pomegranate peel extract that produced the optimal formula were 10% and 5.5%, respectively, with good physicochemical properties, in addition to spreadability and adhesion. Evaluation of adhesion, spreadability, pH, viscosity, and SPF values showed no significant differences between the Simplex Lattice Design predicted formula and the verification results. In vitro testing of the effectiveness of the optimal sunscreen formula, a combination cream of cocoa bean and pomegranate peel extracts, yielded a Sun Protection Factor of 4.93±0.14, indicating moderate protection.

Keywords: optimization; evaluation; cocoa bean; pomegranate peel

Penulis Korespondensi :
Wulida Nuril Fajriyah
Universitas Pekalongan
E-mail : wulidanurilfajriyah@gmail.com
No. Hp : 085706991094

Info Artikel :
Submitted : 28 April 2026
Revised : 16 Mei 2026
Accepted : 28 Juni 2026
Published : 29 Juni 2026

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan paparan sinar matahari yang tinggi. Sinar matahari terdiri dari beberapa spektrum, yaitu UV A, UV B, UV C, inframerah, dan cahaya tampak. Namun, karena adanya lapisan ozonosfer, radiasi yang mencapai bumi didominasi oleh UV A dan sebagian kecil UV B (Wungkana *et al.,* 2013). Paparan UV dalam jumlah tepat bermanfaat bagi tubuh, namun jika berlebihan dapat menyebabkan kulit terbakar, eritema, fotosensitivitas, hingga kanker kulit, serta merusak jaringan kulit (Elcistia *et al*., 2018).

Salah satu upaya untuk mencegah dampak negatif paparan sinar UV adalah penggunaan tabir surya. Penggunaan tabir surya secara rutin terbukti mampu menurunkan risiko terjadinya kanker kulit, termasuk Squamous Cell Carcinoma (SCC), hingga 40% pada penggunaan jangka panjang dengan dosis optimal 2 mg/cm² (Hanriko & Hayati, 2019). Efektivitas suatu tabir surya ditentukan oleh nilai Sun Protection Factor (SPF) yang menggambarkan kemampuan sediaan dalam melindungi kulit dari radiasi UV.

Pengembangan tabir surya berbahan alam menjadi salah satu alternatif yang banyak diteliti karena kandungan senyawa antioksidannya yang dapat membantu melindungi kulit dari kerusakan akibat radikal bebas yang diinduksi sinar UV. Biji kakao diketahui mengandung senyawa polifenol, seperti katekin, epikatekin, dan proantosianidin, yang memiliki aktivitas antioksidan dan berpotensi sebagai agen tabir surya alami (Hendradi *et al.,* 2013). Sementara itu, kulit delima mengandung punicalagin dan senyawa fenolik lainnya yang dilaporkan memiliki efek protektif terhadap kerusakan kulit akibat paparan UV A dan UV B (Pacheco *et al.,* 2008).

Meskipun potensi tabir surya dari ekstrak biji kakao maupun kulit delima telah dilaporkan secara terpisah, penelitian mengenai kombinasi kedua ekstrak tersebut dalam formulasi krim tabir surya masih terbatas. Kombinasi kedua bahan aktif ini berpotensi menghasilkan efek sinergis melalui peningkatan aktivitas antioksidan sehingga dapat meningkatkan nilai SPF dan efektivitas perlindungan terhadap radiasi UV. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengombinasikan ekstrak biji kakao dan kulit delima serta mengoptimasi proporsinya guna memperoleh formula krim tabir surya dengan karakteristik yang baik dan aktivitas SPF yang optimal.

METODE

Deskripsi bahan dan teknik pengumpulan sampel

Alat yang digunakan yaitu neraca analitik (Ohaus), alat-alat gelas (Pyrex), Rotary evaporator (Heidolph), mortir, stamper, waterbath (memmert), alat uji daya lekat, alat uji daya sebar, pH meter (Hanna 211), viskosimeter (Rion VT-04F) dan Spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10S UV-VIS).

Bahan-bahan yang digunakan adalah biji kakao dan kulit delima, etanol 70%, asam stearat, setil alkohol, trietanolamin, gliserin, propilen glikol, metil paraben, propil paraben, akuades dan methylene blue.

Ekstraksi Biji Kakao dan Kulit Delima

Biji kakao diangin-anginkan sampai kering, kulitnya dikupas dan dihaluskan hingga menjadi serbuk. Serbuk sebanyak 1,5 Kg dimaserasi menggunakan pelarut alkohol 70% (1:5) selama 3 hari dan dilakukan pengadukan setiap hari, kemudian disaring. Filtrat hasil maserasi diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 45 °C hingga didapatkan ekstrak kental. Ekstrak dimasukkan ke

desikator. Kulit delima dicuci bersih, ditiriskan kemudian dipotong kecil. Simplisia diangin-anginkan selama 7 hari sampai kering, lalu dihaluskan. Serbuk sebanyak 0,7 Kg direndam selama 3 hari dengan pelarut etanol 70% (1:4) sambil sesekali diaduk. Hasil maserasi yaitu ekstrak cair yang kemudian diuapkan dengan rotary evaporator sampai diperoleh ekstrak kental. Ekstrak dibebaskan dari penyari menggunakan penangas air pada suhu 60 °C.

Pembuatan Krim

Pembuatan krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dibuat dasar krim dari pencampuran antara fase minyak dan fase air, selanjutnya penambahan ekstrak sejumlah yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Formula krim tabir surya menggunakan metode *Simplex Lattice Design*

Nama Bahan (%)	Formula							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ekstrak biji kakao	10	12,5	15	11,25	15	12,5	10	13,75
Ekstrak kulit delima	5,5	3	0,5	4,25	0,5	3	5,5	1,75
Setil alkohol	4	4	4	4	4	4	4	4
Asam stearat	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5	16,5
Trietanolamin	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Gliserin	4	4	4	4	4	4	4	4
Propilen glikol	7	7	7	7	7	7	7	7
Metil paraben	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Propil paraben	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Akuades hingga	100	100	100	100	100	100	100	100

Uji Sifar Fisika Kimia

1. Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan dengan cara mengamati secara kualitatif meliputi konsistensi, warna, bau dan tekstur sediaan krim.

2. Uji Homogenitas

Sediaan krim masing-masing formula diambil secukupnya, kemudian dioleskan pada gelas objek. Sediaan dikatakan homogen apabila menunjukkan susunan homogen yaitu tidak terlihat adanya butir-butir kasar.

3. Pengukuran pH

Penentuan pH sediaan krim dilakukan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan dapar standar pada pH 4, pH 7, dan pH 10. Elektroda terlebih dahulu dibilas menggunakan akuades dan dikeringkan sebelum digunakan. Sampel disiapkan dalam konsentrasi 1% dengan cara menimbang 1 g krim, kemudian dilarutkan dalam 100 mL akuades. Elektroda dicelupkan ke dalam larutan sampel, dan pengukuran dilakukan hingga nilai pH yang terbaca stabil. Nilai yang ditampilkan pada alat dicatat sebagai pH sediaan.

4. Uji Viskositas

Viskositas sediaan diukur menggunakan viskosimeter rion rotor no. 1 dengan cara krim ditimbang 60 g, diletakkan di dalam wadah, dan dipasang pada portable viscotester. Jarum penunjuk akan menunjukkan angka tertentu yang merupakan viskositas sediaan.

5. Uji Daya Sebar

Uji daya sebar sediaan krim dilakukan menggunakan alat ekstensometer yang terdiri atas dua lempeng kaca berbentuk bulat. Sebanyak 0,5 g sampel ditempatkan di antara kedua lempeng kaca, kemudian didiamkan selama 1 menit. Selanjutnya, diberikan beban

sebesar 150 g di atas lempeng kaca dan dibiarkan selama 1 menit. Diameter sebar kembali diukur untuk mengevaluasi pengaruh penambahan beban terhadap perubahan luas penyebaran sediaan (Voight, 1995).

6. Uji Daya Lekat

Krim sebanyak 500 mg ditempatkan di antara 2 buah gelas objek. Gelas objek diberikan beban seberat 1 Kg selama 5 menit, kemudian dipasangkan pada alat uji dan diberikan beban sebesar 80 g. Waktu yang dibutuhkan kedua gelas objek terpisah merupakan waktu lekat krim (Pratama & Zulkarnain, 2015).

7. Uji Tipe Emulsi

Penentuan tipe emulsi dilakukan dengan pewarnaan menggunakan reagen methylene blue. Sampel sebanyak 0,1 g ditetesi dengan methylene blue. Termasuk emulsi tipe minyak dalam air apabila methylene blue terdispersi secara merata (Swastika *et al.,* 2015).

Uji Efektivitas Tabir Surya

Efektivitas tabir surya ditentukan dengan nilai SPF secara in vitro menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima diencerkan dengan cara masing-masing formula (F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 dan F8), krim tanpa ekstrak beserta kontrol positif (krim emina Sun Battle SPF 30) ditimbang 0,25 g kemudian dilarutkan dengan etanol 70% hingga 25 mL.

Larutan dipipet sebanyak 0,4 mL kemudian ditambahkan etanol 70% hingga 5 mL. Spektrofotometer UV-Vis dikalibrasi menggunakan etanol 70%. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 290-320 nm dengan interval 5 nm (Damogalad et al., 2013). Absorbansi masing-masing formula dicatat dan kemudian nilai SPF dihitung dengan metode mansyur sebagai berikut :

$$SPF = \mathrm{CF} + \sum_{290}^{320} \mathrm{EE}\ (\lambda)\ X\ I\ (\lambda)\ X\ absorbansi\ (\lambda)$$

CF : Faktor koreksi (10)
EE : Spektrum efek eritema
I : Spektrum intensitas sinar matahari

Penentuan Formula Optimum

Formula optimum ditentukan dengan cara mengolah data hasil pengujian sifat fisika kimia krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dengan menggunakan software Design Expert 11. Parameter yang digunakan yaitu daya lekat, daya sebar, pH, viskositas dan nilai SPF. Goal dan derajat kepentingan disesuaikan untuk memperoleh kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima yang optimal. Data hasil verifikasi yang diperoleh diolah secara statistik menggunakan software SPSS yaitu uji normalitas (Shapiro-Wilk) kemudian untuk mengetahui apakah prediksi yang dihasilkan software Design Expert 11 menghasilkan data yang berbeda signifikan atau tidak menggunakan statistik parametrik yakni one sample t-test (Elcistia *et al.,* 2018). Analisis wilcoxon test dilakukan apabila data tidak terdistribusi normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses ekstraksi biji kakao dan kulit delima dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 70%. Pelarut ini dikenal bersifat semi-polar (indeks polaritas ±5,2) sehingga mampu mengekstraksi berbagai senyawa dengan rentang kepolaran luas, mulai dari nonpolar hingga polar (Snyder et al., 1997).

Metode maserasi dipilih karena pengerjaannya yang sederhana dan mudah dilakukan. Nilai rendemen yang diperoleh dari ekstrak biji kakao yaitu 14,34% (maserasi) dan 7,90% (remaserasi), sedangkan ekstrak kulit delima diperoleh nilai rendemen sebesar 21,79% (maserasi) dan 15,31% (remaserasi).

Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan hasil ekstrak biji kakao yang dimaserasi dengan pelarut etanol 70% yaitu sebanyak 62,205 g (41,47% dari total serbuk simplisia 150 g (M. P. Utami, 2023), begitupun hasil ekstrak kulit buah delima yang dimaserasi dengan pelarut etanol 96% yaitu sebanyak 98,65 g (19,73% dari total serbuk simplisia 500 g (Nazliniwaty et al., 2019).

Efektivitas suatu proses ekstraksi dapat dilihat berdasarkan besar kecilnya nilai rendemen yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti metode, ukuran simplisia, pelarut yang digunakan, dan waktu maserasi (Salamah et al., 2017). Durasi maserasi yang terlalu singkat dapat mengakibatkan jumlah senyawa fenolik yang terekstraksi menjadi rendah, sedangkan waktu ekstraksi yang terlalu lama berpotensi menurunkan stabilitas dan menyebabkan degradasi senyawa fenolik yang diperoleh (R. R. Utami *et al.,* 2017). Pengujian organoleptik meliputi konsistensi, tekstur, warna dan bau sediaan krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima. Hasil pengamatan organoleptik terhadap 8 formula menujukkan karakteristik yang hampir sama yaitu konsistensi kental, tekstur lembut, warna coklat kekuningan serta bau khas coklat. Hasil krim kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima berwarna coklat kekuningan disebabkan oleh ekstrak biji kakao yang berwarna coklat sedangkan ekstrak kulit delima cenderung berwarna coklat kekuningan.

Pemeriksaan homogenitas bertujuan untuk mengamati ada atau tidaknya partikel-partikel kasar pada kaca obyek. Hasil pengamatan homogenitas krim kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dari 8 formula menunjukkan hasil sediaan yang homogen yaitu tidak terdapat partikel-partikel kasar pada kaca obyek.

Pengukuran pH dilakukan untuk mengevaluasi keamanan krim yang dihasilkan supaya tidak menyebabkan iritasi kulit. Nilai pH krim menyesuaikan kisaran pH normal kulit (4,5-7,5). Menurut SNI 16-4399-1996 nilai pH produk kulit sediaan krim tabir surya yaitu 4,5-8,0. Apabila pH terlalu basa akan menyebabkan kulit menjadi bersisik, sedangkan jika terlalu asam maka akan terjadi iritasi kulit (Gurning *et al.,* 2016). Hasil pengukuran pH krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dapat dilihat pada Tabel 2. Kedelapan formula yang dihasilkan masuk ke dalam kisaran pH normal kulit sehingga aman untuk digunakan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Ph, Viskositas, Daya Sebar Dan Daya Lekat Krim Tabir Surya Kombinasi Ekstrak Biji Kakao Dan Kulit Delima

Formula	pH	Viskositas (dPa.s)	Diameter Sebar (cm)	Daya Lekat (detik)
1	7,24±0,03	150±0,00	3,37 ±0,18	0,95±0,08
2	7,47±0,06	200±0,00	3,42±0,28	1,17±0,11
3	7,42±0,08	200±0,00	3,60±0,38	1,19±0,11
4	7,07±0,01	150±0,00	4,10±0,05	1,14±0,19
5	7,52±0,04	200±0,00	3,93±0,21	1,09±0,11
6	7,41±0,09	193,3±5,77	3,88±0,23	1,19±0,07
7	7,26±0,07	150±0,00	3,43±0,33	1,12±0,11
8	6,82±0,02	150±0,00	4,22±0,10	0,86±0,13

Pengukuran viskositas sediaan semi padat bertujuan untuk mengetahui kekentalan dari sediaan dengan bantuan alat viskosimeter. Semakin tinggi nilai viskositas sediaan maka akan semakin kental sehingga daya sebar sediaan semakin rendah. Viskositas yang dapat diterima untuk sediaan semisolid adalah 50-1000 dPa.s (Langenbucher & Lange, 2007). Hasil pengujian menunjukkan hasil viskositas yang bervariasi dan masuk rentang viskositas yang dapat diterima.

Formula 3 dan 5 dengan proporsi ekstrak biji kakao terbesar (15%) menunjukkan nilai viskositas terbesar yakni 200 dPa.s sehingga konsistensi krim lebih kental. Viskositas krim akan semakin tinggi dengan meningkatnya konsentrasi minyak (Fatimah et al., 2012). Biji kakao merupakan salah satu sumber minyak nabati dengan kandungan minyak yang tinggi yaitu 54–58% (Nafisah, Fachrainiah, *et al.,* 2018). Peningkatan dan penurunan viskositas dipengaruhi oleh variasi kadar ekstrak biji kakao dan kulit delima.

Pengujian daya sebar bertujuan untuk mengetahui seberapa besar krim dapat menyebar. Sediaan krim akan lebih efektif apabila mampu menyebar dengan mudah pada permukaan kulit. Daya sebar krim dapat menentukan proteksi pada tempat pemakaian. Semakin baik daya sebar maka semakin banyak krim yang memberikan proteksi. Diameter penyebaran yang baik untuk sediaan topikal yaitu 5-7 cm (Wasitaatmadja, 1997a). Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh formula yang diuji memiliki diameter sebar di bawah kisaran tersebut, sehingga belum memenuhi kriteria ideal daya sebar. Rendahnya daya sebar ini diduga berkaitan dengan viskositas sediaan, karena daya sebar berbanding terbalik dengan viskositas. Semakin tinggi viskositas, maka semakin sulit krim mengalir dan menyebar pada permukaan kulit (Elcistia *et al.,* 2018).

Berdasarkan hasil pengujian, formula dengan diameter penyebaran terbesar yaitu 4,22±0,10 cm memiliki viskositas terendah sebesar 150±0,00 dPa.s, sehingga relatif lebih mudah mengalir dan menyebar dibandingkan formula lainnya. Meskipun demikian, nilai daya sebar tersebut masih berada di bawah rentang ideal yang dipersyaratkan. Hasil ini menunjukkan bahwa diperlukan optimasi formulasi lebih lanjut seperti melalui penyesuaian konsentrasi basis atau komponen bahan tambahan untuk memperoleh sediaan krim dengan daya sebar yang ideal.

Pengujian daya lekat ditujukan untuk mengetahui kemampuan krim melekat pada tempat pengaplikasian. Krim tabir surya harus memiliki daya lekat optimum supaya dapat melindungi kulit dari paparan sinar matahari dengan baik akan tetapi mudah dibersihkan dengan pencucian menggunakan air. Daya lekat yang baik yaitu >4 detik (Wasitaatmadja, 1997). Pengujian daya lekat dari delapan formula menunjukkan bahwa tidak ada formula yang memiliki daya lekat yang baik. Krim yang memiliki waktu lekat paling lama yaitu pada formula 3 dan formula 6 dengan konsentrasi ekstrak biji kakao tinggi.

Meningkatnya konsentrasi minyak akan membentuk sediaan krim yang kental, sehingga semakin lama waktu melekat krim pada kulit. Berdasarkan hasil pengujian, formula dengan daya lekat paling besar (1,19±0,11 detik) memiliki viskositas yang besar (200±0,00 dPa.s). Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa daya lekat sediaan topikal berbanding lurus dengan viskositas. Semakin lama waktu melekat krim umumnya disebabkan oleh viskositas yang juga semakin besar (Swastini *et al.,* 2013).

Pengujian tipe emulsi bertujuan untuk mengetahui apakah krim termasuk tipe minyak dalam air atau tipe air dalam minyak. Pengujian ini menggunakan metode pewarnaan *methylene blue*. *Methylen blue* adalah pewarna yang larut dalam air. Jika *methylene blue* terdispersi merata merupakan tipe minyak dalam air, sedangkan jika *methylene blue* tidak terdispersi merata termasuk tipe air dalam minyak. Pengujian tipe emulsi menunjukkan bahwa dari 8 formula krim dapat larut dan memberikan warna yang merata. Oleh sebab itu, krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima merupakan krim tipe minyak dalam air yang mengandung lebih banyak air sehingga mudah dibersihkan dengan air.

Penilaian efektivitas sediaan tabir surya dalam penelitian ini dilakukan melalui pengukuran nilai SPF secara in vitro dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Krim tabir surya dikatakan mempunyai aktivitas perlindungan semakin baik apabila nilai SPFnya semakin tinggi. Nilai SPF sediaan krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai SPF krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima

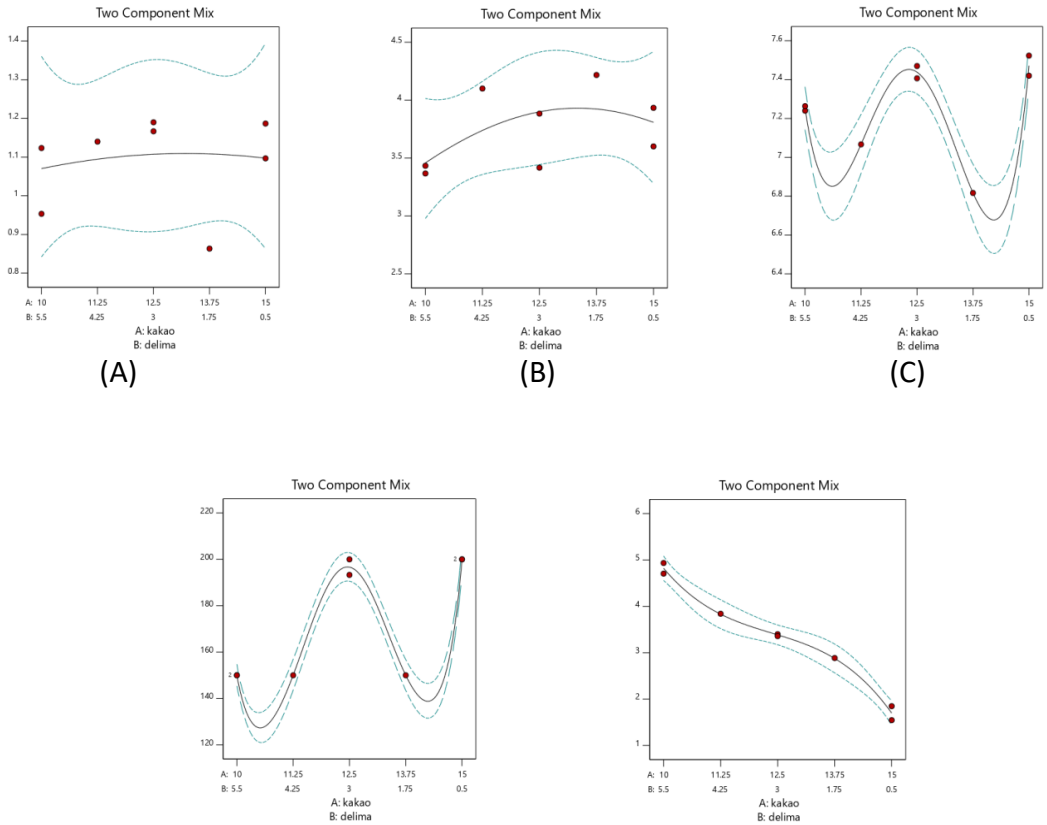
Formula	Konsentrasi (%b/v)	SPF	Kategori Proteksi
Basis	0,0008	-0,07±0,03	Tidak ada
K (+)	0,000128	5,07±0,11	Sedang
1	0,0008	4,71±0,37	Sedang
2	0,0008	3,40±0,12	Minimal
3	0,0008	1,85±0,37	Tidak ada
4	0,0008	3,84±0,37	Minimal
5	0,0008	1,55±0,39	Tidak ada
6	0,0008	3,36±0,48	Minimal
7	0,0008	4,93±0,14	Sedang
8	0,0008	2,88±0,05	Minimal

Penetapan konsentrasi larutan dengan mempertimbangkan nilai absorbansi yang harus berada pada rentang 0,2-0,8 (daerah berlaku hukum Lambert-Beer) (Nofita *et al.,* 2016). Berdasarkan hasil nilai SPF, dapat dilihat bahwa formula 7 memiliki SPF tertinggi dengan nilai 4,93±0,14 yang memberikan proteksi sedang, sedangkan formula 5 memiliki SPF terrendah yaitu 1,55±0,39 yang berarti tidak dapat memberikan proteksi. Meskipun dibandingkan kontrol positif efektivitas tabir surya tidak lebih baik, tetapi krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dapat memberikan proteksi terhadap sinar UV.

Penelitian sebelumnya diketahui ekstrak biji kakao dengan konsentrasi 1%v/v memiliki nilai SPF sebesar 2,4±0,20 yang memberikan proteksi minimal (Garcia *et al.,* 2021). Adapun losio tabir surya ekstrak kulit delima dengan konsentrasi 0,055%b/v dan 0,066%b/v menghasilkan nilai SPF masing-masing sebesar 16,63 dan 44,05 mempunyai daya proteksi ultra (Sopyan *et al.,* 2016).

Krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima memiliki proteksi yang lebih tinggi dari ekstrak biji kakao tunggal, sedangkan lotio tabir surya ekstrak kulit delima memiliki proteksi lebih tinggi dari krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima, hal ini dikarenakan adanya perbedaan pengenceran sampel yang diikuti dengan penurunan absorbansi sampel. Adanya korelasi antara konsentrasi dengan absorbansi merupakan prinsip dasar metode spektrometri UV-Vis (Simanjuntak et al., 2007). Semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka nilai SPF juga

akan semakin besar sehingga memberikan proteksi yang baik. Selain itu, stabilitas senyawa polifenol yang terkandung dalam ekstrak biji kakao dan kulit delima selama proses formulasi maupun penyimpanan juga dapat memengaruhi aktivitas tabir surya yang dihasilkan. Polifenol bekerja sebagai agen fotoprotektor dan antioksidan yang menyerap sinar UV dan menetralisir radikal bebas. Jika polifenol rusak atau terdegradasi, kemampuan menyerap radiasi akan berkurang yang menyebabkan penurunan nilai SPF dalam produk tabir surya (Fernandez-Rosillo *et al.,* 2025). Potensi adanya interaksi antar senyawa aktif polifenol yang diketahui dapat membentuk kompleks melalui ikatan hidrogen dan interaksi non kovalen lainnya yang berpotensi memengaruhi difusi, stabilitas dan pelepasan zat aktif dari basis sediaan. Kondisi ini dapat menyebabkan aktivitas fotoprotektif dan antioksidan yang dihasilkan tidak meningkat meskipun kedua ekstrak memiliki aktivitas antioksidan (Xia *et al.,* 2022). Berdasarkan hasil analisis statistik *Simplex Lattice Design software Design Expert* 11, respon yang digunakan sebagai parameter penentu formula optimum meliputi respon daya lekat, daya sebar, pH, viskositas dan nilai SPF. Grafik respon ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik respon daya lekat (A), daya sebar (B), pH (C), viskositas (D) dan nilai SPF (E) krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima

(D) (E)

Tabel 4. Persamaan *Simplex Lattice Design* pada respon uji sifat fisika kimia krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima

Respon	Persamaan *Simplex Lattice Design*
Daya Lekat	Y = 0,04A+0,02B+0,37AB
Daya Sebar	Y = 0,58A+0,54B+0,12AB
pH	Y = 0,87A+0,86B+0,02AB-0,12AB(A-B)-0,62AB$(A-B)^2$
Viskositas	Y = 2,30A+2,18B+0,22AB-0,33AB(A-B)-2,21AB$(A-B)^2$
Nilai SPF	Y = 1,70A+4,82B+0,50AB-3,24AB(A-B)

Hasil analisis *software Design Expert* 11 diketahui persamaan *scheffe* untuk masing-masing respon (Tabel 4). Koefisien Y adalah respon parameter formula optimum, A adalah ekstrak biji kakao dan B adalah ekstrak kulit delima. Berdasarkan hasil persamaan *scheffe* pada respon daya lekat koefisien ekstrak biji kakao (+0,04) memberikan pengaruh lebih besar daripada ekstrak kulit delima (+0,02). Nilai koefisien menunjukkan respon sediaan krim yang mengandung masing-masing komponen murni (100%) A dan B dalam ruang *simplex* (Setiyadi *et al.,* 2020).

Ekstrak biji kakao murni mempunyai nilai daya lekat yang lebih besar dibandingkan sediaan krim yang mengandung ekstrak kulit delima murni dalam *simplex*. Kombinasi kedua bahan menunjukkan interaksi positif (+0,37) yang dapat meningkatkan nilai daya lekat. Model grafik pada respon daya lekat memperlihatkan model *quadratic*. Berdasarkan hasil analisis ANOVA *software Design Expert* 11 respon daya lekat memiliki model dengan F-*value* 0,04 menyiratkan model tidak signifikan relatif terhadap *noise*. Ada kemungkinan 96,25% bahwa F-*value* sebesar ini dapat terjadi karena *noise*. Parameter *lack of fit* memiliki nilai 0,0764 menunjukkan nilai tidak signifikan. Hal ini berarti bahwa formula replikasi memberikan hasil mendekati data daya lekat yang didapatkan.

Persamaan *scheffe* pada respon uji daya sebar menunjukkan koefisien ekstrak biji kakao (+0,58) memberikan pengaruh lebih besar dibandingkan dengan ekstrak kulit delima (+0,54) dan kombinasi keduanya terdapat interaksi positif (+0,12) antara ekstrak biji kakao dan kulit delima sehingga berefek positif pada peningkatan daya sebar. Adapun model grafik pada respon daya sebar memperlihatkan model *quadratic*. Hasil analisis ANOVA respon daya sebar memiliki model dengan F-*value* sebesar 1,30 menyiratkan model tidak signifikan relatif terhadap *noise*. Ada kemungkinan 35,18% bahwa besarnya F-*value* dapat terjadi karena *noise*. Parameter *lack of fit* memiliki nilai 0,1995 menunjukkan nilai tidak signifikan. Hal ini berarti bahwa formula replikasi memberikan hasil mendekati data daya sebar yang didapatkan.

Model grafik respon pH memperlihatkan model *quartic*. Secara matematis dipresentasikan dengan persamaan *scheffe* yang menunjukkan bahwa koefisien ekstrak biji kakao (+0,87) mempengaruhi peningkatan pH lebih besar dari pada koefisien ekstrak kulit delima (+0,86). Hal ini berarti bahwa ekstrak biji kakao berpengaruh besar terhadap pH krim dibandingkan ekstrak kulit delima. Interaksi positif kombinasi antara keduanya (+0,02) menyebabkan meningkatnya nilai pH. Hasil analisis ANOVA respon pH memiliki model dengan F-*value* 41,06 yang bermakna bahwa model tersebut signifikan. Hanya ada kemungkinan 0,59% terjadi karena *noise*.

Adapun respon viskositas dengan model *quartic* menunjukkan kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima (+0,22) memberikan peningkatan viskositas krim. Koefisien ekstrak

biji kakao (+2,30) memberikan pengaruh lebih besar terhadap viskositas jika dibandingan dengan koefisien ekstrak kulit delima (+2,18). Hasil analisis ANOVA respon viskositas diketahui F-*value* sebesar 201,74 yang bermakna bahwa model tersebut signifikan. Ada kemungkinan 0,06% bahwa nilai F-*value* sebesar itu terjadi karena *noise*.

Persamaan *scheffe* pada respon SPF dengan model *cubic*. Koefisien ekstrak biji kakao (+1,70) lebih kecil daripada koefisien ekstrak kulit delima (+4,82) yang menunjukkan bahwa ekstrak kulit delima lebih dominan dalam meningkatkan nilai SPF daripada ekstrak biji kakao. Kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima mampu menghasilkan interaksi yang dapat meningkatkan nilai SPF sediaan krim tabir surya. Hasil uji ANOVA respon nilai SPF diperoleh model dengan F-*value* sebesar 187,32 yang berarti model tersebut signifikan. Hanya ada kemungkinan 0,01% bahwa F-*value* ini terjadi karena *noise*. Parameter *lack of fit* memiliki nilai 0,9276 menunjukkan nilai tidak signifikan. Hal ini berarti bahwa formula replikasi memberikan hasil mendekati data nilai SPF yang didapatkan.

Penetapan *goal* berdasarkan nilai respon yang diharapkan. *Goal* untuk respon daya lekat yaitu maximize dengan derajat kepentingan (++++), daya sebar *minimize* dengan derajat kepentingan (+++), pH dan viskositas yaitu *in range*, derajat kepentingan default (+++) serta nilai SPF digunakan goal maximize dan derajat kepentingan (++++++). Nilai *desirability* tertinggi yaitu pada formula 1 dan 7 sebesar 0,827 dengan proporsi ekstrak biji kakao 10% dan ekstrak kulit delima 5,5%. Nilai *desirability* akan semakin baik jika mendekati satu. *Software* memprediksikan daya lekat yang optimum sebesar 1,06 detik, diameter sebar sebesar 3,44 cm, pH sebesar 7,25, viskositas sebesar 150 dPas, serta nilai SPF sebesar 4,82.

Berdasarkan hasil rancangan optimasi menggunakan *software Design Expert* diperoleh delapan formula. Adanya dua formula dengan komposisi yang sama menunjukkan replikasi percobaan *(replicate runs)* yang dihasilkan oleh *software Design-Expert*. Replikasi dilakukan untuk mengestimasi galat murni *(pure error)* dan mengevaluasi reproduktibilitas hasil pengujian (King *et al.,* 2021). Verifikasi formula optimum krim tabir surya kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima hasil prediksi dilakukan untuk mengetahui nilai prediksi yang ditentukan *software Design Expert* 11 sesuai dengan hasil percobaan yang sebenarnya.

Prediksi respon daya sebar, pH, dan nilai SPF yang diperoleh dari analisis kemudian dibandingkan dengan respon sifat fisik formula optimum verifikasi menggunakan *one sample t-test* karena terdistribusi normal. Nilai signifikansi daya sebar yang diperoleh dari uji *shapiro wilk* yaitu 0,144. Pengujian normalitas data pH diperoleh nilai signifikansi sebesar 0,843 serta signifikansi data nilai SPF yaitu 0,612 (>0,05) maka data daya sebar, pH dan nilai SPF terdistribusi normal. Apabila data terdistribusi normal maka dilanjutkan dengan *one sample t-test* (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil *one sample t-test* prediksi respon daya sebar, pH dan nilai SPF

Respon	Prediksi	Percobaan	*Sig. (2 tailed)*	Interpretasi
Daya Sebar	3,44	3,42	0,975	Tidak berbeda signifikan
pH	7,25	7,26	0,774	Tidak berbeda signifikan
Nilai SPF	4,82	4,93	0,293	Tidak berbeda signifikan

Tabel 6. Hasil *wilcoxon test* prediksi respon daya lekat dan viskositas

Respon	Prediksi	Percobaan	*Sig. (2 tailed)*	Interpretasi
Daya Lekat	1,06	1,12	0,276	Tidak berbeda signifikan
Viskositas	150	150	1,000	Tidak berbeda signifikan

Hasil analisis menggunakan *one sample t-test* menunjukkan respon sifat fisika kimia meliputi daya sebar, pH dan nilai SPF memiliki *sig. (2 tailed)* >0,05 yang bermakna bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara prediksi *Simplex Lattice Design* dengan hasil verifikasi. Hasil *Wilcoxon test* untuk respon daya lekat dan viskositas didapatkan *sig. (2 tailed)* >0,05 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara prediksi *Simplex Lattice Design* dengan hasil verifikasi sehingga model prediksi sesuai dengan hasil verifikasi.

KESIMPULAN

Perbedaan kadar kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dapat mempengaruhi sifat fisik krim dan efektivitas tabir surya dengan nilai SPF. Variasi konsentrasi kombinasi ekstrak biji kakao dan kulit delima dapat menghasilkan krim dengan sifat fisika maupun kimia yang baik, namun tidak pada respon daya sebar dan daya lekat, variasi ini juga menghasilkan formula yang optimum yaitu pada formula 1 dan 7. Proporsi ekstrak biji kakao dan kulit delima yang menghasilkan formula krim optimum adalah 10% dan 5,5%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Damogalad, V., Jaya Edy, H., & Sri Supriati, H. (2013). Formulasi Krim Tabir Surya Ekstrak Kulit Nanas (Ananas comosus L Merr) dan Uji in Vitro Nilai Sun Protection Factor (SPF). *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi*, *2*(2), 2302–2493.

Elcistia, R., Zulkarnain, A. K., & Yogyakarta, M. (2018). Optimasi Formula Sediaan Krim o/w Kombinasi Oksibenzon dan Titanium Dioksida Serta Uji Aktivitas Tabir Suryanya Secara In Vivo Formula Optimization of o/w Cream Combination Oxybenzone and Titanium Dioxide and Its In Vivo Activity Testing. *Majalah Farmaseutik*, *14*(2), 63–78.

Fatimah, F., Rorong, J., & Gugule, S. (2012). Stabilitas dan Viskositas Produk Emulsi Virgin Coconut Oil-Madu. *J. Teknol. dan Industri Pangan*, *XXIII*(1), 75–80.

Fernandez-Rosillo, F., Cabrejos-Barrios, E. M., Chávez-Quintana, S. G., & Quiñones-Huatangari, L. (2025). Polyphenol Degradation Kinetics of Specialty Coffee in Different Presentations. *Foods*, *14*(21). https://doi.org/10.3390/foods14213600

Garcia, L. B., Pires, G. A., Oliveira, D. A. J., Silva, L. A. O., Gomes, A. F., Amaral, J. G., Pereira, G. R., & Ruela, A. L. M. (2021). Incorporation of glycolic extract of cocoa beans (Theobroma cacao L.) into microemulsions and emulgels for skincare. *Industrial Crops and Products*, *161*. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113181

Gurning, H. E. T., Wullur, A. C., & Lolo, W. A. (2016). Formulasi Sediaan Losio dari Ekstrak Kulit Buah Nanas (Ananas comosus L. (Merr)) sebagai Tabir Surya. *PHARMACONJurnal Ilmiah Farmasi*, *5*(3), 2302–2493.

Hanriko, R., & Hayati, S. J. (2019). Non Melanoma Skin Cancer (NMSC) pada

Pekerja Luar Ruangan dan Intervensinya. *Journal Agromedicine*, *6*(2), 405.

Hendradi, E., Chasanah, U., Indriani, T., & Fionnayuristy, F. (2013). Pengaruh Gliserin dan Propilenglikol terhadap Karakteristik Fisik, Kimia dan SPF Sediaan Krim Tipe O/W Ekstrak Biji Kakao (Theobroma cacao L.) (Kadar Ekstrak Kakao 10%, 15% dan 20%). *Jurnal PharmaScientia*, *2*(1), 31–42. www.wolipop.com,

King, C., Bzik, T., & Parker, P. (2021). Estimating pure-error from near replicates in design of experiments. *Journal of Quality Technology*, *54*(1), 102–117. https://doi.org/10.1080/00224065.2021.1920347

Langenbucher, & Lange. (2007). *Teori dan Praktek Farmasi Industri II* (III). Universitas Indonesia Press.

Nafisah, Fachrainiah, & Elwina. (2018). Ekstraksi Minyak Coklat dari Biji Kakao dengan Penambahan Jenis Pelarut. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, *2*(1), 2598–3954.

Nazliniwaty, Laila, L., & Wahyuni, M. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Delima (Punica granatum L.) dalam Formulasi Sediaan Lip Balm. *Jurnal Jamu Indonesia*, *4*(3), 87–92.

Nofita, Rinawati, & Qudus, H. I. (2016). Validasi Metode Matrix Solid Phase Dispersion (MSPD) Spektrofotometri UV untuk Analisis Residu Tetrasiklin dalam Daging Ayam Pedaging. *Jurnal Kesehatan*, *7*(1), 136. https://doi.org/10.26630/jk.v7i1.130

Pacheco, P. L. A., Noratto, G., Hingorani, L., Talcott, S. T., & Mertens-Talcott, S. U. (2008). Protective effects of standardized pomegranate (Punica granatum L.) polyphenolic extract in ultraviolet-irradiated human skin fibroblasts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(18), 8434–8441.

Pratama, W. A., & Zulkarnain, A. K. (2015). Uji SPF In Vitro dan Sifat Fisik Beberapa Produk Tabir Surya yang Beredar di Pasaran. *Majalah Farmaseutik*, *11*(1), 275–283.

Salamah, N., Rozak, M., & Al Abror, M. (2017). Pengaruh Metode Penyarian Terhadap Kadar Alkaloid Total Daun Jembirit (Tabernaemontana sphaerocarpa. BL) dengan Metode Spektrofotometri Visibel. *Pharmaciana*, *7*(1), 113. https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v7i1.6330

Setiyadi, G., Qonitah Program Studi Farmasi, A., Farmasi, F., Muhammadiyah Surakarta, U., Yani, J. A., Sukoharjo, K., & Tengah, J. (2020). Optimasi Masker Gel Peel-Off Ekstrak Etanolik Daun Sirih (Piper Betle L.) dengan Kombinasi Carbomer dan Polivinil Alkohol Optimization of Gel Peel-Off Mask Ethanolic Extract of Betel Leaf (Piper Betle L.) with Carbomer and Polivinil Alcohol Combination. In *Jurnal Farmasi Indonesia* (Vol. 17, Number 2). http://journals.ums.ac.id/index.php/pharmacon

Simanjuntak, W., Suka, I. G., & Ramdhani, R. (2007). Pengaruh Variabel Dasar Elektrokimia Terhadap Elektrokoagulasi Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Sains MIPA*, *13*(2), 89–94.

Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Glajch, J. L. (1997). *Practical HPLC Method Development*. Wiley-Interscience.

Sopyan, I., Apriana, R., & Gozali, D. (2016). Formulasi Sediaan Losio dari Ekstrak Kulit Buah Delima (Punica granatum L.) sebagai Tabir Surya. *Jurnal Farmaka*, *14*(1), 43–58.

Swastika, A., Mufrod, & Purwanto. (2015). Antioxidant Activity Of Cream Dosage Form Of Tomato Extract (Solanum lycopersicum L.). *Traditional Medicine Journal*, *14*(1), 132–140.

Swastini, D. A., Yanti, N. L. G. T., Udayana, N. K., Desta, I. G. A. G. P. C., Arisanti, C. I. S., & Wirasuta, I. M. A. G. (2013). *Uji Sifat Fisik Cold Cream Kombinasi Ekstrak Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana L.) Daun Binahong (Anredera cordifolia), Herba Pegagan (Centella asiatica) sebagai Antiluka Bakar*.

Utami, M. P. (2023). Uji Aktivitas dan Formulasi Sediaan Body Lotion dari Ekstrak Biji Kakao (Theobroma Cacao L.) Sebagai Antioksidan. *Jurnal Locus Penelitian Dan Pengabdian*, *2*(4), 337–348. https://doi.org/10.58344/locus.v2i4.1002

Utami, R. R., Supriyanto, S., Rahardjo, S., & Armunanto, R. (2017). Aktivitas Antioksidan Kulit Biji Kakao dari Hasil Penyangraian Biji Kakao Kering pada Derajat Ringan, Sedang dan Berat. *Agritech*, *37*(1), 89. https://doi.org/10.22146/agritech.10454

Voight, R. (1995). *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*. UGM Press.

Wasitaatmadja. (1997). *Penuntun Kosmetik Medik*. Universitas Indonesia Press.

Wungkana, I., Suryanto, E., & Momuat, L. (2013). Aktivitas Antioksidan dan Tabir Surya Fraksi Fenolik dari Limbah Tongkol Jagung (Zea mays L.). *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi*, *2*(4), 149–155.

Xia, Y., Ni, W., Wang, X., Wang, Y., & Huang, X. (2022). Intermolecular hydrogen bonds between catechin and theanine in tea: slow release of the antioxidant capacity by a synergetic effect. *RSC Advances*, *12*(33), 21135–21144. https://doi.org/10.1039/d2ra03692d

Jurnal Pharmacia Mandala Waluya (JPMW) is Licensed a Creative Commons Attribution 4.0 International Licence