

***Clitoria ternatea* L.: Bioactive Compounds, Antioxidant Activity, and its Potential as a Natural UV-Filter**

Kamila Fitri Sholihatunnisa, Zelika Mega Ramadhania*

Department of Pharmaceutical Biology, Faculty of Pharmacy, Padjajaran University, West Java, Indonesia

Submitted 03 June 2024; Revised 15 July 2024; Accepted 12 August 2024 ; Published 31 August 2024

*Corresponding author: zelika.mega@unpad.ac.id

Abstract

Clitoria ternatea L., commonly known as butterfly pea, is rich in bioactive compounds such as anthocyanins, flavonoids, and phenolics, exhibiting notable antioxidant activity and potential as a natural UV-filter agent. This review compiles data from 22 publications within the last decade, focusing on the plant's phytochemical composition, antioxidant mechanisms, and photoprotective activities demonstrated through in vitro, in vivo, and in silico studies. Anthocyanins act as antioxidants via hydrogen atom transfer (HAT) and single electron transfer (SET) mechanisms, while caffeic acid, quinic acid, and quercetin contribute to UVA and UVB absorption through chromophore groups. Reported antioxidant activities range from strong to low, while SPF values indicate maximal to ultra-protection levels. These findings highlight the potential of *C. ternatea* as a natural source of active ingredients for cosmetic formulations with antioxidant and photoprotective benefits.

Keywords: Anti-UV, Antioxidant, *Clitoria ternatea* L.

***Clitoria ternatea* L.: Senyawa Bioaktif, Aktivitas Antioksidan, dan Potensinya sebagai Agen UV Filter Alami**

Abstrak

Clitoria ternatea L., dikenal sebagai bunga telang, merupakan tanaman yang kaya akan senyawa bioaktif seperti antosianin, flavonoid, dan fenolik, yang memiliki aktivitas antioksidan dan berpotensi sebagai agen UV-filter alami. Artikel tinjauan ini menyajikan kompilasi data dari 22 publikasi dalam 10 tahun terakhir yang membahas komposisi fitokimia, mekanisme antioksidan, serta aktivitas fotoprotektif dari bunga telang melalui uji in vitro, in vivo, dan in silico. Antosianin bekerja sebagai antioksidan melalui mekanisme hydrogen atom transfer (HAT) dan single electron transfer (SET), sedangkan asam kafeat, asam kuinat, dan kuersetin berperan dalam penyerapan sinar UVA dan UVB melalui gugus kromofor. Aktivitas antioksidan yang dilaporkan bervariasi dari kuat hingga rendah, sedangkan nilai SPF menunjukkan rentang perlindungan maksimal hingga ultra. Temuan ini menegaskan potensi *C. ternatea* sebagai sumber bahan aktif alami untuk formulasi kosmetik dengan manfaat antioksidan dan fotoprotektif.

Kata Kunci: Anti-UV, Antioksidan, *Clitoria ternatea* L.

1. Pendahuluan

Radiasi ultraviolet adalah sejenis radiasi non-ionisasi yang dilepaskan oleh matahari dan sumber buatan seperti tanning bed, lampu hitam, dan lampu pijar.¹ Radiasi UV dibagi menjadi tiga jenis yakni UVA, UVB, dan UVC berdasarkan panjang gelombangnya. UVA mempunyai panjang gelombang 315–400 nm, kira-kira 1000 kali lebih kuat dibandingkan UVB dalam menyebabkan efek fotobiologis akut pada kulit bahkan dapat membahayakan kulit seperti percepatan penuaan, kanker kulit baik non-melanoma maupun melanoma. UVB mempunyai panjang gelombang 280–315 nm, dapat menembus permukaan bumi dan bisa menyebabkan efek akut pada kulit manusia, termasuk eritema dan pigmentasi. UVC mempunyai panjang gelombang 200–280 nm, namun lapisan ozon di stratosfer efektif menyerap UVC dan mencegahnya mencapai permukaan bumi. Radiasi UV sebagian besar mempunyai efek negatif pada tubuh manusia, kecuali produksi vitamin D yang justru bermanfaat bagi sistem kekebalan tubuh. Salah satu mekanisme yang mendasari timbulnya kemerahan akibat sinar UV adalah pembentukan spesies oksigen aktif secara fotokimia. Radikal oksigen telah dikaitkan dengan berbagai kerusakan proses biologis, seperti peroksidasi lipid, kerusakan DNA, perubahan fungsi enzim, polimerisasi polisakarida, bahkan kematian sel. Karena pembentukan radikal terjadi secara biologis, sel mempunyai banyak cara untuk menghilangkannya. Dalam proses biologis, radikal oksigen direduksi melalui transfer elektron untuk membentuk air. Proses reduksi menghasilkan zat antara yang reaktif seperti anion superoksida (O_2^-), hidrogen peroksida (H_2O_2), dan radikal hidroksil ($OH^\cdot$). Ketika sel sudah tidak bisa menghilangkan radikal oksigen maka peradangan dapat terjadi. Dosis UV radiasi yang tinggi dapat menyebabkan edema dan eksoriasis. Sedangkan efek dalam jangka waktu yang lebih lama akan menimbulkan kanker kulit.²

Antioksidan merupakan molekul yang dapat menyerap dan menetralkan radikal bebas, mencegah penyakit degeneratif termasuk penyakit kardiovaskular dan kanker.

Selain itu, dapat mencegah kerusakan sel, protein, dan lemak. Struktur molekul senyawa ini memungkinkannya mentransfer elektron ke molekul radikal bebas tanpa mengganggu fungsinya, sehingga secara efektif mengakhiri reaksi berantai dari radikal bebas. Antioksidan dapat berupa molekul rumit seperti superoksida dismutase, katalase, dan peroksiredoksin, atau bahan alami seperti glutathione, vitamin (A, C, E, dan β -karoten), flavonoid, albumin, bilirubin, seruplasmin, dan senyawa kimia lainnya.³

Antioksidan dalam sediaan topikal dapat menguatkan sifat fotoprotektif terhadap radiasi UV. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa antioksidan dapat mengurangi eritema, menghambat pembentukan sel kulit terbakar, dan imunosupresi. Nilai Sun protector Factor atau SPF dikendalikan oleh antioksidan yang termasuk dalam bahan kimia tabir surya. Antioksidan menghancurkan radikal bebas dan melindungi tubuh dengan mengikat radikal bebas yang merupakan senyawa oksigen reaktif dengan elektron tidak berpasangan sehingga dapat menyebabkan berbagai penyakit.⁴

Sunscreen (tabir surya kimia) dan sunblock (tabir surya fisik) merupakan contoh produk anti-UV. Sunscreen dan sunblock ini dapat diformulasikan dalam berbagai bentuk sediaan kosmetika, seperti lotion, krim, gel, spray bahkan stick. Tabir surya kimia bekerja dengan cara menyerap sinar UV dan mengubahnya menjadi energi panas lalu dikeluarkan dari kulit. Kelebihan dari tabir surya kimia ini adalah teksturnya yang ringan dan mudah menyerap serta minim akan whitecast. Namun, ada beberapa kekurangan, seperti dapat menyebabkan iritasi dan butuh waktu sekitar 15 sebelum terkena sinar UV agar efektif. Bahan kimia aktif dalam tabir surya kimia antara lain avobenzone, octinoxate, dan oxybenzone. Tabir surya fisik atau sering disebut sebagai sunblock bekerja dengan cara membentuk lapisan di bagian epidermis kulit sehingga dapat memantulkan sinar UV dari kulit. Kelebihan dari tabir surya fisik dapat memberikan perlindungan yang cepat dan efektif dan lebih cocok untuk kulit sensitif. Namun, kekurangan dari tabir surya

fisik adalah teksturnya yang lebih tebal dan dapat menimbulkan whitecast.^{4,5,6}

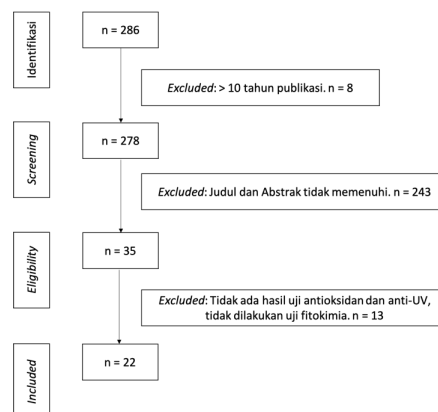
Selain bahan filter UV, antioksidan juga sering ditambahkan ke dalam formulasi tabir surya untuk meningkatkan efek fotoprotektif. Vitamin E dan turunannya merupakan antioksidan yang paling banyak digunakan, dengan frekuensi lebih dari 65%. Namun, meningkatnya kesadaran terhadap bahan alami mendorong pencarian sumber antioksidan alternatif dari tumbuhan.^{7,8} Salah satu kandidat potensial adalah *Clitoria ternatea* L. (bunga telang), yang mengandung berbagai metabolit sekunder seperti antosianin, flavonoid, dan terpenoid. Senyawa-senyawa ini tidak hanya memiliki aktivitas antioksidan, tetapi juga berpotensi sebagai agen UV-filter alami.^{9,10}

Oleh karena itu, tujuan penulisan review artikel ini adalah menyajikan informasi ilmiah terkini mengenai senyawa bioaktif, konsentrasi efektif, metode uji, dan hasil penelitian terkait aktivitas antioksidan dan anti-UV dari *Clitoria ternatea* L. Informasi ini diharapkan dapat mendukung pemanfaatan bunga telang sebagai bahan aktif alternatif dalam formulasi kosmetik fotoprotektif yang aman dan efektif.

2. Metode

Review artikel ini disusun melalui pencarian literatur menggunakan frase pencarian: “butterfly pea flower OR *Clitoria ternatea* AND antioxidant” pada PubMed (advanced search), “*Clitoria ternatea* as anti UV” pada Scopus dan Google Scholar, serta “Manfaat *Clitoria ternatea* sebagai anti UV dan SPF” pada Google Scholar. Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian pada jurnal internasional atau nasional yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir, memuat data profil fitokimia, aktivitas antioksidan, dan/atau aktivitas anti-UV. Kriteria eksklusi mencakup publikasi yang berusia lebih dari sepuluh tahun, artikel dengan judul atau abstrak yang tidak relevan, serta studi tanpa hasil uji antioksidan, uji UV, atau analisis fitokimia. Sebanyak 22 artikel memenuhi kriteria dan dianalisis, mencakup studi in vivo, in vitro, dan in silico mengenai aktivitas antioksidan dan

UV-filter dari *Clitoria ternatea* L. Diagram alur pencarian literatur ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir skringing database artikel yang masuk kriteria inklusi

3. Hasil

3.1. Tinjauan Botani

Clitoria ternatea termasuk kedalam kerajaan plantae, divisi magnoliophyte, kelas magnoliopsida, ordo fabales, famili fabaceae, genus *Clitoria*, dengan nama spesies *ternatea*.¹¹ *C. ternatea* merupakan tumbuhan yang berbentuk polong tipis yang memanjang dengan bulu-bulu kecil halus di batangnya. Daunnya bertangkai dan berorientasi bergantian menyirip, dengan 5-7 helai daun elips atau bulat telur dengan panjang sekitar 2,5-5 cm. Tiap helai daun agak tipis atau berselaput, berukuran panjang 2,5-5 cm dan lebar 1,5-3,5 cm. Bunganya mekar dalam berbagai warna, termasuk putih, merah muda, biru muda atau tua, berbentuk corong, 4 cm kali 3 cm, tunggal atau berpasangan, berbentuk bulat telur standar, berlekuk atau bulat di puncak, biru dengan dasar kuning, atau seluruhnya putih. Buahnya terlihat polong lonjong linier dengan panjang sekitar 5-11 cm dan lebar 0,7-1 cm, dengan ujung runcing panjang.¹²

Untuk habitatnya sendiri, *C. ternatea* dapat tumbuh di berbagai lokasi terbuka dengan sinar matahari yang melimpah dan dekat sumber air tawar, seperti lahan basah, selokan, atau lereng bukit berbatu. Hutan mesik yang terbuka dan semak belukar. Penyebarannya ditemukan di daerah Indonesia, Afrika Timur dan Selatan, Madagaskar serta India.¹⁰



Gambar 2. *Clitoria ternatea* L.¹⁰

3.2. Tinjauan Kimia

Metabolit sekunder yang terkandung pada *C. ternatea* dapat berupa flavonoid, flavonol termasuk kaemferol, kuersetin, dan mirisetin. Antosianin termasuk ternatin, preternatin, delfinidin, asam kafeat, rutin, asam galat, asam kuinat, antrakuinon, saponin, tanin, alkaloid, triterpenoid, glikosida flavonol, glikosida jantung, dan steroid.¹³

3.3. Aktivitas Antioksidan dan UV-Filter

C. ternatea memiliki potensi kegunaan dalam kesehatan seperti antioksidan,

antibakteri, antiinflamasi, dan analgesik, serta antiparasit dan antititida, obat diabetes, antikanker, antihistamin, dan sifat imunomodulator. Selain dapat memberikan manfaat kesehatan, dapat digunakan untuk sumber pewarna makanan alami dan dapat juga dikonsumsi dalam bentuk sediaan teh.¹⁴

4. Pembahasan

Paparan radiasi ultraviolet (UV) memicu pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) pada keratinosit dan jaringan dermal, yang selanjutnya mengaktifasi jalur pro-inflamasi dan meningkatkan ekspresi metalloproteinase

Tabel 1. Tabel hasil penelitian terhadap tanaman *C. ternatea*

No.	Metabolit sekunder	Metode pengujian	Bagian tanaman yang digunakan	Hasil	Kategori	Referensi
Antioksidan						
1.	Antosianin	In Vitro	Daun & Bunga	Ekstrak etanol daun dan bunga <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai IC ₅₀ sebesar 104 µg/ml dan 156 µg/ml	Sedang	15
2.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Fraksi <i>C. ternatea</i> menunjukkan IC ₅₀ 0,86 ± 0,07 mg/mL	Lemah	16
3.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> 0,125-1 mg/mL menghambat kerusakan DNA oksidatif dalam sistem MG/lisin dan AAPH	Menekan produksi anion superoksida dan radikal hidroksil.	17
4.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak air <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai setara 3,92 mM Trolox/mg menggunakan metode FRAP	Sedang	18

5.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak etanol <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai IC_{50} 74,96 μ g/mL (DPPH). ABTS persentase penghambatan $82,63 \pm 0,85\%$. Untuk Nilai SC_{50} dari <i>Superoxide Anion Radical Scavenging Assay</i> adalah 39,24 μ g/mL. Nilai EC_{50} pada Uji Pengurangan Daya (RP) mendapatkan hasil 86,77 μ g/mL. Uji FRAP mendapatkan hasil sebesar $0,710 \pm 0,016$ dan EC_{50} 25,90 μ g/mL dengan konsentrasi 4–40 μ g/mL.	Sedang - Kuat	19
6.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai IC_{50} $74,60 \pm 0,34$ μ g/mL (ABTS). Nilai IC_{50} 207,68 $\pm 2,34$ (DPPH). Nilai IC_{50} $3,36 \pm 0,07$ (mmol/g ekstrak) (FRAP)	Sedang ke Kuat	20
7.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai IC_{50} $0,47 \pm 0,01$ mg/ml (DPPH) $0,38 \pm 0,01$ mmol $FeSO_4$ setara/mg (FRAP) dan $0,17 \pm 0,01$ mg setara trolox/mg ekstrak kering (TEAC)	Sedang	21
8.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> dilakukan uji aktivitas antioksidan terhadap spesies oksigen reaktif lebih dari 100 μ g/mL, dan tidak ada sitotoksisitas terhadap garis sel A549, HCT8, atau IMR90 (IC_{50} , GI50, dan $LC_{50} > 900$ μ g/mL).	-	22
9.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai IC_{50} $0,47 \pm 0,01$ mg/ml (DPPH)	Lemah	23
10.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> mendapatkan hasil IC_{50} sebesar 195,5 μ g/mL (DPPH) dan 42,9 μ g/mL (ABTS). Ekstrak air <i>C. ternatea</i> konsentrasi 250 μ g/ml dapat mengurangi kerusakan mtDNA pada sel HaCaT yang terpajan sinar UV ($p < 0,05$)	Kuat	24

11.	Asam kafeat, rutin, kuersetin, asam galat, asam kuinat	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai IC_{50} 100,5 μ g/mL (DPPH)	Kuat	25
12.	Antosianin	In Vitro	Bunga	Ekstrak metanol:air:asam asetat dengan perbandingan 85:15:0,5 <i>C. ternatea</i> mendapatkan hasil sebanyak 75,87 mg GAE g ⁻¹ EW. Uji DPPH mendapatkan hasil IC_{50} 295,12 μ g/mL	Sedang	26
13.	Antosianin	In Vitro	Biji	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> menunjukkan nilai IC_{50} 79,42 $\pm$ 0,05 μ g/mL (DPPH)	Kuat	27
Fotoprotektor						
1.	Asam kafeat, asam kuinat, kuersetin,	In Vitro	Bunga	Ekstrak <i>C. ternatea</i> pada konsentrasi 50 mg/mL memberikan hasil SPF 31	Ultra	13
2.	Antosianin	In Vitro	Biji	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> memberikan hasil SPF 23,13	Ultra	27
3.	Flavonoid, Fenol	In Vitro	Bunga	Ekstrak air distilasi <i>C. ternatea</i> memberikan hasil SPF 19,65	Ultra	28
4.	Flavonoid	In Vitro	Bunga	Kombinasi ekstrak etil asetat <i>C. ternatea</i> dengan lidah buaya memberikan hasil SPF 14,76	Maksimal	29
5.	Antosianin	In Vivo	Bunga	Hasil penelitian menemukan bahwa tikus yang dipapar radiasi UVB lalu diberi krim ekstrak etanol <i>C. ternatea</i> dengan kadar 2,5% dan 5% memiliki kadar densitas kolagen yang jauh lebih tinggi dibandingkan kontrol ($P<0,05$)	-	30
6.	Flavonoid, Fenol	In Vivo	Bunga	Penelitian menemukan bahwa deposisi kolagen dermal menurun setelah radiasi UVB (kelompok Kontrol Negatif) (13,87 $\pm$ 2,7), namun meningkat secara signifikan setelah diberikan gel berbahan dasar ekstrak etanol <i>C. ternatea</i> (kelompok T-5%) (29,04 $\pm$ 3,2) dan T- kelompok 10% (38,39 $\pm$ 3,1).	-	31

7.	Flavonoid, Fenol	In Vivo	Bunga	Gel ekstrak etanol C. ternatea 5% dan 10% terbukti mampu menurunkan ekspresi MMP- 1 pada kulit tikus Wistar yang terpapar radiasi UV-B.	-	32
----	---------------------	---------	-------	---	---	----

(seperti MMP-1) serta mempercepat degradasi kolagen dan kerusakan DNA. Mekanisme tersebut mendasari photoaging, hiperpigmentasi, dan risiko karsinogenesis kulit.^{33,34} Oleh karena itu, kombinasi strategi perlindungan yang menggabungkan filter fisik/kimia dengan antioksidan topikal menjadi pendekatan rasional untuk mengurangi efek fototoksik. Dalam tinjauan ini, *C. ternatea* L. (bunga telang) menarik perhatian karena kandungan antosianin, flavonoid, dan fenolik yang mampu berfungsi baik sebagai pencegah oksidatif maupun sebagai penyerap radiasi pada rentang UVA–UVB, sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas formulasi fotoprotektif.^{35,36,37}

Secara molekuler, antosianin pada *C. ternatea* berkontribusi pada aktivasi mekanisme hydrogen atom transfer (HAT) dan single electron transfer (SET), memungkinkan netralisasi radikal bebas sebelum terjadi kerusakan biomolekuler; sedangkan senyawa fenolik seperti asam kafeat, asam kuinat, dan kuersetin memiliki struktur kromofor (konjugasi ikatan rangkap) yang mampu menyerap foton di daerah UVA–UVB sehingga bertindak sebagai UV-absorbing chromophores.^{37, 38} Selain kemampuan menangkap radikal dan menyerap radiasi, beberapa flavonoid juga dilaporkan memodulasi jalur sinyal pro-inflamasi dan menekan ekspresi MMP, sehingga mendukung preservasi matriks ekstraseluler setelah paparan UV.⁴⁰ Dari data eksperimental yang dikumpulkan, termasuk nilai IC_{50} pada uji DPPH/ABTS dan beberapa nilai SPF in vitro yang signifikan, menguatkan peran ganda senyawa-senyawa ini dalam fotoproteksi dan antioksidasi.

Variabilitas komposisi fitokimia antara studi merupakan faktor kunci yang menjelaskan heterogenitas hasil biologis. Perbedaan proporsitotal fenolik, profil antosianin (misalnya ternatin, delfinidin), dan senyawa minor (rutin,

kuersetin, asam galat) dipengaruhi oleh asal botani, fenologi, dan kondisi kultur, sehingga ekstrak bunga umumnya lebih kaya antosianin dan menunjukkan aktivitas antioksidan serta nilai SPF yang lebih tinggi dibandingkan daun atau biji pada beberapa laporan.^{41,42} Dengan demikian, pemilihan organ tanaman sebagai bahan baku perlu distandarisasi sesuai tujuan aplikasi (misalnya fotoproteksi topikal atau pemanfaatan sebagai pewarna/antioksidan pangan). Metode ekstraksi dan jenis pelarut memiliki pengaruh determinan terhadap profil kimia dan potensi bioaktif ekstrak. Pelarut polar atau berair (air, etanol berair, metanol-asam) cenderung mengekstrak antosianin dan fenol polar sehingga meningkatkan nilai DPPH/ABTS/FRAP pada banyak studi, sedangkan pelarut semi-polar atau nonpolar (etil asetat, kloroform, heksana) lebih efektif mengekstrak aglikon flavonoid dan terpenoid yang kadang-kadang memengaruhi spektrum serapan UV berbeda.^{43,44,45} Perbedaan protokol uji juga menghambat perbandingan langsung antar studi: DPPH dan ABTS menilai kapasitas scavenging pada mekanisme yang berbeda, FRAP mengukur kapasitas reduktif, sedangkan metode SPF in vitro bergantung pada persiapan sampel, konsentrasi yang diuji, dan formula perhitungan spektral. Akibatnya, klasifikasi aktivitas menjadi kuat, sedang atau rendah sering dipengaruhi oleh pemilihan assay, standar referensi, dan persyaratan analitis. Untuk translasi ke formulasi kosmetik yang dapat diandalkan, diperlukan pendekatan pengujian terpadu dan korelasi kuantitatif antara parameter kimia (misalnya jumlah total antosianin atau total fenolik) dengan parameter biologis (IC_{50} DPPH/ABTS, TEAC, FRAP, serta SPF in vitro).

Pengujian aktivitas antioksidan dalam tinjauan ini didasarkan pada assay DPPH, ABTS, dan FRAP, dengan klasifikasi aktivitas untuk DPPH/ABTS menurut IC_{50} : kuat (<20

$\mu\text{g/mL}$), sedang ($20 < 100 \mu\text{g/mL}$), dan rendah ($\geq 100 \mu\text{g/mL}$), serta ambang FRAP: kuat (≥ 1000), sedang ($500-1000$), dan rendah (≤ 500).^{46,47} Untuk fotoproteksi, klasifikasi SPF yang dipakai adalah: 2–4 (minimal), 4–6 (sedang), 6–8 (ekstra), 8–15 (maksimal), dan >15 (ultra).⁴⁸ Tabulasi data dari 22 studi menunjukkan heterogenitas yang nyata: mayoritas hasil antioksidan berada pada kategori sedang–rendah (IC_{50} dan FRAP bervariasi antarstudi), sementara nilai SPF in vitro berkisar 14,8–31 (kategori maksimal–ultra). Hal ini menunjukkan perlunya standarisasi protokol, satuan pelaporan, dan penggunaan panel assay komplementer untuk memungkinkan perbandingan yang valid dan komprehensif antarstudi.

Meskipun hasil studi yang tersedia menunjukkan heterogenitas yang nyata, disebabkan oleh variasi organ tanaman, metode dan pelarut ekstraksi, serta perbedaan protokol uji. Namun, bukti akumulatif dari penelitian in vitro, in vivo, dan in silico mendukung adanya aktivitas antioksidan dan potensi fotoprotektif dari *C. ternatea* L. Kandungan antosianin, flavonoid, dan fenolik memiliki peran kunci baik dalam penetralan radikal bebas (mekanisme HAT/SET) maupun dalam penyerapan radiasi UVA–UVB (kehadiran gugus kromofor). Dengan optimasi ekstraksi, standarisasi bahan baku, serta evaluasi stabilitas dan keamanan dalam matriks formulasi, bunga telang memiliki potensi sebagai bahan aktif untuk sediaan kosmetik yang menggabungkan fungsi antioksidan dan fotoproteksi.

5. Simpulan

C. ternatea L. menunjukkan aktivitas antioksidan dan potensi proteksi terhadap sinar UV pada studi in vitro, in vivo, dan in silico, terutama terkait dengan bioaktif yang berperan seperti antosianin dan senyawa fenolik (asam kafeat dan kuersetin). Namun, kekuatan efek yang dilaporkan sangat bervariasi karena perbedaan bagian tumbuhan, waktu panen, metode atau pelarut ekstraksi, dan protokol uji. Untuk mentranslasikan potensi ini ke produk kosmetik yang sesuai diperlukan standarisasi bahan

baku (kuantifikasi marker), optimasi ekstraksi yang reproducible, evaluasi stabilitas atau *photostability* dalam formulasi, serta uji keamanan dan efektivitas klinis. Dengan langkah-langkah tersebut, memvalidasi bahwa bunga telang berpotensi menjadi bahan aktif alami untuk sediaan kosmetik antioksidan dan fotoprotektor.

Referensi

1. CDC. Ultraviolet Radiation. Tersedia di: <https://www.cdc.gov/nceh/radiation/ultraviolet.htm>. [diunduh 9 Maret 2024].
2. Shea CR, He YY. Skin, Effects of Ultraviolet Radiation. In: Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier; 2014.
3. Pratiwi HRA, Yusran, Islawati, Artati. Analisis Kadar Antioksidan Pada Ekstrak Daun Binahong Hijau *Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis. Bioma: Jurnal Biologi Makassar. 2023;8(2):67–8.
4. Jesus A, Mota S, Torres A, Cruz MT, Sousa E, Almeida IF, et al. Antioxidants in Sunscreens: Which and What For? Antioxidants. 2023 Jan 6;12(1):138.
5. Lorigo M, Cairrao E. Antioxidants as stabilizers of UV filters: an example for the UV-B filter octylmethoxycinnamate. Biomedical Dermatology. 2019 Dec 24;3(1):11.
6. Vinmec. Pros and cons of physical sunscreens. Tersedia dari: <https://www.vinmec.com/en/news/health-news/general-health-check/pros-and-cons-of-physical-sunscreens/>. [diunduh 9 Maret 2024].
7. Vinmec. Advantages and disadvantages of chemical sunscreens. Tersedia dari: <https://www.vinmec.com/en/news/health-news/general-health-check/advantages-and-disadvantages-of-chemical-sunscreens/>. [diunduh 9 Maret 2024].
8. Melitia NPN, Mia A, Dede Mahdiah. Penentuan Nilai SPF (Sun Protection Factor) Dan Evaluasi Fisik Sediaan Cream Ekstrak Etanol Bunga Rosella (*Hibiscus Sabdariffa* L.) Sebagai Sun Protection. Journal of Pharmaceutical Care and Sciences. 2023;4(1):1–10.

9. Nurcholis W, Iqbal Tm, Sulistiyani S, Liwanda N. Profile of Secondary Metabolites in Different Part of the Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) Plant with Antioxidant Activity. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2023 Jun 30;33(2):231–47.
10. Oguis GK, Gilding EK, Jackson MA, Craik DJ. Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*), a Cyclotide-Bearing Plant with Applications in Agriculture and Medicine. *Front Plant Sci*. 2019 May 28;10.
11. Integrated Taxonomic Information System. *Clitoria ternatea* L. Tersedia dari: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=26543#null. [diunduh 10 Maret 2024].
12. National Parks. *Clitoria ternatea* L. Tersedia dari: <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/1/3/1372#:~:text=It%20is%20a%20slender%20climbing,deep%20roots%20and%20ornamental%20flowers.&text=Its%20stalked%2C%20alternately%2Darranged%20leaves,and%201.5%2D3.5%20cm%20wide>. [diunduh 10 Maret 2024].
13. Bujak T, Zagórska-Dziok M, Ziemlewska A, Nizioł-Łukaszewska Z, Wasilewski T, Hordyjewicz-Baran Z. Antioxidant and Cytoprotective Properties of Plant Extract from Dry Flowers as Functional Dyes for Cosmetic Products. *Molecules*. 2021 May 10;26(9):2809.
14. Lijon M. Phytochemistry and pharmacological activities of *Clitoria ternatea*. *International Journal of Natural and Social Sciences*. 2017 Jun;4:1–10.
15. Islam MdA, Mondal SK, Islam S, Akther Shorna MostN, Biswas S, Uddin MdS. Antioxidant, Cytotoxicity, Antimicrobial Activity, and In Silico Analysis of the Methanolic Leaf and Flower Extracts of *Clitoria ternatea*. *Biochemistry Research International*. 2023 Sep 22;2023:1–12.
16. Jeyaraj EJ, Lim YY, Choo WS. Antioxidant, cytotoxic, and antibacterial activities of *Clitoria ternatea* flower extracts and anthocyanin-rich fraction. *Scientific Reports*. 2022 Sep 1;12(1):14890.
17. Chayaratanasin P, Adisakwattana S, Thilavech T. Protective role of *Clitoria ternatea* L. flower extract on methylglyoxal-induced protein glycation and oxidative damage to DNA. *BMC Complementary Medicine and Therapy*. 2021 Dec 1;21(1):80.
18. Grzebieńiarz W, Tkaczewska J, Juszcak L, Kawecka A, Krzysciak P, Nowak N, et al. The influence of aqueous butterfly pea (*Clitoria ternatea*) flower extract on active and intelligent properties of furcellaran Double-Layered films - in vitro and in vivo research. *Food Chemistry*. 2023 Jul;413:135612.
19. Li C, Tang W, Chen S, He J, Li X, Zhu X, et al. Phytochemical Properties and In Vitro Biological Activities of Phenolic Compounds from Flower of *Clitoria ternatea* L. *Molecules*. 2022 Sep 26;27(19):6336.
20. Ratha J, Yongram C, Panyatip P, Powijitkul P, Siriparu P, Datham S, et al. Polyphenol and Tryptophan Contents of Purple Corn (*Zea mays* L.) Variety KND and Butterfly Pea (*Clitoria ternatea*) Aqueous Extracts: Insights into Phytochemical Profiles with Antioxidant Activities and PCA Analysis. *Plants*. 2023 Jan 30;12(3):603.
21. Chayaratanasin P, Barbieri MA, Suanpairintr N, Adisakwattana S. Inhibitory effect of *Clitoria ternatea* flower petal extract on fructose-induced protein glycation and oxidation-dependent damages to albumin in vitro. *BMC Complement Alternative Medicine*. 2015 Dec 18;15(1):27.
22. Escher GB, Marques MB, do Carmo MAV, Azevedo L, Furtado MM, Sant'Ana AS, et al. *Clitoria ternatea* L. petal bioactive compounds display antioxidant, antihemolytic and antihypertensive effects, inhibit α -amylase and α -glucosidase activities and reduce human LDL cholesterol and DNA induced oxidation. *Food Research International*. 2020 Feb;128:108763.
23. Phrueksanan W, Yibchok-anun S, Adisakwattana S. Protection of *Clitoria ternatea* flower petal extract against free radical-induced hemolysis and

- oxidative damage in canine erythrocytes. *Research in Veterinary Science*. 2014 Oct;97(2):357–63.
24. Zakaria NNA, Okello EJ, Howes M, Birch-Machin MA, Bowman A. In vitro protective effects of an aqueous extract of *Clitoria ternatea* L. flower against hydrogen peroxide-induced cytotoxicity and UV-induced mtDNA damage in human keratinocytes. *Phytotherapy Research*. 2018 Jun 21;32(6):1064–72.
 25. Bujak T, Zagórska-Dziok M, Ziemlewska A, Nizioł-Łukaszewska Z, Lal K, Wasilewski T. Flower Extracts as Multifunctional Dyes in the Cosmetics Industry. *Molecules*. 2022 Jan 29;27(3):922.
 26. Xu B, Lan JC, Sun Q, Hsueh C, Chen BY. Deciphering optimal biostimulation strategy of supplementing anthocyanin-abundant plant extracts for bioelectricity extraction in microbial fuel cells. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*. 2019 Dec 1;12(1):46.
 27. Tyan C, Radhakrishnan L, Mustaffa F, Sahgal G. Antioxidant, antimicrobial and SPF protective activity of *Cucurbita moschata*, *Cucurbita reticulata* and *Clitoria ternatea*. *Rapports De Pharmacie*. 2018;4(3):488–90.
 28. Ritonga NB, Rini R, Anggraini T. Formulation and Evaluation of Sun Block Lotion Made from Virgin Coconut Oil (VCO) with the addition of the Extract of Telang Flower (*Clitoria ternatea* L.) and Pandan Leaves (*Pandanumusa paradisiaca* L.). *AJARCDE | Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment*. 2020 Apr 21;4(1):54–9.
 29. Indarto I, Nasution S, Kuswanto E, Afrina F, Cane H. Potensi Aktifitas Tabir Surya Kombinasi Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria Ternatea*) Dan Lidah Buaya (*Aloe Vera*) Secara In Vitro. *SEMDI UNAYA-2023*. 2023;6(1):197–9.
 30. Widiyanto B, Yuniarifa C, Purnamasari R. Efek Perlindungan Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.) Terhadap Densitas Kolagen dari Paparan Sinar UVB. *Jurnal Sehat Indonesia (JUSINDO)*. 2023 Dec 2;6(01):175–82.
 31. Hutapea CM, Subchan P, Putra A. *Clitoria ternatea* Flower Extract-Based Gel Elevates TGF- β 1 Gene Expression and Collagen Density in UVB-Induced Collagen Loss Rat Skin. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*. 2023 May 8;148–53.
 32. Subchan P, Putri R, Muna N, Hutapea C, Cahyani E, Hidayah N. Ekstrak Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) Menghambat Peningkatan Ekspresi Gen MMP-1 pada Kulit Tikus Wistar yang Terpapar Sinar Ultraviolet B. *Journal of Midwifery and Health Science of Sultan Agung*. 2022;1(2):17–8.
 33. Nishisgori C. Current concept of photocarcinogenesis. *Photochemical & Photobiological Sciences*. 2015 Sep 1;14(9):1713–21.
 34. Nair V, Bang WY, Schreckinger E, Andarwulan N, Cisneros-Zevallos L. Protective Role of Ternatin Anthocyanins and Quercetin Glycosides from Butterfly Pea (*Clitoria ternatea* Leguminosae) Blue Flower Petals against Lipopolysaccharide (LPS)-Induced Inflammation in Macrophage Cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015 Jul 22;63(28):6355–65.
 35. Kwon KR, Alam MB, Park JH, Kim TH, Lee SH. Attenuation of UVB-Induced Photo-Aging by Polyphenolic-Rich *Spatholobus Suberectus* Stem Extract Via Modulation of MAPK/AP-1/MMPs Signaling in Human Keratinocytes. *Nutrients*. 2019 Jun 14;11(6):1341.
 36. Kim HY, Sah SK, Choi SS, Kim TY. Inhibitory effects of extracellular superoxide dismutase on ultraviolet B-induced melanogenesis in murine skin and melanocytes. *Life Science*. 2018 Oct;210:201–8.
 37. Kim MR, Lee HS, Choi HS, Kim SY, Park Y, Suh HJ. Protective Effects of Ginseng Leaf Extract Using Enzymatic Extraction Against Oxidative Damage of UVA-Irradiated Human Keratinocytes. *Applied Biochemistry Biotechnology*. 2014 Jun 16;173(4):933–45.
 38. Vidana Gamage GC, Lim YY, Choo WS. Anthocyanins from *Clitoria ternatea* flower: Biosynthesis, extraction, stability,

- antioxidant activity, and applications. *Frontiers in Plant Science*. 2021 Dec 17;12:792303.
39. Vuong TT, Hongsprabhas P. Influences of pH on binding mechanisms of anthocyanins from butterfly pea flower (*Clitoria ternatea*) with whey powder and whey protein isolate. *Cogent Food & Agriculture*. 2021 Jan 1;7(1):1889098.
 40. Shi S, Lv M, Jin L, Qin G, Gao Y, Ji J, Hao L. Antioxidant properties of anthocyanin revealed through the hydrogen atom transfer: Combined effects of temperature and pH. *Molecular Physics*. 2021 Jun 18;119(12):e1936246.
 41. Koss-Mikołajczyk I, Kusznierecz B, Bartoszek A. The relationship between phytochemical composition and biological activities of differently pigmented varieties of berry fruits; comparison between embedded in food matrix and isolated anthocyanins. *Foods*. 2019 Dec 5;8(12):646.
 42. Ajayi OE, Yoon SY, Moon S, Kim KH, Kim JH, Chung JW, Jang KI, Hyun TK. Variability in phytochemical contents and biological activities among *Adenophora triphylla* genotypes. *Applied Sciences*. 2023 Oct 11;13(20):11184.
 43. Lee JE, Jayakody JT, Kim JI, Jeong JW, Choi KM, Kim TS, Seo C, Azimi I, Hyun J, Ryu B. The influence of solvent choice on the extraction of bioactive compounds from Asteraceae: A comparative review. *Foods*. 2024 Oct 2;13(19):3151.
 44. Xiang Z, Liu L, Xu Z, Kong Q, Feng S, Chen T, Zhou L, Yang H, Xiao Y, Ding C. Solvent effects on the phenolic compounds and antioxidant activity associated with *Camellia polyodonta* flower extracts. *ACS omega*. 2024 Jun 10;9(25):27192-203.
 45. Sulaiman SF, Sajak AA, Ooi KL, Seow EM. Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *Journal of Food Composition and analysis*. 2011 Jun 1;24(4-5):506-15.
 46. Mehta A. DPPH and FRAP assays for different extracts of in vitro and in vivo grown plantlets of *Bacopa monnieri* L. *Vegetos*. 2023 Dec;36(4):1570-5.
 47. Cano A, Maestre AB, Hernández-Ruiz J, Arnao MB. ABTS/TAC methodology: Main milestones and recent applications. *Processes*. 2023 Jan 6;11(1):185.
 48. Fatmawati S, Hikmawanti NP, Fadillah A, Putri AM. Antioxidant activity and sun protection factor (SPF) graded extract of katuk leaves (*Sauropus androgynus* (L.) merr.). *IntOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2022 Jun 1 (Vol. 1041, No. 1, p. 012072). IOP Publishing.