



Perkembangan Terkini Fotoproteksi

Rezkyana Danil,¹ Nelva Karmila Jusuf²

Departemen Dermatologi dan Venereologi, Fakultas Kedokteran Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

ABSTRAK

Sinar matahari yang mengandung sinar ultraviolet seperti sinar ultraviolet A (UVA) dan ultraviolet B (UVB) mempunyai efek buruk terhadap kulit seperti *photoaging*, immunosupresi, fotokarsinogenesis, dan eksaserbasi fotodermatosis. Fotoproteksi merupakan langkah pencegahan yang penting. Penggunaan tabir surya merupakan komponen penting dan esensial; pengembangan filter ultraviolet (UV), tabir surya dengan antioksidan topikal, dan lain-lain, merupakan inovasi tabir surya saat ini. Namun, tabir surya tidak dapat mencegah radiasi *visible light*, sehingga dikembangkan fotoproteksi nontopikal oral dan subkutan yang dapat memberi efek sistemik. Pengembangan fotoproteksi fisik menyesuaikan jenis kain, warna, dan ketebalan. Fotoproteksi lain yaitu berasal dari lapisan ozon, keadaan cuaca, dan pemilihan jenis kaca.

Kata Kunci: Fotoproteksi, fotoproteksi fisik, fotoproteksi oral, tabir surya.

ABSTRACT

Sunlight contains ultraviolet rays such as ultraviolet A (UVA) and ultraviolet B (UVB) rays have adverse effects on the skin such as photoaging, immunosuppression, photocarcinogenesis, and exacerbation of photodermatosis. Photoprotection is an important preventive measure. The use of sunscreen is an important and essential component; development of ultraviolet (UV) filters, sunscreens with topical antioxidants, and others, are current sunscreen innovations. However, sunscreens do not prevent visible light radiation hence the development of nontopical oral and subcutaneous photoprotection that has systemic effect. Development of physical photoprotection is by adjusting the type, color, and thickness of material. Other photoprotection is from ozone layer, weather, and selection of fabric or glass used as shades. **Rezkyana Danil, Nelva Karmila Jusuf. Recent Advances on Photoprotection.**

Keywords: Photoprotection, physical photoprotection, oral photoprotection, sunscreen.



Cermin Dunia Kedokteran is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Paparan sinar matahari langsung adalah salah satu faktor paling agresif untuk kulit manusia. Radiasi matahari mengandung berbagai spektrum elektromagnetik termasuk sinar ultraviolet (UV). Selain lapisan ozon stratosfer yang menyaring sinar ultraviolet C (UVC) yang paling berbahaya, kulit manusia mengandung pigmen fotoprotektif yang disebut melanin untuk melindungi dari UVB dan UVA. Pigmen ini adalah agen penyerap UV redoks dan berfungsi sebagai perisai untuk mencegah aksi UV langsung pada *deoxyribonucleic acid* (DNA) sel epidermis.¹

Paparan *ultraviolet radiation* (UVR) berperan penting dalam *photoaging*, immunosupresi, fotokarsinogenesis dan eksaserbasi fotodermatosis. UVA (320-400 nm) menembus ke dalam dermis dan merusak DNA dengan memproduksi *reactive oxygen species* (ROS). ROS adalah kontributor utama *photoaging*. UVB (290-320

nm), sebaliknya, secara langsung merusak DNA dengan pembentukan *6-4 cyclobutane pyrimidine dimers* (CPDs) dan *pyrimidine (6-4) pyrimidone photoproducts* oleh sinar matahari langsung. Baik paparan UVA maupun UVB meningkatkan risiko karsinoma sel basal, karsinoma sel skuamosa, dan melanoma.²

Fotoproteksi adalah salah satu strategi kesehatan pencegahan yang paling penting, dokter berperan penting untuk nasihat penerapan langkah-langkah perlindungan kulit dari paparan sinar UV. Fotoproteksi mencakup modifikasi perilaku, seperti mencari keteduhan saat di luar ruangan, mengenakan pakaian pelindung, topi bertepi lebar, dan kacamata hitam. Inovasi utama fotoproteksi secara umum terbagi atas 2 kategori: 1) Pengenalan bahan baru ke dalam tabir surya topikal, dan 2) Penggunaan formulasi oral untuk fotoproteksi sistemik. Selain itu, fotoproteksi fisik juga sudah dan beberapa

fotoproteksi lainnya mulai dikembangkan.²

PEMBAHASAN

Tabir Surya

Tabir surya adalah senyawa pelindung matahari yang dioleskan pada kulit, yang dapat menghalangi atau menyerap radiasi pada kisaran UV 290–400 nm, untuk mengurangi dosis UV yang mencapai permukaan kulit. Filter UV di tabir surya terdiri atas agen fisik dan kimia. Dua agen anorganik fisik yang digunakan: 1) Titanium dioksida yang memberikan perlindungan UVB dan beberapa UVA kuat, 2) Seng oksida yang memberikan perlindungan yang baik terhadap UVA dan UVB. Sebagian besar bahan kimia, agen organik menyerap radiasi UVB, hanya sedikit yang menawarkan perlindungan terhadap UVA.³

Paparan sinar matahari yang kuat dapat merusak kulit, dan dapat menjadi predisposisi

Alamat Korespondensi email: danil.rezkyana@gmail.com



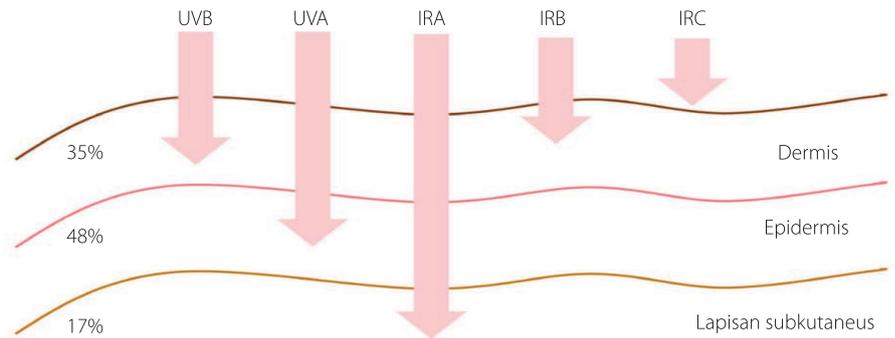
perkembangan kanker kulit (Gambar). Oleh karena itu, penggunaan tabir surya merupakan komponen penting dan esensial dari fotoproteksi. Paparan sinar matahari tanpa perlindungan kulit bisa berbahaya kapan saja dan di mana saja, terutama selama musim panas.

Tabir surya digunakan di seluruh dunia sebagai bagian integral dari strategi fotoproteksi. Sejak diperkenalkan selama paruh pertama abad terakhir, tabir surya telah mendapat manfaat besar dari kemajuan teknologi utama seperti pengembangan filter UV baru. Saat ini, terdapat 16 filter UV terdaftar, 14 filter organik, dan 2 filter nonorganik, termasuk seng oksida dan titanium dioksida.^{1,4,5}

Industri kosmetik Jepang memperkenalkan metode alternatif UVA tabir surya berdasarkan hasil *persistent pigment darkening* (PPD) *in vivo* pada kulit yang dirawat dengan produk fotoprotektif. Selain SPF, tabir surya dapat diberi label dari PA+ hingga PA++++, sesuai dengan tingkat perlindungan UVA (PA) yang diperoleh dari uji *persistent pigment darkening* (PPD). Sesuai dengan efisiensi perlindungan terhadap radiasi UV, tabir surya PA++++ yang mengandung komposisi *polydopamine* (PDA) dihibridisasi dengan seng oksida (ZnO) dengan penambahan 10 wt% lebih baik dibandingkan dengan PA+ yang memiliki komposisi sama, namun dengan kadar lebih rendah.¹

Selain itu, tabir surya terbaru menampilkan sifat lain, seperti tahan air, fotostabilitas, bahan penghidrasi, *lotion* yang tahan lama untuk menghindari aplikasi berulang, dan lain lain. Sifat-sifat ini terlibat dalam pengukuran yang disebut faktor perlindungan efektif biologis atau *biological effective protection factors* (BEPFs), dihitung untuk respons kulit yang diperantarai UV ditentukan melalui pengukuran transmisi menurut metode Diffey menggunakan spektrum aksi relatif. Namun, penggunaan BEPFs dalam tabir surya komersial masih sangat jarang.¹

Inovasi lain adalah tabir surya mengandung antioksidan topikal mengurangi produksi ROS, sitokin, dan menurunkan ekspresi metaloproteinase setelah terpapar sinar UV dan *visible light*, menjadi kombinasi yang lebih unggul daripada penggunaan tabir surya tanpa antioksidan. Tabir surya



Gambar. Tingkat kerusakan kulit dari radiasi ultraviolet (UVA dan UVB) dan inframerah (IRA, IRB dan IRC).⁴

dengan antioksidan bahkan telah terbukti melindungi kulit dari efek polusi lingkungan. Penggabungan antioksidan ke tabir surya telah populer dan yang paling banyak digunakan adalah: vitamin C, *quercetin*, lidah buaya, *silymarin*, *chroman* (*benzodihy dropyran*), ekstrak teh hijau, ginseng, dan ekstrak *Polypodium leucotomos*.⁵

Food and Drug Administration (FDA) menyatakan bahwa tabir surya merupakan obat bebas, yang menjadi tantangan penting di masa depan adalah memastikan komposisi tabir surya yang berfungsi sebagai fotoproteksi, sehingga dapat diterima oleh FDA. Beberapa pertimbangan penilaian tabir surya seperti bentuk yang mudah digunakan termasuk tekstur ultra-ringan, semprotan yang nyaman, dan formulasi tidak berminyak mendorong penggunaan tabir surya secara teratur. Tabir surya yang membuat mata perih juga harus menjadi pertimbangan karena merupakan salah satu alasan utama pengguna untuk tidak menggunakannya saat melakukan aktivitas di luar ruangan. Pengguna dengan warna kulit yang lebih gelap mengharapkan tabir surya transparan karena aplikasi tabir surya yang terlalu putih membuat tidak nyaman. Bagi pengguna *make up*, pilihan tabir surya yang kompatibel dengan aplikasi kosmetik juga penting.^{4,5}

Fotoproteksi Nontopikal (Oral atau Sistemik)

Bentuk perlindungan matahari nontopikal lain juga telah mendapatkan perhatian untuk memberikan perlindungan tambahan terhadap paparan UVR. Tabir surya dengan filter UV organik dan anorganik tidak melindungi dari *visible light* (VL). Agen fotoprotektif sistemik mungkin bermanfaat untuk alasan ini. Penelitian menunjukkan

bahwa ekstrak *Polypodium leucotomos* berasal dari tanaman pakis Amerika Tengah dan Selatan yang mengandung antioksidan dan sifat antiinflamasi diberikan secara oral dan subkutan terbukti efektif mengurangi *photodamage*, masih diperlukan penelitian yang lebih besar untuk konfirmasi kemanjurannya.²

a. Vitamin

Vitamin C atau asam askorbat, karena sifatnya yang larut dalam air, merupakan antioksidan terpenting dalam fase hidrofilik. Karena tidak disintesis secara alami pada manusia, asupan harian paling baik dicapai melalui makanan. Studi belum membuktikan bahwa suplementasi oral vitamin C saja dapat melindungi kulit manusia dari paparan sinar matahari. Namun, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi vitamin C dan vitamin E memiliki efek positif.⁷

Vitamin E tokoferol, seiring dengan vitamin C, adalah antioksidan alami, tetapi larut dalam lemak. Memiliki afinitas terutama dengan lipid membran sel dan lipid semen antar sel, tokoferol berperan penting dalam perlindungan dari kerusakan oksidatif dengan menghilangkan ROS. Tokoferol dioksidasi menjadi *tokoferoxyl* radikal oleh ROS dan, pada gilirannya, diregenerasi oleh vitamin C. Seiring dengan vitamin C, *glutathione* dan koenzim Q10 dapat mendaur ulang tokoferol. Meskipun kontroversial, vitamin E oral dosis tinggi tampak efektif mengurangi kerusakan kulit manusia akibat UVB.⁷

b. Ekstrak *Polypodium leucotomos*

Ekstrak *Polypodium leucotomos* berasal dari tanaman pakis yang berasal dari Amerika Tengah dan Selatan, telah terbukti



memiliki sifat antioksidan dan antiinflamasi. Sebagai antioksidan, ekstrak *P. leucotomos* menurunkan peroksida lipid dan menetralkan anion superoksida dan radikal hidroksil setelah paparan UV. Sifat antiinflamasinya dikaitkan dengan penurunan ekspresi siklooksigenase-2 yang diinduksi UV, mutasi gen supresor p53, serta pembentukan CPD dan infiltrat inflamasi di model hewan.²

Penelitian pada manusia telah menunjukkan bahwa ekstrak *Polypodium leucotomos* meningkatkan dosis UV yang diperlukan untuk membuat penggelapan pigmen segera, dosis eritema minimal, dan dosis fototoksik minimal, artinya melindungi terhadap UV-B dan fototoksitas yang diinduksi UV-A. Juga telah ditemukan bermanfaat mencegah erupsi cahaya polimorf, urtikaria matahari, dan fotodermatitis lainnya.²

c. Nikotinamida

Nikotinamida adalah bentuk amida aktif vitamin B3 (niasin, asam nikotinat) yang merupakan vitamin esensial yang larut dalam air dan merupakan kofaktor adenosin trifosfat, yang penting dalam perbaikan DNA di kulit. Nikotinamida oral bersifat fotoprotektif, mencegah penipisan adenosin trifosfat yang disebabkan oleh radiasi UV, sehingga meningkatkan energi seluler dan meningkatkan perbaikan DNA. Nikotinamida oral aman dan efektif mengurangi risiko kanker kulit nonmelanoma baru dan keratosis aktinik pada pasien berisiko tinggi.^{2,7}

Nikotinamida memiliki efek samping signifikan seperti alergi, gatal, bengkak, hingga peradangan kulit wajah, sehingga menghalangi penggunaannya; efek samping kemerahan dan sakit kepala serta gangguan gastrointestinal lebih jarang terjadi. Pada dosis 3 g/hari cenderung dapat ditoleransi baik.⁸

d. Afamelanotide

Afamelanotide adalah analog struktural α -melanocyte stimulating hormone (α -MSH), bertindak sebagai agonis reseptor *melanocortin-1*. *Afamelanotide* meningkatkan sintesis melanin (eumelanin) tanpa kerusakan sel yang diinduksi UV dan bekerja secara lokal pada melanosit, tidak seperti α -MSH alami. *Afamelanotide* telah ditemukan sebagai fotoprotektif pada pasien protoporfiria eritropoietik dan urtikaria matahari dengan merangsang melanogenesis dan bertindak

sebagai antioksidan.^{2,8} *Afamelanotide* biasanya diberikan sebagai implan subkutan untuk transfer obat yang lambat, mengurangi efek samping seperti hiperpigmentasi lokal di tempat suntikan.⁸

e. Polifenol

Polifenol terutama ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, kopi, teh, anggur merah, kacang-kacangan, sereal, dan cokelat. Polifenol adalah bahan kimia yang memiliki lebih dari satu cincin fenolik per molekul. Cincin fenolik memiliki gugus hidroksil yang terikat pada cincin aromatik. Aktivitas antioksidan intrinsik polifenol berada pada gugus hidroksil (-OH) yang bertindak sebagai donor hidrogen atau elektron untuk radikal bebas atau spesies reaktif lainnya. Klasifikasi khas molekul-molekul ini tergantung pada jumlah dan jenis cincin fenolik, yang menentukan sifat biologisnya. Polifenol diklasifikasikan sebagai flavonoid atau nonflavonoid dan terbukti efektif untuk peradangan kulit, stres oksidatif, kerusakan DNA akibat sinar UV, dan karsinogenesis *in vivo*.⁷

f. Nonpolifenol

Fitokimia nonpolifenol yaitu karotenoid. Karotenoid merupakan turunan vitamin A, termasuk beta-karoten, likopen, dan *astaxanthin*, adalah antioksidan yang efektif untuk fotoproteksi. Likopen dan beta-karoten relatif melimpah di kulit manusia.⁷

Beta-karoten ada di buah-buahan dan sayuran seperti wortel, labu, ubi jalar, mangga. Sebagai fotoprotektor endogen, mencegah pembentukan eritema akibat radiasi UV. Efek fotoproteksi tergantung dosis dan durasi pengobatan.⁷

Likopen adalah pigmen karotenoid merah cerah yang ada dalam tomat dan sayuran merah atau buah-buahan, seperti wortel merah, semangka, dan pepaya, merupakan pemadam oksigen singlet yang sangat efisien. Penelitian telah membuktikan efektivitasnya dalam mengurangi eritema akibat radiasi UV.⁷ *Astaxanthin* yang terdapat dalam mikroalga, salmon, trout, udang, dan udang karang telah terbukti mempunyai aktivitas fotoprotektif terhadap UVA.⁷

g. Flavonoid

Flavonoid termasuk katekin, isoflavon, dan *proanthocyanidins*. Katekin terutama dalam

daun teh terdiri dari katekin, epikatekin, galaktokatekin, epikatekingalat, dan epigalokatekin galat/epigalokatekin 3-galat.

Isoflavon yang paling terkenal adalah genistein yang berasal dari kedelai, dan silymarin yang berasal dari *milk thistle* (*Silybum marianum*). Genistein memberikan efek fotoprotektif pada model hewan. Komponen aktif utama silymarin adalah silibinin, yang telah terbukti melindungi terhadap fotokarsinogenesis pada hewan.⁷

Sebagian besar penelitian menyelidiki genistein (isoflavon kedelai) yang diduga memiliki efek fotoprotektif yang klinis signifikan. Isoflavon oral (100 mg/hari ekstrak kedelai isoflavon) mengurangi gambaran histologis *photoaging* bila diberikan selama enam bulan.⁸

Proanthocyanidins juga dikenal sebagai tanin terkondensasi, adalah sekelompok zat yang banyak terdapat dalam biji anggur. Pemberian ekstrak biji anggur secara oral efektif mencegah pigmentasi yang diinduksi UV pada kulit marmut dan menghambat induksi tumor sebagai respons terhadap radiasi UV pada tikus.⁸

h. Nonflavonoid

Nonflavonoid terdiri atas asam fenolik dan resveratrol. Asam fenolik yaitu asam benzoat, galat, dan sinamat (*caffeic*, *ferulic*, dan *p-coumaric*), ditemukan sebagian besar dalam anggur merah dan teh serta menunjukkan sifat antioksidan. Asam kafeik telah terbukti melindungi terhadap kerusakan akibat cahaya UVA oleh ROS pada eksperimen pada tikus.⁷ Resveratrol, *stilbene* yang ditemukan dalam anggur, anggur merah, dan kacang-kacangan, juga merupakan antioksidan polifenol yang potensial. Resveratrol menekan perkembangan tumor ganas yang diinduksi UV pada tikus.⁷

i. Ekstrak Delima

Ekstrak delima (*Punica granatum*), mengandung asam punisat dan polifenol yang mencegah kerusakan kulit dengan menghambat matriks metalloproteinase (MMPs) yang diinduksi UV.¹ Ekstrak delima memiliki efek antiinflamasi dan antioksidan dan fotoprotektif dengan penghambatan sintesis radikal bebas, eritema, kerusakan DNA, dan proliferasi sel yang dirangsang UVR.



Dalam RCT (n=70), wanita sehat ditugaskan untuk dirawat dengan ekstrak delima atau minuman plasebo selama 12 minggu. Kelompok perlakuan mengalami peningkatan MED setelah UVB, menunjukkan delima memiliki sifat fotoprotektif.^{1,8}

j. Ekstrak Kakao

Ekstrak kakao adalah flavonoid yang memberikan fotoproteksi tergantung dosis. Dua puluh empat peserta diobati dengan bubuk kakao flavonol tinggi atau rendah selama 12 minggu. Setelah iradiasi, eritema yang dirangsang UV signifikan 25% lebih rendah pada peserta flavonol tinggi, tetapi tanpa perubahan pada kelompok flavonol rendah. Ketebalan kulit meningkat, kehilangan air trans-epidermal menurun, dan ada penurunan signifikan skala kekasaran pada minggu ke-12.⁸ Flavonol diduga memberikan fotoproteksi melalui augmentasi pembuluh darah dermal.⁸

k. Rosemary dan Jeruk Bali

Dalam studi kelompok paralel acak, 90 sukarelawan diberi kombinasi *rosemary* dan jeruk bali menunjukkan penurunan eritema kulit dan penurunan tanda-tanda penuaan kulit yang diduga karena penghambatan spesies perusak oksigen yang dirangsang UVR dan pengurangan sitokin inflamasi.⁸

l. Probiotik

Dalam RCT *double-blind* prospektif, 57 pasien diberi sinbiotik atau plasebo selama 12 minggu.⁸ Pada 12 minggu, skor melasma secara signifikan lebih rendah pada kelompok perlakuan (p=0,008). Ada kemungkinan bahwa sinbiotik memiliki sifat antiinflamasi, melindungi kulit dari spesies oksigen reaktif serta dari UVR melalui penghambatan tirosinase.⁸

Fotoproteksi Fisik

Pakaian, termasuk topi, merupakan bagian integral fotoproteksi. Dibandingkan dengan *sunscreens*, pakaian mudah dipakai, tahan lama, dan merupakan kebutuhan sosial. Namun, di sebagian besar budaya, ada bagian tubuh

yang jarang tertutup pakaian, seperti wajah, area V di leher, dan punggung tangan. Selama cuaca panas (dan cerah), pakaian cenderung menutupi lebih sedikit kulit.⁷

Saat melakukan aktivitas di luar ruangan, sangat penting untuk mengenakan pakaian yang memberikan perlindungan terhadap sinar matahari, Topi bertepi lebar sangat disarankan karena dapat melindungi area yang lebih luas, termasuk dahi, mata, dan hidung. Topi sebagai fotoproteksi fisik yang baik untuk wajah dan leher. Kacamata hitam melindungi mata dan area periokular dari efek berbahaya UVR, tetapi tidak selalu memberikan perlindungan mata terhadap UV, karena dapat menyebabkan pelebaran pupil dan paparan UVR yang lebih tinggi.^{6,7}

Perlindungan UV yang diberikan oleh pakaian (UPF) tergantung jenis dan kepadatan kain, warna, desain, dan prosedur produksi. Warna gelap pada pakaian tebal meningkatkan tingkat perlindungan kain 3 hingga 5 kali lipat. Selain itu, UPF pakaian dipengaruhi oleh penyusutan, peregangan, dan kadar air serat, serta jumlah pencucian. *Lycra* dan *elastane* memiliki UPF lebih besar dari 50 atau lebih tinggi, diikuti oleh plastik, nilon dan *polyester*.⁶ Meskipun pakaian normal tertentu, seperti jeans, memberikan UPF tinggi, namun tidak praktis untuk kegiatan olahraga.⁶

Fotoproteksi Lain

Polutan, awan, dan kabut dapat mengurangi intensitas radiasi sinar ultraviolet; ozon juga dapat dikatakan bersifat fotoproteksi karena menyerap UVC (99%), sebagian UVB (90%), tetapi tidak dapat menyerap UVA.⁹ Perhitungan indeks UV National Weather Service AS mengasumsikan bahwa langit cerah memungkinkan 100% transmisi UV, awan tersebar 89%, awan pecah 73%, dan langit mendung 31%.^{10,11} Kaca bening mentransmisikan hingga 90% *visible light* (VL) (400–780 nm), 72% UV (300–400 nm), dan 83% panas matahari.^{12,13} Kaca berwarna atau kaca reflektif mentransmisikan lebih sedikit paparan radiasi VL, UV, dan infra merah (IR)

terhadap manusia; namun, standar federal AS menjelaskan setidaknya 70% transmisi VL melalui kaca depan.^{10,12,14} Kacamata hitam gelap dapat menghalangi UVA dan VL, tetapi dapat mengaburkan penglihatan. UVB dapat merusak kornea dan lensa, sedangkan VL dapat memengaruhi retina. Kacamata lensa biru menyerap VL antara 400–500 nm. Lensa oranye dan kuning memberikan perlindungan terbaik terhadap UV ataupun VL.¹⁵ Pigmen dalam riasan (misalnya, dihidroksiaseton) melindungi kulit terhadap UVA dan VL melindungi terhadap UVA dan VL melalui efek oksidasinya.¹²

Penggunaan Agen Pencerah

Penelitian Irma, *et al*, mengukur pengurangan total spot ultraviolet, total spot polarisasi, dan warna kulit diukur, peserta diacak untuk menerima suplemen *glutathione* atau kapsul plasebo dan dievaluasi setiap 4 minggu selama masa studi 12 minggu. Didapatkan hasil pengurangan spot ultraviolet pada subkelompok tertentu, total spot polarisasi, dan warna kulit lebih besar pada kelompok suplemen *glutathione* daripada pada kelompok plasebo. Baik kelompok suplemen *glutathione* maupun plasebo hanya mengalami efek samping ringan dalam 4 minggu pertama.¹⁶

SIMPULAN

Fotoproteksi diindikasikan untuk mengurangi kerusakan kulit akibat radiasi ultraviolet dan kanker kulit. Ada beragam jenis fotoproteksi, di antaranya fotoproteksi topikal seperti *sunscreens*/ tabir surya, fotoproteksi oral atau sistemik, fotoproteksi fisik, dan fotoproteksi lainnya. Beberapa tabir surya nontopikal, yaitu vitamin (vitamin C dan E), ekstrak *polypodium leucotomos*, nikotinamida, flavonoid, ekstrak kakao, dll. Fotoproteksi fisik juga berkembang dengan berbagai inovasi, seperti jenis kain, penyesuaian warna, dan ketebalan. Fotoproteksi lain yaitu lapisan ozon dan keadaan cuaca; pemilihan jenis kaca juga bagian dari fotoproteksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Solano F. Photoprotection and skin pigmentation: Melanin-related molecules and some other new agents obtained from natural sources. *Molecules* (Basel, Switzerland). 2021;25(7):1537. DOI: 10.3390/molecules25071537.
2. Yeager DG, Lim HW. What's new in photoprotection: A review of new concepts and controversies. *Dermatol Clin*. 2019;37(2):149–57. DOI: 10.1016/j.det.2018.11.003.



3. Dupont E, Gomez J, Bilodeau D. Beyond UV radiation: A skin under challenge. *Int J Cosmet Sci.* 2013;35:224–32. DOI: 10.1111/ics.12036.
4. Gabros S, Nessel TA, Zito PM. Sunscreens and photoprotection. *StatPearls* [Internet]. 2023 Jul 17. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537164/>.
5. Krutmann J, Passeron T, Gilaberte Y, Granger C, Leone G, Narda M, et al. Photoprotection of the future: Challenges and opportunities. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2020;34(3):447–54. DOI: 10.1111/jdv.16030.
6. Garnacho Saucedo GM, Salido Vallejo R, Moreno Gimenez JC. Efectos de la radiacion solar y actualizacion en fotoproteccion [Effects of solar radiation and an update on photoprotection]. *Anales de pediatria.* 2020;92(6):377.e1–377.e9. DOI: 10.1016/j.anpedi.2020.04.014.
7. Chung J. Photoprotection. In: Kang S, Amagai M, Bruckner AL, Enk AH, Margolis DJ, McMichael AJ, et al (editors.), *Fitzpatrick's dermatology*, 9th Ed. McGraw Hill; 2019.
8. Searle T, Ali FR, Al-Niaimi F. Systemic photoprotection in 2021. *Clin Experiment Dermatol.* 2021; 46(7): 1189–204. DOI: 10.1111/ced.14697.
9. Geisler AN, Austin E, Nguyen J, Hamzavi I, Jagdeo J, Lim HW. Visible light. Part II: Photoprotection against visible and ultraviolet light. *J Am Acad Dermatol.* 2021;84(5):1233–44. DOI: 10.1016/j.jaad.2020.11.074.
10. Kullavanijaya P, Lim HW. Photoprotection. *J Am Acad Dermatol.* 2005;52(6):937–62. DOI: 10.1016/j.jaad.2004.07.063.
11. Tuchinda C, Srivannaboon S, Lim HW. Photoprotection by window glass, automobile glass, and sunglasses. *J Am Acad Dermatol.* 2006;54(5):845–54. DOI: 10.1016/j.jaad.2005.11.1082.
12. Jansen R, Wang SQ, Burnett M, Osterwalder U, Lim HW. Photoprotection: Part I. Photoprotection by naturally occurring, physical, and systemic agents. *J Am Acad Dermatol.* 2013;69(6):853.e1–853.e12; quiz 856–65. DOI: 10.1016/j.jaad.2013.08.021.
13. Choi D, Kannan S, Lim HW. Evaluation of patients with photodermatoses. *Dermatol Clin.* 2014;32(3):267–75. DOI: 10.1016/j.det.2014.03.006.
14. Lautenschlager S, Wulf HC, Pittelkow MR. Photoprotection. *Lancet.* 2007;370(9586):528–37. DOI: 10.1016/S0140-6736(07)60638-2.
15. Skotarczak K, Osmola-Mankowska A, Lodyga M, Polanska A, Mazur M, Adamski Z. Photoprotection: Facts and controversies. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2015;19(1):98–112. PMID: 25635982.
16. Sitohang IBS, Anwar AI, Jusuf NK, Arimuko A, Norawati L, Veronica S. Evaluating oral glutathione plus ascorbic acid, alpha-lipoic acid, and zinc aspartate as a skin-lightening agent: An Indonesian multicenter, randomized, controlled trial. *J Clin Aesthet Dermatol.* 2021;14(7):E53–E58. PMID: 34840651.