



Homepage Journal: <https://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/JKS>

Peran Radiasi *Blue Light* Perangkat Digital Terhadap Melasma : *A Literature Review*

The Role Of Blue Light Radiation From Digital Devices In Melasma: A Literature Review

Aditya Mahesa Dananjaya¹, Ida Ayu Diah Purnama Sari², I Komang Harry Supradnyan³

¹⁻²Program Studi Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Pendidikan Ganesha

³Departemen Kulit dan Kelamin, RSUD Kabupaten Buleleng, Bali, Indonesia

*Corresponding Author: E-mail: adityamahesa3@gmail.com

Artikel Review

Article History:

Received: 06 Dec, 2025

Revised: 07 Jan, 2026

Accepted: 21 Jan, 2026

Kata Kunci:

blue light, melasma, perangkat digital, *visible light*

Keywords:

blue light, *digital devices*, *melasma*, *visible light*

DOI: [10.56338/jks.v9i1.9841](https://doi.org/10.56338/jks.v9i1.9841)

ABSTRAK

Melasma merupakan gangguan hiperpigmentasi kronik yang sering ditemukan pada wanita usia produktif dan berdampak signifikan terhadap kualitas hidup. Selama ini, radiasi ultraviolet (UV) dianggap sebagai faktor utama pemicu melasma. Namun, bukti ilmiah terbaru menunjukkan bahwa *visible light* (VL), khususnya *high-energy visible light* (HEV) atau *blue light*, juga berperan dalam patogenesis melasma. *Blue light* tidak hanya berasal dari sinar matahari, tetapi juga dari perangkat digital berbasis *light-emitting diode* (LED) seperti layar komputer dan telepon pintar, sehingga menimbulkan kekhawatiran terhadap dampak paparan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bukti ilmiah terkait peran radiasi *blue light* dari perangkat digital terhadap melasma serta implikasi klinisnya. Metode yang digunakan adalah *narrative literature review* dengan penelusuran basis data PubMed dan Google Scholar pada Desember 2025. Artikel yang dianalisis meliputi penelitian asli, uji klinis, studi eksperimental, *review*, dan konsensus ahli yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2015–2025. Sebanyak 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis secara naratif. Hasil kajian menunjukkan bahwa *blue light*, terutama pada panjang gelombang pendek, mampu menginduksi hiperpigmentasi yang persisten melalui aktivasi jalur opsin-3 pada melanosit. Paparan *blue light* dari perangkat digital memiliki intensitas yang jauh lebih rendah dibandingkan sinar matahari dan tidak terbukti memperburuk melasma secara akut, namun berpotensi memberikan efek kumulatif jangka panjang. Studi klinis juga menunjukkan bahwa fotoproteksi terhadap *visible light*, khususnya menggunakan sunscreen berwarna, lebih efektif dalam mencegah perburukan dan kekambuhan melasma. Dapat disimpulkan bahwa *blue light* merupakan faktor lingkungan penting dalam patogenesis melasma, sehingga strategi pencegahan dan tata laksana melasma perlu mencakup proteksi terhadap *visible light* selain radiasi UV.

ABSTRACT

Melasma is a chronic hyperpigmentation disorder commonly affecting women of reproductive age and significantly impairing quality of life. Ultraviolet (UV) radiation has long been recognized as the primary trigger of melasma; however, recent evidence highlights the role of visible light (VL), particularly high-energy visible light (HEV) or blue light, in its pathogenesis. Blue light originates not only from sunlight but also from light-emitting diode (LED)-based digital devices, raising concerns regarding daily exposure. This study aimed to review the scientific evidence on the role of blue light emitted from digital devices in melasma and its clinical implications. A narrative literature review was conducted using PubMed and Google Scholar databases in December 2025. Original studies, clinical trials, experimental studies, reviews, and expert consensus articles published between 2015 and 2025 were included. A total of 10 eligible articles were analyzed narratively. The findings indicate that blue light, particularly short-wavelength light, induces persistent hyperpigmentation through activation of opsin-3-mediated pathways in melanocytes. Although blue light emitted from digital devices has much lower intensity than sunlight and does not acutely worsen melasma, cumulative long-term exposure may contribute to pigmentary changes. Clinical studies also demonstrate that photoprotection against visible light, especially using tinted sunscreens, is more effective in preventing melasma worsening and relapse. In conclusion, blue light represents an important environmental factor in melasma pathogenesis, and comprehensive photoprotection strategies should include protection against visible light in addition to UV radiation.

PENDAHULUAN

Melasma merupakan gangguan hiperpigmentasi kronik yang ditandai dengan makula dan bercak berwarna cokelat hingga keabu-abuan yang tidak bergejala pada area wajah yang sering terpapar sinar matahari dan banyak ditemukan pada wanita usia produktif. Kondisi ini bersifat multifaktorial dan dipengaruhi oleh faktor genetik, hormonal, serta paparan radiasi matahari yang berulang (Jo et al., 2024). Selain berdampak secara kosmetik, melasma juga dapat menurunkan kualitas hidup pasien secara psikososial. Penelitian tentang gangguan pigmentasi yang dilakukan pada 48.000 orang dari 34 negara selama tahun 2022-2023, 11% (5.237 orang) dilaporkan menderita melasma dan 68% penderita adalah wanita. Dalam penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa melasma berdampak pada kualitas hidup penderitanya, dimana 34% penderita memiliki skor DLQI (*Dermatology Life Quality Index*) >10/30 (Kerob et al., 2024).

Radiasi ultraviolet telah lama dianggap sebagai faktor utama yang memicu melasma melalui stimulasi aktivitas melanosit dan peningkatan sintesis melanin. Namun, bukti ilmiah terbaru menunjukkan bahwa *visible light* (VL), terutama *high-energy visible light* (HEV) pada spektrum *blue light* (cahaya biru) dengan panjang gelombang sekitar 400–490 nm yang selain bersumber dari matahari, dapat bersumber dari perangkat digital berbasis *light-emitting diode* (LED), seperti lampu LED, layar komputer, dan *smartphone*. *Blue light* disebut mampu menginduksi pigmentasi kulit yang persisten dan memperberat melasma, khususnya pada individu dengan fototipe kulit menengah hingga gelap (Regazzetti et al. (2018); Passeron et al. (2021)). Oleh karena itu, *literature review* ini bertujuan untuk mengkaji bukti ilmiah terkait peran radiasi *blue light* dari perangkat digital terhadap patogenesis melasma serta implikasi klinisnya.

METODE

Penelitian ini merupakan *narrative literature review*. Penelusuran literatur dilakukan melalui basis data PubMed dan Google Scholar pada bulan Desember 2025. Kata kunci yang digunakan meliputi “*blue light*”, “*visible light*”, “*digital devices*”, dan “*melasma*”. Kriteria inklusi meliputi artikel

penelitian asli, *review*, dan studi eksperimental yang dipublikasikan dalam bahasa Inggris pada rentang tahun 2015–2025 serta membahas hubungan antara *blue light* dan pigmentasi kulit atau melasma. Artikel yang tidak relevan, duplikat, dan tidak tersedia dalam teks lengkap dikeluarkan dari analisis. Data yang diperoleh disintesis secara naratif untuk menggambarkan mekanisme biologis, bukti klinis, dan implikasi praktis dari paparan *blue light* terhadap melasma.

HASIL

Sebanyak 10 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis dalam *literature review* ini. Artikel yang ditelaah mencakup berbagai desain penelitian, meliputi studi observasional klinis, uji klinis terkontrol, studi eksperimental *in vitro* dan *in vivo*, *review* naratif, serta konsensus ahli.

Tabel 1. Ringkasan Artikel Inklusi

Penulis (Tahun)	Judul	Desain Studi	Subjek / Model	Hasil Utama
Li et al. (2023)	<i>Impact of blue light on skin pigmentation in patients with melasma</i>	Observasional komparatif	21 pasien melasma & 21 wanita sehat (fototipe III–IV)	Efek pigmentasi <i>blue light</i> bersifat <i>dose-dependent</i> ; pada 20 J/cm ² perubahan pigmentasi lebih kecil pada melasma, namun pada 40–80 J/cm ² efek menjadi serupa dengan kontrol sehat.
Regazzetti et al. (2018)	<i>Melanocytes sense blue light and regulate pigmentation through Opsin-3</i>	Eksperimental <i>in vitro</i> & <i>in vivo</i>	Melanosit manusia & relawan sehat	<i>Blue light</i> (±415 nm) menginduksi hiperpigmentasi persisten melalui aktivasi OPN3–Ca ²⁺ –MITF, terutama pada fototipe ≥ III.
Setty (2018)	<i>Opn3—A link to visible light-induced skin pigmentation</i>	<i>Review</i> mekanistik	Studi eksperimental dan klinis terdahulu	OPN3 diidentifikasi sebagai fotoreseptor utama <i>blue light</i> pada melanosit yang mengatur melanogenesis jangka panjang.
Duteil et al. (2020)	<i>Short-term exposure to blue light emitted by electronic devices does not worsen melasma</i>	Uji klinis terkontrol intraindividual	12 pasien melasma	Paparan <i>blue light</i> jangka pendek dengan intensitas setara perangkat digital tidak memperburuk melasma secara klinis maupun kolorimetrik.
de Gálvez et al. (2022)	<i>The potential role of UV and blue light from the sun, artificial lighting, and electronic devices in melanogenesis and oxidative stress</i>	Eksperimental & analisis spektral	Matahari, lampu LED, dan perangkat digital	Intensitas <i>blue light</i> dari perangkat digital 100–1000 kali lebih rendah dibandingkan matahari; berpotensi berkontribusi secara kumulatif.
Kumari et al. (2023)	<i>The impact of blue light and digital screens on the skin</i>	<i>Review</i> naratif	Literatur klinis & eksperimental	<i>Blue light</i> berhubungan dengan hiperpigmentasi dan stres oksidatif; efek

Penulis (Tahun)	Judul	Desain Studi	Subjek / Model	Hasil Utama
				perangkat digital kecil namun berpotensi kumulatif.
Lim et al. (2021)	<i>Photoprotection of the skin from visible light-induced pigmentation</i>	Review naratif	Studi in vitro, ex vivo, dan in vivo	<i>Visible light</i> menyebabkan pigmentasi lebih persisten dibanding UVA; proteksi optimal memerlukan sunscreen berpigmen.
Passeron et al. (2021)	<i>Photoprotection according to skin phototype and dermatoses</i>	Konsensus ahli & review	Studi klinis dan eksperimental	Individu fototipe gelap dan melasma lebih rentan terhadap pigmentasi akibat <i>visible light</i> ; proteksi VL direkomendasikan.
Polena et al. (2025)	<i>Comparison of visible light-protective tinted sunscreen to untinted sunscreen to protect melasma patients during summer</i>	Uji klinis acak terkontrol	42 wanita dengan melasma	Sunscreen berwarna dengan proteksi <i>visible light</i> lebih efektif mencegah perburukan dan kekambuhan melasma.
Espósito et al. (2021)	<i>Expression of OPN3 in fibroblasts, melanocytes, and keratinocytes of skin with facial melasma</i>	Studi histopatologi komparatif	Biopsi kulit melasma & kulit normal sekitar	Ekspresi OPN3 ditemukan pada melanosit, keratinosit, dan fibroblas; tidak berbeda bermakna antara kulit melasma dan normal.

DISKUSI

Melasma merupakan gangguan hiperpigmentasi kronik yang patogenesisnya melibatkan interaksi kompleks antara faktor genetik, hormonal, dan lingkungan, terutama paparan radiasi cahaya yang ditandai oleh peningkatan produksi melanin meskipun mekanisme pasti akumulasi melanin belum sepenuhnya dipahami (Rajanala et al., 2019). Teori yang paling banyak diterima menyatakan bahwa paparan sinar ultraviolet (UV) menstimulasi melanogenesis melalui aktivasi reseptor perangsang melanin, seperti *melanocortin-1 receptor* (MC1R), sehingga meningkatkan aktivitas melanosit dan pembentukan melanin dalam melanosome (Khanna et al., 2023). Proses melanogenesis melibatkan reaksi enzimatik dari tirosin menjadi melanin yang kemudian ditransfer ke keratinosit dan berkontribusi pada pigmentasi kulit (Artzi et al., 2021). Selain itu, UV memicu interaksi kompleks antara melanosit, keratinosit, fibroblas, dan sel imun melalui pelepasan faktor parakrin seperti *hepatocyte growth factor* dan *stem cell factor*, yang semakin meningkatkan aktivitas tyrosinase (Passeron & Picardo, 2018). Paparan UV kronis juga dapat merusak membran basal epidermis dan jaringan dermis, memperburuk hiperpigmentasi serta mempercepat penuaan kulit (Khanna et al., 2023).

Selain sinar UV, kini *blue light* (*high-energy visible light*/HEV) merupakan komponen *visible light* yang dipercaya secara biologis dalam patogenesis hiperpigmentasi dan melasma, dengan mekanisme yang berbeda dari radiasi ultraviolet. Studi eksperimental menunjukkan bahwa *blue light* dengan panjang gelombang pendek sekitar 400–450 nm mampu menginduksi hiperpigmentasi yang lebih persisten dibandingkan UVA, terutama pada individu dengan fototipe kulit menengah hingga gelap (Regazzetti et al. (2018); Lim et al. (2021)). Mekanisme ini dimediasi oleh aktivasi opsin-3

(OPN3) pada melanosit, yang memicu peningkatan kalsium intraseluler, aktivasi jalur CAMKII–CREB, fosforilasi MITF, serta peningkatan aktivitas tirosinase dan enzim melanogenik lainnya, sehingga menghasilkan produksi melanin yang berkelanjutan (Regazzetti et al. (2018); Setty (2018)). Temuan histopatologis menunjukkan bahwa ekspresi OPN3 ditemukan baik pada kulit melasma maupun kulit normal di sekitarnya tanpa perbedaan bermakna, yang mengindikasikan bahwa kerentanan melasma terhadap *blue light* lebih dipengaruhi oleh faktor regulasi pigmentasi dan paparan lingkungan berulang dibandingkan perbedaan ekspresi reseptor semata (Espósito et al., 2021).

Secara klinis, respons pigmentasi terhadap *blue light* bersifat *dose-dependent*. Studi observasional oleh Li et al. (2023) menunjukkan bahwa pada dosis *blue light* yang lebih rendah (20 J/cm²), perubahan pigmentasi pada pasien melasma justru lebih kecil dibandingkan individu sehat, namun pada dosis yang lebih tinggi (40–80 J/cm²) perbedaan tersebut menghilang. Hal ini menunjukkan bahwa melasma tidak selalu mencerminkan hipersensitivitas akut terhadap cahaya, melainkan lebih berkaitan dengan persistensi pigmentasi dan kecenderungan kekambuhan. Temuan ini memperkuat konsep melasma sebagai gangguan pigmentasi kronik oleh paparan cahaya berulang, bukan sekadar respons awal terhadap stimulus cahaya.

Terkait sumber paparan, literatur secara konsisten menunjukkan bahwa matahari merupakan sumber utama *blue light* yang relevan secara klinis, sedangkan perangkat digital dan pencahayaan buatan menghasilkan intensitas radiasi yang jauh lebih rendah. Analisis spektral menunjukkan bahwa intensitas *blue light* dari layar digital dan lampu LED berkisar 100–1000 kali lebih rendah dibandingkan sinar matahari (de Gálvez et al., 2022). Konsisten dengan temuan tersebut, studi klinis terkontrol menunjukkan bahwa paparan jangka pendek *blue light* dengan intensitas setara perangkat digital tidak memperburuk melasma secara klinis maupun kolorimetrik (Duteil et al., 2020). Namun demikian, beberapa *review* menekankan bahwa paparan kumulatif jangka panjang tetap berpotensi berkontribusi terhadap stres oksidatif dan gangguan pigmentasi, terutama pada individu dengan durasi penggunaan perangkat digital yang tinggi dan fototipe kulit lebih gelap (Kumari et al. (2023); Lim et al. (2021)). Implikasi klinis dari temuan-temuan tersebut menegaskan pentingnya fotoproteksi yang melampaui perlindungan terhadap UV saja. Studi intervensi menunjukkan bahwa sunscreen berwarna yang mengandung pigmen anorganik seperti *iron oxide* memberikan proteksi yang lebih efektif terhadap *visible light* dan secara signifikan mengurangi perburukan serta kekambuhan melasma dibandingkan sunscreen tanpa proteksi *visible light*, meskipun tingkat perlindungan UVA dan UVB serupa (Polena et al., 2025). Rekomendasi ini sejalan dengan konsensus ahli yang menekankan perlunya proteksi *visible light*, khususnya pada pasien melasma dan individu dengan fototipe kulit menengah hingga gelap, sebagai bagian integral dari manajemen jangka panjang (Passeron et al., 2021).

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa *blue light* merupakan faktor lingkungan yang relevan secara biologis dan klinis dalam patogenesis melasma, meskipun perannya tidak dapat disamakan dengan radiasi ultraviolet. Pendekatan manajemen melasma yang optimal memerlukan pemahaman spektrum cahaya yang lebih luas serta strategi pencegahan yang disesuaikan dengan karakteristik individu dan gaya hidup modern. Meskipun demikian, *literature review* ini juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan. Sebagian besar studi menggunakan desain eksperimental atau observasional dengan durasi paparan yang relatif singkat, sehingga dampak jangka panjang paparan *blue light* dari perangkat digital masih belum sepenuhnya terjawab. Selain itu, heterogenitas metode pengukuran pigmentasi dan variasi sumber cahaya menyulitkan perbandingan langsung antar-studi. Oleh karena itu, penelitian longitudinal dengan desain yang lebih terstandar masih diperlukan untuk menilai kontribusi kumulatif *blue light* buatan terhadap melasma secara lebih definitif.

KESIMPULAN

Literature review ini menunjukkan bahwa *blue light*, khususnya komponen *high-energy visible light*, berperan dalam induksi dan persistensi hiperpigmentasi serta kekambuhan melasma melalui

mekanisme biologis yang berbeda dari radiasi ultraviolet. Paparan *blue light* dari perangkat digital tidak terbukti memperburuk melasma secara akut karena intensitasnya yang relatif rendah dibandingkan sinar matahari, namun paparan kumulatif jangka panjang berpotensi berkontribusi terhadap gangguan pigmentasi, terutama pada individu dengan fototipe kulit menengah hingga gelap. Oleh karena itu, manajemen melasma yang optimal memerlukan pendekatan fotoproteksi menyeluruh, tidak hanya terhadap UV tetapi juga terhadap *visible light*, dengan penggunaan sunscreen berwarna sebagai strategi pencegahan yang lebih efektif. Diperlukan penelitian longitudinal lebih lanjut untuk mengevaluasi dampak jangka panjang paparan *blue light* dari perangkat digital terhadap melasma secara lebih definitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Artzi, O., Horovitz, T., Bar-Ilan, E., Shehadeh, W., Koren, A., Zusmanovitch, L., Mehrabi, J. N., Salameh, F., Isman Nelkenbaum, G., Zur, E., Sprecher, E., & Mashiah, J. (2021). The pathogenesis of melasma and implications for treatment. In *Journal of Cosmetic Dermatology* (Vol. 20, Issue 11, pp. 3432–3445). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/jocd.14382>
- de Gálvez, E. N., Aguilera, J., Solis, A., de Gálvez, M. V., de Andrés, J. R., Herrera-Ceballos, E., & Gago-Calderon, A. (2022). The potential role of UV and blue light from the sun, artificial lighting, and electronic devices in melanogenesis and oxidative stress. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2022.112405>
- Duteil, L., Queille-Roussel, C., Lacour, J. P., Montaudie, H., & Passeron, T. (2020). Short-term exposure to blue light emitted by electronic devices does not worsen melasma. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 83(3), 913–914. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2019.12.047>
- Espósito, A. C. C., de Souza, N. P., Miot, L. D. B., & Miot, H. A. (2021). Expression of OPN3 in fibroblasts, melanocytes, and keratinocytes of skin with facial melasma in comparison with unaffected adjacent skin. *Anais Brasileiros de Dermatologia*, 96(3), 367–369. <https://doi.org/10.1016/j.abd.2020.05.016>
- Jo, J. Y., Chae, S. J., & Ryu, H. J. (2024). Update on Melasma Treatments. *Ann Dermatol*, 36(3), 125–134. <https://doi.org/10.5021/ad.23.133>
- Kerob, D. K., Passeron, T., Alexis, A., Dreno, B., Wei, L., Morita, A. A., Leok, C., Kang, H. Y., Ly, F., Puig, S., & Schalka, S. (2024). 54671 Prevalence of melasma, impact on quality of life and social stigmatization: results of the first large international survey. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 91(3), AB285. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2024.07.1135>
- Khanna, R., Nowah, A., Morris, D., & Desai, S. R. (2023). Pathogenesis of melasma. *Dermatological Reviews*, 4(1), 12–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/der2.178>
- Kumari, J., Das, K., Babaei, M., Rokni, G. R., & Goldust, M. (2023). The impact of blue light and digital screens on the skin. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 22(4), 1185–1190. <https://doi.org/10.1111/jocd.15576>
- Li, L., Jiang, X., Tu, Y., Yang, Y., Zhang, X., Gu, H., & He, L. (2023). Impact of blue light on skin pigmentation in patients with melasma. *Skin Research and Technology*, 29(7), 1–6. <https://doi.org/10.1111/srt.13401>
- Lim, H. W., Kohli, I., Granger, C., Trullàs, C., Piquero-Casals, J., Narda, M., Masson, P., Krutmann, J., & Passeron, T. (2021). Photoprotection of the Skin from Visible Light-Induced Pigmentation: Current Testing Methods and Proposed Harmonization. *The Journal of Investigative Dermatology*, 141(11), 2569–2576. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2021.03.012>
- Passeron, T., Lim, H. W., Goh, C.-L., Kang, H. Y., Ly, F., Morita, A., Ocampo Candiani, J., Puig, S., Schalka, S., Wei, L., Dréno, B., & Krutmann, J. (2021). Photoprotection according to skin phototype and dermatoses: practical recommendations from an expert panel. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology: JEADV*, 35(7), 1460–1469. <https://doi.org/10.1111/jdv.17242>
- Passeron, T., & Picardo, M. (2018). Melasma, a photoaging disorder. In *Pigment Cell and Melanoma Research* (Vol. 31, Issue 4, pp. 461–465). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/pcmr.12684>

-
- Polena, H., Queille-Roussel, C., Graizeau, C., Duteil, L., Sayag, M., & Passeron, T. (2025). Comparison of Visible Light-Protective Tinted Sunscreen to Untinted Sunscreen to Protect Melasma Patients During Summer: A Prospective Randomized Investigator-Blinded Study. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 24. <https://doi.org/10.1111/jocd.70450>
- Rajanala, S., De Castro Maymone, M. B., & Vashi, N. A. (2019). Melasma pathogenesis: A review of the latest research, pathological findings, and investigational therapies. In *Dermatology Online Journal* (Vol. 25, Issue 10). Dermatology Online Journal. <https://doi.org/10.5070/D32510045810>
- Regazzetti, C., Sormani, L., Debayle, D., Bernerd, F., Tulic, M. K., De Donatis, G. M., Chignon-Sicard, B., Rocchi, S., & Passeron, T. (2018). Melanocytes Sense Blue Light and Regulate Pigmentation through Opsin-3. *The Journal of Investigative Dermatology*, 138(1), 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2017.07.833>
- Setty, S. R. (2018). Opsin3-A Link to Visible Light-Induced Skin Pigmentation. *The Journal of Investigative Dermatology*, 138(1), 13–15. <https://doi.org/10.1016/j.jid.2017.09.025>
-