

## EFEK PAPARAN *BLUE LIGHT* DARI PERANGKAT DIGITAL PADA KESEHATAN MATA DAN POLA TIDUR : *LITERATURE REVIEW*

Nurul 'Afifah Hijami<sup>1</sup>, Andriansyah<sup>2\*</sup>, Zahara Nurfatihah Z<sup>3</sup>, Maya Ulfah<sup>4</sup>

Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung<sup>1,2,3,4</sup>

\*Corresponding Author : andriansyahsaib@fk.unila.ac.id

### ABSTRAK

Peningkatan penggunaan perangkat digital dalam aktivitas akademik dan kerja menyebabkan paparan *blue light* yang semakin tinggi, yang diduga memengaruhi kesehatan mata dan kualitas tidur. Kajian terbaru menunjukkan bahwa paparan intens pada malam hari berpotensi menimbulkan keluhan visual dan gangguan ritme sirkadian. Artikel ini merupakan *literature review* yang menganalisis publikasi ilmiah dari delapan tahun terakhir (2017–2024) yang diperoleh melalui database *PubMed* dan *ScienceDirect*. Kriteria inklusi meliputi studi yang membahas paparan cahaya biru dari perangkat digital, efeknya terhadap kesehatan mata, ketegangan mata, dan parameter tidur. Artikel yang tidak berbahasa Inggris dan tidak membahas outcome yang relevan dikeluarkan dari analisis. Hasil sintesis menunjukkan bahwa paparan cahaya biru terutama berdampak pada gejala *digital eye strain*, seperti mata kering, penglihatan kabur, dan kelelahan akomodasi. Penelitian juga konsisten menunjukkan bahwa paparan cahaya biru pada malam hari menekan produksi melatonin, memperpanjang *sleep latency*, dan menurunkan kualitas tidur. Namun, tidak ditemukan bukti kuat bahwa cahaya biru pada intensitas penggunaan harian menyebabkan kerusakan struktural permanen pada retina. Efektivitas filter cahaya biru menunjukkan hasil yang bervariasi, sedangkan intervensi perilaku lebih konsisten menghasilkan perbaikan. Paparan cahaya biru terutama menyebabkan efek fungsional pada mata dan tidur, yang bersifat reversibel dan dapat diminimalkan melalui manajemen penggunaan perangkat, istirahat visual, serta pembatasan layar sebelum tidur. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang, efektivitas intervensi perilaku, dan perbandingan teknologi mitigasi cahaya biru.

**Kata kunci** : *blue light, digital eye strain, kualitas tidur, perangkat digital*

### ABSTRACT

*The increasing use of digital devices in academic and occupational activities has led to higher exposure to blue light, which is suspected to affect eye health and sleep quality. Recent evidence indicates that intensive evening exposure may trigger visual discomfort and circadian rhythm disruption. This article is a literature review analyzing scientific publications from the past eight years (2017–2024) retrieved from PubMed and ScienceDirect. Articles not written in English or lacking relevant outcomes were excluded. The synthesis shows that blue light exposure primarily contributes to symptoms of digital eye strain, including dry eyes, blurred vision, and accommodative fatigue. The reviewed studies also consistently report that evening blue light exposure suppresses melatonin production, prolongs sleep latency, and reduces overall sleep quality. However, no strong evidence supports the notion that typical daily exposure levels cause permanent structural retinal damage. The effectiveness of blue light-filtering technologies varies across studies, while behavioral interventions demonstrate more consistent benefits. In conclusion, blue light exposure mainly produces functional and reversible effects on the eyes and sleep, which can be mitigated through proper device-use management, visual rest strategies, and limiting screen exposure before bedtime. Further research is needed to assess long-term effects, evaluate behavioral interventions, and compare blue light mitigation technologies.*

**Keywords** : *blue light, digital eye strain, sleep quality, digital devices*

### PENDAHULUAN

Perkembangan luas penggunaan layar LED pada perangkat portabel (*smartphone*, tablet, laptop) dan penerangan berbasis LED telah mengubah komposisi spektral cahaya yang kita

terima sehari-hari. Selain itu, penggunaan layar LED juga mengubah intensitas spektral cahaya yang kita terima sehari-hari dengan peningkatan proporsi short-wavelength (*blue light*, ~400–500 nm) dibandingkan sumber cahaya tradisional. Ini menimbulkan perhatian publik dan ilmiah tentang potensi efeknya terhadap kesehatan mata dan regulasi tidur (Wong and Bahmani, 2022; Cougnard-Gregoire *et al.*, 2023). Secara fisiologis, retina manusia tidak hanya memiliki fotoreseptor untuk penglihatan (kerucut dan batang) tetapi juga ipRGC (*intrinsically photosensitive retinal ganglion cells*) yang mengandung melanopsin dan peka terhadap *blue light*. Sinyal dari ipRGC memodulasi *nukleus suprachiasmatic* (SCN), “*master clock*” sirkadian, sehingga paparan *blue light*, terutama pada malam hari, dapat menekan sekresi melatonin dan menggeser fase ritme sirkadian. Penelitian sebelumnya tentang spektral dan eksperimen laboratorium menunjukkan puncak sensitivitas untuk supresi melatonin pada rentang panjang gelombang sekitar 460–480 nm (de Toledo *et al.*, 2023; Yuan *et al.*, 2025).

Dampak klinis yang paling sering dibahas terbagi menjadi dua domain utama, yaitu gangguan tidur / disrupsi sirkadian akibat supresi melatonin dan perubahan fase tidur, dan gejala visual akut yang dikenal sebagai *digital eye strain* (DES) atau *computer vision syndrome*, seperti mata kering, kelelahan visual, penglihatan kabur, dan sakit kepala. Banyak tinjauan dan studi eksperimental menunjukkan bahwa paparan layar di malam hari dapat memendekkan total waktu tidur, menunda inisiasi tidur, dan menurunkan subjektifitas kualitas tidur pada sejumlah populasi (Diaconu *et al.*, 2023; Alam *et al.*, 2024). Paparan *blue light* dari layar LED meningkat pesat selama dekade terakhir, sehingga banyak penelitian sebelumnya mencoba menilai dampak jangka panjang pada mata. Namun, meskipun paparan meningkat, penelitian yang menunjukkan hasil kerusakan retina jangka panjang pada manusia masih terbatas. Tingkat cahaya dari perangkat sehari-hari berada jauh di bawah ambang intensitas yang digunakan dalam penelitian fototoksitas, sehingga risiko cedera retina akut atau degenerasi retina kronis dianggap rendah pada pola penggunaan normal (Cougnard-Gregoire *et al.*, 2023).

Mayoritas pengguna, terutama generasi muda, melaporkan gejala seperti mata lelah, kering, penglihatan kabur, dan sakit kepala setelah penggunaan layar berkepanjangan. Penelitian sebelumnya menekankan bahwa penggunaan filter *blue light* atau lensa *blue blocking* tidak terbukti secara konsisten mengurangi gejala tersebut. Intervensi non-spektra seperti membatasi durasi layar, mengoptimalkan ergonomi, dan memberi jeda atau istirahat visual reguler sebagai strategi lebih logis (Mataftsi *et al.*, 2023). Tinjauan sistematis mengenai berbagai intervensi untuk keluhan visual akibat penggunaan perangkat digital menunjukkan banyak metode yang masih terbatas. Suplemen seperti omega-3 atau ekstrak berry hanya menunjukkan dukungan terbatas dalam mengurangi mata kering atau rasa lelah pada mata. Lensa *blue blocking* juga belum menunjukkan hasil yang konsisten terhadap penurunan kelelahan visual atau perbaikan kualitas tidur (Singh *et al.*, 2022).

Di sisi lain, penelitian sebelumnya mengenai kerusakan retina jangka panjang langsung akibat cahaya biru dari layar konsumen pada manusia masih lemah dan kontroversial. Ulasan ilmiah dan pernyataan organisasi profesi mata menyatakan bahwa intensitas cahaya dari layar umumnya jauh lebih rendah daripada level eksperimental yang menyebabkan fototoksitas, sehingga klaim bahwa layar menyebabkan degenerasi retinal kronis belum didukung bukti longitudinal kuat. Sebaliknya, bukti yang luas menunjukkan bahwa sebagian besar gejala mata terkait layar lebih berkaitan dengan durasi pemakaian, penurunan *blink rate*, jarak pandang, dan faktor ergonomi daripada spektrum cahaya semata (Kaur *et al.*, 2022; Mainster *et al.*, 2022; Cougnard-Gregoire *et al.*, 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa intervensi yang umum ditawarkan seperti kacamata *blue-blocking*, pengaturan “*night mode*” di perangkat, atau pengurangan kecerahan. Beberapa RCT kecil melaporkan perbaikan subjektif tidur atau gejala pada subkelompok tertentu, tetapi meta-analisis dan panduan praktik umumnya mendorong strategi

perilaku seperti mengurangi paparan layar 1–2 jam sebelum tidur, meningkatkan eksposur cahaya terang di siang hari, istirahat visual teratur, optimasi ergonomi sebagai rekomendasi yang paling praktis dan beralasan berdasarkan bukti saat ini (Domagalik *et al.*, 2020; Wong and Bahmani, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merangkum bukti terbaru, termasuk mekanisme fotobiologis, bukti empiris terhadap tidur dan gejala mata, serta efektivitas intervensi untuk memberikan landasan ilmiah rekomendasi kesehatan dan penelitian lanjutan.

## METODE

*Literature review* ini menggunakan metode *Literature Review* untuk mengidentifikasi bukti terkini mengenai efek paparan cahaya biru terhadap kesehatan mata dan regulasi tidur. Penelusuran dilakukan pada *PubMed* dan *ScienceDirect*. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci meliputi (“*blue light*” OR “*short-wavelength light*” OR “*melatonin suppression*” OR “*circadian rhythm*” OR “*sleep quality*” OR “*digital eye strain*” OR “*computer vision syndrome*”) AND (“*blue-blocking glasses*”) dalam rentang tahun pencarian 8 tahun terakhir (2017-2025). Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah artikel berbahasa Indonesia/Inggris. Jenis publikasi dalam penelusuran review ini adalah *literature review*, *systematic review*, *meta-analysis*, *Randomized Controlled Trial (RCT)*, dan studi observasional. *Outcome* terkait fungsi visual (keluhan *digital eye strain*, *tear film*, akomodasi, gejala kelelahan mata) atau sirkadian (sekresi melatonin, *sleep latency*, kualitas tidur subjektif). Sedangkan kriteria eksklusi adalah artikel *non-peer reviewed*, laporan dengan fokus pada terapi cahaya non *blue light*, dan studi tanpa pengukuran *outcome* visual atau sirkadian yang relevan.

## HASIL

Berdasarkan pencarian menghasilkan 8.132 artikel, kemudian diskriminasi berdasarkan judul dan abstrak didapatkan sebanyak 84 artikel yang relevan. Semua artikel ditelusuri kelayakannya berdasarkan *full article* didapatkan 12 artikel yang dianalisis pada *literature review* ini. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *short-wavelength* (blue) light paling efektif menekan sekresi melatonin dan meningkatkan kewaspadaan akut. Paparan cahaya biru malam hari dapat memajukan atau menunda fase tidur (*phase shift*) tergantung waktu paparan, dan menurunkan total melatonin yang disekresikan sehingga memengaruhi kualitas dan durasi tidur. Studi action-spectrum konsisten menunjukkan puncak sensitivitas pada sekitar 460–480 nm (Brainard *et al.*, 2015; Silvani, Werder and Perret, 2022). Beberapa studi crossover dan eksperimen melaporkan bahwa paparan layar sebelum tidur memendekkan durasi tidur, menunda inisiasi tidur, dan menurunkan subjektivitas kualitas tidur; efek ini sering dimediasi oleh supresi melatonin dan peningkatan kewaspadaan. Studi kohort menemukan asosiasi antara paparan *short wavelength* pada malam hari dengan gangguan tidur dan kadar melatonin yang lebih rendah. Namun, ada analisis yang menekankan peran perilaku konten layar (stimulasi psikologis) dan intensitas cahaya umum rumah tangga sebagai kontributor penting, sehingga efek *blue light* tidak selalu independen (Mitsui *et al.*, 2022).

*Digital eye strain* (mata kering, pandangan kabur, lelah mata, sakit kepala) berkorelasi kuat dengan lama pemakaian layar, kurangnya istirahat (*blink rate* turun), jarak layar, dan kondisi ergonomi. Review komprehensif menyatakan bahwa gejala DES lebih disebabkan oleh perilaku penggunaan (waktu layar lama, fokus dekat, *blink rate* menurun) daripada paparan spektral biru. AAO, AOA menyatakan tidak ada bukti kuat bahwa cahaya dari layar komputer menyebabkan kerusakan retina jangka panjang pada manusia, namun terdapat rekomendasi strategi perilaku (istirahat berkala, pengaturan kecerahan/kontras, koreksi refraksi) sebagai intervensi primer. Beberapa studi kecil/scope review menemukan bahwa memblokir sebagian

blue light dapat mengurangi beberapa gejala visual pada subjek sensitif, namun masih terdapat keterbatasan dalam penelitian ini (Kaur *et al.*, 2022; AAO, 2024).

Studi RCT menunjukkan perbaikan subjektif kualitas tidur atau pengurangan keluhan visual pada beberapa populasi; tetapi meta-analisis dan panduan klinis menyebutkan hasil yang bercampur dan efektivitas klinisnya belum efektif secara klinis. Pengaturan perangkat (mode malam, pengurangan kecerahan, pengaturan warna hangat) dan membatasi paparan malam hari menunjukkan efek menguntungkan pada sleep latency dan subyektif *sleep quality* pada beberapa percobaan. Intervensi perilaku (20-20-20 rule, istirahat berkala, optimasi ergonomi, eksposur cahaya terang di siang hari) terbukti membantu mengurangi DES dan membantu menyetelkan ritme sirkadian (Kaur *et al.*, 2022; Silvani, Werder and Perret, 2022).

## PEMBAHASAN

Hasil tinjauan literatur menunjukkan bahwa paparan cahaya biru dari perangkat digital memiliki dampak yang kompleks: (1) efek fotobiologis pada sistem sirkadian dan tidur, dan (2) keluhan visual fungsional yang tergabung dalam digital eye strain (DES). Secara fisiologis, ipRGC yang mengandung melanopsin pada panjang gelombang ~460–480 nm sehingga paparan short-wavelength light di malam hari efektif menekan sekresi melatonin dan meningkatkan kewaspadaan. Akibatnya, paparan cahaya biru menjelang tidur dapat menunda inisiasi tidur (*sleep onset*) dan menurunkan subjektivitas kualitas tidur pada sejumlah studi eksperimental (Silvani, Werder and Perret, 2022; Han, Zhou and Liu, 2024). Paparan cahaya biru menurunkan perasaan lelah dan meningkatkan efisiensi tidur, tetapi efek pada total durasi tidur dan kualitas tidur tidak konsisten di seluruh penelitian. Hal ini menegaskan bahwa kualitas tidur yang baik tidak hanya diukur dari durasi, tetapi juga parameter lain seperti sleep latency, efikasi tidur, dan rasa segar di pagi hari (Silvani, Werder and Perret, 2022).

Walaupun mekanisme supresi melatonin oleh cahaya biru jelas, bukti bahwa cahaya layar sehari-hari (intensitas rendah, jarak dekat) menyebabkan kerusakan retina jangka panjang pada manusia tetap lemah atau tidak meyakinkan menurut konsensus beberapa review dan panduan profesi mata. American Academy of Ophthalmology (AAO) dan review komprehensif menyimpulkan bahwa gejala visual yang dilaporkan pengguna lebih mungkin disebabkan oleh durasi pemakaian, berkurangnya *blink rate*, jarak dan ergonomi, serta beban akomodasi, daripada paparan spektral biru yang toksik pada dosis layar biasa. Oleh karena itu, keluhan publik tentang “*blue light* merusak mata” perlu dilihat dengan hati-hati dan berdasarkan bukti longitudinal yang masih terbatas (Kaur *et al.*, 2022; AAO, 2024).

Intervensi yang diuji, termasuk kacamata penyaring biru (*blue-blocking glasses*), filter layar, pengaturan mode malam (*warm color temperature*), serta pembatasan layar sebelum tidur, menunjukkan hasil heterogen. Beberapa RCT dan studi crossover menemukan bahwa memblokir paparan *blue light* di malam hari dapat mempengaruhi parameter fisiologis (fase melatonin) dan memperbaiki beberapa aspek tidur pada populasi tertentu (individu dengan gangguan tidur, ibu hamil pada studi khusus), namun efek pada *outcome* subjektif dan fungsi visual seringkali kecil dan tidak konsisten antar studi. Meta-analisis dan review yang lebih luas menekankan bahwa manfaat *blue-blocking* untuk DES belum terbukti secara konsisten dan efeknya cenderung kecil dibandingkan intervensi perilaku (istirahat berkala, optimasi ergonomi, koreksi refraksi) (Liset *et al.*, 2022).

Selain aspek biologis dan klinis, literatur juga menekankan peran konten dan perilaku: stimulasi psikologis dari konten (media sosial, game), keterlambatan waktu tidur akibat penggunaan perangkat, dan pola kebiasaan (penggunaan layar di tempat tidur) berkontribusi besar terhadap gangguan tidur. Beberapa kajian populasi besar dan meta-analisis terbaru menghubungkan penggunaan media elektronik sebelum tidur dengan penurunan durasi tidur dan kualitas tidur, khususnya pada remaja dan dewasa muda, yang mengindikasikan bahwa

pengaruh non-fotik (psikologis/behavioral) sering kali sekuat atau lebih kuat daripada efek fotik semata (Drumheller and Fan, 2022; Liset *et al.*, 2022).

Dari perspektif praktik K3 dan kesehatan masyarakat, temuan ini memberi implikasi penting. Strategi pencegahan yang realistis dan berbasis bukti ialah edukasi perilaku (membatasi paparan layar 1–2 jam sebelum tidur, menetapkan rutinitas tidur, mengisi daya baterai gawai di luar kamar tidur), penguatan ergonomi kerja (istirahat berkala, aturan 20-20-20, optimasi jarak dan kecerahan layar), serta promosi paparan cahaya terang alami di siang hari untuk memperkuat *phase-setting* sirkadian (Kaur *et al.*, 2022). Dengan mempertimbangkan bukti saat ini, rekomendasi riset lanjutan yang prioritas meliputi: RCT berukuran memadai yang menguji efek *blue-blocking* pada outcome objektif (profil melatonin, polysomnography) dan outcome fungsional; studi longitudinal pada paparan LED jangka panjang dan penilaian struktur retina; serta penelitian lapangan yang merancang intervensi multikomponen (perilaku + spektral + ergonomi) untuk menangani gangguan tidur maupun DES. Untuk komunitas K3 dan edukasi kesehatan, pengujian program edukasi terpadu (*screen-hygiene* + ergonomi) dengan outcome produktivitas/kenyamanan kerja akan sangat relevan (Hartstein *et al.*, 2024).

## KESIMPULAN

Paparan cahaya biru dari perangkat digital terutama berdampak pada kelelahan mata dan gangguan tidur, terutama melalui peningkatan beban akomodasi dan penekanan melatonin pada malam hari. Bukti ilmiah terbaru menunjukkan bahwa efek tersebut bersifat fungsional dan reversibel, bukan menyebabkan kerusakan mata permanen. Risiko ini dapat diminimalkan melalui pengaturan durasi penggunaan perangkat, istirahat visual, dan pembatasan paparan layar sebelum tidur. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi dampak paparan cahaya biru dalam jangka panjang melalui studi longitudinal serta menguji efektivitas berbagai intervensi, seperti manajemen penggunaan gawai, prinsip 20-20-20, dan pembatasan layar sebelum tidur. Selain itu, diperlukan penelitian yang membandingkan teknologi mitigasi cahaya biru serta studi yang melibatkan biomarker objektif guna memperkuat pemahaman mengenai mekanisme dan kelompok yang paling rentan terhadap efek cahaya biru.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan tinjauan sistematis ini. Kami menghargai kontribusi para rekan sejawat yang telah memberikan masukan ilmiah, serta institusi yang telah menyediakan akses ke database dan fasilitas literatur yang diperlukan. Dukungan tersebut sangat membantu dalam memastikan kelengkapan dan kualitas analisis dalam tinjauan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- AAO (2024) *Digital Devices and Your Eyes*, American Academy of Ophthalmology. Available at: [https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/digital-devices-your-eyes?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/digital-devices-your-eyes?utm_source=chatgpt.com).
- Alam, M. *et al.* (2024) 'Impacts of Blue Light Exposure From Electronic Devices on Circadian Rhythm and Sleep Disruption in Adolescent and Young Adult Students', *Chronobiology in Medicine*, 6(1), pp. 10–14. doi: 10.33069/cim.2024.0004.
- Brainard, G. C. *et al.* (2015) 'Short-wavelength enrichment of polychromatic light enhances human melatonin suppression potency', *Journal of Pineal Research*, 58(3), pp. 352–361. doi: 10.1111/jpi.12221.

- Cougnard-Gregoire, A. *et al.* (2023) 'Blue Light Exposure: Ocular Hazards and Prevention— A Narrative Review', *Ophthalmology and Therapy*, 12(2), pp. 755–788. doi: 10.1007/s40123-023-00675-3.
- de Toledo, L. H. S. *et al.* (2023) 'Modeling the influence of nighttime light on melatonin suppression in humans: Milestones and perspectives', *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 16, p. 100199. doi: 10.1016/j.jpap.2023.100199.
- Diaconu, G.-A. *et al.* (2023) 'Blue light and its effects on sleep', *Pneumologia*, 72(1), pp. 39–43. doi: 10.2478/pneum-2024-0006.
- Domagalik, A. *et al.* (2020) 'Long-Term Reduction of Short-Wavelength Light Affects Sustained Attention and Visuospatial Working Memory With No Evidence for a Change in Circadian Rhythmicity', *Frontiers in Neuroscience*, 14. doi: 10.3389/fnins.2020.00654.
- Drumheller, K. and Fan, C.-W. (2022) 'Unprecedented times and uncertain connections: A systematic review examining sleep problems and screentime during the COVID-19 pandemic', *Sleep Epidemiology*, 2, p. 100029. doi: 10.1016/j.sleep.2022.100029.
- Han, X., Zhou, E. and Liu, D. (2024) 'Electronic Media Use and Sleep Quality: Updated Systematic Review and Meta-Analysis', *Journal of Medical Internet Research*, 26, p. e48356. doi: 10.2196/48356.
- Hartstein, L. E. *et al.* (2024) 'The impact of screen use on sleep health across the lifespan: A National Sleep Foundation consensus statement', *Sleep Health*, 10(4), pp. 373–384. doi: 10.1016/j.sleh.2024.05.001.
- Kaur, K. *et al.* (2022) 'Digital Eye Strain- A Comprehensive Review', *Ophthalmology and Therapy*, 11(5), pp. 1655–1680. doi: 10.1007/s40123-022-00540-9.
- Liset, R. *et al.* (2022) 'A randomized controlled trial on the effects of blue-blocking glasses compared to partial blue-blockers on sleep outcomes in the third trimester of pregnancy', *PLOS ONE*. Edited by M. S. Hawkins, 17(1), p. e0262799. doi: 10.1371/journal.pone.0262799.
- Mainster, M. A. *et al.* (2022) 'The Blue Light Hazard Versus Blue Light Hype', *American Journal of Ophthalmology*, 240, pp. 51–57. doi: 10.1016/j.ajo.2022.02.016.
- Mataftsi, A. *et al.* (2023) 'Digital eye strain in young screen users: A systematic review', *Preventive Medicine*, 170, p. 107493. doi: 10.1016/j.ypmed.2023.107493.
- Mitsui, K. *et al.* (2022) 'Short-wavelength light exposure at night and sleep disturbances accompanied by decreased melatonin secretion in real-life settings: a cross-sectional study of the HEIJO-KYO cohort', *Sleep Medicine*, 90, pp. 192–198. doi: 10.1016/j.sleep.2022.01.023.
- Silvani, M. I., Werder, R. and Perret, C. (2022) 'The influence of blue light on sleep, performance and wellbeing in young adults: A systematic review', *Frontiers in Physiology*, 13. doi: 10.3389/fphys.2022.943108.
- Singh, S. *et al.* (2022) 'Interventions for the Management of Computer Vision Syndrome', *Ophthalmology*, 129(10), pp. 1192–1215. doi: 10.1016/j.ophtha.2022.05.009.
- Wong, N. A. and Bahmani, H. (2022) 'A review of the current state of research on artificial blue light safety as it applies to digital devices', *Heliyon*, 8(8), p. e10282. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10282.
- Yuan, M. *et al.* (2025) 'Retinal light perception and biological rhythms: The role of light in sleep and mood from an ophthalmic perspective (Review)', *Molecular Medicine Reports*, 33(1), pp. 1–12. doi: 10.3892/mmr.2025.13726.