



## REVIEW

# Pengaruh cahaya artifisial di malam hari (*artificial light at night-ALAN*) terhadap serangga

The effect of artificial light at night (ALAN) on insects

Amanda Mawan<sup>1\*</sup>, Rizky Nazarreta<sup>2</sup>, Kasmiatun<sup>2</sup>, Bonjok Istiaji<sup>2</sup>,  
Purnama Hidayat<sup>2</sup>, Damayanti Buchori<sup>2</sup>

<sup>1</sup>J.F. Blumenbach Institute of Zoology and Anthropology, University of Göttingen  
Untere Karspüle 2, Goettingen 37073, Germany

<sup>2</sup>Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

(diterima Oktober 2022, disetujui November 2022)

### ABSTRAK

Populasi serangga menurun secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir diakibatkan oleh faktor-faktor antropogenik, seperti deforestasi, perubahan sistem penggunaan lahan, perubahan iklim, dan penggunaan pestisida. Selain itu, serangga juga menghadapi berbagai tantangan, seperti polusi udara, polusi suara, dan polusi cahaya yang merupakan efek samping dari aktivitas manusia. Polusi cahaya berupa cahaya artifisial pada malam hari (*artificial light at night-ALAN*) merupakan salah satu faktor penyebab penurunan populasi serangga yang jarang diteliti di Indonesia. Kajian literatur ini merupakan sintesis dari bukti-bukti empiris dari hasil penelitian yang telah ada sehingga menghasilkan kajian yang komprehensif mengenai dampak ALAN terhadap serangga. Sebagian besar hasil penelitian menunjukkan penurunan populasi serangga di area dengan intensitas ALAN tinggi, seperti di perkotaan. Lebih lanjut, ALAN juga dilaporkan mengganggu sistem visual serangga yang mengakibatkan gangguan dalam proses mencari makan dan kemampuan menghindari predator. Sampai saat ini, sebagian besar penelitian yang berkaitan dengan cahaya artifisial di Indonesia lebih terfokus pada cahaya artifisial sebagai metode pengendalian hama. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian terkait cahaya artifisial sebagai polutan sangat diperlukan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang pengaruh ALAN terhadap kelangsungan hidup serangga. Selain itu, juga untuk menemukan solusi yang sesuai untuk menciptakan kondisi yang ramah bagi berbagai organisme terutama organisme yang rentan terhadap cahaya, seperti serangga.

**Kata kunci:** invertebrata, nokturnal, polusi cahaya

### ABSTRACT

Insect populations have declined significantly over the last few decades. Anthropogenic factors such as deforestation, land-use change, climate change, and pesticides play a major role in insect population decline. In addition to those factors, insects also face challenges from air, noise, and light pollution derived from human activities. Light pollution in the form of artificial light at night (ALAN) is generally known to be one of the factors driving insect declines but it has rarely been studied in Indonesia. In this literature review, we collected empirical evidence from previous studies to provide a comprehensive report on the impact of ALAN on insects. Most studies demonstrate a

\*Penulis korespondensi: Penulis korespondensi: Amanda Mawan, J.F. Blumenbach Institute of Zoology and Anthropology, University of Göttingen, Untere Karspüle 2, Goettingen 37073, Jerman, Email: [amandamawan@gmail.com](mailto:amandamawan@gmail.com)

decline in insect populations in areas with high ALAN intensity, such as urban areas. Furthermore, ALAN was reported to disrupt insect visual systems, which results in disturbances to predator avoidance and foraging movements. Until now, most work related to artificial light in Indonesia have focused on light as a method of controlling pests. Hence, studies related to artificial light as a pollutant are urgently needed to increase our understanding of the effects of ALAN on the survival of organisms, especially insects. Future research must seek suitable solutions to create environmentally and ecologically friendly conditions for various organisms, especially those susceptible to the negative effects of light, such as insects.

**Key words:** invertebrates, light pollution, nocturnal

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi, ekspansi urbanisasi, dan industrialisasi yang terus berlangsung berbanding lurus dengan meningkatnya penggunaan cahaya artifisial di malam hari (*artificial light at night-ALAN*). ALAN pada umumnya dimanfaatkan untuk memperpanjang aktivitas dan produktivitas manusia hingga malam hari. Pemanfaatan ALAN secara berlebihan menyebabkan terjadinya polusi cahaya. Secara ekologis, polusi cahaya didefinisikan sebagai peningkatan intensitas cahaya artifisial secara berlebihan melebihi intensitas cahaya alami di malam hari yang mengubah siklus alami terang dan gelap suatu ekosistem (Lo 2002; Rajkhowa 2014).

ALAN secara umum didefinisikan sebagai cahaya artifisial yang berasal dari tiga jenis lampu, yaitu lampu sodium, lampu uap merkuri, dan lampu *light emitting diode* (LED) (Owens et al. 2020). Lampu sodium seperti *low pressure sodium* (LPS) merupakan lampu jalanan dengan spektrum cahaya yang sempit berwarna oranye dan telah digunakan sejak pertengahan abad ke-20. Saat ini, lampu jalanan yang banyak digunakan adalah lampu dengan spektrum cahaya yang luas, seperti *high pressure sodium* (HPS), LED, dan *metal halide* (MH) (Elvidge et al. 2010). Lampu LED menghasilkan cahaya berwarna putih dengan panjang gelombang yang pendek menyerupai cahaya alami yang dihasilkan matahari di siang hari. Intensitas cahaya yang berlebihan ini menyebabkan malam menjadi lebih terang sehingga mengganggu ritme kehidupan organisme baik nokturnal ataupun diurnal.

Polusi cahaya ALAN diperhitungkan sebagai stresor tambahan yang mengancam populasi serangga yang telah menghadapi berbagai tekanan akibat aktivitas manusia, seperti kehilangan habitat karena deforestasi dan urbanisasi, perubahan iklim,

pertanian, introduksi spesies eksotis, nitrifikasi, insektisida, dan herbisida (Wagner et al. 2021). Ancaman tersebut merupakan efek samping dari aktivitas manusia yang terbukti menyebabkan perubahan perilaku dan aktivitas, perubahan komposisi spesies hingga penurunan populasi serangga yang berujung dengan kehilangan dan kepunahan spesies. Penurunan populasi serangga akan memengaruhi populasi organisme lainnya karena serangga berada pada posisi penting tingkatan trofik dan jejaring makanan.

ALAN selain menjadi penyebab penurunan populasi serangga (Owens et al. 2020; Stewart 2021) juga menjadi ancaman baru terhadap kesehatan masyarakat karena dapat menyebabkan insomnia, depresi, gangguan makan, dan gerak (Gaston 2018; Svehkina et al. 2020). Selain itu, ALAN juga berdampak negatif terhadap ekosistem, seperti hilangnya keanekaragaman hayati (Longcore & Rich 2004; Pauley 2004; Davies & Smyth 2018). Pemanfaatan ALAN secara berlebihan juga merupakan penyebab energi dan kapital terbuang sia-sia (Gallaway et al. 2010; Gaston et al. 2014). Beberapa dekade belakangan, penelitian terkait dampak ALAN terhadap berbagai organisme termasuk serangga baik nokturnal maupun diurnal telah banyak dilakukan. Akan tetapi, di Indonesia penelitian terkait dampak cahaya artifisial masih sebatas ketertarikan serangga terhadap warna, panjang gelombang, dan intensitas cahaya yang dimanfaatkan untuk pengendalian hama. Padahal saat ini, pemanfaatan ALAN di Indonesia sudah mulai memasuki kawasan konservasi dan restorasi. Mengingat peran serangga dalam ekosistem yang terancam akibat ALAN sehingga kajian mengenai dampak ALAN menjadi penting untuk diulas. Oleh karena itu, kajian ini ditujukan untuk mengulas dampak ALAN terhadap populasi serangga secara umum. Melalui kajian literatur ini diharapkan dapat menjadi acuan penelitian

mengenai penggunaan ALAN terhadap berbagai kelompok serangga.

### IMPLIKASI TERHADAP VISUAL SERANGGA NOKTURNAL

Perbedaan dunia visual di malam hari dan siang hari terletak pada intensitas cahaya. Seperti siang hari, dunia di malam hari masih tetap berwarna dan warna masih dapat digunakan untuk mengenali suatu objek walaupun intensitas cahaya di malam hari 11x lebih redup daripada siang hari (Warrant & Dacke 2011). Setiap area memiliki intensitas cahaya di malam hari yang berbeda tergantung dengan kondisi lingkungan di area tersebut, seperti ada atau tidaknya cahaya bulan, keberadaan awan, kondisi habitat (terbuka atau tertutup). Perbedaan intensitas cahaya ini yang membatasi kemampuan visual organisme malam dalam membedakan warna dan kontrasnya. Keterbatasan visual ini memicu berbagai perubahan pada organisme yang aktif di malam hari atau nokturnal agar dapat beraktivitas di dalam kegelapan. Bagi manusia, solusinya adalah dengan memanfaatkan teknologi cahaya artifisial yang terus berkembang dari area pemukiman hingga merambah ke area konservasi. Sementara, bagi organisme lain seperti serangga nokturnal, kondisi ini memicu terjadinya evolusi sistem visual/penglihatan, seperti mata yang dapat menangkap cahaya secara maksimal dan perubahan mekanisme saraf untuk mengurangi efek fisiologis dari minimnya cahaya (Warrant 2017). Perubahan tersebut memungkinkan serangga nokturnal melakukan aktivitas seperti serangga diurnal (mencari makan, pasangan, menghindari predator, ataupun mengenali habitatnya).

Pemanfaatan ALAN secara berlebihan berdampak negatif pada serangga baik nokturnal maupun diurnal. Hal ini karena, cahaya artifisial dirancang berdasarkan kisaran penglihatan manusia, kisaran warna trikromatik RGB, yaitu cahaya merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) dengan puncak pendar cahaya pada panjang gelombang 555 nm. Sementara itu, serangga memiliki reseptor cahaya bikromatik (*bichromatic photoreceptors*) dan trikromatik (*trichromatic photoreceptors*). Serangga dengan reseptor cahaya bikromatik merupakan serangga yang memiliki

reseptor dari dua pigmen warna saja, yaitu pigmen yang menyerap cahaya hijau dan kuning (550 nm) dan pigmen yang menyerap cahaya biru dan ultraviolet (UV) (< 480 nm). Serangga kelompok ini memiliki spektrum warna yang terbatas. Sementara, serangga dengan reseptor cahaya trikromatik memiliki tiga pigmen yang menyerap cahaya UV (360 nm), biru-violet (440 nm), dan kuning (588 nm). Serangga trikromatik dapat membedakan warna cahaya tunggal maupun campuran. Perbedaan kemampuan reseptor cahaya dalam menangkap gelombang cahaya artifisial memengaruhi kemampuan serangga mengenali suatu objek yang akan berdampak terhadap perilaku dan proses fisiologis serangga yang kemudian akan berdampak pada fungsi ekosistem (Wang et al. 2022).

### GANGGUAN TERHADAP INTERAKSI INTERSPESIES DAN PERUBAHAN KOMUNITAS SERANGGA

Bagi serangga, cahaya menjadi faktor penting yang memberikan isyarat visual dan non visual yang mendukung aktifitas serangga. Serangga nokturnal memanfaatkan cahaya untuk orientasi, navigasi, reproduksi, menghindari predator, hingga untuk menentukan lokasi sumber makanan (Warrant 2017). Banyak serangga nokturnal memanfaatkan cahaya alami, seperti cahaya dari bulan dan bintang sebagai isyarat visual untuk melakukan penyebaran di suatu lanskap (Foster et al. 2018). Akan tetapi, banyak serangga nokturnal yang tersesat akibat semakin banyak cahaya artifisial yang menyerupai cahaya alami. Selain mengacaukan navigasi serangga, pemanfaatan lampu LED untuk penerangan jalan berdampak negatif terhadap populasi serangga nokturnal di sekitarnya (Boyes et al. 2022) (Gambar 1). Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya penurunan kelimpahan larva ngengat (kelompok nokturnal dari Ordo Lepidoptera) dan gangguan terhadap perkembangan ngengat akibat penggunaan lampu LED.

ALAN seperti gangguan antropogenik lainnya juga menyebabkan efek domino akibat perubahan terhadap interaksi intra- dan interspesies, dinamika populasi dan komunitas, serta fungsi



**Gambar 1.** Cahaya artifisial dapat memengaruhi perilaku serangga dan hewan nokturnal (Ilustrasi: Bonauli Pakpahan).

**Figure 1.** Artificial light can affect the behavior of insects and nocturnal animals (Illustration: Bonauli Pakpahan).

ekologis dari suatu ekosistem yang juga akan berdampak terhadap kondisi sosial ekonomi manusia (Desouhant et al. 2019). Perubahan yang terjadi pada individu disebabkan oleh ALAN dapat memengaruhi fisiologi dan perilaku serangga dan secara tidak langsung akan memengaruhi populasi spesies serangga tersebut dan spesies lainnya yang berada dalam komunitas di habitat tersebut.

Cahaya yang dihasilkan ALAN memengaruhi interaksi trofik antara serangga dan organisme lainnya, termasuk interaksi spesies dan komunikasi intra-spesies. Salah satu contohnya, pencahayaan ALAN menyebabkan gangguan aktivitas kerlipan dan pencahayaan alami yang dihasilkan pada kunang-kunang (Coleoptera: Lampyridae) (Hagen et al. 2015). Selain itu, pada serangga penyerbuk, keberadaan ALAN juga mengganggu hubungan timbal balik antara penyerbuk nokturnal, penyerbuk diurnal, serta tanaman inang yang menjadi sasaran serangga tersebut (Knop et al. 2017).

ALAN juga diketahui berpengaruh besar terhadap keberadaan serangga terestrial dan akuatik, baik pada tingkat individu maupun populasi di sungai dan kawasan pinggiran sungai

(Meyer & Sullivan 2013; Owens et al. 2020). Hasil penelitian Meyer & Sullivan (2013) menunjukkan bahwa keberadaan ALAN menyebabkan terjadinya penurunan kepadatan populasi laba-laba Famili Tetragnathidae sebesar 44%. Selain itu, adanya penurunan kekayaan spesies serangga akuatik sebesar 16%, serta penurunan ukuran tubuh serangga akuatik hingga 76%. Sementara itu, terdapat perbedaan hasil pada serangga terestrial yang memasuki kawasan sungai, ukuran tubuh serangga tersebut mengalami kenaikan hingga mencapai 309%. Keberadaan ALAN di kawasan perairan dapat menarik serangga air untuk muncul ke permukaan sehingga hal ini dapat mengganggu pola penyebaran dan perilakunya. Dalam beberapa kasus, ALAN dapat berperan sebagai perangkap ekologis yang menyebabkan kematian langsung pada serangga air karena adanya peningkatan predasi sehingga dapat mengganggu hubungan predator-mangsa (Perkin et al. 2011; Meyer & Sullivan 2013).

Tingkat pencahayaan yang tinggi dari ALAN juga dilaporkan dapat meredam laju apungan serangga di permukaan air yang membuatnya

rentan terhadap serangan predator dan di sisi lain dapat memperbesar peluang ikan mencari mangsa, seperti serangga air (Moore et al. 2006; Nightingale et al. 2006). Hal ini menjadi salah satu bukti bahwa keberadaan ALAN dapat mengurangi populasi serangga air melalui kematian yang disebabkan oleh mekanisme predasi. Di sisi lain, pantulan cahaya ALAN dari permukaan air juga dapat menarik serangga terestrial ke daerah perairan yang dapat berujung dengan dua skenario, yaitu memangsa serangga kecil yang muncul di permukaan air atau dimangsa oleh ikan atau hewan air lainnya yang ada di sungai sehingga serangga air juga dapat melepaskan diri dari tekanan predasi (Schwind 1991). Hubungan ini menunjukkan bahwa adanya gangguan ALAN dapat mengubah struktur komunitas dan fungsi ekosistem di sungai melalui timbal balik arus akuatik-invertebrata terestrial (*reciprocal aquatic-terrestrial fluxes of invertebrates*).

## TANTANGAN DI MASA DEPAN

ALAN merupakan topik hangat, khususnya di Indonesia yang masih membutuhkan banyak pendalaman mengenai tingkat kerusakan yang disebabkan oleh ALAN pada level spasial dan dampak jangka panjang terhadap dinamika populasi, komunitas dan ekosistem serangga nokturnal dan diurnal. Informasi mengenai dampak ALAN terhadap serangga di daerah tropis, yang sebagian besar adalah *hotspot* keanekaragaman hayati global, masih sangat terbatas. Bahkan, di Indonesia sendiri sampai saat ini belum ada penelitian yang menelisik topik ini lebih komprehensif, tidak sekedar cahaya sebagai alat perangkap serangga. Selain itu, serangga juga menghadapi ancaman karena perubahan habitat dan penggunaan lahan serta perubahan iklim sehingga dibutuhkan penelitian yang dapat menjawab pertanyaan tentang dampak ALAN terhadap serangga jika dikombinasikan dengan faktor-faktor lingkungan tersebut. Sampai saat ini, cahaya artifisial belum menimbulkan kerusakan parah seperti yang dihasilkan polutan pada tanah, air, dan udara. Akan tetapi, telah dipertimbangkan sebagai isu global yang harus ditangani bersama. Pada dasarnya, solusi untuk polusi cahaya jauh

lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan polusi lainnya, yaitu mengurangi penggunaan cahaya artifisial seperti lampu LED putih dan menentukan periode penggunaan dan area yang membutuhkan cahaya artifisial. Untuk menjalankan solusi ini dibutuhkan kerjasama semua pihak dan pemahaman bahwa makhluk hidup lain sama seperti manusia juga membutuhkan gelapnya malam untuk bertahan hidup. “*We have never known what we are doing because we have never known what we were undoing. We cannot know what we are doing until we know what nature would be doing if we were doing nothing*” (Berry 1987).

## DAFTAR PUSTAKA

- Berry W. 1987. Preserving wildness. *Wilderness Spring* 1987:39–54. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03258883>.
- Boyes DH, Evans DM, Fox R, Parsons MS, Pocock MJO. 2022. Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. *Science Advances* 7:eabi8322. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8322>.
- Davies TW, Smyth T. 2018. Why artificial light at night should be a focus for global change research in the 21st century. *Global Change Biology* 24:872–882. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13927>.
- Desouhant E, Gomes E, Mondy N, Amat I. 2019. Mechanistic, ecological, and evolutionary consequences of artificial light at night for insects: Review and prospective. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 167:37–58. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12754>.
- Elvidge CD, Keith DM, Tuttle BT, Baugh KE. 2010. Spectral identification of lighting type and character. *Sensors (Basel, Switzerland)* 10:3961–3988. DOI: <https://doi.org/10.3390/s100403961>.
- Foster JJ, Smolka J, Nilsson D-E, Dacke M. 2018. How animals follow the stars. *Proceedings. Biological Sciences* 285:20172322. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2322>.
- Gallaway T, Olsen RN, Mitchell DM. 2010. The economics of global light pollution. *Ecological Economics* 69:658–665. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.10.003>.
- Gaston KJ. 2018. Lighting up the nighttime. *Science* 362:744–746. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aau8226>.

- Gaston KJ, Gaston S, Bennie J, Hopkins J. 2014. Benefits and costs of artificial nighttime lighting of the environment. *Environmental Reviews* 23:14–23. DOI: <https://doi.org/10.1139/er-2014-0041>.
- Hagen O, Santos R, Schlindwein M, Viviani V. 2015. Artificial night lighting reduces firefly (Coleoptera: Lampyridae) occurrence in Sorocaba, Brazil. *Advances in Entomology* 3:24–32. DOI: <https://doi.org/10.4236/ae.2015.31004>.
- Knop E, Zoller L, Ryser R, Gerpe C, Hörler M, Fontaine C. 2017. Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* 548:206–209. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature23288>.
- Lo CP. 2002. Urban indicators of China from radiance-calibrated digital DMSP-OLS nighttime images. *Annals of the Association of American Geographers* 92:225–240. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8306.00288>.
- Longcore T, Rich C. 2004. Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2:191–198. DOI: [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2).
- Meyer LA, Sullivan SMP. 2013. Bright lights, big city: Influences of ecological light pollution on reciprocal stream–riparian invertebrate fluxes. *Ecological Applications* 23:1322–1330. DOI: <https://doi.org/10.1890/12-2007.1>.
- Moore M V, Kohler SJ, Cheers MS. 2006. Artificial light at night in freshwater habitats and its potential ecological effects. Di dalam: Rich C, Longcore T (Eds.), *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. hlm. 365–385. Washington DC: Island Press.
- Nightingale B, Longcore T, Simenstad CA. 2006. Artificial night lighting and fishes. Di dalam: Rich C, Longcore T (Eds.), *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. hlm. 257–277. Washington DC: Island Press.
- Owens ACS, Cochard P, Durrant J, Farnworth B, Perkin EK, Seymoure B. 2020. Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation* 241:108259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108259>.
- Pauley SM. 2004. Lighting for the human circadian clock: Recent research indicates that lighting has become a public health issue. *Medical Hypotheses* 63:588–596. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2004.03.020>.
- Perkin EK, Hölker F, Richardson JS, Sadler JP, Wolter C, Tockner K. 2011. The influence of artificial light on stream and riparian ecosystems: Questions, challenges, and perspectives. *Ecosphere* 2:art122. DOI: <https://doi.org/10.1890/ES11-00241.1>.
- Rajkhowa R. 2014. Light pollution and impact of light pollution. *IJSR* 3:861–867.
- Schwind R. 1991. Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *Journal of Comparative Physiology A* 169:531–540. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00193544>.
- Stewart AJA. 2021. Impacts of artificial lighting at night on insect conservation. *Insect Conservation and Diversity* 14:163–166. DOI: <https://doi.org/10.1111/icad.12490>.
- Svechkina A, Portnov BA, Trop T. 2020. The impact of artificial light at night on human and ecosystem health: A systematic literature review. *Landscape Ecology* 35:1725–1742. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01053-1>.
- Wagner DL, Grames EM, Forister ML, Berenbaum MR, Stopak D. 2021. Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118:e2023989118. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2023989118>.
- Wang L-Y, Stuart-Fox D, Walker G, Roberts NW, Franklin AM. 2022. Insect visual sensitivity to long wavelengths enhances colour contrast of insects against vegetation. *Scientific Reports* 12:982. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04702-w>.
- Warrant EJ. 2017. The remarkable visual capacities of nocturnal insects: Vision at the limits with small eyes and tiny brains. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372:20160063. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0063>.
- Warrant EJ, Dacke M. 2011. Vision and visual navigation in nocturnal insects. *Annual Review of Entomology* 56:239–254. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144852>.