

Polusi Cahaya dan Pengaruhnya Terhadap Kehidupan

Abu Yazid Raisal

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
email: abuyazidraisal@gmail.com

Abstrak

Cahaya buatan seperti lampu merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia sebagai penerangan pada saat malam hari. Namun dengan seiring populasi manusia yang semakin banyak, cahaya buatan yang dibutuhkan menjadi semakin besar. Penggunaan lampu yang berlebihan dan tidak efisien dapat mengakibatkan adanya polusi cahaya yang dapat memiliki dampak negatif pada berbagai aspek kehidupan baik pada makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Polusi cahaya juga berdampak pada menurunnya jumlah bintang yang dapat diamati pada malam hari sehingga banyak observatorium yang mencari lokasi baru yang jauh dari polusi cahaya sebagai lokasi observatorium yang baru.

Kata kunci : *Polusi cahaya, kehidupan, astronomi*

Abstract

Artificial light such as lamps is very important for human life as lighting at night. However, as the human population grows, the artificial light needed becomes even greater. Excessive and inefficient use of lights results in light pollution which can have a negative impact on various aspects of life both on living things such as humans, animals and plants. Light pollution also has an impact on decreasing the number of stars that can be observed at night so that many observatories are looking for new locations away from light pollution as new observatory locations.

Keywords: *Light pollution, life, astronomy*

A. Pendahuluan

Cahaya buatan merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia sebagai penerangan pada saat malam hari. Namun dengan seiring perkembangan populasi manusia yang semakin banyak, cahaya buatan yang dibutuhkan menjadi semakin besar yang dapat menjadi polusi cahaya. Hal ini tidak berarti bahwa lampu listrik pada dasarnya buruk. Cahaya buatan telah memberikan manfaat bagi masyarakat, misalnya dengan memperpanjang hari produktif, menawarkan lebih banyak

waktu tidak hanya untuk bekerja tetapi juga untuk kegiatan rekreasi yang membutuhkan penerangan. Tetapi ketika pencahayaan luar ruangan buatan menjadi tidak efisien, mengganggu, dan tidak perlu, itu dikenal sebagai polusi cahaya¹.

Cahaya langit malam alami berasal dari cahaya bintang, cahaya zodiak (sinar matahari yang berhamburan dari debu di tata surya kita), dan *airglow* dalam jumlah yang

¹ Ron Chepesiuk, "Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution," *Environmental Health Perspectives* 117, no. 1 (2009): 20–27.

kurang lebih sama. Cahaya bulan juga merupakan cahaya alami yang dapat mempengaruhi kecerahan langit malam². Cahaya buatan bahkan dalam jumlah yang sedikit dapat mengganggu keseimbangan yang halus ini, mengubah warna langit, dan menutupi cahaya bintang. Polusi cahaya telah menjadi masalah di seluruh dunia karena secara bertahap mengurangi kemampuan untuk mengamati bintang-bintang. Jenis limbah baru ini menimbulkan dampak terhadap budaya, lingkungan, dan bahkan energi, dengan konsekuensi yang tidak terduga³.

Dalam kondisi normal, polusi cahaya banyak ditimbulkan oleh sumber-sumber cahaya buatan. Sumber-sumber cahaya buatan diantaranya adalah lampu penerangan jalan, lampu-lampu reklame, lampu dekorasi, lampu taman, lampu dari stadion olahraga, dan lampu penerangan luar lainnya. Polusi cahaya berbeda dari konsep pencemaran polusi yang lain. Polusi cahaya tidak berarti cahaya yang mendapat efek pencemaran, tetapi cahaya itu sendiri

yang menjadi polutan bagi kondisi gelapnya langit malam⁴. Polusi cahaya menyebar dengan cepat dengan urbanisasi yang cepat dan telah menjadi gangguan lingkungan yang nyata.

Polusi cahaya biasanya dibagi menjadi dua kategori utama yaitu cahaya yang mengganggu dan cahaya yang berlebihan. Polusi cahaya juga dapat dibagi menjadi polusi cahaya indoor dan outdoor. Banyak pencahayaan luar ruangan yang digunakan pada malam hari tidak efisien, terlalu terang, tidak tepat sasaran, tidak terlindung dengan baik, dan, dalam banyak kasus, sama sekali tidak diperlukan. Cahaya ini, dan listrik yang digunakan untuk membuatnya, sedang disia-siakan dengan menumpukannya ke langit, alih-alih memfokuskannya ke objek dan area aktual yang ingin diterangi orang⁵. Berdasarkan International Dark-Sky Association, polusi cahaya merupakan efek merugikan dari cahaya buatan termasuk *sky glow*, *glare*, *light trespass*, *light*

² Abu Yazid Raisal et al., "The Moon Phases Influence on the Beginning of Astronomical Dawn Determination in Yogyakarta," *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series* 2, no. 1 (2017): 1–7, <https://doi.org/10.20961/ijsascs.v2i1.16664>.

³ Rasna Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution," *International Journal of Science and Research (IJSR)* 3, no. 10 (2014): 861–67.

⁴ Laila Nurfarida, Pawit Muhammad Yusup, and Neneng Komariah, "Tingkat Pengetahuan Masyarakat Sekitar Observatorium Bosscha Lembang Mengenai Polusi Cahaya," *Jurnal Kajian Informasi Dan Perpustakaan* 5, no. 1 (2017): 13–22, <https://doi.org/10.24198/jkip.v5i1.11327>.

⁵ International Dark-Sky Association, "Light Pollution," www.darksky.org, accessed August 10, 2020, <https://www.darksky.org/light-pollution/>.

clutter, penurunan jarak pandang di malam hari, dan pemborosan energi.

Polusi cahaya biasanya terjadi di daerah perkotaan besar dan telah terbukti mengurangi visibilitas bintang. Polusi cahaya juga mengganggu ekosistem dan bahkan dapat berdampak negatif bagi kesehatan. Beberapa ilmuwan bahkan berpendapat bahwa polusi cahaya yang terus meningkat dapat menyebabkan terganggunya jaring makanan dan memengaruhi seluruh ekosistem. Hal ini karena polusi cahaya mengganggu kemampuan navigasi hewan nokturnal seperti kumbang, ngengat, jangkrik, dan laba-laba secara total. Polusi cahaya dapat dikurangi dengan penggunaan cahaya buatan yang lebih efisien. Penggunaan cahaya buatan yang lebih efisien membutuhkan perubahan kebiasaan sebagian besar masyarakat⁶.

B. Jenis-jenis Polusi Cahaya

Polusi cahaya adalah istilah umum yang mengacu pada berbagai masalah, yang semuanya disebabkan oleh penggunaan cahaya buatan yang tidak efisien atau tidak perlu. Jenis-jenis dari polusi cahaya termasuk cahaya yang mengganggu hak sekitar (*light*

trespass), pencahayaan yang berlebihan (*over illumination*), silau (*glare*), kekacauan cahaya (*light clutter*), langit terang (*sky glow*).

1. Cahaya yang mengganggu hak sekitar (*light trespass*)

Light trespass merupakan cahaya yang jatuh di tempat yang tidak dimaksudkan, tidak diinginkan atau tidak dibutuhkan. Hal ini terjadi ketika cahaya yang tidak diinginkan memasuki properti seseorang, misalnya, dengan menyinari pagar tetangga. Masalah penerobosan cahaya yang umum terjadi saat cahaya kuat masuk ke jendela rumah seseorang dari luar, menyebabkan masalah seperti kurang tidur atau pemandangan malam terhalang⁷.

2. Pencahayaan yang berlebihan (*over illumination*)

Over illumination merupakan jumlah sumber cahaya yang berlebihan secara kualitas dan kuantitas. Pencahayaan berlebihan berasal dari beberapa faktor

a. Tidak menggunakan pengatur waktu, sensor hunian, atau kontrol lain untuk memadamkan pencahayaan saat tidak diperlukan

⁶ Travis Longcore and Catherine Rich, "Ecological Light Pollution," *Frontiers in Ecology and the Environment* 2, no. 4 (2004): 191–98, [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).

⁷ Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution."

- b. Desain yang tidak tepat, terutama ruang kerja, dengan menentukan tingkat cahaya yang lebih tinggi dari yang dibutuhkan untuk tugas tertentu
 - c. Pilihan bola lampu yang salah, yang tidak mengarahkan cahaya ke area yang diperlukan
 - d. Pemilihan perangkat keras yang tidak tepat agar dapat memanfaatkan energi lebih banyak daripada yang dibutuhkan untuk pencahayaan.
 - e. Pelatihan kepada pengelola gedung dan penghuni yang tidak tuntas untuk menggunakan sistem pencahayaan secara efisien
 - f. Perawatan pencahayaan yang tidak memadai mengakibatkan peningkatan terhadap cahaya yang menyimpang dan biaya yang dikeluarkan.
 - g. "Pencahayaan siang hari" dapat dibutuhkan untuk mengurangi kejahatan oleh warga atau untuk menarik pelanggan oleh pemilik toko, jadi pencahayaan yang berlebihan bisa menjadi pilihan desain, bukan kesalahan.
 - h. Penggantian lampu merkuri lama dengan lampu sodium atau metal halide yang lebih efisien dengan daya listrik yang sama
 - i. Teknik pencahayaan tidak langsung, seperti menerangi dinding vertikal untuk mengaplikasikan foton di tanah. Sebagian besar masalah ini dapat segera diperbaiki dengan teknologi yang tersedia dan tidak mahal. Namun terdapat dampak yang cukup di bidang desain dan pelaku industri di bidang pencahayaan yang menyebabkan hambatan dalam memperbaiki pencahayaan yang berlebihan ini. Kesadaran publik perlu ditingkatkan agar negara-negara industri menyadari manfaat yang besar dalam mengurangi pencahayaan yang berlebihan⁸.
3. Silau (*glare*)
- Glare* merupakan cahaya latar belakang yang terlalu banyak. Ini biasanya berupa cahaya terang yang bersinar langsung di mata yang mengganggu tugas visual yang ada⁹. Silau merupakan hasil dari kontras yang berlebihan antara area terang dan gelap di bidang pandang. Cahaya yang menyinari mata pejalan kaki dan pengemudi dapat

⁸ Rajkhowa.

⁹ Constance E. Walker et al., "Teaching Illumination Engineering Using Light Pollution Education Kits," *Proceedings SPIE Optics Education and Outreach* 7783 (2010): 1–11, <https://doi.org/10.1117/12.862713>.

mengaburkan penglihatan malam hingga satu jam setelah terpapar. Disebabkan oleh kontras yang tinggi antara area terang dan gelap, silau juga dapat menyulitkan mata manusia untuk menyesuaikan dengan perbedaan kecerahan. Silau dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

a. Silau yang membutakan (*Blinding Glare*)

Jenis silau ini menjelaskan efek seperti yang disebabkan oleh menatap ke Matahari. Ini benar-benar membutakan dan meninggalkan kekurangan penglihatan sementara atau permanen.

b. Silau yang mencacatkan (*Disability Glare*)

Jenis silau ini menjelaskan efek seperti dibutakan oleh lampu mobil yang melaju, atau hamburan cahaya dalam kabut atau pengurangan kontras di mata, serta pantulan dari area gelap lain yang membuatnya terang yang menyebabkan pengurangan kemampuan penglihatan yang signifikan.

c. Silau yang tidak nyaman (*Discomfort Glare*)

Jenis silau ini biasanya tidak menyebabkan situasi berbahaya

namun jenis ini adalah yang paling mengganggu dan menjengkelkan. Silau jenis ini berpotensi menyebabkan kelelahan jika dialami dalam waktu lama¹⁰.

4. Cahaya yang bertumpuk (*Light Clutter*)

Light clutter mengacu pada pengelompokan lampu yang berlebihan. Pengelompokan lampu pada jalan raya dapat menimbulkan kebingungan, mengalihkan perhatian dari pembatas (termasuk yang mungkin dimaksudkan untuk diterangi), dan berpotensi menyebabkan kecelakaan. Cahaya yang bertumpuk terutama terlihat di jalan yang desain lampu jalannya buruk, atau tempat iklan yang terang benderang mengelilingi jalan raya. Bergantung pada motif orang atau organisasi yang memasang lampu, penempatan dan desainnya bahkan mungkin dimaksudkan untuk mengalihkan perhatian pengemudi, dan dapat menyebabkan kecelakaan. Hal ini juga dapat menimbulkan bahaya di lingkungan penerbangan jika penerangan keselamatan penerbangan harus bersaing untuk

¹⁰ Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution."

mendapatkan perhatian pilot dengan pencahayaan yang tidak relevan¹¹.

5. Langit terang (*Sky Glow*)

Sky glow merupakan penambahan kecerahan langit di atas wilayah yang pada penduduk. Ini adalah kombinasi dari semua cahaya yang dipantulkan dari apa yang diterangi dan cahaya yang diarahkan dengan buruk menyebabkan cahaya tersebut lolos ke langit, tersebar (dialihkan) oleh atmosfer kembali ke tanah. Hamburan ini sangat erat kaitannya dengan panjang gelombang cahaya ketika udaranya sangat jernih. Hamburan Rayleigh mendominasi di udara yang begitu jernih, membuat langit tampak biru di siang hari. Ketika ada aerosol yang signifikan, cahaya yang tersebar tidak terlalu bergantung pada panjang gelombang, membuat langit siang hari lebih putih. Karena efek Rayleigh ini, dan karena kepekaan mata yang meningkat terhadap sumber cahaya yang kaya warna putih atau biru saat disesuaikan dengan tingkat cahaya yang sangat rendah, cahaya yang kaya warna putih atau biru memberikan kontribusi yang lebih signifikan terhadap *sky glow* daripada cahaya

kuning dalam jumlah yang sama. *Sky glow* sangat mengganggu para astronom, karena langit terang mengurangi kontras di langit malam bahkan menyebabkan tidak mungkin untuk melihat bintang yang paling terang¹².

C. Dampak Polusi Cahaya Terhadap Manusia

Polusi cahaya harus diakui sebagai bahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia dan bukan seperti yang diyakini secara umum, hanya sebagai masalah bagi para astronom. Penelitian medis tentang efek cahaya yang berlebihan pada tubuh manusia menunjukkan bahwa berbagai efek kesehatan yang merugikan dapat disebabkan oleh polusi cahaya atau paparan cahaya yang berlebihan. Dalam beberapa buku desain pencahayaan menggunakan kesehatan manusia sebagai kriteria eksplisit untuk menentukan pencahayaan interior yang tepat. Dampak bagi kesehatan dari pencahayaan berlebih atau komposisi spektrum cahaya yang tidak tepat dapat mencakup: peningkatan insiden sakit kepala, kelelahan pekerja, peningkatan terhadap stres yang ditentukan secara

¹¹ Rajkhowa.

¹² Rajkhowa.

medis, penurunan fungsi seksual dan peningkatan kecemasan¹³.

Polusi cahaya juga memiliki peran terhadap penyakit kanker. Badan internasional untuk penelitian kanker menambahkan gangguan sirkadia ke dalam daftar kelompok 2A (mungkin menyebabkan kanker pada manusia). Gangguan sirkadian juga disebabkan oleh paparan cahaya pada malam hari¹⁴. Sirkadia merupakan proses dalam tubuh semua makhluk hidup bahkan organisme sederhana seperti alga yang mengatur siklus bangun-tidur selama 24 jam. Kanker payudara dan kanker kolorektal merupakan kanker yang dapat ditimbulkan oleh polusi cahaya¹⁵.

Efek dari polusi cahaya juga dapat berdampak langsung pada kesehatan retina mata. Paparan konstan pada panjang gelombang yang berbeda dan intensitas cahaya yang dipromosikan oleh polusi cahaya dapat menyebabkan degenerasi retina sebagai akibat dari kematian sel epitel pigmen retina atau fotoreseptor. Efek kumulatif

dari eksposur yang terlalu lama dengan tidak adanya pengalaman yang mendalam terhadap gelap pada malam hari dan paparan radiasi tinggi oleh teknologi LED dapat mempengaruhi fisiologi retina yang mendorong kematian sel dan dapat mengakibatkan kebutaan dan desinkronisasi¹⁶.

D. Dampak Polusi Cahaya Terhadap Hewan

Kehidupan disusun dengan pola terang-gelap yang alami. Sehingga gangguan pada pola tersebut dapat mempengaruhi berbagai aspek perilaku hewan. Polusi cahaya dapat mengacaukan navigasi hewan, mengubah interaksi kompetitif, mengubah hubungan predator-prey, dan memengaruhi fisiologi hewan. Berikut beberapa hewan yang terkena dampak dari polusi cahaya.

1. Kura-kura

Kura-kura merupakan contoh paling kuat bagaimana polusi cahaya di sekitar pantai dapat mempengaruhi tingkah laku hewan. Banyak spesies kura-kura bertelur di pantai dengan penyu betina kembali selama beberapa dekade ke pantai tempat mereka dilahirkan untuk bersarang.

¹³ Rajkhowa.

¹⁴ Fabio Falchi et al., "Limiting the Impact of Light Pollution on Human Health, Environment and Stellar Visibility," *Journal of Environmental Management* 92, no. 10 (2011): 2714–22,

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>.

¹⁵ Stephen M. Pauley, "Lighting for the Human Circadian Clock: Recent Research Indicates That Lighting Has Become a Public Health Issue," *Medical Hypotheses* 63, no. 4 (2004): 588–96, <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2004.03.020>.

¹⁶ M. A. Contín et al., "Light Pollution: The Possible Consequences of Excessive Illumination on Retina," *Eye* 30 (2016): 255–63, <https://doi.org/10.1038/eye.2015.221>.

Kura-kura betina menghindari pantai yang diterangi cahaya untuk sarangnya karena sarang dikonsentrasikan pada bagian pantai yang kurang terang dan teduh. Jika pantai-pantai tersebut terang benderang di malam hari, kura-kura betina mungkin tidak disarankan untuk bersarang di dalamnya. Hal ini dapat menyebabkan pemilihan habitat bersarang yang kurang optimal atau konsentrasi sarang yang khusus, dengan efek pada jumlah dan rasio jenis kelamin tukik yang dihasilkan dan kematian tukik yang lebih tinggi. Mereka juga dapat mengalami disorientasi yang disebabkan oleh lampu dan tersasar ke jalan raya terdekat, di mana mereka berisiko tertabrak kendaraan¹⁷.

2. Burung

Sekitar 200 spesies burung terbang dengan pola migrasi mereka pada malam hari di atas Amerika Utara, dan terutama selama cuaca buruk dengan tutupan awan rendah, mereka secara rutin dibingungkan oleh bangunan yang terang benderang, menara komunikasi, dan bangunan lainnya. Para ahli

memperkirakan navigasi burung yang menggunakan cakrawala sebagai orientasi arah terganggu oleh pencahayaan dan cahaya langit. Setiap tahun di Kota New York, sekitar 10.000 burung yang melakukan migrasi terluka atau terbunuh karena menabrak gedung pencakar langit dan gedung bertingkat tinggi¹⁸. Polusi cahaya juga dapat menyebabkan kerusakan terhadap kesehatan burung dengan mengganggu ritme sirkadian, menghambat pelepasan melatonin dan mengubah mikrobiota usus¹⁹. Selain itu beberapa bukti menunjukkan bahwa pencahayaan malam buatan mempengaruhi pilihan lokasi sarang pada burung²⁰.

3. Ikan

Ada jenis ikan yang tertarik dengan cahaya ada juga yang menghindari cahaya, namun cahaya buatan mempengaruhi kedua reaksi tersebut. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa ikan

¹⁷ Chepesiuk, "Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution"; Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution."

¹⁸ Chepesiuk, "Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution"; Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution."

¹⁹ Junxia Jiang et al., "The Effects of Artificial Light at Night on Eurasian Tree Sparrow (*Passer Montanus*): Behavioral Rhythm Disruption, Melatonin Suppression and Intestinal Microbiota Alterations," *Ecological Indicators* 108 (2020): 1–8, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105702>.

²⁰ Longcore and Rich, "Ecological Light Pollution."

menghindari sumber cahaya putih. Namun demikian, ada spesies yang tertarik oleh cahaya dan ini biasanya digunakan oleh pemancing untuk menangkap ikan tersebut. Sebuah studi tentang teknik pencahayaan pada pengamatan ikan laut dalam menunjukkan bahwa cahaya putih mengganggu perilaku alami ikan laut dalam. Pengamatan menunjukkan bahwa "jumlah rata-rata penampakan ikan di kamera secara signifikan lebih besar di bawah cahaya merah daripada cahaya putih". Alasannya adalah adaptasi mata ikan laut dalam dengan lingkungan gelap dan kemungkinan kerusakan mata karena kecerahan lampu²¹.

E. Dampak Polusi Cahaya Terhadap Tumbuhan

Tumbuhan memanfaatkan kegelapan dengan berbagai cara. Manajemen metabolisme, perkembangan, dan program kehidupan pada tumbuhan dipengaruhi oleh kegelapan. Tumbuhan mengukur dan bereaksi terhadap durasi malam yang berarti durasi kegelapan. Oleh karena itu tumbuhan hari pendek membutuhkan malam yang panjang. Jika malam

diterangi oleh cahaya buatan yang berlebihan pola pembungaan dan perkembangannya mungkin akan sepenuhnya terganggu.

Studi menunjukkan bahwa polusi cahaya di sekitar danau mencegah zooplankton, seperti *Daphnia*, memakan alga di permukaan danau yang dapat mematikan tanaman di danau dan menurunkan kualitas air. Cahaya malam hari dapat mengganggu kemampuan ngengat dan serangga nokturnal lainnya untuk bernavigasi. Bunga yang bergantung pada ngengat untuk penyerbukan secara tidak langsung dapat dipengaruhi oleh pencahayaan malam, karena tidak ada penyerbuk pengganti yang tidak akan terpengaruh oleh cahaya buatan. Hal ini dapat menyebabkan penurunan spesies tanaman yang tidak dapat bereproduksi, dan mengubah ekologi jangka panjang suatu daerah²².

F. Dampak Polusi Cahaya Terhadap Astronomi

Polusi cahaya dapat mengurangi kontras antara bintang dan galaksi di langit dan langit itu sendiri, sehingga lebih sulit untuk mendeteksi objek yang lebih redup. Ini adalah salah satu faktor yang menyebabkan teleskop baru

²¹ Rajkhowa, "Light Pollution and Impact of Light Pollution."

²² Rajkhowa.

dibangun di daerah yang semakin terpencil²³. Permasalahan ini dirasakan sendiri oleh salah satu observatorium terbesar dan tertua di Indonesia yakni Observatorium Bosscha yang terletak di kabupaten Bandung Jawa Barat. Karena langit di sekitar observatorium semakin terang, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan) akan membangun Observatorium Nasional di Kupang, NTT²⁴. Hal ini tidak hanya dirasaka oleh observatorium Bosscha, observatorium di seluruh dunia seperti di Observatorium Mount Wilson dan National Observatory di Amerika juga melakukan pencarian lokasi baru dikarenakan langit di lokasi sebelumnya semakin terang sehingga mengganggu pengamatan²⁵.

G. Kesimpulan

Cahaya buatan seperti lampu merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia sebagai penerangan pada saat malam hari. Namun penggunaan yang berlebihan dan tidak efisien dapat mengakibatkan adanya polusi cahaya yang dapat memiliki

dampak negatif pada berbagai aspek kehidupan baik pada makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Polusi cahaya juga berdampak pada menurunnya jumlah bintang yang dapat diamati pada malam hari sehingga banyak observatorium yang mencari lokasi baru yang jauh dari polusi cahaya sebagai lokasi observatorium yang baru.

Daftar Pustaka

- Chepesiuk, Ron. "Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution." *Environmental Health Perspectives* 117, no. 1 (2009): 20–27.
- Contín, M. A., M. M. Benedetto, M. L. Quinteros-Quintana, and M. E. Guido. "Light Pollution: The Possible Consequences of Excessive Illumination on Retina." *Eye* 30 (2016): 255–63.
<https://doi.org/10.1038/eye.2015.221>.
- Falchi, Fabio, Pierantonio Cinzano, Christopher D. Elvidge, David M. Keith, and Abraham Haim. "Limiting the Impact of Light Pollution on Human Health, Environment and Stellar Visibility." *Journal of Environmental Management* 92, no. 10 (2011): 2714–22.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>.

²³ Rajkhowa.

²⁴ Nurfarida, Yusup, and Komariah, "Tingkat Pengetahuan Masyarakat Sekitar Observatorium Bosscha Lembang Mengenai Polusi Cahaya."

²⁵ Christian B. Luginbuhl, Constance E. Walker, and Richard J. Wainscoat, "Lighting and Astronomy," *Physics Today* 62, no. 12 (2009): 32–37, <https://doi.org/10.1063/1.3273014>.

- International Dark-Sky Association.
“Light Pollution.”
www.darksky.org. Accessed
August 10, 2020.
<https://www.darksky.org/light-pollution/>.
- Jiang, Junxia, Yu He, Honghong Kou,
Zongqi Ju, Xuebin Gao, and
Hongfeng Zhao. “The Effects of
Artificial Light at Night on
Eurasian Tree Sparrow (*Passer
Montanus*): Behavioral Rhythm
Disruption, Melatonin Suppression
and Intestinal Microbiota
Alterations.” *Ecological Indicators*
108 (2020): 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105702>.
- Longcore, Travis, and Catherine Rich.
“Ecological Light Pollution.”
*Frontiers in Ecology and the
Environment* 2, no. 4 (2004): 191–
98. [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).
- Luginbuhl, Christian B., Constance E.
Walker, and Richard J. Wainscoat.
“Lighting and Astronomy.”
Physics Today 62, no. 12 (2009):
32–37.
<https://doi.org/10.1063/1.3273014>.
- Nurfarida, Laila, Pawit Muhammad
Yusup, and Neneng Komariah.
“Tingkat Pengetahuan Masyarakat
Sekitar Observatorium Bosscha
Lembang Mengenai Polusi
Cahaya.” *Jurnal Kajian Informasi
Dan Perpustakaan* 5, no. 1 (2017):
13–22.
<https://doi.org/10.24198/jkip.v5i1.11327>.
- Pauley, Stephen M. “Lighting for the
Human Circadian Clock: Recent
Research Indicates That Lighting
Has Become a Public Health
Issue.” *Medical Hypotheses* 63, no.
4 (2004): 588–96.
<https://doi.org/10.1016/j.mehy.2004.03.020>.
- Raisal, Abu Yazid, Yudhiakto
Pramudya, Okimustava, and
Muchlas. “The Moon Phases
Influence on the Beginning of
Astronomical Dawn Determination
in Yogyakarta.” *International
Journal of Science and Applied
Science: Conference Series* 2, no. 1
(2017): 1–7.
<https://doi.org/10.20961/ijssacs.v2i1.16664>.
- Rajkhowa, Rasna. “Light Pollution and
Impact of Light Pollution.”
*International Journal of Science
and Research (IJSR)* 3, no. 10
(2014): 861–67.
- Walker, Constance E., Stephen M.
Pompea, Robert T. Sparks, and
Erin Dokter. “Teaching

Illumination Engineering Using
Light Pollution Education Kits.”

Proceedings SPIE Optics

Education and Outreach 7783

(2010): 1–11.

<https://doi.org/10.1117/12.862713>.