

*METODE TIME SERIES SEASONAL AND TREND DECOMPOSITION  
USING LOESS* UNTUK ANALISIS POLA PERUBAHAN POLUSI  
CAHAYA DI SEKITAR OBSERVATORIUM DENGAN DATA  
VIIRS-DNB

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai bagian dari syarat memperoleh gelar Sarjana Sains di

Program Studi Fisika



Oleh :

ICA NUR CAHYANI

NIM 2009051

PROGRAM STUDI FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2024

**METODE *TIME SERIES SEASONAL AND TREND DECOMPOSITION USING*  
*LOESS* UNTUK ANALISIS POLA PERUBAHAN POLUSI CAHAYA DI  
SEKITAR OBSERVATORIUM DENGAN DATA VIIRS-DNB**

Oleh  
Ica Nur Cahyani

Skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana  
Sains di Program Studi Fisika  
Konsentrasi Fisika Antariksa  
FPMIPA UPI

© Ica Nur Cahyani  
Universitas Pendidikan Indonesia  
2024

Hak cipta dilindungi undang-undang.  
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya ataupun sebagian,  
Dengan dicetak ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin penulis.

## LEMBAR PENGESAHAN

**METODE *TIME SERIES SEASONAL AND TREND DECOMPOSITION*  
*USING LOESS* UNTUK ANALISIS POLA PERUBAHAN POLUSI  
CAHAYA DI SEKITAR OBSERVATORIUM DENGAN DATA VIIRS-DNB**

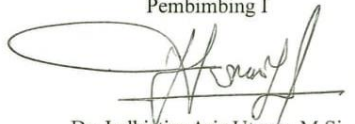
Oleh:

Ica Nur Cahyani

NIM 2009051

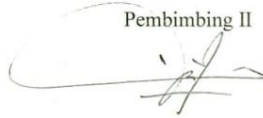
Disetujui dan disahkan oleh

Pembimbing I



Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si  
NIP. 197703312008121001

Pembimbing II



Prof. Dr. Lala Septem Riza, M.T  
NIP. 197809262008121001

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si  
NIP. 197905012003121001

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Metode *Time Series Seasonal and Trend Decomposition Using LOESS* untuk Analisis Pola Perubahan Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium dengan Data VIIRS-DNB” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024  
Yang membuat pernyataan

Ica Nur Cahyani  
NIM 2009051

**Metode *Time Series Seasonal and Trend Decomposition Using LOESS* untuk  
Analisis Pola Perubahan Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium dengan Data  
VIIRS-DNB**

Oleh :

Ica Nur [Cahyani – icanur320@upi.edu](mailto:icanur320@upi.edu)

2009051

**ABSTRAK**

Observatorium merupakan situs penting untuk perkembangan ilmu astronomi maka dari itu kelestarian langit malamnya perlu dijaga. Namun pertumbuhan penduduk dan perkembangan perkotaan serta pertumbuhan ekonomi meningkatkan kecerahan langit malam yang berarti meningkatkan polusi cahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan memahami *trend* dan pola musiman polusi cahaya di sekitar observatorium. Data radiance satelit *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite-Day/Night Band* (VIIRS-DNB) dari tahun 2013 – 2023 dalam radius 100 km dari observatorium diolah menggunakan metode *time series seasonal and trend decomposition using loess* untuk mendapatkan *trend* dan pola musiman dari polusi cahaya di sekitar observatorium. Dari analisis grafik *trend* dan pola musiman di 8 observatorium yaitu, Observatorium Bosscha, Observatorium Nasional Timau, Observatorium Siding Spring, SAAO, Observatorium La Silla, Observatorium Arcetri, dan Observatorium Lowell, serta Observatorium Mauna Kea. Disimpulkan bahwa *trend* polusi cahaya dari setiap observatorium dari tahun 2013 – 2023 mengalami kenaikan meskipun observatorium tersebut terletak di pegunungan atau tempat terpencil. Beberapa observatorium dalam jangka waktu tertentu pola musimannya berubah sehingga dalam rentang 11 tahun terdapat 2 – 3 pola musiman yang berlangsung. Dengan memahami *trend* dan pola musiman serta laju pertumbuhan polusi cahaya di sekitar observatorium, diharapkan dapat membantu dalam merancang kebijakan untuk mengatasi polusi cahaya di masa depan, sehingga langit malam tetap terjaga dan pengamatan astronomi dapat dilakukan secara optimal. Kata Kunci : *Polusi cahaya, time series, STL, pola perubahan, VIIRS-DNB*

# **Time Series Method to Analyse Changing patterns of Light Pollution Around Observatories Using Data VIIRS-DNB**

*Arranged by :*

Ica Nur Cahyani – icanur320@upi.edu

2009051

## **ABSTRACT**

Observatories are important sites for the development of astronomy, so their night skies need to be preserved. However, population growth, urban development and economic growth are increasing the brightness of the night sky, which means increasing light pollution. This research aims to study and understand the trend and seasonal pattern of light pollution around the observatory. The Visible Infrared Imaging Radiometer Suite-Day/Night Band (VIIRS-DNB) satellite radiance data from 2013 - 2023 within a radius of 100 km from the observatory is processed using the time series seasonal and trend decomposition method using loess to get the trend and seasonal pattern of light pollution around the observatory. From the analysis of trend graphs and seasonal patterns in 8 observatories, namely, Bosscha Observatory, Timau National Observatory, Siding Spring Observatory, SAAO, La Silla Observatory, Arcetri Observatory, and Lowell Observatory, and Mauna Kea Observatory. It is concluded that the light pollution trend of each observatory from 2013 - 2023 has increased even though the observatory is located in the mountains or remote places. Some observatories in a certain period of time the seasonal pattern changes so that in a span of 11 years there are 2 - 3 seasonal patterns that take place. Understanding the seasonal trends and patterns as well as the growth rate of light pollution around observatories is expected to help in designing policies to address light pollution in the future so that the night sky will be preserved and astronomical observations can be carried out optimally.

**Keywords:** *Light pollution, time series, STL, change patterns, VIIRS-DNB*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi “Penggunaan Algoritma *Seasonal and Trend Decomposition Using LOESS* untuk Analisis Pola Perubahan Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium dengan Data VIIRS-DNB”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang menjadi suri tauladan bagi umat manusia. Skripsi ini disusun penulis untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika di Universitas Pendidikan Indonesia.

Dalam penulisan skripsi tidak terlepas dari keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk memperbaiki dan menyempurnakan penulisan di masa yang akan datang. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat serta menginspirasi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandung, Agustus 2024

Penulis

Ica Nur Cahyani

NIM 2009051

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillahirobilaalamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Alloh SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidaya-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam proses menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih serta penghargaan setinggi-tingginya, kepada :

1. Diri saya sendiri, yang telah berjuang hingga mencapai titik ini. Tidak pernah menyerah dan selalu mencurahkan segala usaha dan tenaga untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis , Tugino Sarjono dan Poniah yang selalu mengupayakan segala sesuatu yang terbaik bagi penulis dalam menempuh pendidikan tinggi. Baik itu merupakan dukungan moril ataupun materil serta doa dan motivasi dalam mengenyam pendidikan tinggi dan menyusun skripsi ini.
3. Kaka dan adik saya, Budi Santoso dan Yudi Cahya Andika yang tidak pernah absen dalam memberikan dorongan serta selalu menemani langkah-langkah penulis dalam selama menempuh pendidikan tinggi hingga di tahap ini.
4. Bapak Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si, selaku pembimbing I penulis atas segala waktu dan tenaga yang dicurahkan untuk membimbing penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Dr. Lala Septem Riza, M.T, selaku pembimbing II yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Prof. Dr Endi Suhendi, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika
7. Pof. Dr. Lilik Hasanah, M.Si, selaku pembimbing akademik penulis
8. Kang Muhamad Fajar dan Kang Zulfikar, yang telah membantu penulis dalam proses penelitian.



9. Teman-teman penulis (Mala, Revanya, Rumaisya, Sulissetiawati, Sigit, dan Putri) yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan bantuan serta bersedia mendengarkan keluh kesah penulis dalam menyusun skripsi ini.
10. Teman-teman dari kelompok penelitian *astrophysics data science* (Mala, Rahma, Bintang, Cantika) yang selalu memberikan semangat dan dukungan pada penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.

Bandung, Agustus 2024

Ica Nur Cahyani

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	8
2.1 Polusi Cahaya .....	8
2.1.1 Penyebab polusi cahaya.....	8
2.1.2 Komponen polusi cahaya .....	9
2.1.3 Urbanisasi dan polusi cahaya .....	12
2.1.4 Dampak polusi cahaya.....	13
2.1.5 Dampak polusi cahaya terhadap pengamatan astronomi.....	15
2.1.6 Langkah untuk mengurangi polusi cahaya .....	16

2.2	Kecerahan Langit .....	17
2.2.1	Faktor-faktor kecerahan langit malam .....	18
2.2.2	Alat pengukuran kecerahan langit malam .....	19
2.2.3	Satuan kecerahan langit malam .....	20
2.3	<i>Seasonal and Trend Decomposition using LOESS (STL)</i> .....	21
2.3.1	Implementasi STL.....	22
2.4	Observatorium .....	23
2.5	VIIRS-DNB.....	25
BAB III METODE PENELITIAN.....		27
3.1	Metode Penelitian.....	27
3.2	Objek Penelitian .....	27
3.2	Lokasi Penelitian .....	27
3.2	Pengambilan Data.....	27
3.3	Pengolahan Data.....	28
3.4	Analisis Data .....	28
3.5	Prosedur Penelitian.....	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Pengumpulan Data .....	31
4.2	Pengolahan Data.....	40
4.3	Analisis Komponen <i>Trend</i> .....	48
4.3.1	Analisis <i>trend</i> polusi cahaya di sekitar Observatorium Bosscha.....	48
4.3.2	Analisis <i>trend</i> polusi cahaya di sekitar Observatorium Nasional Timau .....	51
4.3.3	Analisis <i>trend</i> polusi cahaya di sekitar Observatorium Siding Spring .	54
4.3.4	Analisis <i>trend South African Astronomy Observatory (SAAO)</i> .....	56

4.3.5 Analisis <i>trend</i> polusi cahaya di sekitar Observatorium La Silla.....	59
4.3.6 Analisis <i>trend</i> polusi cahaya di sekitar Observatorium Arcetri.....	62
4.3.7 Analisis <i>trend</i> polusi cahaya di sekitar observatorium lowell .....	65
4.3.8 Analisis <i>trend</i> polusi cahaya di sekitar Observatorium Mauna Kea.....	67
4.4 Analisis Kesamaan dan Perbedaan Trend Polusi Cahaya antar-Observatorium .....	69
4.5 Analisis Komponen Pola Musiman ( <i>Seasonal</i> ) Setiap Observatorium.....	72
4.5.1 Analisis pola musiman Observatorium Bosscha .....	72
4.5.2 Analisis pola musiman polusi cahaya Observatorium Nasional Timau	73
4.5.3 Analisis pola musiman polusi cahaya di sekitar Observatorium Siding Spring.....	75
4.5.4 Analisis pola musiman polusi cahaya di sekitar SAAO .....	76
4.5.5 Analisis pola musiman polusi cahaya di sekitar Observatorium La Silla .....	78
4.5.6 Analisis pola musiman polusi cahaya di sekitar Observatorium Arcetri .....	79
4.5.7 Analisis pola musiman polusi cahaya di sekitar Observatorium Lowell .....	80
4.5.8 Analisis pola musiman polusi cahaya di sekitar Observatorium Mauna Kea.....	82
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>84</b>
5.1 Kesimpulan.....	84
5.2 Implikasi .....	85
5.3 Rekomendasi .....	85
Daftar Pustaka .....	86
LAMPIRAN .....	93

Lampiran 1 Data Kecerahan Langit Malam Berdasarkan Satelit VIIRS-DNB.93

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Glare</i> .....	10
Gambar 2.2 <i>Sky Glow</i> .....	11
Gambar 2.3 <i>Light Tresspass</i> .....	11
Gambar 2.4 <i>Clutter</i> .....	12
Gambar 2.5 SQM .....	20
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	30
Gambar 4.1 Peta Persebaran Observatorium-observatorium yang diteliti .....	33
Gambar 4.2 Tampilan situs <i>lightpollutionmap.info</i> .....	34
Gambar 4.3 Contoh Pengukuran Koordinat Observatorium Lowell .....	35
Gambar 4.4 Pembagian wilayah berdasarkan satelit VIIRS-DNB ( <i>Tile</i> ) .....	36
Gambar 4.5 Hasil <i>Crop</i> Observatorium Lowell dalam format .tif.....	36
Gambar 4.6 <i>Trend</i> Polusi Cahaya Observatorium Bosscha .....	49
Gambar 4.7 <i>Trend</i> Polusi Cahaya Observatorium Nasional Timau.....	52
Gambar 4. 8 Proyeksi populasi Kabupaten Kupang tahun 2013-2023 .....	53
Gambar 4.9 <i>Trend</i> Polusi Cahaya di sekitar Observatorium Siding Spring .....	56
Gambar 4.10 <i>Trend</i> Polusi Cahaya di sekitar SAAO.....	57
Gambar 4.11 <i>Trend</i> Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium La Silla .....	59
Gambar 4. 12 Grafik Pertumbuhan Populasi Chile.....	60
Gambar 4. 13 Grafik PDB Chile.....	61
Gambar 4.14 <i>Trend</i> Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium Arcetri.....	63
Gambar 4.15 <i>Trend</i> Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium Lowell.....	65
Gambar 4.16 <i>Trend</i> Polusi Cahaya di sekitar Observatorium Mauna Kea .....	68
Gambar 4.17 <i>Trend</i> Polusi Cahaya Setiap Observatorium .....	70
Gambar 4.18 Pola Musiman Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium Bosscha..	73
Gambar 4.19 Pola musiman di sekitar Observatorium Nasional Timau.....	74
Gambar 4.20 Pola Musiman Polusi Cahaya di Sekitar <i>Observatorium Siding Spring</i> .....	75
Gambar 4.21 Pola Musiman Polusi Cahaya di Sekitar SAAO .....	77

Gambar 4.22 Pola Musiman Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium La Silla... 78

Gambar 4.23 Pola Musiman Polusi Cahaya di sekitar *Arcetri Observatroy*..... 79

Gambar 4.24 Pola Musiman Polusi Cahaya di sekitar Observatorium Lowell..... 81

Gambar 4.25 Pola Musiman Polusi Cahaya di sekitar Observatorium Mauna Kea

..... 83

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Observatorium yang akan diteliti .....	31
Tabel 4. 2 Contoh Hasil Konversi dari file .tif ke .CSV .....	38
Tabel 4.3 Data Polusi Cahaya yang telah disatukan dalam satu file .CSV .....	40
Tabel 4.4 Selisih data <i>trend</i> Observatorium Nasional Timau dan Observatorium Siding Spring.....	70
Tabel 4.5 Selisih data <i>trend</i> Observatorium Bosscha dan Observatorium Arcetri .....	71



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Data Kecerahan Langit Malam Berdasarkan Satelit VIIRS-DNB.... 93

## Daftar Pustaka

- Admiranto, A. G., Priyatikanto, R., Maryam, S., Ellyyani, & Suryana, N. (2019). Preliminary report of light pollution in indonesia based on sky quality observation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1231(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1231/1/012017>
- Arianti, L. A., Tito, S. I., & Mubarakati, N. J. (2023). Analisis Pengaruh Pemberian Polusi Cahaya Terhadap Pola Makan Jangkrik. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Sains Unisma Malang*, 1(1), 14. <https://doi.org/10.33474/jimsum.v1i1.20084>
- Bashiri, F. (2014). Light Pollution and Its Effect on the Environment. *International Journal of Fundamental Physical Sciences*, 4(1), 8–12. <https://doi.org/10.14331/ijfps.2013.330061>
- Benn, C. R., & Ellison, S. L. (1999). *LA Palma Night-Sky Brightness. February 2008*. [https://doi.org/10.1016/S1387-6473\(98\)00062-1](https://doi.org/10.1016/S1387-6473(98)00062-1)
- Bennie, J., Davies, T. W., Duffy, J. P., Inger, R., & Gaston, K. J. (2015). Contrasting trends in light pollution across Europe based on satellite observed night time lights. *Scientific Reports*, 4, 1–6. <https://doi.org/10.1038/srep03789>
- Blanck, G. (2016). *Protecting the Dark Skies of Chile: Initiatives, Education and Coordination*". United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Bustari, A. A., Pratama, R. B., & Al-aryachiyah, C. J. (2019). *Analisis Tingkat Polusi Cahaya Berdasarkan Light Pollution Map Dan Implikasinya Terhadap Pengamatan Astronomi Di Indonesia*.
- Butar-Butar, A. J. R. (2016). Urgensi Dan Kontribusi Observatorium Di Era Modern. *Tarjih: Jurnal Tarjih dan Pengembangan Pemikiran Islam*, 13(2), 141–154.
- Chaisson, E., & McMillan, S. (2002). *Astronomy Today*. Prentice Hall:
- Cinzano, P., Falchi, F., & Elvidge, C. D. (2001). The first World Atlas of the artificial night sky brightness. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328(3), 689–707. <https://doi.org/10.1046/j.1365-8711.2001.04882.x>
- City of Cape Town. (2017). City of Cape Town Department of Enterprise and Investment Tourism Development Framework 2024. *City of Cape Town*.
- Cleveland, R. B., Cleveland, W. S., McRae, J. E., & Terpenning, I. J. (1990). STL: A seasonal-trend decomposition procedure based on loess. *Journal of Official Statistics*, 6(1), 3–33. <http://bit.ly/stl1990>

- Consultant, S. (2019). *SOUTH AFRICA SEASONS & WHEN TO TRAVEL*. <https://g.co/kgs/EGTb9xQ>
- Cordero, R. R., Feron, S., Damiani, A., Carrasco, J., Karas, C., Wang, C., Kraamwinkel, C. T., & Beaulieu, A. (2024). Extreme fire weather in Chile driven by climate change and El Niño–Southern Oscillation (ENSO). *Scientific Reports*, *14*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52481-x>
- Crawford, D. . (2000). Light Pollution, An Environmental Problem For Astronomy And For MANKIND. *Memorie della Società Astronomia Italiana*, *70*, 11–40.
- Cristina, S., Cordeiro, C., Lavender, S., Goela, P. C., Icely, J., & Newton, A. (2016). MERIS phytoplankton time series products from the SW Iberian Peninsula (Sagres) using seasonal-trend decomposition based on loess. *Remote Sensing*, *8*(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs8060449>
- Dubow, S. (2019). 200 Years of Astronomy in South Africa: From the Royal Observatory to the ‘Big Bang’ of the Square Kilometre Array. *Journal of Southern African Studies*, *45*(4), 663–687. <https://doi.org/10.1080/03057070.2018.1496700>
- Duriscoe, D. M., Anderson, S. J., Luginbuhl, C. B., & Baugh, K. E. (2018). A simplified model of all-sky artificial sky glow derived from VIIRS Day/Night band data. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, *214*, 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2018.04.028>
- Duriscoe, D. M., Luginbuhl, C. B., & Moore, C. A. (2007). Measuring Night-Sky Brightness with a Wide-Field CCD Camera. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, *119*(852), 192–213. <https://doi.org/10.1086/512069>
- Effects, H., & Pollution, L. (2009). *Health Effects of Light Pollution*. *117*(1), 20–27.
- Falchi, F., Cinzano, P., Duriscoe, D., Kyba, C. C. M., Elvidge, C. D., Baugh, K., Portnov, B. A., Rybnikova, N. A., & Furgoni, R. (2016). The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, *2*(6), 1–25. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>
- Falchi, F., Cinzano, P., Elvidge, C. D., Keith, D. M., & Haim, A. (2011). Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. *Journal of Environmental Management*, *92*(10), 2714–2722. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.029>
- Falchi, F., Furgoni, R., Gallaway, T. A., Rybnikova, N. A., Portnov, B. A., Baugh, K., Cinzano, P., & Elvidge, C. D. (2019). Light pollution in USA and Europe: The good, the bad and the ugly. *Journal of Environmental*

*Management*, 248(February).  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.128>

- Falchi, F., Ramos, F., Bara, S., Sanhueza, P., Arancibia, M. J., Damke, G., & Cinzano, P. (2023). Light pollution indicators for all the major astronomical observatories. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 33, 26–33.
- Gallaway, T., Olsen, R. N., & Mitchell, D. M. (2010). The economics of global light pollution. *Ecological Economics*, 69(3), 658–665.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.10.003>
- Garstang, R. H. (1989). Night-Sky Brightness At Observatories And Sites. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 101, 306–329.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1086/132436>
- Gordan, M. I., Popescu, C. A., Călina, J., Adamov, T. C., Mănescu, C. M., & Iancu, T. (2024). Spatial Analysis of Seasonal and Trend Patterns in Romanian Agritourism Arrivals Using Seasonal-Trend Decomposition Using LOESS. *Agriculture (Switzerland)*, 14(2).  
<https://doi.org/10.3390/agriculture14020229>
- Green, R. F., Luginbuhl, C. B., Wainscoat, R. J., & Duriscoe, D. (2022). The growing threat of light pollution to ground-based observatories. In *Astronomy and Astrophysics Review* (Vol. 30, Nomor 1). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/s00159-021-00138-3>
- Handhita, E. T., Akhlis, I., Marwoto, P., & Artikel, I. (2016). Pengembangan Media Pembelajaran Materi Astronomi Berbasis Visual Novel Ren'Py. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 5(2), 35–41.  
<https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/upej/article/view/13617>
- He, R., Zhang, L., & Chew, A. W. Z. (2022). Modeling and predicting rainfall time series using seasonal-trend decomposition and machine learning. *Knowledge Based-System*, 251, 109215.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.109125>.
- Herdiwijaya, D. (2016). Sky brightness and twilight measurements at Yogyakarta city, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 771(1), 1–5.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/771/1/012033>
- Herdiwijaya, D. (2019). Light pollution at Bosscha Observatory, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1153(1).  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012133>
- Hidayati, I. (2021). Urbanisasi dan Dampak Sosial di Kota Besar: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Ilmiah Ilmu Sosial*, 7(2), 212.  
<https://doi.org/10.23887/jiis.v7i2.40517>
- Hölker, F., Moss, T., Griefahn, B., Kloas, W., Voigt, C. C., Henckel, D., Hänel,

- A., Kappeler, P. M., Völker, S., Schwoppe, A., Franke, S., Uhrlandt, D., Fischer, J., Klenke, R., Wolter, C., & Tockner, K. (2010). The dark side of light: A transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecology and Society*, 15(4). <https://doi.org/10.5751/ES-03685-150413>
- Hyndman, R., & Athanassopoulos, G. (2017). *Forecasting: Principle and Practice*. <https://www.otexts.org/book/fpp>
- INAF. (2021). *The INAF Osservatorio Astrofisico di Arcetri*. <https://www.arcetri.inaf.it/en/the-observatory/the-observatory-in-brief>
- Isnarti, R. (2020). Analysis of Light Pollution as a Neglected issue in Development. *Jurnal PIR : Power in International Relations*, 4(2), 115. <https://doi.org/10.22303/pir.4.2.2020.115-126>
- Karpińska, D., & Kunz, M. (2023). Spatial and temporal analysis of artificial light pollution of the city night sky. A case study from Toruń. *Miscellanea Geographica*, 27(3), 1–11. <https://doi.org/10.2478/mgrsd-2023-0015>
- Kaushik, K., Nair, S., & Ahamad, A. (2022). Studying light pollution as an emerging environmental concern in India. *Journal of Urban Management*, 11(3), 392–405. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.05.012>
- Kohei, N., & Schreuder, D. (2004). No Title. In *Light Pollution Handbook*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2666-9>
- Krisciunas, K., & Schaefer, B. E. (1991). A Model Of The Brightness Of Moonlight Kevin. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 103(0), 1033–1139.
- Kyba, C. C. M., Kuester, T., De Miguel, A. S., Baugh, K., Jechow, A., Hölker, F., Bennie, J., Elvidge, C. D., Gaston, K. J., & Guanter, L. (2017). Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances*, 3(11), 1–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528>
- Luginbuhl, C. B., Lockwood, G. W., Davis, D. R., Pick, K., & Selders, J. (2009). From The Ground Up I: Light Pollution Sources in Flagstaff, Arizona. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 121(876), 185–203. <https://doi.org/10.1086/597625>
- Lyytimäki, J. (2013). Nature's nocturnal services: Light pollution as a non-recognised challenge for ecosystem services research and management. *Ecosystem Services*, 3, 44–48. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.12.001>
- Martínez-Ledesma, M., Falchi, F., Sanhueza, P., Corco, C., Astudillo, H. R., Angeloni, R., Damke, G., & Blanc, G. (2019). *Spectral and Zonal Restriction Justification-Review Process of DS043/2012 MMA (Ministry of Environment)*. 1–37. <https://www.researchgate.net/publication/337547281>

- Mitton, S. (2019). Astronomy in Australia. *Journal for the History of Astronomy*, 50(1), 111–112. <https://doi.org/10.1177/0021828618823985>
- Morrison, D., Murphy, R. E., Cruikshank, D. P., Sinton, W. M., & Martin, T. Z. (1973). Evaluation Of Mauna Kea, Hawaii, As, An Observatory Site. *Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, 85(505).
- Mumpuni, S. E., Admiranto, G., Priyantikanto, R., Puspitarini, L., Nurzaman, M. Z., Mumtahanah, F., Yatini, C. Y., & Tanesib, J. (2017). *Observatorium Nasional Timau*.
- Nabila Trivinggar, D., Gautama, K., & Prabawa Wiguna, I. (2019). *Polusi Cahaya Dan Sirnanya Estetika Alami Langit Gelap Di Kota Bandung*. 6(2), 3318–3332.
- NASA. (2023). *Fires Blaze Through South-Central Chile*. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150945/fires-blaze-through-south-central-chile>
- Ndebele, N. E., Grab, S., & Hove, H. (2022). Wet season rainfall characteristics and temporal changes for Cape Town, South Africa, 1841-2018. *Climate of the Past*, 18(11), 2463–2482. <https://doi.org/10.5194/cp-18-2463-2022>
- Norman, B. (2018). *Lowell Observatory brings new wave of tourism to Flagstaff*. <https://chamberbusinessnews.com/2018/07/17/lowell-observatory-brings-new-wave-of-tourism-to-flagstaff/>
- Nurismiranda, N. (2022). *Kecerahan langit Malam Arah Zenit Berdasarkan Pengukuran sensor VIIRS-DNB Sebagai Uji Kelayakan Pengembangan Astrowisata: Studi Kasus Kebun Raya Kabupaten Kuningan*. Universitas Pendidikan Indonesia.
- OECD. (2022). *OECD Economic Surveys: South Africa 2022*. OECD Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/d6a7301d-en>
- Parzen, E. (1961). An Approach to Time Series Analysis. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(4), 951–989. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177704840>
- Prastyo, H. A., & Herdiwijaya, D. (2018). Analisis Dinamika Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium Bosscha Berdasarkan Citra Satelit VIIRS-DNB Analysis of Light Pollution Dynamics Around Bosscha .... *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 5(September), 1–9.
- Prastyo, H. A., & Herdiwijaya, D. (2019). Spatial analysis of light pollution dynamics around bosscha observatory and timau national observatory based on VIIRS-DNB satellite images. *Journal of Physics: Conference Series*, 1231(1), 0–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1231/1/012002>
- Pun, C. S. J., So, C. W., Leung, W. Y., & Wong, C. F. (2014). Contributions of

artificial lighting sources on light pollution in Hong Kong measured through a night sky brightness monitoring network. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 139, 90–108. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.12.014>

Rajkhowa, R. (2012). Light Pollution and Impact of Light Pollution. *International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online Impact Factor*, 3(10), 2319–7064. [www.ijsr.net](http://www.ijsr.net)

Redzuan Tahar, M., Kamarudin, F., Umar, R., Amri Kamarudin, M., Hazmin Sabri, N., Ahmad, K., Abdul Rahaim, S., & Aikal Baharim, M. S. (2017). Spatial Model of Sky Brightness Magnitude in Langkawi Island, Malaysia. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 14(1), 433–455. <https://doi.org/10.1088/1674>

Riza, L. S., Izzuddin, A., Utama, J. A., Samah, K. A. F. A., Herdiwijaya, D., Hidayat, T., Anugraha, R., & Mumpuni, E. S. (2022). Data analysis techniques in light pollution: A survey and taxonomy. *New Astronomy Reviews*, 95(August), 101663. <https://doi.org/10.1016/j.newar.2022.101663>

Riza, L. S., Putra, Z. A. Y., Firdaus, M. F. Y., Trihutama, F. Z., Izzuddin, A., Utama, J. A., Samah, K. A. F. A., Herdiwijaya, D., NQZ, R. A., & Mumpuni, E. S. (2023). A spatiotemporal prediction model for light pollution in conservation areas using remote sensing datasets. *Decision Analytics Journal*, 9(September), 100334. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100334>

Robles-Gill, A. (2024). *Protecting the Darkness in Chile's Atacama Desert*. <https://undark.org/2024/04/22/darkness-in-chile-atacama-desert/>

Rodríguez García-Huidobro, G. (2017). Chile: Global Astronomical Platform and Opportunity for Diplomacy. *Science & Diplomacy - AAAS*, 6(2). <https://www.sciencediplomacy.org/perspective/2017/chile-global-astronomical-platform>

Sefako, R., & Väisänen, P. (2015). Protection of SAAO observing site against light and dust pollution. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 11(A29A), 118–120. <https://doi.org/10.1017/S1743921316002568>

Slipher, V. M. (1927). THE LOWELL OBSERVATORY. *Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, 39(229), 143–154. <https://www.jstor.org/stable/40692674>

Staff, E. (2016). *Economy of Florence twice the national average*. <https://www.theflorentine.net/2016/05/27/florence-economy-double-nations/>

Subhan, M. (2021). *Pengaruh Polusi Cahaya terhadap Visibilitas Hilal dalam*

*Penentuan Tempat Rukyat Hilal*. Universitas Islam Negeri Walisongo.

- Vega, C. P., Zielinska-Dabkowska, K. M., & Hölker, F. (2021). Urban lighting research transdisciplinary framework—a collaborative process with lighting professionals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(2), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020624>
- Veloso, J. V. (2022). Analysis of an extreme precipitation event in the Atacama desert in January 2020 and its relationship to humidity advection along the Southeast Pacific. *Atmosfera*, *35*(0187–6236). <https://doi.org/https://doi.org/10.20937/atm.52911>
- Warrumbungle International Dark Sky Park. (2015). <https://www.sidingspring.com.au/darksky.html>
- Zamorano, J., Sánchez de Miguel, A., Ocaña, F., Pila-Díez, B., Gómez Castaño, J., Pascual, S., Tapia, C., Gallego, J., Fernández, A., & Nievas, M. (2016). Testing sky brightness models against radial dependency: A dense two dimensional survey around the city of Madrid, Spain. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, *181*, 52–66. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2016.02.029>
- Zhao, N., Liu, Y., Hsu, F. C., Samson, E. L., Letu, H., Liang, D., & Cao, G. (2020). Time series analysis of VIIRS-DNB nighttime lights imagery for change detection in urban areas: A case study of devastation in Puerto Rico from hurricanes Irma and Maria. *Applied Geography*, *120*(April), 102222. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102222>