

ANALISIS TINGKAT POLUSI CAHAYA BERDASARKAN *LIGHT POLLUTION MAP* DAN IMPLIKASINYA TERHADAP PENGAMATAN ASTRONOMI INDONESIA

Ahdian Azri Bustari¹, Rahma Bintang Pratama², Churun Jauharoh Al-Aryachiyah³

^{1,2}Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Jl Marsda Adisucipto,
Yogyakarta 55281

³Program Studi Informatika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Jl Marsda Adisucipto,
Yogyakarta 55281

Email: ahdian10bustari@gmail.com, rahmabintangp@gmail.com, alarvachiyah.cj@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan analisis terhadap polusi cahaya berdasarkan *light pollution map* dan tingkat radiasi yang menimbulkan polusi dinyatakan dalam acuan standard *radiance*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat polusi cahaya pada daerah pengamatan astronomi di Indonesia dan untuk mengetahui implikasinya bagi pengamatan astronomi di Indonesia. Setiap posisi di muka bumi menyajikan konstelasi yang unik melalui kenampakan langit malamnya. Kesenjangan frekuensi pengamatan langit di belahan bumi selatan, jika dibandingkan bagian utara, mempertegas urgensi riset dan observasinya di Indonesia. Peta titik observatorium dan data kuantitas *radiance* diperoleh melalui *platform* yang menyajikan pemetaan polusi cahaya dan selanjutnya dianalisis dengan studi literasi. Nilai *radiance* sebanding dengan tingkat polusi dan dipengaruhi oleh populasi peradaban yang mana berbeda pada masing-masing titik pengamatan astronomi.

Kata kunci: *Polusi, Cahaya, Astronomi, Radiance.*

PENDAHULUAN

Astronomi merupakan suatu cabang keilmuan yang mempelajari benda-benda langit di luar atmosfer bumi, seperti bintang, bulan, planet, asteroid, dan meteor, serta fenomena-fenomena alam yang terjadi di luar atmosfer bumi, seperti radiasi sinar kosmik, gelombang gravitasi, *quasar*, dan lain sebagainya (Handhita dkk., 2016). Keindahan langit malam yang dihiasi oleh kerlap-kerlip cahaya bintang yang bersinar membuat banyak orang tertarik untuk mengamati, mempelajari, dan meneliti lebih jauh mengenai benda dan fenomena-fenomena tersebut. Dengan mempelajari dan mengamati langit malam lebih jauh telah banyak penemuan dan fakta-fakta mengenai alam semesta yang didapat, misalnya penemuan planet lain di luar tata surya kita atau dikenal dengan *exoplanet*, galaksi tertua GN-z11, hingga fakta bahwa alam semesta mengembang yang dikemukakan oleh Edwin Hubble.

Indonesia sendiri ialah negara yang terletak di belahan bumi bagian selatan di mana dalam dunia astronomi, langit selatan merupakan daerah langit yang masih sangat jarang diamati oleh para ilmuwan. Hal ini terlihat dari belum banyaknya observatorium-observatorium atau tempat pengamatan pada wilayah belahan bumi selatan. Peluang yang besar bagi para ilmuwan atau astronom Indonesia untuk dapat berkontribusi lebih jauh dalam dunia astronomi.

Observatorium berperan penting dalam perkembangan riset dan kajian di bidang astronomi. Bosscha, hingga saat ini masih menjadi satu-satunya observatorium besar di Indonesia, merupakan salah satu observatorium yang mengamati belahan selatan bumi. Observatorium ini didirikan pada tahun 1923 oleh K.A.R. Bosscha dan pada tahun 1928 sebuah teleskop besar dengan diameter lensa sebesar 60 cm terpasang di observatorium tersebut yang menjadi awal bagi pengamatan dan penelitian astronomi. Observatorium Bosscha dibangun di wilayah Lembang, sebuah wilayah perbukitan yang di sekelilingnya terdapat banyak perkebunan teh. Langit malam di Lembang yang gelap menjadikannya sangat ideal sebagai suatu tempat pengamatan astronomi (Prastyo, 2018).

Namun dewasa ini, dengan adanya perkembangan teknologi dan pertumbuhan penduduk, kualitas langit malam di daerah sekitar Observatorium Bosscha mengalami penurunan sebab hadirnya polusi cahaya yang berasal dari kota-kota di sekitar tempat observatorium berada seperti, Kota Bandung dan Kota Lembang (Prastyo dkk., 2018). Penurunan kualitas langit malam sama juga terjadi pada beberapa tempat pengamatan astronomi di Indonesia, seperti di Planetarium dan Observatorium DKI Jakarta serta observatorium-observatorium kecil lain di Indonesia. Tanpa langit yang cukup gelap, para astronom tidak dapat menerima sinyal cahaya redup dari objek jauh di luar angkasa. Padahal cahaya-cahaya tersebut menjadi suatu sumber ilmiah untuk mempelajari lebih lanjut mengenai alam semesta.

Menurut Priyantikanto dkk. (2019), polusi cahaya dapat diartikan sebagai penggunaan pencahayaan buatan atau *artificial lighting* yang berlebihan atau tidak tepat penggunaannya yang mana ini menjadi bentuk lain dari polusi yang dihasilkan oleh peradaban manusia modern.. Hal ini dapat berupa

silau, *glare*, *skyglow*, *light trespass*, atau kekacauan lain dengan berbagai dampak negatif pada berbagai aspek kehidupan manusia dan satwa liar hingga penurunan visibilitas bintang. Menurut *International Dark Sky Association* dalam Prastyo dkk. (2018), terdapat beberapa jenis polusi cahaya, yang pertama adalah *glare* yang merupakan cahaya buatan yang menyilaukan. Kemudian, *sky glow* yang berarti suatu penampakan cahaya di atas langit perkotaan dikarenakan penggunaan cahaya buatan. Lalu, *light waterpass* yang berarti suatu cahaya dari luar yang tidak diinginkan dan masuk ke dalam ruangan sehingga mengganggu individu di dalamnya. Terakhir, ialah *light clutter*, cahaya yang dapat menyebabkan gangguan penglihatan. Semenjak penemuan bohlam oleh Thomas Alva Edison pada tahun 1897, penggunaan cahaya buatan atau *artificial light* sebagai penerangan luar ruangan saat malam hari mengalami peningkatan yang signifikan. Dengan adanya revolusi industri serta perkembangan jumlah penduduk yang terus bertambah menyebabkan adanya peningkatan kecerahan di langit malam yang kemudian menjadi polusi cahaya (Prastyo dkk., 2018).

Peta global mengenai kecerahan langit (*light pollution map*) pertama kali dibuat pada awal tahun 2000-an berdasarkan citra satelit malam hari yang diperoleh dari DMSP-OLS (*Defense Meteorological Satellite Program-Operational Linescan System*). Beberapa tahun kemudian, peta ini diperbaharui menggunakan data dari satelit VIIRS-DNB (*Visible Infrared Imaging Radiometer Suite-Day/ Night Band*) dan menghasilkan suatu peta dengan resolusi yang tinggi sehingga kecerlangan langit malam yang diamati menjadi lebih akurat (Priyantikanto dkk., 2019). Peta-peta tersebut dapat diakses dengan mudah melalui situs web resmi dan dimanfaatkan bagi siapa saja sebagai langkah awal sebelum melakukan pengamatan astronomi serta mengkaji tingkat terdampaknya suatu wilayah oleh polusi cahaya.

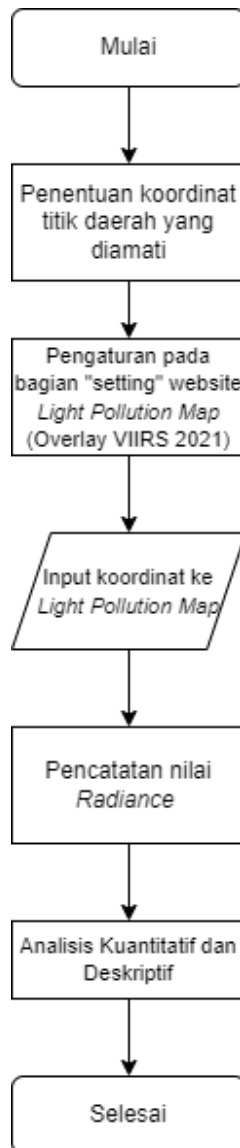
Diskursus polusi cahaya tidak semasih topik polusi dari jenis-jenis yang lain. Namun demikian, urgensi mengampanyekannya tidak dapat diabaikan. Menjawab persoalan tersebut, penelitian ini dilakukan guna mendorong kesadaran sehingga lahir upaya-upaya untuk meminimalisasi polusi cahaya dan dampaknya, secara umum kepada masyarakat yang belum banyak mengetahui tentang dampaknya bagi lingkungan dan kesehatan, serta secara khusus bagi ilmuwan berkaitan dengan upaya memajukan riset astronomi di Indonesia. Oleh karena itu, penulis telah melakukan pengumpulan data tingkat polusi cahaya, khususnya di beberapa wilayah pengamatan astronomi, berdasarkan *light pollution map* serta membuat analisis berkaitan dengan implikasinya terhadap pengamatan astronomi di Indonesia.

METODOLOGI PENELITIAN

Data polusi cahaya diperoleh dari *website* <https://www.lightpollutionmap.info/>. Informasi yang diperoleh berupa citra peta dan nilai kuantitatif yang dibuat berdasarkan data dari satelit VIIRS-DNB tahun 2021. Adapun lokasi pengamatan astronomi yang dipilih merupakan daerah yang memiliki observatorium besar dan kecil di beberapa titik di Indonesia, yakni antara lain sebagai berikut:

1. Observatorium Bosscha ITB – Lembang, Jawa Barat.
2. Planetarium dan Observatorium Taman Ismail Marzuki – DKI Jakarta.
3. Observatorium UAD – Yogyakarta, D.I. Yogyakarta.
4. Observatorium Ilmu Falak UMSU – Medan, Sumatera Utara
5. Observatorium Nasional Timau – Kupang, NTT.

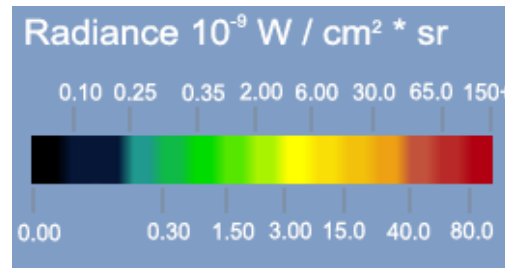
Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan prosedur sebagaimana tercantum dalam diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Analisis Data Polusi Cahaya

Untuk menyatakan tingkat polusi cahaya, digunakan suatu besaran yakni radiance, yang mengejawantahkan suatu ukuran intensitas radiasi yang dihasilkan oleh suatu materi dalam arah tertentu per suatu luasan. Pada prinsipnya, radiance dinyatakan dalam satuan $\frac{W}{cm^2} sr$. W (watt) menyatakan besarnya energi per satuan waktu yang mewakili kenampakan kecerahan, luasan sebagai variabel kontrol yang menyiratkan luasan daerah yang diobservasi, sedangkan sr setara dengan $arcsec^2$ yang merupakan faktor pengonversi dari nilai dark sky unit (dsu) (Kollath, dkk. 2020). Pengambilan data di tiap titik, menggunakan ketentuan vektor yakni radius 15 km ke arah utara, selatan, timur, dan barat dari titik lokasi daerah pengamatan astronomi. Nilai ini dipilih sebab jangkauan daerah tersebut memberikan pengaruh signifikan terhadap akumulasi polusi cahaya yang terjadi pada suatu titik acuan atau titik pengamatan.

Skala pembandingan akan digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat polusi cahaya, yang juga diperoleh melalui website <https://www.lightpollutionmap.info/>. Semakin besar nilai radiance dari suatu lokasi, maka semakin tinggi pula tingkat polusi cahayanya. Nilai referensi yang dimaksud sebagaimana tampak seperti pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Legenda Peta Polusi Cahaya
(Sumber: <https://www.lightpollutionmap.info/>)

Analisis lebih lanjut terhadap data yang telah diperoleh adalah dengan mengkaji dampak dari polusi cahaya terhadap pengamatan astronomi di Indonesia. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh data dan informasi komparatif serta teori-teori pendukung. Selanjutnya, bahasan hingga simpulan disajikan dalam bentuk deskripsi argumentatif.

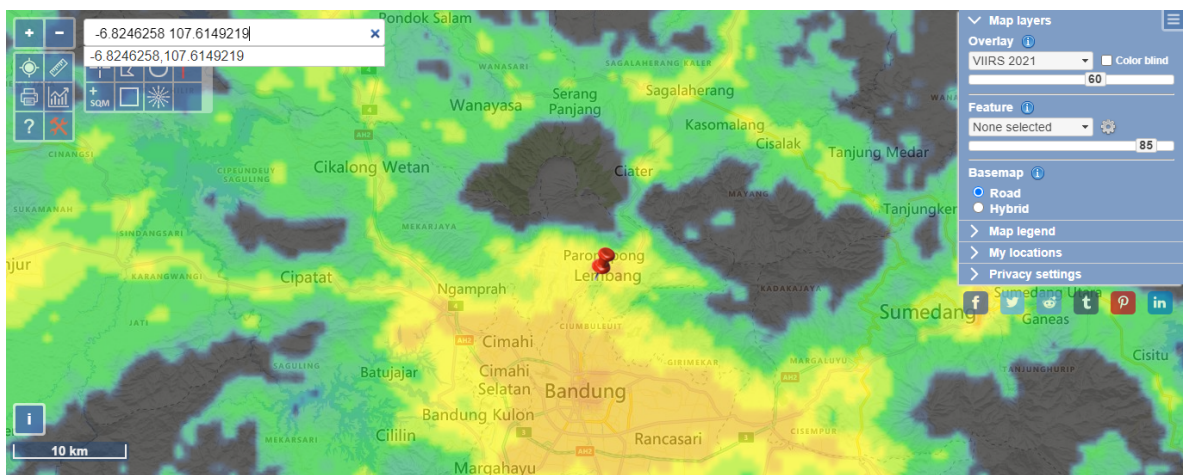
HASIL DAN PEMBAHASAN

Seiring dengan penemuan berbagai teknologi dalam pencitraan dan perkembangan teori energi dan gelombang, semakin tinggi kemudahan dalam melakukan observasi langit berikut juga dengan pendekatan untuk menginterpretasi data yang dihasilkan. Kemudahan yang dimaksud seperti nilai dari tingkat radiasi yang lebih mudah dipahami kalangan luas karena dapat dikonversi dalam satuan internasional (SI) (Kollath, dkk. 2020). Lebih lanjut, keberadaan layanan daring hadir dan menyediakan aksesibilitas secara bebas baik untuk kalangan masyarakat populer maupun peneliti. Hal ini dapat menjadi sarana hilirisasi pengetahuan pada masyarakat, sehingga terwujud sinergi dari semua partisi bangsa untuk mengupayakan sikap sadar akan problematika yang ditimbulkan dari polusi cahaya.

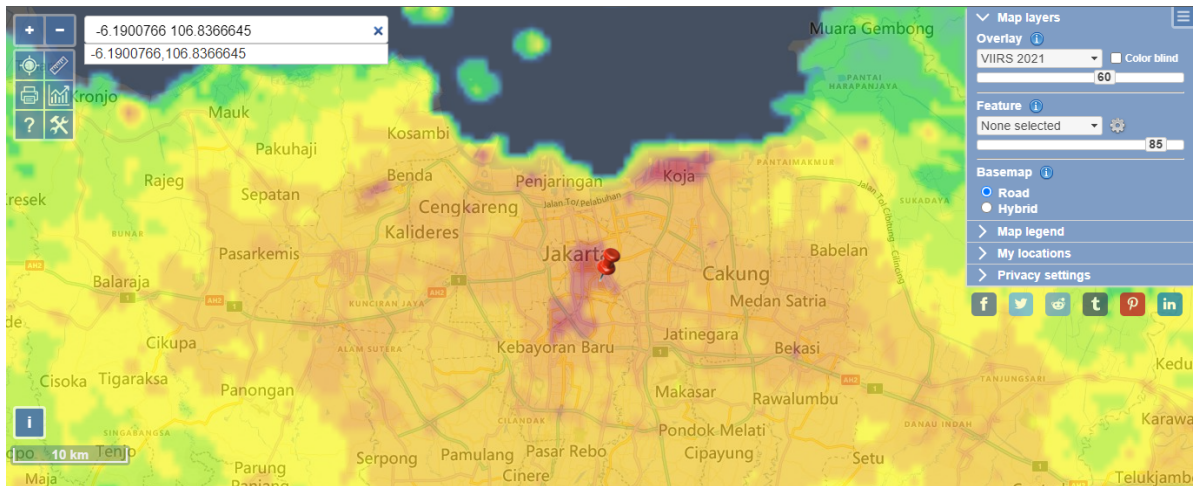
Sejak tahun 2013, analisis tingkat polusi cahaya di sekitar observatorium dilakukan dengan memanfaatkan hasil citra satelit berbasis VIIRS-DNB. Kajian wilayah yang dilakukan tidak hanya berfokus pada lingkungan titik pengamatan, melainkan mencakup hingga daerah dengan jarak maksimal 20 km dari titik tersebut (Prastyo, dkk., 2018). Hal ini, untuk mencari nilai yang presisi dan juga menganalisis daerah yang memberikan dampak terbesar bagi intensitas polusi. Mengacu pada informasi tersebut, dalam penelitian ini dilakukan kajian pada jarak 15 km, sehingga dapat dipastikan signifikansi pengaruh daerah-daerah di sekitar observatorium terhadap kualitas langit untuk pengamatan. Hal ini, juga untuk mengompensasi selisih waktu dilakukannya studi, jangkauan area urban dengan penggunaan cahaya buatan di masa sekarang tentunya akan semakin mendekat atau merapat ke arah titik observasi dibandingkan dengan situasi di masa lampau.

Light Pollution Map

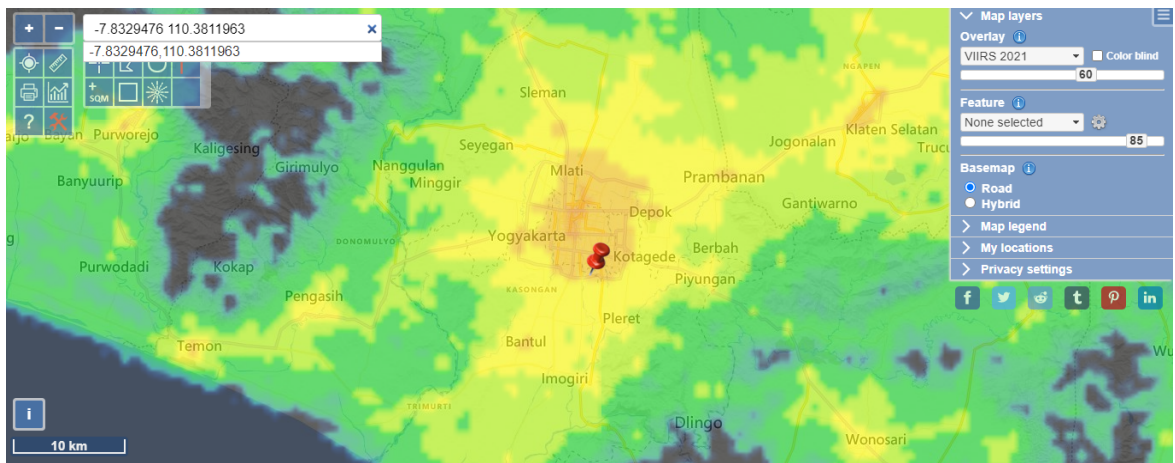
Berdasarkan metode penelitian, didapatkan hasil peta polusi cahaya dan kuantitas radiasi di setiap daerah lokasi pengamatan astronomi ialah sebagai berikut :



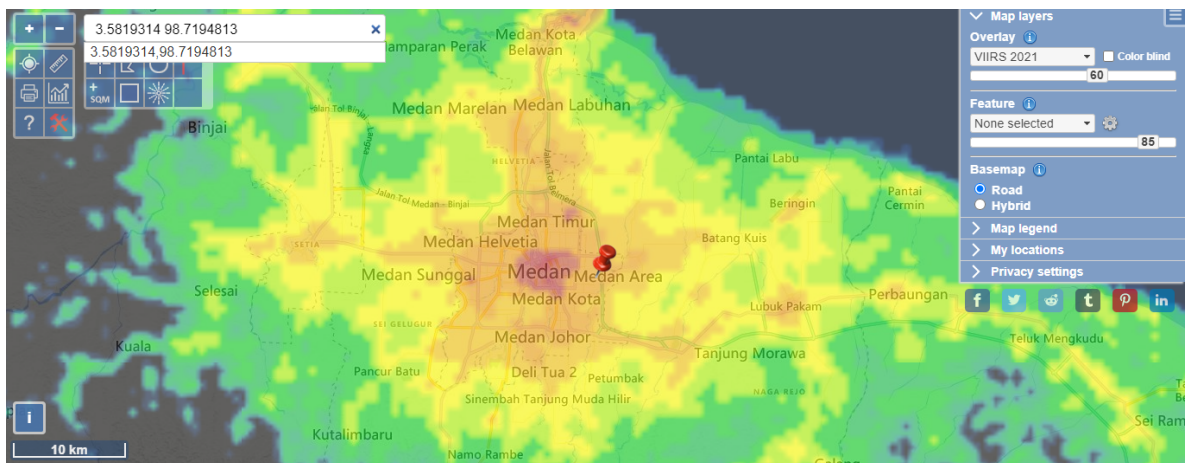
Gambar 3. Peta Polusi Cahaya Daerah Observatorium Bosscha
(Sumber : <https://www.lightpollutionmap.info/>)



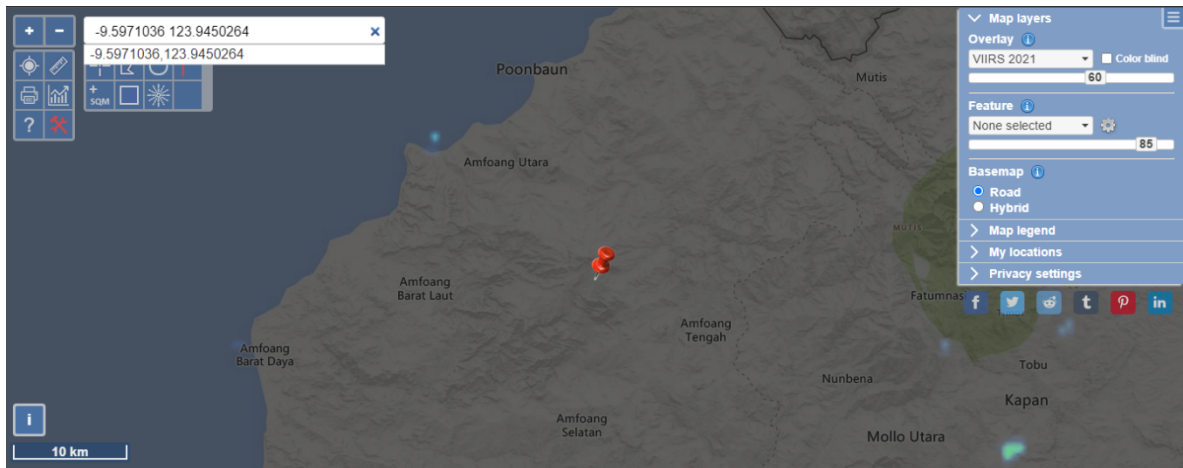
Gambar 4. Peta Polusi Cahaya Daerah Planetarium dan Observatorium Taman Ismail Marzuki
(Sumber : <https://www.lightpollutionmap.info>)



Gambar 5. Peta Polusi Cahaya Daerah Observatorium UAD
(Sumber : <https://www.lightpollutionmap.info>)



Gambar 6. Peta Polusi Cahaya Daerah Observatorium Ilmu Falak UMSU
(Sumber : <https://www.lightpollutionmap.info>)



Gambar 7. Peta Polusi Cahaya Daerah Observatorium Nasional Timau
(Sumber : <https://www.lightpollutionmap.info>)

Tabel 1. Data Nilai *Radiance* Observatorium Bosscha

No	Nama Titik	Latitude	Longitude	Nilai Radiance (10^{-6} W/cm ² sr)
1	POB	-6.824625 8	107.614921 9	6.80
2	AU1	-6.774625 8	107.614921 9	0.00
3	AU2	-6.724625 8	107.614921 9	0.00
4	AU3	-6.674625 8	107.614921 9	1.00
5	AS1	-6.874625 8	107.614921 9	16.80
6	AS2	-6.924625 8	107.614921 9	37.90
7	AS3	-6.974625 8	107.614921 9	21.60
8	AB1	-6.824625 8	107.564921 9	4.10
9	AB2	-6.824625 8	107.514921 9	1.90
10	AB3	-6.824625 8	107.464921 9	2.00
11	AT1	-6.824625 8	107.664921 9	3.10
12	AT2	-6.824625 8	107.714921 9	0.60

13	AT3	-6.824625 8	107.764921 9	0.00
----	-----	----------------	-----------------	------

Tabel 2. Data Nilai *Radiance* Planetarium dan Observatorium Jakarta

No	Nama Titik	Latitude	Longitude	Nilai Radiance (10 ⁻⁹ W/cm ² sr)
1	PPO	-6.190076 6	106.836664 5	63.80
2	BU1	-6.140076 6	106.836664 5	37.90
3	BU2	-6.090076 6	106.836664 5	0.00
4	BU3	-6.040076 6	106.836664 5	0.00
5	BS1	-6.240076 6	106.836664 5	42.00
6	BS2	-6.290076 6	106.836664 5	26.30
7	BS3	-6.340076 6	106.836664 5	22.40
8	BB1	-6.190076 6	106.786664 5	36.40
9	BB2	-6.190076 6	106.736664 5	45.90
10	BB3	-6.190076 6	106.686664 5	30.00
11	BT1	-6.190076 6	106.886664 5	37.20
12	BT2	-6.190076 6	106.936664 5	30.70
13	BT3	-6.190076 6	106.986664 5	41.80

Tabel 3. Data Nilai *Radiance* Observatorium Nasional Timau

No	Nama Titik	Latitude	Longitude	Nilai Radiance (10 ⁻⁹ W/cm ² sr)
1	PNT	-9.597103 6	123.945026 4	0.00
2	CU1	-9.547103 6	123.945026 4	0.00

3	CU2	-9.497103 6	123.945026 4	0.00
4	CU3	-9.447103 6	123.945026 4	0.00
5	CS1	-9.647103 6	123.945026 4	0.00
6	CS2	-9.697103 6	123.945026 4	0.00
7	CS3	-9.747103 6	123.945026 4	0.00
8	CB1	-9.597103 6	123.895026 4	0.00
9	CB2	-9.597103 6	123.845026 4	0.00
10	CB3	-9.597103 6	123.795026 4	0.00
11	CT1	-9.597103 6	123.995026 4	0.00
12	CT2	-9.597103 6	124.045026 4	0.00
13	CT3	-9.597103 6	124.095026 4	0.00

Tabel 4. Data Nilai *Radiance* Observatorium UAD

No	Nama Titik	Latitude	Longitude	Nilai Radiance ($10^{-9} \text{W/cm}^2 \text{sr}$)
1	POU	-7.832947 6	110.3811963	17.80
2	DU1	-7.782947 6	110.3811963	28.80
3	DU2	-7.732947 6	110.3811963	11.50
4	DU3	-7.682947 6	110.3811963	3.00
5	DS1	-7.882947 6	110.3811963	3.40
6	DS2	-7.932947 6	110.3811963	3.70
7	DS3	-7.982947 6	110.3811963	0.60

8	DB1	-7.832947 6	110.3311963	8.40
9	DB2	-7.832947 6	110.2811963	2.30
10	DB3	-7.832947 6	110.2311963	2.10
11	DT1	-7.832947 6	110.4311963	7.70
12	DT2	-7.832947 6	110.4811963	4.90
13	DT3	-7.832947 6	110.5311963	1.70

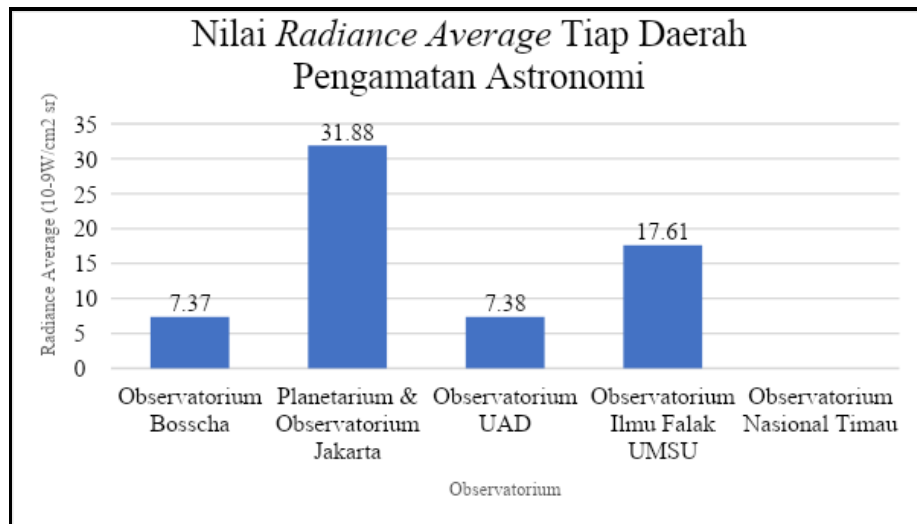
Tabel 5. Data Nilai *Radiance* Observatorium Ilmu Falak UMSU

No	Nama Titik	Latitude	Longitude	Nilai Radiance (10^{-9}W/cm^2 sr)
1	POIF	3.581931 4	98.719481 3	36.00
2	EU1	3.531931 4	98.719481 3	25.20
3	EU2	3.481931 4	98.719481 3	3.60
4	EU3	3.431931 4	98.719481 3	1.20
5	ES1	3.631931 4	98.719481 3	19.70
6	ES2	3.681931 4	98.719481 3	6.10
7	ES3	3.731931 4	98.719481 3	1.70
8	EB1	3.581931 4	98.669481 3	63.20
9	EB2	3.581931 4	98.619481 3	47.30
10	EB3	3.581931 4	98.569481 3	6.80
11	ET1	3.581931 4	98.769481 3	6.60
12	ET2	3.581931 4	98.819481 3	4.50

Dari skala acuan dalam interval nilai $0 \leq \text{Radiance} \leq 150$ sebagaimana pada gambar 1, maka dapat diketahui tingkat radiasi cahaya artifisial yang sebanding dengan intensitas polusi cahaya, dengan mengkorelasikan spektrum warna dengan nilai acuan. Selanjutnya dapat diinterpretasikan apakah polusi bersifat rendah, sedang, atau justru sudah memasuki tahap kritis.

Berdasarkan data pada tabel-tabel dan gambar grafik diatas dapat dianalisis tinggi atau rendahnya tingkat polusi cahaya di beberapa daerah pengamatan astronomi tersebut. Berikut merupakan bahasan mengenai analisis tingkat polusi cahayanya :

1. Untuk daerah pengamatan Observatorium Bosscha berdasarkan gambar 3 dan tabel 1 memiliki nilai *radiance* yang beragam, pada arah utara terlihat bahwa nilai *radiance*-nya tergolong sangat rendah, itu disebabkan karena arah utara merupakan wilayah Gunung Tangkuban Perahu. Sedangkan pada arah selatan nilainya tinggi, ini merupakan sumbangan dari Kota Bandung yang padat akan perkantoran dan pemukiman. Kemudian, pada arah timur dan barat relatif rendah tingkat polusi cahayanya. Sementara itu, di titik tempat Observatorium Bosscha itu berada, tingkat polusi cahayanya tergolong sedang.
2. Untuk daerah pengamatan Planetarium dan Observatorium Taman Ismail Marzuki berdasarkan gambar 4. dan tabel 2. pada arah barat, timur, dan selatan tingkat polusi cahayanya tergolong sangat tinggi. Hal itu disebabkan, observatorium ini terletak di tengah Ibukota Jakarta yang merupakan daerah padat perkantoran dan pemukiman serta penggunaan cahaya yang sangat tinggi di malam hari. Sedangkan, pada arah utara, 5 km pertama nilai *radiance*-nya sangat tinggi, namun untuk 10-15 km dari titik pusat planetarium dan observatorium berada, tidak terdeteksi adanya polusi cahaya sebab terletak di wilayah lautan. Sementara itu, di titik tempat lokasi planetarium dan observatorium ini berada tingkat polusi cahayanya sangat tinggi.
3. Untuk daerah pengamatan Observatorium Nasional Timau berdasarkan gambar 5 dan tabel 3 diketahui bahwa observatorium ini terletak di wilayah yang memiliki tingkat polusi cahaya sangat rendah. Hal ini dikarenakan letak dari observatorium ini yang berada di atas gunung dan jauh dari wilayah perkotaan sehingga polusi cahayanya bisa sangat rendah.
4. Untuk daerah pengamatan Observatorium UAD berdasarkan gambar 6 dan tabel 4 diketahui bahwa tingkat polusi cahaya dari arah selatan tergolong rendah, kemudian dari arah barat pada jarak 5 km dari lokasi observatorium tergolong sedang namun 10-15 km seterusnya rendah. Selanjutnya dari arah timur tingkatnya rendah. Namun, pada arah utara tingkat polusi cahayanya tergolong tinggi, hal ini dikarenakan arah utara merupakan daerah pusat Kota Yogyakarta yang padat akan penduduk dan perkantoran, serta tempat wisata.
5. Untuk daerah pengamatan Observatorium Ilmu Falak UMSU Medan berdasarkan gambar 7 dan tabel 5 dapat diketahui bahwa dari arah utara, selatan, dan timur tingkat polusi cahaya relatif sedang, tetapi pada jarak tertentu tingkatnya tinggi. Tingkat polusi cahaya yang tergolong sangat tinggi terletak dari arah barat. Sementara itu, di titik lokasi tempat observatorium itu sendiri berada tingkat polusi cahayanya tergolong tinggi.



Gambar 8. Grafik Nilai *Radiance Average* (Rerata nilai *radiance*) Tiap Daerah Pengamatan Astronomi

Tinggi rendahnya polusi cahaya dari beberapa daerah pengamatan astronomi ini juga dapat dilihat dari gambar 8 yang merepresentasikan tinggi rendahnya polusi cahaya berdasarkan nilai rerata *radiance* dari 13 titik yang telah dicari nilainya. Dapat diketahui bahwa Planetarium dan Observatorium Jakarta memiliki nilai rerata di angka $31.88 \times 10^{-9} \text{W/cm}^2 \text{sr}$ atau tergolong tinggi, kemudian Observatorium Ilmu Falak UMSU dengan nilai rerata sebesar $17.61 \times 10^{-9} \text{W/cm}^2 \text{sr}$ juga tergolong tinggi, sementara itu untuk Observatorium Bosscha dan Observatorium UAD tingkat polusi cahayanya relatif sama, yakni tergolong sedang dengan nilai rerata di angka 7.37 dan $7.38 \times 10^{-9} \text{W/cm}^2 \text{sr}$. Sedangkan, Observatorium Nasional Timau tingkat polusi cahayanya tergolong sangat rendah.

Polusi Cahaya dan Tantangan Observasi Langit

Polusi cahaya merupakan produk peradaban modern, sebagaimana pemanfaatan cahaya buatan menjadi bagian substansial dalam berbagai kegiatan ekonomi (Faid, dkk., 2019). Lebih dari itu, peningkatan jumlah sumber cahaya di malam hari dari waktu ke waktu adalah sebuah keniscayaan, seiring dengan peningkatan jumlah populasi manusia.

Sejatinya, polusi cahaya memberikan dampak yang luas meliputi kesehatan, keseimbangan dan keberlangsungan lingkungan hidup (contoh: kehidupan hewan liar), serta kaitannya dengan penggunaan energi (Falchi, dkk. 2016). Namun, hal ini belum menjadi kesadaran bagi masyarakat, baik karena kurangnya wawasan maupun prioritas yang condong pada kebutuhan jangka pendek seperti aspek estetika, hiburan dan periklanan, dsb.

Miskonsepsi hampir semua peradaban manusia di dunia adalah anggapan bahwa semakin terang pencahayaan malam dengan penerangan buatan maka akan meningkatkan keadaan yang lebih aman dan menguntungkan. Kenyataannya, tidak hanya begitu, berdasarkan riset yang dilakukan di Finlandia oleh Lyytimäki & Rinne (2013), pengurangan cahaya buatan di malam hari dapat meningkatkan kualitas hidup di area penduduk dan meningkatkan aktivitas luar ruangan (Faid, dkk., 2019).

Aktivitas malam hari yang sangat terdampak adalah pengamatan langit. Prinsip visibilitas benda luar angkasa di langit bergantung pada kontras antara langit dengan objek pengamatan itu sendiri (Faid, dkk. 2019; Narisada & Schreuder, 2004). Mengutip Tousey & Hulburt (1948), Faid, dkk. (2019) menegaskan tentang penglihatan manusia yang memiliki nilai ambang batas tertentu terhadap kontras cahaya dalam proses pengamatan langit, baik saat kondisi mata telanjang maupun dengan bantuan alat optis. Selaras dengan hal tersebut, kecerahan langit yang disebabkan cahaya buatan di permukaan bumi dapat menurunkan kualitas hasil observasi.

Menurut artikel dari *website* resmi Institut Teknologi Bandung, Kepala Observatorium Bosscha, Premana W. Premadi (2018) mengatakan bahwa tingkat polusi cahaya di Lembang semakin meningkat tiap tahunnya. Hal tersebut pada akhirnya membuat pengamatan bintang menjadi terbatas, terutama polusi cahaya yang berasal dari kota Bandung membuat cakupan langit sebagai daerah pengamatan semakin menyempit. Tak hanya itu, dilansir dari artikel yang dimuat pada *website* resmi Observatorium Ilmu Falak UMSU Medan dikatakan bahwa polusi cahaya di wilayah Medan sudah mencemaskan. Untuk pengamatan

bintang, hanya bintang-bintang besar dengan cahaya yang terang yang dapat dilihat. Sedangkan bintang-bintang kecil dan redup sangat sulit untuk dapat diamati.

Prospek Riset Astronomi di Indonesia

a. Perencanaan dan tata ruang

Besarnya dampak dari polusi cahaya terhadap pengamatan astronomi mendorong pemerintah melalui Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) yang saat ini bernama Organisasi Riset Penerbangan dan Antariksa BRIN ditunjuk sebagai instansi yang memegang suatu amanat besar berdasarkan undang-undang yang disahkan pada tahun 2013 untuk membangun suatu observatorium baru di tenggara Indonesia. Wilayah Gunung Timau di Amfoang Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Timur dipilih sebagai lokasi letak berdirinya observatorium tersebut sebab berdasarkan survei yang dilakukan, daerah ini memiliki sekitar 250 langit malam cerah per tahunnya (LAPAN, 2017). Tindakan ini menjadi langkah nyata dan tonggak awal bagi para astronom untuk tetap dapat melakukan pengamatan astronomi di tengah tingginya tingkat polusi cahaya di daerah-daerah pengamatan astronomi di Indonesia.

Satu agenda tersebut dapat menjadi acuan perencanaan dan pengembangan observatorium di Indonesia, dan merupakan langkah cerdas di tengah problematika polusi cahaya yang sulit disudahi dalam jangka pendek. Kyba, dkk. (2017) mengungkapkan bahwa polusi cahaya diperkirakan akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Narisada & Schreuder (2004) mengestimasi bahwa polusi cahaya ini meningkat tidak kurang dari 3% setiap tahunnya.

Tingkat presisi yang diperoleh dalam pengamatan yang dilakukan pada lokasi gelap dan kondisi langit jernih lebih tinggi dibandingkan dengan suatu situasi dengan adanya peningkatan di faktor lain misalnya meningkatkan kemampuan dan kompatibilitas alat observasi seperti pada kualitas kamera atau lensa. Sudut elevasi dari titik posisi daerah pengamatan juga menentukan kualitas hasil observasi yakni memberikan resolusi spasial yang baik. Dalam hal ini, nilai ketinggian suatu tempat dari permukaan laut akan menentukan besarnya sudut dalam observasi yang mana berpengaruh pada akurasi dan efisiensi (Kollath dkk., 2020; Falchi & Bara, 2021).

b. Regulasi Pemanfaatan Cahaya Buatan

Dalam konteks peradaban modern di Indonesia, eksistensi observatorium tidak hanya berguna dalam bidang riset, sains, dan pendidikan, melainkan juga menyentuh aspek sosial seperti fungsi pengamatan langit sebagai penentu waktu ibadah tertentu. Lebih dari itu, perkembangan ilmu astronomi dan risetnya bisa menjadi miniatur majunya peradaban sebuah bangsa karena pengetahuan tentangnya memberikan implikasi pada kemajuan teknologi dan berbagai bidang lain (Akrim, 2020).

Pembangunan kota dalam hal pencahayaan arsitektural menjadi bagian dari banyak program perbaikan infrastruktur dan sarana publik di Indonesia. Upaya ini bertujuan untuk menghasilkan suasana yang atraktif dan dinamis dalam konteks sosial (Ismanto, Fivanda, & Setyaningsih, 2021). Mengutip Zumtobel (2012), Ismanto, Fivanda & Setyaningsih (2021) menjelaskan bahwa terdapat aspek yang kerap terlupakan dalam pemanfaatan cahaya buatan yakni aspek keselamatan (safety), orientasi/ tujuan (information), dan keamanan (security). Ketiga prinsip ini diperlukan untuk menjamin bahwa aplikasi cahaya buatan mampu mengakomodasi kebutuhan pengguna dengan berbagai latar belakang. Peran regulasi atau kebijakan diperlukan untuk menerapkan analisis mengenai dampak akan lingkungan (AMDAL) sebelum pemasangan dan evaluasi setelah pemasangan.

Menjawab persoalan tersebut, Prayuda, dkk. (2017) mengusulkan penggunaan tudung lampu/ kap lampu dengan desain tertentu yang bertujuan untuk mengurangi divergensi pencahayaan lampu ke berbagai arah, terutama ke arah langit.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa tingkat polusi cahaya tinggi pada daerah pengamatan astronomi di Indonesia terletak pada daerah pengamatan Planetarium dan Observatorium Taman Ismail Marzuki - DKI Jakarta dan Observatorium Ilmu Falak UMSU memiliki tingkat polusi cahaya yang tinggi. Kemudian daerah pengamatan dengan tingkat polusi cahaya sangat rendah terletak pada daerah pengamatan Observatorium Nasional Timau - NTT. Sementara itu, pada Observatorium Bosscha dan Observatorium UAD tingkat polusi cahayanya sedang, diketahui pula bahwa implikasi atau dampak dari polusi cahaya terhadap pengamatan astronomi di Indonesia ialah munculnya kesulitan yang dihadapi para astronom dalam melakukan pengamatan, sebab cahaya berlebih yang ditimbulkan dari polusi cahaya menimbulkan penurunan visibilitas bintang sehingga hanya sedikit bintang atau benda langit lainnya yang dapat terlihat di langit pada saat malam hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Akrim. (2020). Nilai-Nilai Pendidikan Islam dalam Observatorium, *Al-Marshad*, Vol. 6 No. 1.
- Faid M.S., dkk. (2019). The Risk of Light Pollution on Sustainability, *ASM Science Journal*, Vol. 12 No. 2.
- Falchi, F., dkk. (2016). The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness, *Sci. Adv.*, Vol. 2.
- Falchi, F. dan Bara, S. (2021). Computing Light Pollution Indicators for Environmental Assessment, *Natural Sciences*, DOI: 10.1002/ntls.10019.
- Handhita, E. T., Akhlis, I., dan Marwoto, P. (2016). Pengembangan Media Pembelajaran Materi Astronomi Berbasis Visual Novel Ren'Py, *Unnes Physics Education Journal*, Vol. 5 No. 2.
- Hu, Z., Hu, H., dan Huang, Y. (2018). Association between Nighttime Artificial Light Pollution and Sea Turtle Nest Density Along Florida Coast: A Geospatial Study Using VIIRS Remote Sensing Data, *Environmental Pollution*, Vol. 239.
- Institut Teknologi Bandung. (2018). Polusi Cahaya Menjadi Tantangan Pengamatan Bintang di Observatorium Bosscha. Diakses pada 22 November 2022, dari <https://www.itb.ac.id/berita/detail/56917/polusi-cahaya-menjadi-tantangan-pengamatan-bintang-di-observatorium-bosscha>.
- Ismanto, A., Fivanda, Setyaningsih, E. (2021). Polusi Cahaya Videotron pada Persimpangan Jalan Taman Menteng Bintaro, *Jurnal Muara Ilmu Sosial Humaniora dan Seni*, Vol. 5 No. 1.
- Kollath, Z. dkk. (2020). Introducing The Dark Sky Unit for Multi-Spectral Measurement of The Night Sky Quality With Commercial Digital Cameras, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, Vol. 253.
- LAPAN. (2017). Selayang Pandang Observatorium Nasional Timau. Jakarta : PT. Gramedia.
- Narisada, K. dan Schreuder, D.(2004). *Light Pollution Handbook: Light Pollution and Astronomy*. (book chapter). Dordrecht: Springer Science and Business Media.
- OIF UMSU. (2017). Tingkat Polusi Cahaya di Kota Medan Mencemaskan. Diakses pada 22 November 2022, dari <https://oif.umsu.ac.id/2017/12/tingkat-polusi-cahaya-di-kota-medan-mencemaskan/>.
- Prastyo, H.A. dan Herdiwijaya. (2018). Analisis Dinamika Polusi Cahaya di Sekitar Observatorium Bosscha Berdasarkan Citra Satelit VIIRS-DNB, *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*.
- Prayuda, U., dkk. (2017). Pengamatan Polusi Cahaya di Area Institut Teknologi Bandung dan Sekitarnya. (Laporan). Bandung: Program Studi Astronomi ITB.
- Priyantikanto, R., dkk. (2019). Map of Sky Brightness Over Grater Bandung and The Prospect of Astro Tourism, *Indonesian Journal of Geography*, Vol. 51 No. 2.