



## Prosiding Seminar Sains Antariksa



Homepage: <http://www.lapan.go.id>

# LAJU PERKEMBANGAN DAN ESTIMASI ENERGI DARI POLUSI CAHAYA DI KOTA BANDUNG

(Progression Rate and Estimation of Energy of Light Pollution in Bandung City)

Luthfiandari dan D. Herdiwijaya

Departemen Astronomi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITB

e-mail: [luthfiandari@s.itb.ac.id](mailto:luthfiandari@s.itb.ac.id)

### ABSTRAK

#### Riwayat Artikel:

Diterima: 19-11-2015

Direvisi: 16-10-2016

Disetujui: 19-10-2016

Diterbitkan: 24-10-2016

#### Kata kunci:

Polusi cahaya, *sky glow*,  
*Defense Meteorological  
Satellite Program*, *Sky  
Quality Meter*

Polusi cahaya merupakan keadaan berlebihnya pencahayaan pada suatu lokasi. Salah satu bentuk polusi cahaya, yaitu *sky glow*, dapat mengganggu astronom dalam mengamati objek langit yang redup. Di samping astronom, polusi cahaya dapat menjadi masalah pula dalam ekonomi karena pemborosan energi. Oleh karena itu, polusi cahaya perlu diamati untuk mengetahui laju perkembangan dan estimasi energi dari pencahayaannya. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif melalui pengukuran kadar *sky glow* di kota Bandung berdasarkan pengukuran satelit *Defense Meteorological Satellite Program* pada tahun 2006 hingga 2013 dan pengukuran *Sky Quality Meter* pada tahun 2013. Relasi matematis dibangun untuk memprediksi kadar *sky glow* pada tahun mendatang di kota Bandung dengan menambahkan data terbaru dari *Defense Meteorological Satellite Program*, yaitu data tahun 2013. Laju perkembangan kadar *sky glow* berdasarkan relasi matematis sebesar 1,4% per tahun. Selain itu, perbedaan faktor konversi energi yang diturunkan antara pengukuran *Sky Quality Meter* dan *Defense Meteorological Satellite Program* memiliki perbedaan sebesar 7% pada 2013.

### ABSTRACT

#### Keywords:

Light pollution, *sky glow*,  
*Defense Meteorological  
Satellite Program*, *Sky  
Quality Meter*

Light pollution is the condition of excessive lighting at any locations. One kind of light pollution, namely *sky glow*, can harm astronomers to observe the faint object. Beside of astronomers, light pollution can be the problem in economy as a waste of energy. Therefore, light pollution needs to be observed to understand its rate of progression and estimation energy of lighting. This research used a quantitative method by means of measuring *sky glow* level in Bandung city based on *Defense Meteorological Satellite Program* measurement from 2006 to 2013 and *Sky Quality Meter* measurement in 2013. The mathematical relation has been constructed to predict the *sky glow* level in the next years in Bandung city by adding newest data from *Defense Meteorological Satellite Program*, that is data in 2013. The rate of progression of *sky glow* level based on mathematical relation is 1,4%. Moreover, the difference of derived conversion factor energy between *Sky Quality Meter* and *Defense Meteorological Satellite Program* measurements is about 7 % in the year 2013.



## 1. Pendahuluan

Polusi cahaya merupakan keadaan berlebihnya pencahayaan pada suatu lokasi yang berasal dari cahaya buatan manusia, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan terhadap lingkungan sekitar (Utama et al., 2009). Keadaan ini memiliki berbagai macam bentuk, diantaranya *light trespass*, silau (*glare*), dan pendaran cahaya langit (*sky glow*). Cahaya berlebih ini tentunya merupakan salah satu bentuk pemborosan energi, sehingga polusi cahaya dapat berdampak langsung pada lingkungan dan ekonomi. Selain itu, polusi cahaya berdampak pula pada astronomi. Para astronom akan mengalami kesulitan untuk mengamati objek langit redup karena pengaruh *sky glow* yang membuat langit terlihat lebih terang, sehingga objek langit dan langit latar belakang mempunyai kontras sangat lemah. Oleh karena dampak yang diakibatkan oleh polusi cahaya ini sangat luas, maka peneliti melakukan pengukuran kadar polusi cahaya yang direpresentasikan oleh *sky glow* pada rentang beberapa waktu. Kota Bandung dipilih sebagai lokasi penelitian karena polusi cahaya yang berasal dari kota ini berdampak kuat pada kelangsungan pengamatan astronomi di Observatorium Bosscha.

SQM-LU adalah instrumen fotometer yang dapat digunakan untuk mengukur *sky glow*. Fotometer ini mempunyai sensor cahaya TSL237 untuk mengukur tingkat cahaya yang kemudian hasil pembacaannya diteruskan ke mikrokontroler. Pembacaan sensor cahaya dikoreksi pada temperatur yang berbeda. Dalam mengukur kecerahan langit, SQM lebih unggul dibandingkan CCD karena lebih murah, ringan, portabel, resolusi waktu tinggi, hasil pembacaannya dalam satuan magnitudo per kuadrat detik busur (meskipun memiliki sudut pengukuran 20°) dan memiliki akurasi 3% (Cinzano, 2005). Selain menggunakan hasil pengukuran SQM-LU, digunakan pula hasil pengukuran satelit pada permukaan Bumi di malam hari. Citra permukaan Bumi yang digunakan berasal dari salah satu satelit milik Amerika, yakni satelit DMSP. Satelit-satelit (F10, F12, F14, F15, F16, F18) memonitor cahaya yang bersumber dari pemukiman, kebakaran hutan, *flare gas*, anjungan lepas pantai, serta perahu nelayan. Citra satelit yang digunakan berasal dari instrumen *Operational Linescan System* (OLS) (Anonim, 2007).

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui laju perkembangan serta pemborosan energi Bandung berdasarkan kadar *sky glow*. Sasaran dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh ukuran kadar polusi cahaya di Bandung, sekitar observatorium Bosscha, dari data *sky glow* yang tersedia pada penelitian tahun 2013 (Luthfiandari, 2014) dan data DMSP 2006 hingga 2013. Hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk memperkirakan dampak polusi cahaya pada langit kota di masa mendatang, terutama lokasi yang berdekatan dengan observatorium.

## 2. Tinjauan Pustaka

Polusi cahaya berkaitan dengan kecerahan langit atau banyaknya cahaya yang dipancarkan permukaan langit tiap satuan sudut, disebut luminans (pengukuran secara fisis) dan *brightness* (pengukuran secara visual) (Hoffman, 2005). Satuan dari hasil pengukuran kecerahan langit dapat berupa  $\text{mag}/[^\circ]^2$  atau *Magnitude per Square Arc Second*, MPSAS (Senja, 1999).

Pengukuran polusi cahaya dengan menggunakan citra satelit DMSP telah dilakukan oleh Isobe dan Hamamura pada tahun 1993 hingga 1996 di Jepang. Dalam penelitian ini, Isobe mengukur intensitas pada citra terhadap beberapa kota (Akita, Shizuoka, Hiroshima, Tokushima, dan Matsuyama). Pada rentang tahun penelitian, terindikasi adanya peningkatan pemborosan energi sebesar 20-50%. (Isobe, 1998).

Penelitian lain telah dilakukan oleh Osman dan rekannya pada tahun 1980 hingga 1995 yang berlokasi di kota Kairo. Pada penelitiannya, Osman menggunakan data hasil pengukuran kecerahan langit. Selanjutnya, Osman mengubah bentuk kecerahan langit dalam satuan  $\text{mag}/[^\circ]^2$  menjadi bentuk satuan energi dengan menggunakan formulasi Walker. Hasil penelitian Osman menunjukkan telah terjadi peningkatan polusi cahaya sebesar enam kali lipat. Pada penelitiannya pula, Osman memprediksi pada tahun 2000 akan terjadi pemborosan energi listrik mencapai 45 juta kWh, jika laju peningkatan pemborosan energi diasumsikan sama (Osman et al., 2001).

Pengukuran polusi cahaya lainnya telah dilakukan oleh Herdiwijaya dan Arumaningtyas pada tahun 2011 (Herdiwijaya et al., 2011). Penelitian tersebut dilakukan menggunakan SQM-LU pada dua lokasi yang berbeda, Bandung dan Cimahi Utara. Hasil penelitian Herdiwijaya

tersebut menunjukkan bahwa tingkat polusi cahaya Bandung lebih tinggi daripada Cimahi. Dilakukan pula pengukuran kecerahan langit terhadap waktu fajar dan senja serta meninjau variabilitas kecerahan langit terhadap pergerakan awan dan Bulan purnama (Herdiwijaya, 2015).

### 3. Data dan Metode

Penelitian ini menggunakan data berdasarkan hasil penelitian Luthfiandari et al. (2013). Selain itu, ditambahkan pula data terbaru dari satelit DMSM yakni citra permukaan Bumi pada tahun 2013. Hasil pembacaan SQM-LU berupa nilai kecerahan langit dalam satuan  $\text{mag}/[^\circ]^2$ . Hasil pengukuran tersimpan dalam format .csv yang berukuran sekitar 700 kb. Citra satelit DMSM berupa citra malam hari permukaan Bumi dengan ukuran 692 Mb yang berformat .tif dan dapat diunduh pada situs DMSM (<http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsm/download/V4composites.html>). Citra yang dipilih merupakan citra *stable lights*, yakni citra hasil reduksi dari *noise* berupa awan.

Analisis citra satelit menggunakan aplikasi pengolah citra nirbayar *ImageJ* (<http://rsb.info.nih.gov/ij/index.html>) dan pengukuran polusi cahaya hanya dilakukan untuk wilayah kota Bandung saja. Pengukuran tersebut terdiri dari *Area*, *Mean*, *StdDev*, *Max*, *Min*, dan *IntDen*. Selanjutnya dibuatlah grafik *IntDen* sehingga menghasilkan persamaan linear yang dapat digunakan untuk memperkirakan kadar polusi cahaya di tahun mendatang. Kadar polusi cahaya dalam bentuk *Integrated Density* dapat diubah ke dalam besaran energi, tetapi hanya untuk satelit F16 karena satelit ini telah dikalibrasi sebelum peluncurannya. Konversi tersebut yakni, F16:  $1,51586 \times 10^{-10} \text{ Watt/cm}^2/\text{sr}$  yang dibangun oleh *NGDC's Earth Observation Group* (Elvidge et al., 2013). Hasil dari pengukuran citra satelit pada tahun yang berbeda dapat menurunkan relasi matematis untuk memperkirakan polusi cahaya kota Bandung pada masa mendatang. Penurunan persamaan ini terbentuk dari grafik hubungan antara intensitas *sky glow* terhadap tahun.

Energi berdasarkan hasil pengamatan SQM-LU pada tahun 2013 dibandingkan dengan energi terukur di kota Bandung pada citra satelit tahun 2013. Kemudian faktor konversi dapat dihasilkan dari perbandingan kedua energi tersebut. Hasil kedua pengamatan ini dapat

mengecek keakuratan dari model yang dibentuk pada tahun 2013.

### 4. Hasil dan Pembahasan

Laju perkembangan polusi cahaya kota Bandung dengan menggunakan citra satelit tahun 2006-2012 dalam bentuk *integrated density* sebesar 49,357 atau 1,6% per tahun (Luthfiandari, 2014). Berdasarkan relasi ini, maka diperkirakan akan terjadi peningkatan kadar *sky glow* sebesar 10% sejak 2006.

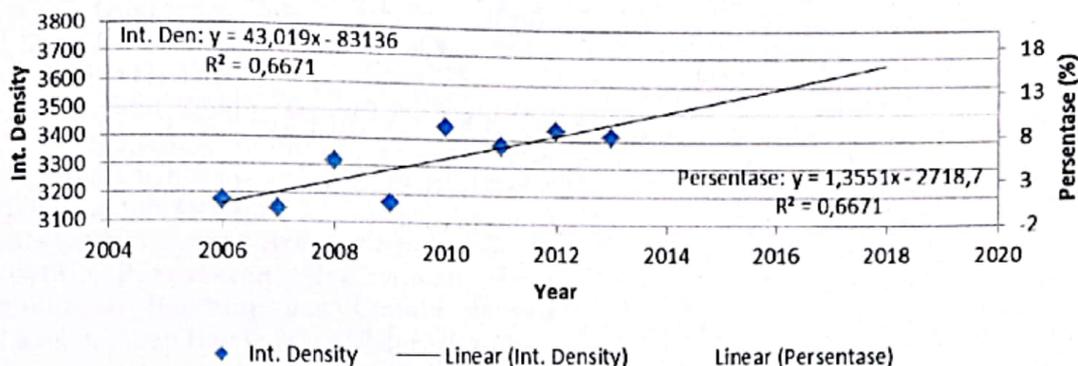
Pengukuran *Int. Den* citra satelit DMSM tahun 2013 untuk kota Bandung dilakukan untuk mengecek perbedaan dengan model sebelumnya. Hasil pengukuran *Int. Den* pada citra 2013 menunjukkan laju perubahan kadar *sky glow* sebesar 7,6%. Sehingga selisih kadar *sky glow* dari model dan pengukuran pada tahun 2013 memberikan nilai sebesar 2,4%.

Dengan menambahkan hasil pengukuran *Int. Den* dari citra kota Bandung tahun 2013, dibentuk pula model relasi matematis laju perkembangan polusi cahaya dalam bentuk *Int. Den* dan persentase, lihat persamaan (4-1) dan (4-2), yang diturunkan dari Gambar 4-1):

$$\text{Int.Den} = 43,019(\text{year}) - 83136 \dots \dots \dots (4-1)$$

$$\text{Persentase} = 1,3551(\text{year}) - 2718,7 \dots \dots \dots (4-2)$$

Berdasarkan persamaan relasi (4-1), kadar *sky glow* meningkat setiap tahunnya dengan laju *integrated density* 43,019 per tahun. Sedangkan pada persamaan relasi (4-2) menunjukkan laju peningkatan kadar *sky glow* sebesar 1,4% tiap tahunnya. Model dari persamaan relasi (4-1) dan (4-2) dapat digunakan untuk memprediksi kadar *sky glow* pada tahun-tahun mendatang. Contohnya: kadar *sky glow* selama 10 tahun untuk tahun 2006-2015 meningkat sebesar 11,8%.



**Gambar 4-1.** Kadar *sky glow* di kota Bandung pada tahun 2006-2013. Korelasi antara *integrated density* dengan persentase kadar *sky glow*, disertai relasi matematis dari keduanya dan garis prediksi peningkatan kadar *sky glow* pada tahun mendatang.

Pengukuran SQM-LU tahun 2013 telah digunakan untuk membuat korelasi dengan pengukuran DMSP. Hasil pengukuran satelit DMSP yang dikorelasikan merupakan hasil ekstrapolasi model tahun 2013 berdasarkan data 2006 hingga 2012. Penelitian tahun 2013 menghasilkan faktor konversi sebesar  $3,32 \times 10^{-4}$  dengan energi berdasarkan pengukuran citra satelit lebih besar daripada hasil pengukuran SQM-LU (Luthfiandari, 2014). *Integrated density* 2013 yang terukur sebesar 3417 atau setara dengan 5179,69 Watt pada  $55,5 \text{ km}^2$ , sehingga energi tiap luasannya adalah  $93,33 \text{ Watt/km}^2$ . Sedangkan energi per satuan luas untuk SQM-LU pada tahun 2013 sebesar  $287.282,02 \text{ Watt/km}^2$  (Luthfiandari, 2014). Sehingga kedua energi yang terukur dari SQM-LU dan DMSP pada tahun 2013 menghasilkan persamaan relasi (4-3) sebagai berikut:

$$DMSP = (3,25 \times 10^{-4}) SQM \dots \dots \dots (4-3)$$

Perbedaan faktor konversi antara model relasi untuk ekstrapolasi 2013 dan persamaan relasi (4-3) sebesar 7%.

Energi hasil penurunan *integrated density* dari citra satelit DMSP jauh lebih kecil dibandingkan energi hasil penurunan data kecerahan langit dari SQM-LU. Hal ini dikarenakan pada citra satelit telah dikoreksi dari berbagai *noise*, seperti awan dan sinar bulan. Sedangkan pada hasil pengukuran SQM-LU masih terdapat *noise* akibat awan. Disamping itu, asumsi jenis lampu juga mempengaruhi pada nilai ini.

### 5. Implementasi

Prinsip dalam metode pengolahan data satelit DMSP, tidak hanya dapat diterapkan di

kota Bandung, tetapi dapat pula diterapkan di kota-kota lain. Laju perkembangan polusi cahaya dalam bentuk *sky glow* dapat dikorelasikan tidak hanya dengan pemborosan energi saja, tetapi juga dapat dikorelasikan dengan perkembangan wilayah dan populasi penduduk.

### 6. Kesimpulan

Pengukuran yang didasarkan pada citra satelit DMSP setiap tahunnya akan mencerminkan perkembangan polusi cahaya. Laju perkembangan polusi cahaya kota Bandung meningkat sekitar 1,4% setiap tahunnya sejak tahun 2006. Nilai *integrated density* pada relasi matematis perkembangan polusi cahaya sebanding dengan pemborosan energi yang terjadi. Perbandingan energi ini dengan hasil pengukuran SQM-LU menghasilkan faktor konversi diantara keduanya. Faktor konversi berdasarkan model ekstrapolasi energi tahun 2013 dan data tahun 2013 menunjukkan perbedaan sebesar 7%.

### Ucapan Terima Kasih

Peneliti berterima kasih kepada Observatorium Bosscha karena telah menjadi lokasi dan juga sebagai penyedia instrumen dalam pengamatan.

### Rujukan

Anonim. (2007). *DMSP-OLS Composite Product Suite Generated at NGDC*, [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/DMSP/web\\_data/lcCompositeExamples/OLS Composite Products -1.pdf](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/DMSP/web_data/lcCompositeExamples/OLS%20Composite%20Products-1.pdf), diunduh 1 Mei 2013.

- Cinzano P. (2005). Night Sky Photometry with Sky Quality Meter. *First draft, ISTIL Internal Report*, n. 9, v.1.4 2005, ©2005 ISTIL, Thiene.
- Elvidge, C and Ziskin, D. (2013). *Nighttime Lights "Radiance" Data*, <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/DMSP/radcal/readme.txt>, diunduh 1 Juli 2013.
- Herdiwijaya D. dan Arumaningtyas E. P. (2011). Pengukuran Kecerlangan Arah Zenith di Bandung dan Cimahi dengan Menggunakan Sky Quality Meter. *Prosiding Seminar Himpunan Astronomi Indonesia, Aula-Barat ITB, Bandung 27 Oktober 2011* (Dermawanet al., Eds.)
- Herdiwijaya D. (2015). Implications of Twilight Sky Brightness Measurements on Fajr Prayer and Young Crescent Observation. *Proc. 7th International Conference on Physics and Its Applications 2014 (ICOPIA 2014)*, Yogyakarta September 16-17th 2014
- Hoffman R.E. (2005). Rational Design of Lunar-Visibility Criteria. *Jurnal Observatory*, Vol.125 p.156-168.
- Isobe S. and Hamamura S. (1998). Ejected City Light of Japan Observed by a Defense Meteorological Satellite Program. *Preserving the Astronomical Windows, ASP Conference Series*, Vol. 139.
- Luthfiandari. (2014). *Pengukuran Polusi Cahaya Kota Bandung Menggunakan Fotometer Portabel dan Citra Malam Hari Defense Meteorological Satellite Program*. Skripsi, Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Osman A. I. I., Isobe S., Nawar S. dan Morcos A.B. (2001). Light Pollution and Energy Loss from Cairo. *Preserving the Astonomical Sky, IAU Symposium*, Vol. 196.
- Senja M. A. (1999). *Penentuan Kecerlangan Langit Malam di Obsevatorium Bosscha-Lembang: Observasi dan Model*. Skripsi, Jurusan Astronomi FMIPA, Institut Teknologi Bandung
- Utama J. A. dan Aviyanti L. (2009). Polusi Cahaya: Dampak dan Solusi yang Ditawarkan. Dalam: Premadi et al.(penyunting) *Proceedings of the Conference of the Indonesia Astronomy and Astrophysics, 29-31 October 2009*.