

## BAB III

### METODE PENELITIAN, DATA, DAN REDUKSI DATA

#### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode observasi langsung dan tidak langsung. Metode ini dilakukan dengan mengukur kecerahan langit secara langsung menggunakan SMQ-LU sehingga mendapatkan data primer, sedangkan citra satelit DMSP didapatkan dalam bentuk data sekunder (tanpa pengamatan langsung).

#### 3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan yakni fenomena kecerahan langit malam hari di tiga lokasi yang berbeda di kota Bandung menggunakan fotometer portabel SQM-LU untuk mengetahui pemborosan energi kota. Objek penelitian lain yang digunakan yaitu berupa citra malam hari yang berasal dari satelit DMSP untuk setiap tahunnya dalam periode tahun 1992 - 2012 untuk kota Bandung. Data satelit yang diunduh adalah *Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series*.

#### 3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini diselenggarakan selama 5 bulan sejak Maret – Juli 2013 di tiga lokasi yang berbeda, yakni sebagai berikut:

1. Observatorium Bosscha;  $6^{\circ}49'28,37''S$  dan  $107^{\circ}36'57,19''E$  dengan elevasi 1306,07 meter dpl.
2. Sadang Serang;  $6^{\circ}53'31,65''S$  dan  $107^{\circ}37'39,24''E$  dengan elevasi 738,53 meter dpl.
3. Kopo;  $6^{\circ}58'32,28''S$  dan  $107^{\circ}33'58,58''E$  dengan elevasi 667,51 meter dpl.

Luthfiandari, 2014

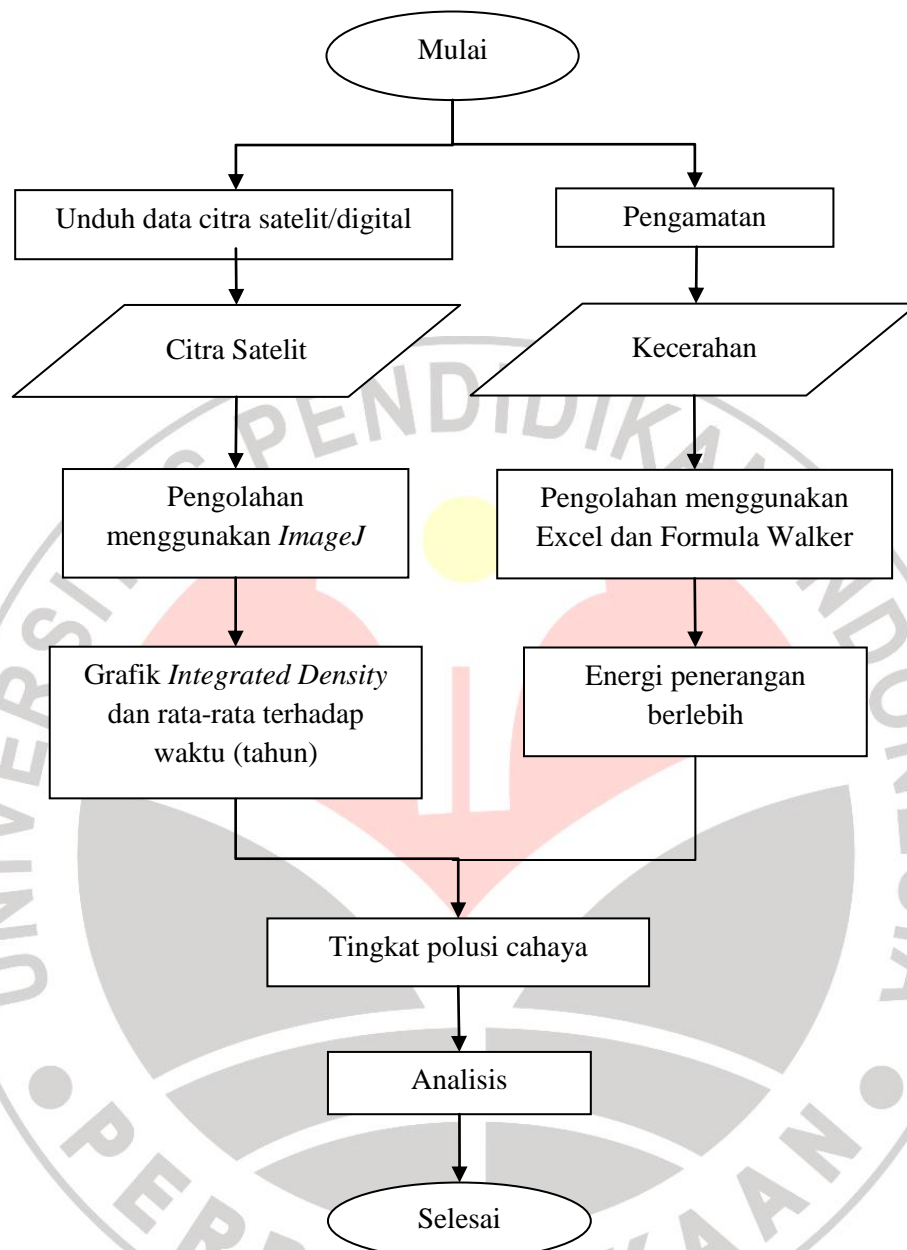
PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

Untuk mengukur kecerahan langit digunakan SQM-LU yang dioperasikan selama 12 jam/hari pada pukul 18.00 WIB hingga 06.00 WIB keesokan harinya. Data direkam secara kontinu setiap 5 detik menggunakan perangkat komputer. Untuk citra satelit, data sekunder didapatkan dengan mengunduhnya pada situs DMSP ([www.ngdc.noaa/dmsp](http://www.ngdc.noaa/dmsp)) untuk periode tahun yang tersedia secara bebas, yakni tahun 1992 - 2012.

### **3.4 Alur Proses Penelitian**

Proses dalam penelitian terbagi menjadi dua bagian, yakni proses berdasarkan data primer (SQM-LU) dan data sekunder (DMSP). Hasil pengolahan kedua data ini digabungkan sehingga mendapatkan prediksi kadar polusi cahaya pada tahun mendatang.



Bagan 3.1. Alur Proses Penelitian

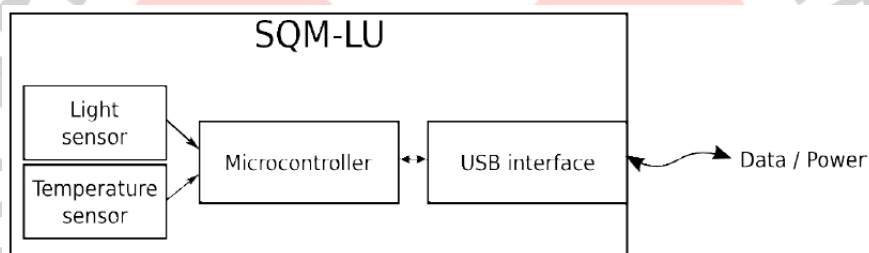
### 3.5 Alat yang Digunakan

Terdapat dua alat yang digunakan dalam penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. SQM-LU digunakan secara langsung untuk

mendapatkan data primer berupa nilai kecerahan langit malam. Satelit DMSP tidak digunakan secara langsung, melainkan mengambil data sekunder yang tersedia dalam situs NGDC untuk kemudian selanjutnya diolah.

### 3.5.1 SQM-LU

Kerja SQM diawali dengan perintah yang dikirim dari PC melalui kabel USB ke penghubung USB untuk disampaikan ke mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler merespon perintah dengan mengirimkan data ke penghubung USB yang akan disampaikan ke PC.



Bagan 3.2. Alur Kerja SQM-LU  
(sumber gambar: SQM-LU User Manual)

Perangkat lunak yang digunakan untuk menjalankan SQM-LU adalah SQM Display yang digunakan di Sadang Serang dan Kopo, sedangkan SQM Reader Pro digunakan di Observatorium Bosscha.

Tabel 3.1. Spesifikasi SQM (sumber: SQM-LU User Manual)

Koneksi USB	Penghubung USB B (5 m USB A ke kabel penghubung USB B)
Ukuran	3,6 × 2,6 × 1,1"
Presisi	Setiap SQM-L terkalibrasi oleh pabrik. Presisi mutlak setiap ukuran ±10%

	( $\pm 0,10$ mag/sq arcsec)
Daya masukan	18 mA (berasal dari 5V koneksi USB)
Rentang temperatur beroperasi	-40°C hingga 85°C
Akurasi temperatur	$\pm 2^\circ\text{C}$ maksimum pada 25°C
Laju perubahan temperatur	4,3 detik, 256 sampel didapatkan setiap 60Hz kemudian dirata-ratakan

### 3.5.2 Satelit DMSP

Satelit DMSP merupakan satelit yang disinkronkan dengan Matahari (*sun-synchronous*) dengan ketinggian 830 km dan mempunyai orbit polar. Data yang dihasilkan dari satelit ini berupa citra profil muka bumi maupun atmosfernya, sehingga data satelit ini sering digunakan untuk memantau keadaan muka bumi dan untuk mengantisipasi kemungkinan fenomena yang terjadi di wilayah tertentu. Seri terakhir satelit DMSP yaitu seri F18 diluncurkan pada tanggal 18 Oktober 2009.

### 3.6 Metode Pengukuran

Pengukuran yang hanya dilakukan yaitu pengukuran langsung menggunakan SQM-LU yang dipasang di luar ruangan. Sedangkan pengukuran tidak langsung adalah pengukuran melalui satelit DMSP dengan instrumen OLS yang mengorbit bumi.

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

### 3.6.1 Pengukuran langsung

SQM-LU dipasang pada tiang di luar ruangan dengan mengarah ke zenit untuk pengukuran di kota Bandung (Sadang Serang dan Kopo), sedangkan SQM-LU di Observatorium Bosscha diarahkan  $45^\circ$  ke arah Bandung. Pengukuran dilakukan pada tiga tempat yang berbeda agar dapat dibedakan antara kecerahan langit akibat polusi cahaya dan kecerahan langit latar belakang. Kecerahan langit latar belakang yaitu kecerahan langit yang relatif tidak dipengaruhi oleh polusi cahaya, sehingga ditentukanlah lokasi pengukurannya di Observatorium Bosscha.



Gambar 3.1. SQM-LU Terpasang pada Tripod. Busur dan bandul digunakan untuk mengarahkan SQM-LU secara presisi



Gambar 3.2. Tabung SQM untuk pengukuran di luar (kiri) dan Pemasangan SQM pada Tiang (kanan). Lokasi pengamatan di Sadang Serang

Berikut langkah-langkah dalam metode pengukuran:

1. SQM-LU yang disertai wadah pelindung (pralon 3 inci) dipasang pada tiang di luar ruangan yang terhindar dari jangkauan cahaya.

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

2. SQM-LU dihubungkan ke komputer menggunakan kabel melalui port-USB.
3. Pembacaan variabel ukur menggunakan perangkat lunak tertentu yang sudah terpasang pada komputer yaitu *SQM Reader* atau *SQM Display*. *SQM Reader* dalam pembacaannya hanya dapat mengambil data secara kontinu minimal 1 menit, sedangkan *SQM Display* dapat mengambil data setiap 1 detik, maka dalam penelitian ini digunakan *SQM Display*. Perangkat lunak ini hanya digunakan untuk pengukuran di kota Bandung, yaitu di Sadang Serang dan Kopo, sedangkan pengukuran untuk di Observatorium Bosscha menggunakan *SQM Reader Pro*. *Serial port* yang dipilih untuk pembacaan data harus disesuaikan dengan *serial port* instrumen ini, melalui menu *Control Panel – System*.

### **3.6.2 Pengukuran tidak langsung**

Pengukuran tidak langsung merupakan pengukuran yang dilakukan oleh organisasi terkait untuk menghasilkan data sekunder berupa citra bumi malam hari. Data primer ini didapatkan dari satelit DMSP yang mengorbit bumi.

#### **3.6.2.1 Deskripsi arsip DMSP**

Data DMSP dihubungkan ke Thule AFB dan ditransmisikan ke AFWA (*Air Force Weather Agency*) melalui komunikasi satelit. Di AFWA, data dideskripsikan dan dikirim ke NGDC melalui koneksi T1 (Catatan: Maret 1992 – November 1996 data dikirim melalui pita berukuran 8mm). Data yang telah tiba disimpan dan disalin ke pita (*tape*). Data kemudian diproses menggunakan perangkat lunak yang dibuat oleh staf NGDC dan kontraktor perangkat lunak. Sekarang NGDC menerima dan memproses sekitar 8,5 GB data perhari dari keempat satelit. Pengolahan data terdiri dari navigasi ulang menyeluruh dari satelit, waktu penataan kembali data, membagi data terpisah oleh sensor,

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

memperbaiki masalah data karena bit membalik selama transmisi, mengatur data ke orbit dan menulis data ke sistem *tape* perpustakaan robotik.

### 3.6.2.2 Pengolahan sensor OLS

Data sensor OLS didekompresi, diatur kembali, direstrukturisasi dan digabungkan. Posisi orbit satelit dihitung menggunakan program empat badan orbital mekanik yang diamati. Penilaian kualitas terbuat dari setiap piksel dan dikarakterisasi untuk setiap *scan line* yang lengkap.

NGDC telah menyimpan citra analog aurora dari sensor DMSP-OLS sejak 1972. *National Snow and Ice Data Center* (NSIDC) mempertahankan arsip data analog OLS yang lain pada tahun 1979 – 1992. Sebuah file arsip terdiri dari orbit *header* dan data terekam yang dilakukan oleh *scan line*. Resolusi *scan line* yang halus terdiri dari 1465 visibel piksel, 1465 IR piksel, posisi orbit satelit, penilaian kualitas dan satelit lainnya beserta parameter-parameter astronomi. Sebuah *scan line* beresolusi tinggi terdiri dari 7325 dan informasi pendukung yang sama dari resolusi halus.

## 3.7 Data

Data primer SQM-LU berupa nilai kecerahan langit malam dalam satuan MPSAS yang telah terkalibrasi oleh temperatur lingkungan disaat beroperasi. Nilai kecerahan ini akan menunjukkan langit malam yang semakin gelap dengan semakin membesarnya nilai. Untuk pengambilan data kontinu dipilih setiap 5 detik dan secara otomatis selama 12 jam sepanjang malam. Hasil pembacaan tersimpan dalam format *.csv* yang berukuran sekitar 700 kb. Penamaan yang digunakan terdiri dari tanggal pengamatan dan nomor seri instrumen (hanya di Bosscha), sebagai contoh: 20130329-00001112; tahun 2013, bulan 03, tanggal 29,

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu



seri 1112. Contoh data yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 1, lampiran 2, dan lampiran 3.

Data sekunder DMSP berupa citra satelit bumi saat malam hari yang dapat diakses secara bebas pada situs NGDC (<http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>). Data ini berukuran 286 Mb per tahun dalam bentuk terkompresi yang berisi tiga jenis citra terkompresi pula (692 Mb berformat *.tif*), sehingga diperlukan ruang penyimpanan (*hard-disk*) dan memori komputer yang memadai. Citra ini berasal dari sensor OLS, *Version 4 DMSP-OLS Nighttime Lights Time Series*. Berkas-berkas citra ini merupakan data komposit bebas awan yang dibuat menggunakan arsip DMSP – OLS beresolusi tinggi. Ketika dua satelit mengumpulkan data, maka dua data pun dihasilkan untuk digabungkan. Hasil dari satelit dalam 30 *grid* detik busur, yang memutar -180 hingga 180 derajat garis bujur dan -65 hingga 75 derajat garis lintang. Berikut beberapa kriteria yang digunakan untuk memilih data terbaik yang akan dimasukkan dalam data komposit:

1. Lebar data merupakan setengah pusat 3000 km petak OLS. Cahaya di separuh pusat memiliki geolokasi yang lebih baik, lebih sempit, dan memiliki radiometri yang lebih konstan.
2. Data pengaruh cahaya matahari dihilangkan yang didasarkan pada sudut elevasi matahari.
3. *Glare* dihilangkan yang didasarkan pada sudut elevasi matahari.
4. Data pengaruh cahaya bulan dihilangkan yang didasarkan pada perhitungan iluminans bulan.
5. Pengamatan yang disertai awan dihilangkan yang didasarkan pada identifikasi awan menggunakan data *OLS thermal band* dan *National Center for Environmental Prediction (NCEP) surface temperature grids*.

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

6. Fitur cahaya dari aurora dihilangkan pada belahan bumi utara menggunakan inspeksi visual.

Setiap data komposit dinamai dengan satelit dan tahun (F121995 berasal dari satelit F12 untuk tahun 1995). Data yang tersedia dalam *Version 4 DMSP-OLS* terdiri dari tiga jenis, yaitu *cloud-free coverages*, *raw avg\_vis*, dan *stable\_lights*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *stable\_lights* yang merupakan pembersihan dari *avg\_vis* yang terdiri dari cahaya kota besar, kota kecil, dan wilayah lain yang memiliki pencahayaan, termasuk *flare* gas. Kejadian yang berlangsung tak lama, seperti kebakaran telah dihilangkan. Gangguan latar belakang telah teridentifikasi dan digantikan dengan nilai 0. Nilai data memiliki rentang 1 – 63. Area dengan pengamatan bebas awan diwakili dengan nilai 255.

Data satelit yang digunakan terdiri dari 33 citra *stable light* berukuran 692 Mb dari berbagai macam satelit. Data yang tersedia mulai tahun 1992 hingga 2012 dengan satelit F10, F12, F14, F15, F16, F18. Sebaran satelit dari setiap tahunnya ditunjukkan oleh tabel 3.2. Contoh citra satelit yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 3.2. Sebaran Satelit Setiap Tahunnya

Tahun	Satelit					
1992	F10					
1993	F10					
1994	F10	F12				
1995		F12				
1996		F12				
1997		F12	F14			
1998		F12	F14			
1999		F12	F14			
2000			F14	F15		
2001			F14	F15		

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

2002			F14	F15		
2003			F14	F15		
2004				F15	F16	
2005				F15	F16	
2006				F15	F16	
2007				F15	F16	
2008					F16	
2009					F16	
2010						F18
2011						F18
2012						F18

### 3.8 Reduksi Data

Reduksi data ditujukan untuk memfokuskan data yang masih melebar, sehingga data yang akan diolah lebih jelas. Langkah ini hanya digunakan untuk data satelit yang masih meliputi citra seluruh dunia. Citra ini direduksi menggunakan bantuan pengolah citra *ImageJ*. Citra diperbesar pada pulau Jawa terlebih dahulu, kemudian diperbesar lagi pada kota Bandung sehingga pengukuran dapat dilakukan dengan mudah. Langkah reduksi ini terdapat dalam langkah pengolahan data bagian 3.9.2.

### 3.9 Pengolahan Data

Data yang akan diolah terdiri dari dua jenis yaitu data primer berformat *.csv* yang berasal dari pembacaan SQM-LU dan data sekunder berformat *.tif* yang berasal dari satelit DMSP. Oleh karena format dan ukuran dari kedua data berbeda, maka dilakukan pengolahan yang berbeda pula. Untuk data berformat *.csv* dilakukan pengolahan menggunakan *MS Excel 2010* sehingga didapatkan

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

nilai kecerahan langit pada satu waktu (mengurutkan data), sedangkan data berformat *.tif* menggunakan pengolah citra *ImageJ*.

### 3.9.1 Pengolahan data SQM-LU

Terdapat dua cara untuk menentukan nilai kecerahan langit yang digunakan berdasarkan data hasil pengukuran menggunakan SQM-LU. Nilai kecerahan langit yang dipilih yakni pada saat malam tergelap yang ditunjukkan oleh nilai kecerahan terbesar. Cara pertama, yaitu dengan mengurutkan nilai kecerahan langit yang dimulai dari terbesar hingga terkecil, sehingga urutan pertama didapatkan sebagai malam tergelap. Sedangkan cara kedua, yaitu dengan membuat grafik perubahan kecerahan langit sepanjang malam, malam tergelap pada grafik ditunjukkan oleh puncak tertinggi. Langkah ini terdapat dalam lampiran 5.

### 3.9.2 Pengolahan data satelit DMSP

Perangkat lunak pengolah citra nir biaya *ImageJ* digunakan untuk mengolah data satelit DMSP yang berupa citra malam hari. *ImageJ* merupakan aplikasi yang berbasis Java. *ImageJ* dapat diunduh dari situs [rsbweb.nih.gov/ij/](http://rsbweb.nih.gov/ij/). Langkah pengolahan citra satelit dapat dilihat pada lampiran 6. Setelah langkah ini selesai dilakukanlah *smoothing*.

*Smoothing* data ditujukan untuk memperhalus data yang akan diolah, sehingga data mendekati normal. Cara ini dibutuhkan untuk data satelit DMSP karena nilai setiap piksel tidak bisa langsung dibandingkan dengan tahun-tahun yang berbeda. Untuk melakukan ini, diperlukan pengukuran nilai piksel untuk wilayah pengamatan setiap tahunnya menggunakan perangkat pengolah citra *ImageJ*. Pengukuran tersebut terdiri dari *Area*, *Mean*, *StdDev*, *Max*, *Min*, dan *IntDen*.

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

$$IntDen \approx Mean \times Area \quad (12)$$

Persamaan (12) merupakan persamaan yang menghubungkan antara *Mean* dan *IntDen* dari daerah yang dipilih (ROI = *Region Of Interest*), misalkan kota Bandung. Karena luas area yang diukur selalu konstan setiap tahunnya (kota yang sama), maka:

$$\frac{IntDen}{Mean} \approx const \quad (13)$$

Persamaan (13) dapat digambarkan sebagai grafik linear *IntDen* terhadap *Mean*. Dari grafik ini didapatkan persamaan linear yang nantinya akan digunakan untuk membuat grafik *IntDen* terhadap tahun. Grafik ini dibuat dengan memasukkan data *mean* yang telah diukur beserta standar deviasi. Persamaan dari grafik inilah yang akan digunakan untuk menghitung potensi kadar polusi cahaya kota pada tahun-tahun mendatang.

### **3.9.3 Perubahan skala citra satelit DMSP dan metode penentuan area pengukuran**

Perubahan skala ini ditujukan untuk mengetahui luas area sebenarnya (dalam km) pada wilayah yang akan dilakukan pengukuran. Skala yang diubah dengan bantuan *Google Earth* memiliki metode tersendiri untuk menentukan batas area pengukuran. Sedangkan, untuk skala yang diubah berdasarkan resolusi citra satelit DMSP, batas area pengukuran ditentukan dengan penyesuaian secara visual (mengambil area dalam kota/ bagian terang).

#### **3.9.3.1 Penggunaan *Google Earth***

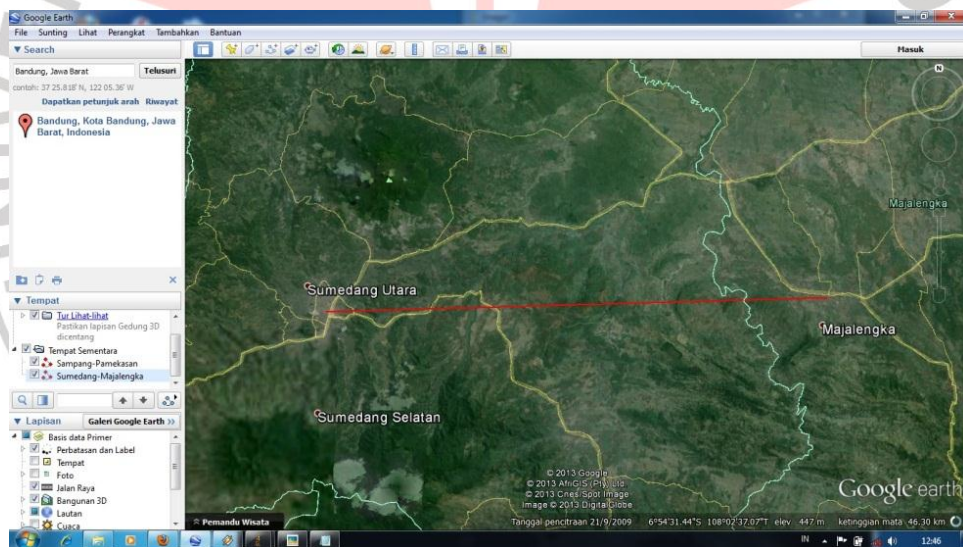
Skala pada citra diubah menjadi satuan kilometer dengan bantuan peta rupa bumi lain, contohnya *Google Earth*. Sebelumnya, dipilih dua lokasi yang

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

cukup berdekatan pada citra satelit untuk ditentukan jaraknya. Penentuan jarak ini digunakan bantuan *Google Earth*. Dua lokasi yang dipilih yakni Sumedang – Majalengka karena memiliki jarak yang cukup dekat dengan Bandung dan jarak antara keduanya pun tidak terlalu jauh sehingga pengaruh kelengkungan bumi relatif tidak berpengaruh dalam penentuan jaraknya. Kedua kota ini memiliki luas area yang tidak terlalu luas sehingga mudah untuk menentukan pusat kota ataupun pusat keramaian. Jarak kedua kota ini setelah dilakukan pengukuran dengan bantuan *Google Earth* yaitu 33,9 km. Kemudian pada *ImageJ* digunakan menu *toolbar Straight Lines* untuk menghubungkan kedua lokasi. Setelah selesai ditandai, kemudian skala citra satelit diubah menggunakan menu utama *Analyze/Set Scale*. Selanjutnya muncul jendela baru *Set Scale* untuk mengubah skala, dengan *Known distance* diisi sebagai jarak yang diketahui (33,9 km) dan *Unit length* diisi sebagai satuan km.

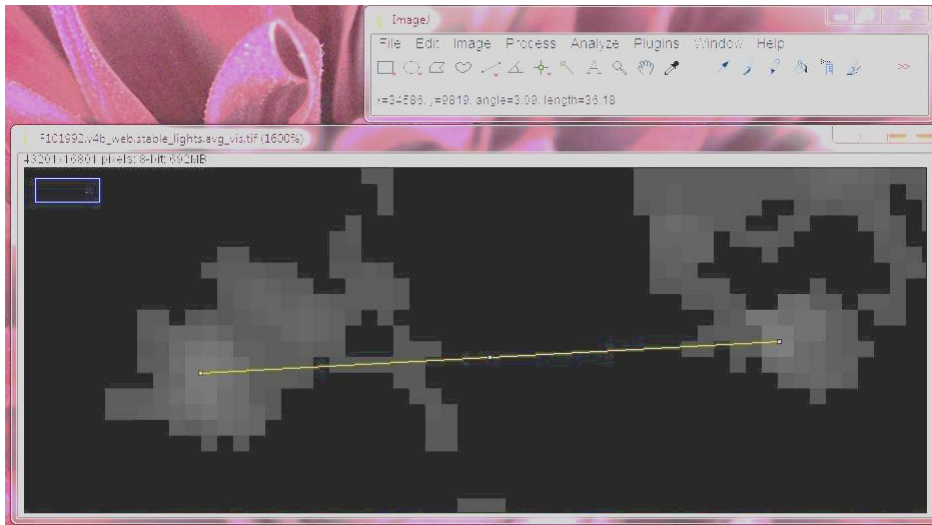


Gambar 3.3. Tampilan *Google Earth* untuk Pengukuran Jarak Sumedang – Majalengka. Ujung-ujung garis penghubung terletak pada pusat kota yang telah dibandingkan dengan citra satelit DMSP.

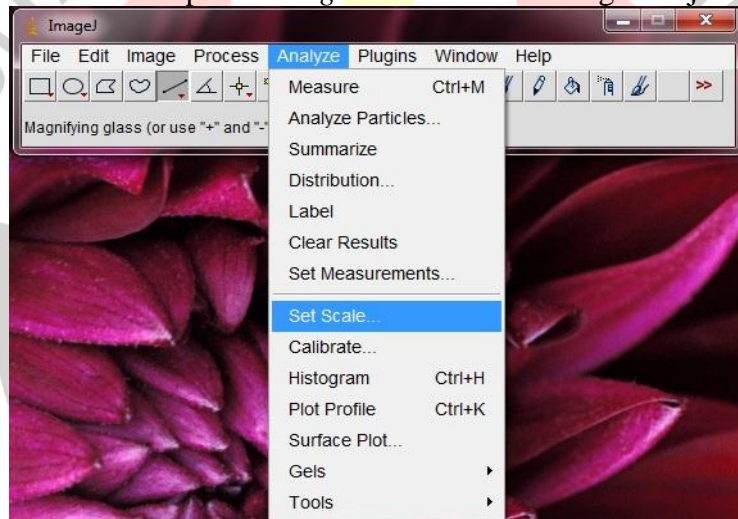
Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

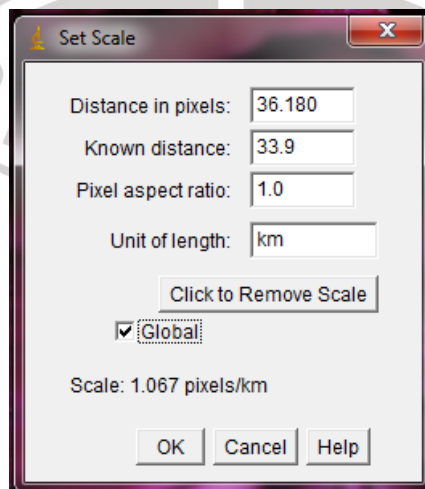
Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.4. Tampilan *Straight Lines* di Sumedang – Majalengka



Gambar 3.5. Tampilan Menu *Analyze* untuk *Set Scale*



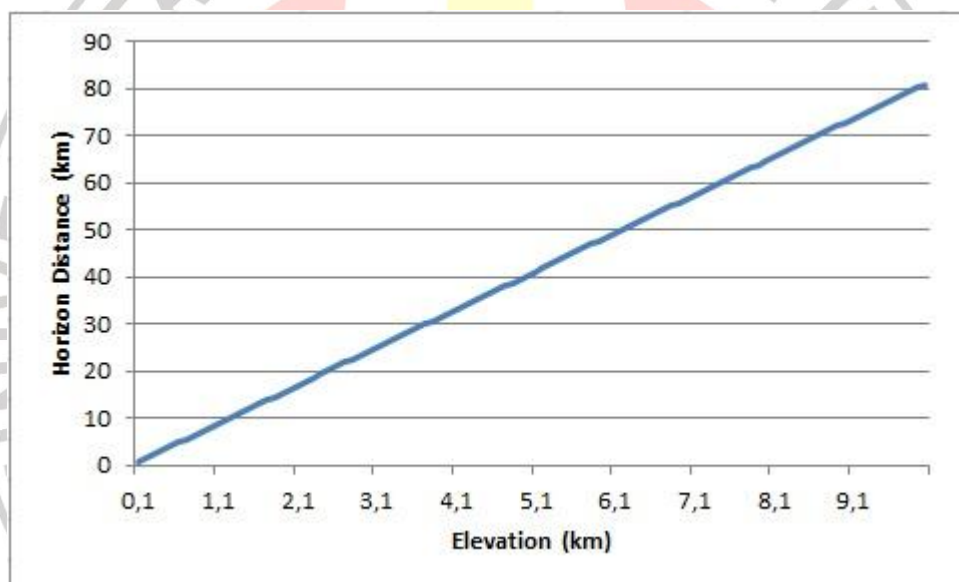
Gambar 3.6. Tampilan Jendela *Set Scale*

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

Untuk menentukan batas area kota Bandung yang akan diukur polusi cahayanya, digunakan *Horizon Distance* (HD) yang berkaitan dengan ketinggian wilayah tersebut. Karena wilayah kota Bandung memiliki ketinggian 768 m dpl, maka HD yang didapatkan 7,31 km. Hal ini berkaitan dengan trigonometri untuk melingkupi seluruh area kota Bandung. HD yang digunakan merupakan modifikasi dari HD yang telah ada. Modifikasi ini dilakukan agar wilayah Bandung dapat terukur secara optimal yang disesuaikan dengan ketinggiannya. Formula dari modifikasi ini merupakan fungsi trigonometri dari ketinggian kota Bandung.



Grafik 3.1. Modifikasi *Horizon Distance* Kota Bandung

Kota Bandung memiliki luas wilayah  $L=167,67 \text{ km}^2$  ([http://id.wikipedia.org/wiki/Kota\\_Bandung](http://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Bandung)), sehingga jika didekati dengan luas area lingkaran, kota Bandung akan memiliki jari-jari atau *Horizon Distance* (HD):

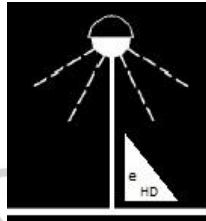
$$L = \pi r^2 \quad (14)$$

$$r = \sqrt{\frac{L}{\pi}} \quad (15a)$$

$$r = 7,31 \text{ km} \quad (15b)$$



*Horizon distance* dan ketinggian suatu wilayah dihubungkan oleh trigonometri. Hal ini berkaitan dengan luas area yang dapat diterangi oleh lampu yang memiliki ketinggian tertentu.



Gambar 3.7. Pendekatan Pencahayaan Lampu dengan Trigonometri (Sumber gambar: *The Institution of Lighting Engineers-IIE*). HD: *Horizon Distance* dan e: *Elevation*

Karena kota Bandung memiliki jari-jari atau HD 7,31 km dan ketinggian 768 mdpl ( $e = 0,768$  km dpl), maka sudut pencahayaan yang berkaitan adalah:

$$\tan \theta = \frac{HD}{e} \quad (16)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{HD}{e}\right) \quad (17a)$$

$$\theta = 84^\circ \quad (17b)$$

Jadi sudut pencahayaan yang dibutuhkan yaitu  $84^\circ$  agar seluruh kota Bandung terlingkupi oleh batas area pengukuran pada *ImageJ*.



Gambar 3.8. Ilustrasi Trigonometri

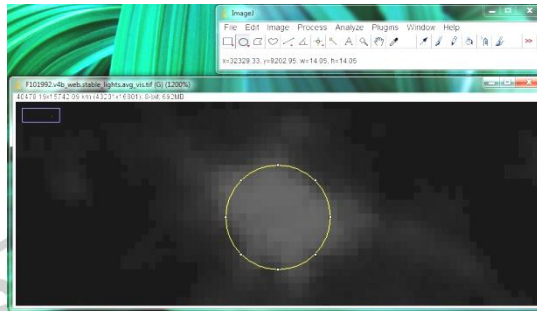
Lingkaran area yang melingkupi kota Bandung digambarkan pada citra satelit menggunakan menu *toolbar Oval*. Diameter lingkaran disesuaikan dengan diameter kota Bandung, yakni dua kali HD sebesar 14,62 km (pada *ImageJ* didekati dengan nilai 14,05 km karena tidak bisa mendapatkan nilai yang sama). Diameter akan muncul sebagai “w” dan “h” pada *ImageJ* sehingga akan memudahkan dalam pembentukan lingkaran. Pinggiran (sisi kiri atas) dari

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

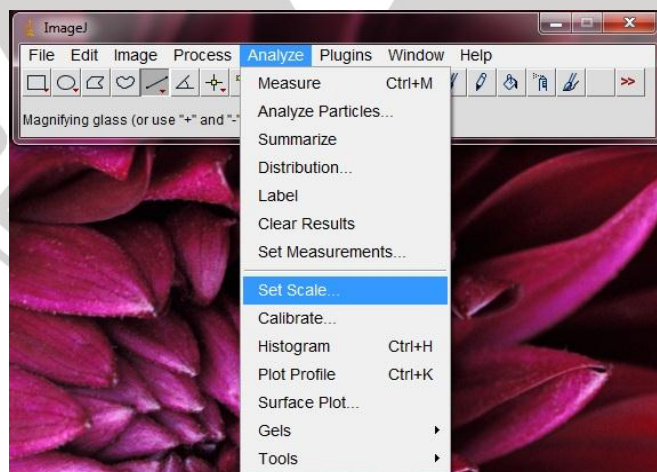
lingkaran muncul sebagai koordinat X,Y sehingga memudahkan dalam menempatkan lingkaran pada citra pada tahun yang berbeda. Koordinat tersebut [32329,33 ; 9202,95].



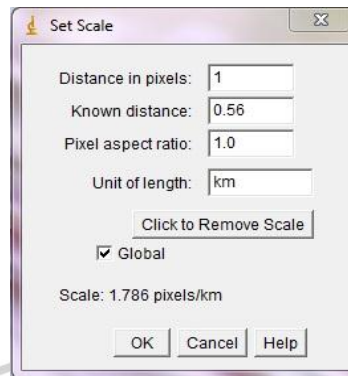
Gambar 3.9. Area Batas Ukur Kota Bandung dengan Pendekatan *Horizon Distance*

### 3.9.3.2 Penggunaan resolusi satelit

Skala pada citra diubah menjadi satuan kilometer yang disesuaikan dengan resolusi citra satelit DMSP, yaitu 0,56 km. Dengan menggunakan menu utama *Analyze/ Set Scale*. Selanjutnya muncul jendela baru *Set Scale* untuk mengubah skala, dengan *Known distance* diisi oleh resolusi yang diketahui dan *Unit length* diisi sebagai satuan km. Kemudian bagian *Global* ditandai ( $\surd$ ) agar setiap citra yang akan dilakukan pengukuran tidak perlu disesuaikan kembali skalanya.



Gambar 3.10. Tampilan Menu *Analyze* untuk *Set Scale*



Gambar 3.11. Tampilan Jendela *Set Scale*

Citra diperbesar pada kota Bandung sebesar 800%. Kemudian lingkaran area yang melingkupi kota Bandung digambarkan pada citra satelit menggunakan menu *toolbar Oval*. Diameter lingkaran disesuaikan dengan area kota Bandung yang terang, yakni 8,4 km. Diameter akan muncul sebagai “w” dan “h” pada *ImageJ* sehingga akan memudahkan dalam pembentukan lingkaran. Pinggiran (sisi kiri atas) dari lingkaran muncul sebagai koordinat X,Y sehingga memudahkan dalam menempatkan lingkaran pada citra ditahun yang berbeda. Koordinat tersebut [19322,80 ; 5500,88].



Gambar 3.12. Area Batas Ukur Kota Bandung

### 3.9.4 Penentuan kadar polusi cahaya

Berdasarkan data SQM-LU, dapat diketahui potensi polusi cahaya terkini di suatu kota atau wilayah tertentu. Kadar polusi cahaya ini dapat direpresentasikan secara kualitatif oleh keadaan langit malam dengan

Luthfiandari, 2014  
 PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN  
 CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

menggunakan skala pengukuran *Bortle Dark-Sky Scale* dan Pembagian Situs menurut Murdin. Sedangkan untuk pengukuran kadar polusi cahaya secara kuantitatif dapat menggunakan formula Walker yang ditunjukkan oleh persamaan (11). Formula ini digunakan untuk data hasil pengamatan SQM-LU yang mengukur kecerahan langit latar belakang dan kecerahan langit akibat polusi cahaya (*Sky Glow*).

Untuk menentukan pemborosan energi dan biaya yang dikeluarkan tentulah diperlukan nilai *L (efficacy)* bergantung terhadap jenis lampu yang digunakan dan biaya per kWh. *Sky Glow* yang dihasilkan akibat penerangan berlebih didominasi oleh lampu Penerangan Jalan Umum (PJU), sehingga untuk menghitung kadar polusi cahaya digunakanlah *efficacy* untuk berbagai jenis lampu PJU. Lampu PJU terdiri dari bermacam-macam jenis berdasarkan karakteristik dan penggunaannya.

Tabel 3.3. Jenis Lampu PJU Berdasarkan Karakteristiknya (sumber: SNI7391 tentang Spesifikasi Penerangan Jalan di Perkotaan)

Jenis Lampu	Efisiensi rata-rata (lumen/watt)	Umur rencana rata-rata (jam)	Daya (watt)	Pengaruh terhadap warna objek
Lampu tabung <i>fluorescent</i> tekanan rendah	60 – 70	8.000 – 10.000	18 – 20; 36 – 40	Sedang
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	50 – 55	16.000 – 24.000	125; 250; 400; 700	Sedang
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	100 – 200	8.000 – 10.000	90; 180	Sangat buruk
Lampu gas sodium	110	12.000 –	150;	Buruk

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

tekanan tinggi (SON)		20.000	250; 400	
----------------------	--	--------	----------	--

Tabel 3.4. Keterangan Jenis Lampu PJU  
(Sumber: SNI7391 tentang Spesifikasi Penerangan Jalan di Perkotaan)

Jenis Lampu	Keterangan
Lampu tabung <i>fluorescent</i> tekanan rendah	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Untuk jalan kolektor dan lokal;</li> <li>– Efisiensi cukup tinggi tetapi berumur pendek;</li> <li>– Jenis lampu ini masih digunakan untuk hal-hal yang terbatas.</li> </ul>
Lampu gas merkuri tekanan tinggi (MBF/U)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Untuk jalan kolektor, lokal, dan persimpangan;</li> <li>– Efisiensi rendah, umur panjang, dan ukuran lampu kecil;</li> <li>– Jenis lampu ini masih dapat digunakan secara terbatas.</li> </ul>
Lampu gas sodium bertekanan rendah (SOX)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Untuk jalan kolektor, lokal, persimpangan, terowongan, tempat peristirahatan (<i>rest area</i>);</li> <li>– Efisiensi sangat tinggi, umur cukup panjang, ukuran lampu besar sehingga sulit untuk mengontrol cahayanya dan cahaya lampu sangat buruk karena warna kuning;</li> <li>– Jenis lampu ini dianjurkan digunakan karena faktor efisiensinya yang sangat tinggi.</li> </ul>
Lampu gas sodium tekanan tinggi (SON)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Untuk jalan tol, arteri, kolektor, persimpangan besar/luas dan <i>interchange</i>;</li> <li>– Efisiensi tinggi, umur sangat panjang, ukuran lampu kecil, sehingga mudah pengontrolan cahayanya;</li> <li>– Jenis lampu ini sangat baik dan sangat dianjurkan untuk digunakan.</li> </ul>

Tabel 3.5. Tarif Tegangan Listrik untuk PJU pada Tahun 2013  
(Sumber: Permen No.30 Tahun 2012 tentang TTL)

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

Bulan	Harga/kWh (Rp)
Januari – Maret	861
April – Juni	904
Juli – September	949
Mulai Oktober	997

Untuk penentuan kadar polusi cahaya berdasarkan data satelit DMSP digunakan *ImageJ* seperti pada pengolahan data. Secara kualitatif, kadar polusi cahaya dapat dilihat perkembangannya setiap tahun sejak tahun 1992 hingga 2012. Potensi polusi cahaya ditahun mendatang dapat diprediksi pula menggunakan ekstrapolasi dari pendekatan persamaan yang dibentuk oleh grafik *Integrated Density*. Selain secara kualitatif, kadar polusi cahaya berdasarkan data satelit DMSP dapat diprediksi secara kuantitatif. Kadar polusi cahaya dalam bentuk *Integrated Density* dapat diubah ke dalam besaran energi, tetapi hanya untuk satelit F12 dan F16 karena kedua satelit ini telah dikalibrasi sebelum peluncurannya. Konversi tersebut yakni, F12:  $1,47864 \times 10^{-10}$  Watt/cm<sup>2</sup>/sr dan F16:  $1,51586 \times 10^{-10}$  Watt/cm<sup>2</sup>/sr.

### 3.10 Interpretasi

Hasil pengolahan data satelit DMSP ditampilkan dalam bentuk grafik perubahan polusi cahaya setiap tahunnya. Grafik ini didekati dengan beberapa persamaan, sehingga dapat menginterpretasikan kadar polusi cahaya kota Bandung di tahun-tahun mendatang. Data hasil pengamatan SQM-LU di kota Bandung merupakan data polusi cahaya terbaru pada tahun 2013, sedangkan data satelit DMSP merupakan data polusi cahaya terdahulu (1992 – 2012). Kedua data ini dapat dikombinasikan sehingga mendapatkan grafik perkembangan polusi cahaya kota Bandung dan dapat diketahui laju pertumbuhannya. Selain itu, grafik ini dapat dibandingkan dengan perkembangan populasi kota Bandung sehingga dapat diketahui hubungan antara keduanya.

Luthfiandari, 2014

PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM

Universitas Pendidikan Indonesia | Repository.upi.edu | Perpustakaan.upi.edu

Untuk melihat pengaruh polusi cahaya terhadap perekonomian kota Bandung, dapat dilihat dari nilai pemborosan energi listrik yang digunakan pada tahun 2013. Sedangkan untuk melihat pengaruh polusi cahaya terhadap astronomi, dapat dilihat dari nilai kecerahan langit yang terukur. Nilai kecerahan yang terukur ini dapat dibandingkan dengan *Bortle Dark Sky Scale*, sehingga dapat dianalisis pengaruh polusi cahaya terhadap para astronom. Dapat pula lokasi pengamatan diidentifikasi menggunakan pembagian situs menurut Murdin, sehingga dapat diketahui jenis lokasi yang digunakan.



**Luthfiandari, 2014**

*PENGUKURAN POLUSI CAHAYA KOTA BANDUNG MENGGUNAKAN FOTOMETER PORTABEL DAN CITRA MALAM HARI DEFENSE METEOROLOGICAL SATELLITE PROGRAM*

Universitas Pendidikan Indonesia | [Repository.upi.edu](http://Repository.upi.edu) | [Perpustakaan.upi.edu](http://Perpustakaan.upi.edu)