

Pengukuran Kecerahan Langit (*Sky Brightness*) Observatorium Bosscha Menggunakan Teleskop Portabel dan CCD

F. Azzahidi^{1*}, M. Irfan², dan J. A. Utama¹

¹Jurusan Pendidikan Fisika, FPMIPA – UPI, Bandung, Indonesia

²Observatorium Bosscha, FMIPA – ITB, Bandung, Indonesia

*E-mail: zahidseven@yahoo.com

ABSTRAK

Pengukuran kecerahan langit sangat diperlukan karena kecerahan langit merupakan acuan utama dalam penentuan kualitas langit malam suatu situs pengamatan atau observatorium. Selain itu juga dapat memberikan kontribusi galat (*error*) dalam pengamatan fotometri atau pengukuran kuat cahaya objek-objek langit. Ada sepuluh objek langit yang digunakan dalam pengukuran kecerahan langit ini yang mengacu pada bintang-bintang standar fotometri pada katalog bintang UBVR Johnson, *epoch* 2000. Dari hasil pengukuran yang dilakukan dalam rentang 6-9 Juli 2011 dengan menggunakan teknik fotometri bukaan diperoleh nilai koefisien ekstingsi sebesar $k_v = 0,24594 \pm 0,01821$, $k_{bv} = 0,07052 \pm 0,03727$, $k_{vr} = 0,01948 \pm 0,02009$ dan $k_{vi} = 0,09052 \pm 0,02269$. Nilai kecerahan langit terhadap jarak zenit menunjukkan nilai yang semakin mengecil dalam nominalnya (semakin terang) dengan semakin bertambahnya jarak zenit, sedangkan terhadap jarak azimut menunjukkan nilai yang juga mengecil dalam nominalnya (semakin terang) dengan semakin dekatnya area langit pengamatan dengan pusat kota Lembang.

Kata Kunci: Fotometri bukaan – Koefisien ekstingsi – Kecerahan langit

1 PENDAHULUAN

Fotometri merupakan cabang sains yang berkenaan dengan pengukuran energi foton. Dari sini, yang dimaksud dengan fotometri astronomi adalah peneraan akurat radiasi elektromagnet objek langit pada panjang gelombang tertentu (monokromatik).

Pengukuran kecerahan langit merupakan kegiatan untuk memperoleh informasi mengenai seberapa besar kecerahan langit latar belakang dari objek pengamatan astronomi pada suatu situs pengamatan atau observatorium guna mengetahui batas kemampuan detektor astronomi menangkap sinyal objek yang paling redup di situs pengamatan atau observatorium tersebut.

Dari hasil pengukuran kecerahan langit yang pernah dilakukan sebelumnya, yakni Senja (1999) menggunakan data pengamatan Malasan (1994), dengan menggunakan teleskop reflektor GOTO 45 cm melalui metode fotometri fotoelektrik diperoleh sebesar $15,96 \text{ mag./(")}^2$ untuk jarak zenit $z = 25,1^\circ$. Pengukuran kecerahan langit selanjutnya dilakukan oleh Nugroho (2006) menggunakan teleskop Celestron Nexstar GPS 8" dan CCD ST-7XE, diperoleh sebesar 18 mag./(")^2 untuk $z = 40^\circ$.

Studi secara kuantitatif mengenai kecerahan langit malam di Observatorium Bosscha diperlukan untuk menjadi bahan acuan mengenai kualitas langit malam di situs pengamatan tersebut. Jadi yang ingin diketahui disini adalah mengenai berapa kecerahan langit Observatorium Bosscha saat ini

dan bagaimana nilainya dibandingkan dengan hasil pengukuran sebelumnya.

2 METODE

Metode yang dipilih dalam melakukan pengamatan bintang standar adalah fotometri absolut dengan teknik *aperture photometry*. Ide dasar yang Penulis kerjakan adalah mengamati bintang standar yang tersebar mewakili berbagai massa udara (*air mass*). Dalam setiap pengamatan harus memperhitungkan pengaruh ekstingsi, yaitu pelemahan cahaya bintang oleh atmosfer bumi.

2.1 Teknik Pengukuran

Karena langit tidak memiliki kecerahan standar, maka langit latar belakang yang akan diukur kecerahannya tidak berjauhan dengan objek langitnya.

Setiap pengamatan bintang akan selalu mengandung informasi terang langit latar belakang di samping terang bintangnya. Hal ini karena ukuran diafragma yang melewatkan cahaya bintang ke detektor pada fokus teleskop tidak mungkin hanya melewatkan cahaya bintangnya saja, tetapi termasuk juga cahaya langit latar belakangnya. Oleh karena itu pengukuran terang bintang selalu disertai pengukuran terang langit latar belakangnya.

Untuk memisahkan fluks cahaya bintangnya (I_{star}), dilakukan dengan mengurangkan fluks cahaya langit latar belakangnya (I_{sky}) terhadap fluks

cahaya bintang dan langit latar belakangnya ($I_{star+sky}$).

2.2 Koreksi Ekstingsi Atmosfer Bumi

Tujuannya koreksi ini adalah mengeliminasi efek ekstingsi atmosfer bumi dengan cara memperoleh nilai koefisien ekstingsi k dalam satuan mag./massa udara.

$$m(\lambda) = m(\lambda_0) + kX(z), \tag{1}$$

Dalam Persamaan (1), $m(\lambda)_0$ merupakan magnitudo "ekstra-atmosfer" dan $X(z)$ adalah massa udara.

2.3 Transformasi ke Sistem BVRI Johnson

Magnitude yang diperoleh masih merupakan magnitudo instrumen, sehingga perlu dilakukan kalibrasi ke sistem UBVR Johnson dan menurunkan koefisien transformasi magnitudo, indeks warna standard, dan konstanta titik nol. Untuk magnitudo dan indeks warna instrumen yang telah dikoreksi terhadap ekstingsi atmosfer, maka persamaan untuk transformasi magnitudo ke sistem UBVR Johnson adalah:

$$\begin{aligned} V - v_0 &= \varepsilon(B - V) + \zeta_v \\ (B - V) - (b - v)_0 &= (1 - 1/\mu)(B - V) + \zeta_{bv}/\mu \\ (V - R) - (v - r)_0 &= (1 - 1/\psi)(V - R) + \zeta_{vr}/\psi \\ (V - I) - (v - i)_0 &= (1 - 1/\chi)(V - I) + \zeta_{vi}/\chi \end{aligned} \tag{2}$$

di mana B, V, R, I merupakan magnitudo katalog, $v_0, (b-v)_0, (v-r)_0, (v-i)_0$ merupakan magnitudo ekstra-atmosfer yang diperoleh melalui persamaan (1), $\varepsilon, \mu, \psi, \chi$ adalah koefisien transformasi, dan $\zeta_v, \zeta_{bv}, \zeta_{vr}, \zeta_{vi}$ merupakan konstanta titik nol (*zero point*). Nilai koefisien transformasi dan konstanta titik nol ini yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan magnitudo standar langit latar belakang.

3 PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan di Observatorium Bosscha FMIPA ITB, Lembang (107° 37' Bujur Timur dan 6° 49' Lintang Selatan) dengan ketinggian 1310 meter di atas permukaan laut. Pengamatan dilakukan tanggal 6-9 Juli 2011 dan fase Bulan saat pengamatan adalah 25–50% (*waxing crescent-first quarter*). Ada 10 bintang terekam selama waktu pengamatan yang mengacu pada katalog bintang standar fotometri Johnson (*epoch 2000*).

3.2 Instrumen Penelitian

- Detektor: kamera CCD SBIG-ST7XME
- Temperature CCD saat pengamatan: ~ -10°C.

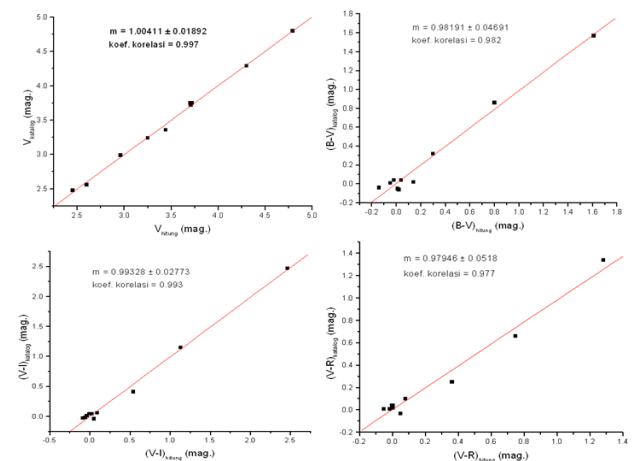
- Kolektor: teleskop Vixen VMC200L
- Analisator: filter Bessel BVRI
- Mounting Vixen Sphinx SXW Equatorial
- Dew cap

4 PENGOLAHAN DATA

Dari citra bintang yang telah direduksi dapat ditentukan magnitudo semu dan warna instrumen dengan metode fotometri bukaan. Metode ini mudah diterapkan sekaligus berpresisi tinggi, terutama bila medan tidak terlalu rapat. Prinsip dari metode ini adalah mendefinisikan suatu cincin/lingkaran digital dengan radius yang dapat diatur untuk mengukur magnitudo suatu sumber cahaya titik. Cincin tersebut diletakkan sedemikian rupa sehingga mengurung objek guna mendapatkan informasi intensitas sinyal bintang dan sinyal langit sekaligus dalam satuan ADU (*Analog Digital Unit*).

Dalam pengolahan data ini digunakan tiga buah cincin digital sekaligus dengan radius yang berbeda-beda. Cincin terdalam memberikan nilai intensitas bintang, sementara cincin terluar untuk intensitas langit. Cincin yang terletak di tengah (cincin ke dua), berperan sebagai pembatas wilayah untuk meyakinkan tidak adanya sinyal dari objek yang akan "mengotori" estimasi sinyal langit atau sebaliknya. Intensitas bintang yang telah diperoleh tersebut kemudian digunakan untuk memperoleh magnitudo instrumen bintang yang selanjutnya akan digunakan dalam Persamaan (1) untuk mengoreksi efek ekstingsi atmosfer.

Langkah selanjutnya adalah melakukan transformasi magnitudo instrumen ke magnitudo standar menggunakan Persamaan (2). Tabel 1 dan Gambar 1 menyediakan informasi magnitudo hasil perhitungan dan magnitudo standar katalog.



Gambar 1. Grafik magnitudo perhitungan terhadap magnitudo standar katalog.

Tabel 1. Perbandingan nilai magnitudo dan indeks warna perhitungan dengan nilai catalog.

HR	V_{katalog}	V_{hitung}	$(B-V)_{\text{katalog}}$	$(B-V)_{\text{hitung}}$	$(V-R)_{\text{katalog}}$	$(V-R)_{\text{hitung}}$	$(V-I)_{\text{katalog}}$	$(V-I)_{\text{hitung}}$
6629	3,75	3,72	0,04	0,04	0,04	0,002	0,04	0,019
6629	3,75	3,70	0,04	-0,02	0,04	-0,004	0,04	-0,01
718	4,29	4,30	-0,06	0,02	0,02	0	-0,03	-0,09
8781	2,48	2,45	-0,04	-0,14	0,01	-0,02	-0,02	-0,06
45	4,8	4,79	1,57	1,61	1,34	1,28	2,47	2,46
7235	2,99	2,96	0,01	-0,05	0,01	-0,05	0,01	-0,04
6175	2,56	2,60	0,02	0,14	0,10	0,08	0,06	0,09
7377	3,36	3,44	0,32	0,30	0,25	0,36	0,41	0,54
7178	3,24	3,25	-0,05	0,01	-0,03	0,05	-0,04	0,05
7602	3,72	3,71	0,86	0,80	0,66	0,75	1,15	1,13

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa magnitudo standar katalog dan magnitudo perhitungan memiliki perbedaan yang sangat kecil, hal ini berarti persamaan transformasi yang dibangun dapat mereproduksi nilai-nilai katalog dengan baik. Sementara dari Gambar 2

5 HASIL DAN DISKUSI

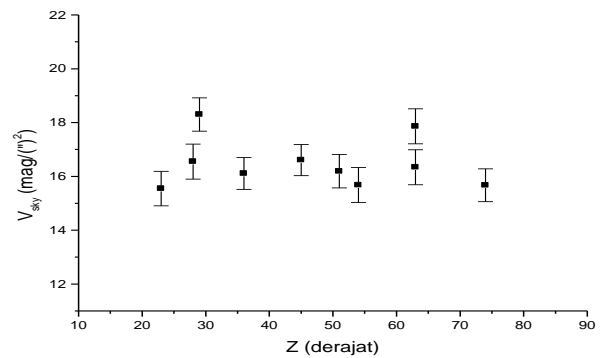
Untuk mendapatkan nilai magnitudo langit ekstra-atmosfer harus dilakukan koreksi terhadap ekstingsi. Koreksi terhadap ekstingsi dilakukan dengan menerapkan nilai koefisien ekstingsi yang telah diperoleh sebelumnya kedalam Persamaan (1) untuk $m(\lambda_0)_{sky}$. Setelah mendapatkan nilai magnitudo langit ekstra-atmosfer maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai magnitudo standar langit dalam sistem *UBVRI* Johnson (*epoch* 2000) dengan cara menerapkan nilai koefisien transformasi dan konstanta titik nol yang telah diperoleh pada perhitungan sebelumnya kedalam Persamaan (2) untuk mendapatkan V_{sky} . Hasil perhitungan sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2 telah dikonversi ke dalam satuan $\text{mag./}(\text{''})^2$.

Untuk melihat kecenderungan dari nilai kecerahan langit yang telah diperoleh terhadap

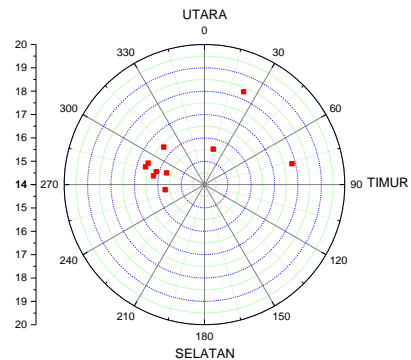
Tabel 2. Nilai kecerahan langit dalam satuan $\text{mag./}(\text{''})^2$

V_{sky}	$Z (^{\circ})$	Azimut ($^{\circ}$)	S/N
16,11	36	284,58	0,59
16,19	51	279,27	0,62
17,86	63	76,92	0,65
15,55	23	14,80	0,64
18,30	29	23,18	0,62
15,67	74	286,62	0,61
15,68	54	261,85	0,65
16,55	28	290,72	0,65
16,34	63	312,60	0,65
16,61	45	286,48	0,58

jarak zenit (z) dan azimut, dibangun dua buah grafik yang ditunjukkan dalam Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Grafik V_{sky} terhadap jarak zenit (z).



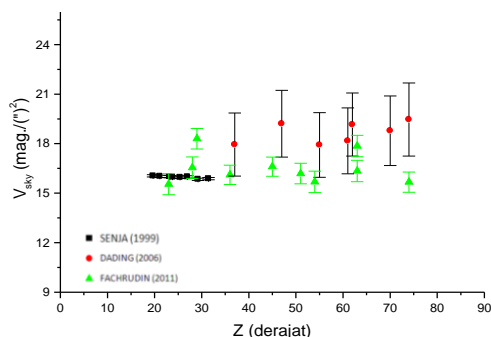
Gambar 3. Grafik V_{sky} terhadap azimut.

Gambar 2 menunjukkan kecenderungan nilai V_{sky} yang mengecil dalam nominalnya dengan semakin bertambahnya jarak zenit. Artinya langit yang semakin terang dengan membesarnya jarak zenit. Untuk melihat bagaimana pengaruh cahaya kota terhadap nilai pengukuran kecerahan langit, grafik pada Gambar 3 dipetakan ke dalam diagram polar. Dari Gambar 3 dan 4, dapat dilihat bahwa bintang-bintang pengamatan rata-rata berada di rentang azimut 270° - 300° (barat laut), yang artinya mengarah ke pusat kota Lembang yang padat

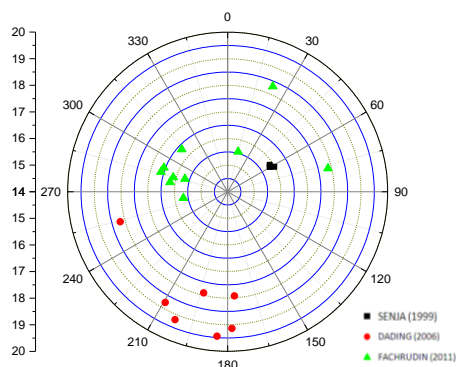
penduduk. Untuk rentang azimut 0°-90° (timur laut) diperoleh kecerahan langit yang lebih besar, yang artinya langit lebih gelap. Hal ini dapat dipahami mengingat daerah tersebut merupakan wilayah yang relatif menjauhi pusat kota. Gambar 4 menunjukkan bahwa cahaya kota sangat berpengaruh secara langsung terhadap tingkat kecerahan langit saat pengukuran.

Perbandingan nilai kecerahan langit terhadap hasil yang diperoleh peneliti sebelumnya, yakni Senja (1999) dan Nugroho (2006), perlu dilakukan untuk melihat perubahan kecerahan langit yang terjadi.

Gambar 4 menunjukkan perbandingan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dan penelitian sebelumnya.



Gambar 4. Grafik kecerahan langit Observatorium Bosscha FMIPA ITB dari ketiga pengukuran terhadap jarak zenit



Gambar 5. Diagram polar kecerahan langit Observatorium Bosscha FMIPA ITB dari ketiga pengukuran terhadap azimut.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa nilai kecerahan langit Observatorium Bosscha FMIPA ITB semakin besar (semakin gelap). Hal ini

bertolak belakang dengan dugaan awal bahwa kecenderungan kecerahan langit yang akan berubah semakin terang, mengingat wilayah sekitar Observatorium Bosscha FMIPA ITB yang dari tahun ke tahun mengalami perkembangan. Akan tetapi bila mengacu pada besarnya nilai galat pengukuran, maka kecenderungan yang dihasilkan tersebut dapat diartikan sebagai akibat galat dalam pengukuran yang dilakukan. Gambar 5 menunjukkan nilai kecerahan langit terbesar untuk arah selatan, kemudian arah barat laut, dan paling kecil di arah timur laut untuk masing-masing pengukuran. Masing-masing area langit pengamatan akan memberi kontribusi cahaya kota yang berbeda-beda yang secara langsung mempengaruhi nilai pengukuran. Arah selatan dari Observatorium Bosscha FMIPA ITB merupakan kawasan kota Bandung, arah barat laut merupakan pusat kota Lembang, dan untuk arah timur laut merupakan pinggiran kota Lembang.

6 KESIMPULAN

Variasi nilai kecerahan langit di wilayah Observatorium Bosscha FMIPA ITB terhadap jarak zenit dari hasil pengukuran diperoleh dengan kecenderungan yang menunjukkan langit yang semakin terang dengan bertambah besarnya jarak zenit. Sementara itu, variasi nilai kecerahan langit terhadap azimut menunjukkan kecenderungan langit yang semakin terang dengan arah azimut yang bersesuaian dengan pusat kota Lembang.

Dari perbandingan nilai pengukuran kecerahan langit ini terhadap hasil pengukuran tahun-tahun sebelumnya, diketahui adanya penurunan kecerahan langit (langit yang semakin gelap) dari hasil pengukuran pada tahun 1999. Hal ini karena adanya kontribusi galat dalam pengukuran terbaru yang telah dilakukan.

7 PUSTAKA

Malasan, H. L., 1995, *Atmospheric Extinction Coefficients Over Lembang Based On Astronomical Photometry*, ITB
 Nugroho, H. D., 2006, *Pengukuran Kecerahan Langit Malam di Observatorium Bosscha*
 Senja, M. A., 1999, *Penentuan Kecerahan Langit Malam di Observatorium Bosscha-Lembang: Observasi dan Model*. Tugas akhir, ITB