

PENENTUAN KOEFISIEN EKSTINGSI CLUSTER BINTANG IC 4665 MENGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR DENGAN PEMOGRAMAN PYTHON

Furtuosa De Fatima Amaral¹, Ali Warsito¹ dan Emanuel Sungging Mumpuni²

¹Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto Penfui, Kupang,
Nusa Tenggara Timur, 85001, Indonesia

²ORPA, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl.M.H Thamrin No 8, Jakarta, 10340, Indonesia
E-mai: ali.warsito@staf.undana.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengamati cluster bintang IC 4665 yang dipilih karena dekat dengan Bumi, mudah diamati, memiliki populasi bintang yang banyak, dan usia yang relatif muda. Pengamatan dilakukan menggunakan teleskop dan kamera CCD pada berbagai filter. Proses pengolahan melibatkan pra- pemrosesan, reduksi gambar, dan analisis fotometri bukaan untuk mendapatkan nilai magnitudo instrumen. Persamaan transformasi magnitudo diperoleh melalui regresi linear sederhana menggunakan Excel dan Python. Hasil perhitungan koefisien ekstingsi berdasarkan aplikasi Excel dan Python berturut-turut adalah 0,478 dan 0,478, menunjukkan nilai yang baik sesuai dengan kondisi langit minim polusi cahaya di Tilong, Nusa Tenggara Timur

Kata kunci: *Reduksi citra; regresi linear; Aperture Photometry; Ekstingsi*

Abstract

This research observes the star cluster IC 4665, chosen because it is close to Earth, easy to observe, has a large population of stars, and is relatively young. Observations were conducted using a telescope and CCD camera with various filters. The processing involves pre-processing, image reduction, and aperture photometry analysis to obtain the instrument's magnitude value. The magnitude transformation equation was obtained through simple linear regression using Excel and Python. The results of the extinction coefficient calculations based on the Excel and Python applications were 0.478 and 0.478, respectively, indicating a good value in accordance with the low light pollution conditions in the sky of Tilong, East Nusa Tenggara.

Keywords: *Image reduction; linear regression; Aperture Photometry; Extinction*

PENDAHULUAN

Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu provinsi yang terletak di tenggara Indonesia yang berbatasan langsung dengan laut Flores di sebelah utara, dan samudra Hindia di sebelah selatan, berada pada posisi 8° - 12° lintang selatan dan 118° - 125° bujur timur [1].

Berdasarkan data satelit meteorologi dengan rentang waktu 15 tahun (1996 - 2010), wilayah tenggara Indonesia terutama Nusa Tenggara Timur mempunyai nilai fraksi kecerahan langit yang jelas secara konsisten lebih besar dari wilayah lain, dengan nilai sebesar 70 persen [2]. Fotometri astronomi adalah peneraan secara akurat radiasi elektromagnetik objek langit pada panjang gelombang tertentu (monokromatik). Ekstingsi adalah penyebaran dan penyerapan gelombang

elektromagnetik (dalam hal ini cahaya) oleh gas dan debu diantara obyek yang bersinar dan pengamat. Banyak hal disekitar yang dapat membuat efek ekstingsi atmosfer misalnya Atmosfer Bumi dapat menyebarkan dan menyerap cahaya sehingga membuat objek langit lebih redup dari sebenarnya. Semakin dekat ke kaki langit, bintang akan semakin redup ini disebabkan ketika berada dekat dengan kaki langit, cahaya bintang akan melewati jalur yang lebih panjang dan massa udara yang lebih besar sehingga cahayanya dihamburkan dan diserap lebih banyak [3].

Dari hasil pengukuran koefisien ekstingsi yang pernah dilakukan sebelumnya di Lampung oleh [4] menggunakan data katalog bintang standar Johnson-Morgan

UBVRI, menggunakan software IRAF, didapatkan hasil bahwa nilai koefisien ekstingsi bergantung pada Panjang gelombang atau filter yang digunakan untuk menangkap citra sebuah bintang. Pengukuran selanjutnya dilakukan di Lembang, observatorium Bosscha oleh Hidayat et.al [5] menggunakan bintang- bintang standar fotometri pada katalog UBVRI Johnson, epoch 2000. Menggunakan teknik fotometri bukaan diperoleh nilai koefisien ekstingsi sebesar $k_v = 0,24594 \pm 0,01821$, $k_{bv} = 0,07052 \pm 0,03727$, $k_{vr} = 0,01948 \pm 0,02009$, $k_{vi} = 0,09052 \pm 0,02269$. Pengukuran selanjutnya dilakukan di Kupang, Kawasan kerja bersama Tilong, oleh [6] menggunakan bintang Cluster IC 4665 maka didapatkan nilai koefisien ekstingsi sebesar 0,488.

Tujuan diadakan penelitian ini yakni bagaimana proses mereduksi citra menggunakan Astroimagej; bagaimana membangun persamaan linear simultan sebagai representasi dari hubungan antar Airmas, selisih nilai magnitude katalog, dan selisih magnitude instrument; bagaimana mendapatkan nilai ekstingsi dengan Solusi regresi linear biasa.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengambilan data menggunakan metode fotometri dan perhitungan koefisien ekstingsi menggunakan metode regresi linear biasa dengan pemograman Python. Dengan menggunakan persamaan yakni [7]:

1. Persamaan untuk mencari nilai magnitudo instrument.

$$m_{inst} = -2,5 \log_{10} \left(\frac{F}{t_{exp}} \right) + C \quad (1)$$

2. Persamaan liner regresi yang digunakan untuk mencari nilai koefisien ekstingsi

$$m_{kor} = m_{inst} - kX \quad (2)$$

$$m_{inst} = kX + m_{kor} \quad (3)$$

Dari kedua persamaan diatas maka persamaan linear regresi adalah sebagai berikut :

$$Y = aX + b \quad (4)$$

dimana:

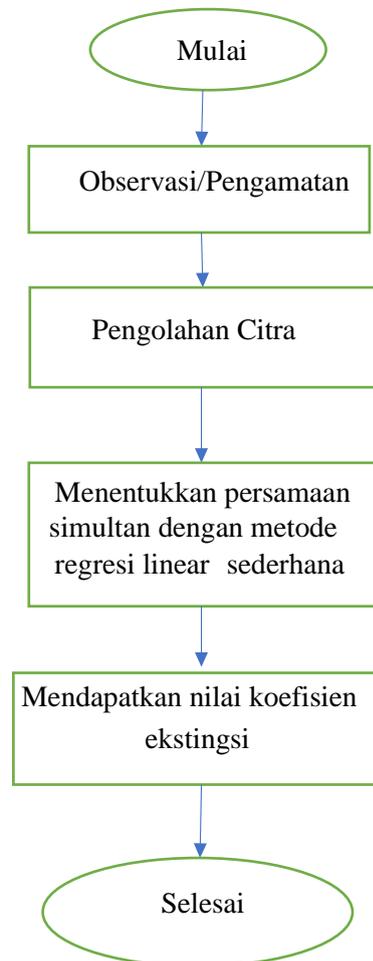
Y = nilai Selisih magnitudo instrumen

α = nilai koefisien ekstingsi

X = Airmass

b = nilai m_{kor}

Alur Penelitian dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 1. Digaram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pengamatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer, artinya data ini didapat pada saat turun ke lapangan, pengamatan berlangsung selama 2 hari yakni dari tanggal 25-26 juni 2022 dan didapat sebanyak 80 data dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini

Tabel 1. Data pengamatan

No	Panjang Gelombang	Jumlah Data
1	B	10
2	V	10
3	R	10
4	Bias	10
5	Dark	10
6	Flat	30

Untuk pengambilan masing-masing data ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu pengaturan dalam software The Maxim DL dan The Sky X Pro, seperti proses binning harus diubah menjadi 2×2 , eksposur tiap filter sebesar 0,7 detik. Data-data yang telah diambil, dapat dilihat pada tabel 2 yang merupakan nilai data koordinat yang terdiri sumbu Aksensio Rekta dan Deklinasi dari bintang-bintang standar yang dipilih berdasarkan citra tersebut.

Tabel 2 . Koordinat Bintang IC4665

Nama Bintang	Koordinat Bintang	
	RA	DEC
HD 161677	17°45'43"	+05°41'43"
HD161621	17°46'10"	+05°39'59"
HD161603	17°46'26"	+05°42'33"
HD 161572	17°46'42"	+05°46'44"
HD 161698	17°46'8,6"	+05°31'53"

Praproses Citra dan Reduksi Citra

Dari citra tereduksi yang telah diperoleh dilakukan pengolahan data citra untuk mendapatkan nilai cacah foton objek dan cacah foton langit latar belakang. Kedua nilai tersebut akan digunakan dalam perhitungan untuk mencari nilai koefisien ekstingsi. Sebelum masuk ke dalam proses fotometri hal yang dilakukan terlebih dahulu yaitu membuat master dari bias, dark dan flat yang digunakan untuk membantu proses reduksi citra

Reduksi Citra dilakukan menggunakan citra yang sudah dibersihkan. Proses Reduksi menggunakan perangkat lunak astroimageJ. Adapun tujuan dari reduksi citra ini adalah untuk mendapatkan nilai magnitudo instrumen dari objek tersebut, karena memiliki kepadatan bintang yang rendah. Objek tidak terlalu ramai oleh bintang dan tidak saling berdekatan, maka metode yang digunakan adalah fotometri bukaan (*aperture photometry*). Pada penelitian ini digunakan tiga buah cincin digital dengan radius sebesar 25 cm, 40 cm dan 60 cm. Cincin terdalam memberikan nilai intensitas bintang, sementara cincin terluar untuk intensitas langit sedangkan cincin yang terletak ditengah. (cincin kedua) berperan sebagai pembatas wilayah dan memastikan tidak ada sinyal langit yang masuk ataupun mengotori. Magnitudo diperoleh dari hubungannya dengan intensitas melalui persamaan 1 pada

bagian Metode. Berikut hasil nilai magnitudo instrumen pada jendela filter B dan V dapat dinyatakan dengan tabel 3 :

Tabel 3. Nilai Magnitudo Instrumen dari berbagai objek

Massa Udara	Magnitudo Instrumen Filter b	Magnitudo Instrumen Filter v	Selisih magnitudo instrumen (b-v)
7,4755	6,915	6,809	0,108
7,4977	7,187	7,067	0,12
7,4649	7,432	7,309	0,123
7,4119	7,611	7,531	0,08
7,6029	8,376	8,201	0,175

Berdasarkan Persamaan 4 pada bagian Metode maka nilai X merupakan nilai massa udara yang didapat dengan menggunakan calculator airmass dengan mengkonversi nilai declinasi dari tiap-tiap bintang tersebut ke satuan desimal, sedangkan Y merupakan nilai selisih magnitudo instrumen pada panjang gelombang B dan Panjang Gelombang V. Nilai magnitudo instrumen dicari menggunakan persamaan 1 yang terdapat pada bagian metode.

Perhitungan Koefisien Ekstingsi

- Perhitungan Koefisien Ekstingsi Menggunakan Python

Pada penelitian ini digunakan perangkat lunak Python yang dapat membantu mencari nilai koefisien Ekstingsi. Berikut penulisan code dalam menghitung koefisien ekstingsi dari bintang dimana dalam penelitian ini kita menggunakan 5 bintang dari Cluster IC4665. Coding ini merupakan implementasi menggunakan bahasa pemrograman python untuk menghitung koefisien ekstingsi dengan metode regresi linear sederhana.

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Data observasi
Airmass_data = np.array([7.475, 7.497, 7.464, 7.411, 7.602])
Selisihbv_data = np.array([0.108, 0.12, 0.123, 0.08, 0.175])

# Pastikan data dalam bentuk kolom vektor untuk regresi
X = X_data.reshape(-1, 1)
Y = Y_data.reshape(-1, 1)

# Tambahkan vektor satuan ke X untuk menghitung intercept
X_b = np.hstack([X, np.ones((X.shape[0], 1))])

# Hitung koefisien regresi menggunakan metode Least squares
theta_best = np.linalg.inv(X_b.T @ X_b) @ X_b.T @ Y

# Ekstrak gradien dan intercept
m = theta_best[0, 0]
b = theta_best[1, 0]

# Hitung nilai prediksi
Y_pred = m * X_data + b

# Cetak hasil gradien dan intercept
print(f"Gradien (m): {m}")
print(f"Intercept (b): {b}")
print(f"Persamaan Garis: y = {m:.2f}x + {b:.2f}")

# Plot data dan garis regresi
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(X_data, Y_data, color='blue', label='Data Points')
plt.plot(X_data, Y_pred, color='red', label=f'Linear Fit: y = {m:.2f}x + {b:.2f}')
plt.xlabel('Airmass')
plt.ylabel('b-v')
plt.title('Extingsi Kurva')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Gambar 2. Penggalan Code untuk menghitung Koefisien Ekstingsi

Penulisan code diawali dengan mengimport library numpy yang digunakan untuk mengelola dan memanipulasi data dalam bentuk array. Array adalah tipe struktur data yang digunakan untuk menyimpan data berbeda dari tipe yang sama di memori dan dapat diakses melalui indeks tertentu. Selanjutnya mengimport Matplotlib adalah pustaka pemrosesan data dan pembelajaran mesin sumber terbuka berdasarkan bahasa pemrograman Python. Setelah semua dideklarasikan berdasarkan library dan modul yang digunakan. Tahap selanjutnya memasukkan nilai variabel-variabel yang telah diketahui yakni X merupakan nilai Airmass atau Massa udara dari bintang tersebut. Y merupakan nilai selisih antara b – v, dilakukan perhitungan dengan menggunakan model regresi. Menulis code “print” digunakan untuk menampilkan nilai intercept dan nilai koefisien ekstingsi yang dicari. Dari perhitungan koefisien diatas dengan data-data yang ada pada gambar 2 di atas didapat nilai gradien dan intercept secara berturut-turut adalah sebagai berikut dapat dilihat pada gambar 3.

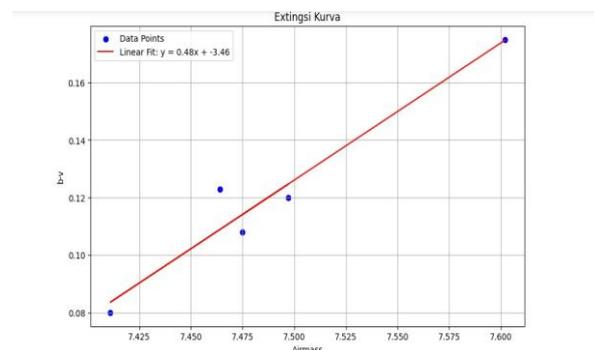
Gradien (m): 0.47749153779165104
 Intercept (b): -3.4551161197516485
 Persamaan Garis: $y = 0.48x + -3.46$

Gambar 3. Hasil Perhitungan Koefisien menggunakan Python

Dengan diperolehnya nilai dari ketiga koefisien persamaan transformasi magnitudo maka persamaan regresi linearnya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Y = 0,478x + -3,455$$

Grafik kurva ekstingsi dapat dilihat pada gambar 4 pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Grafik kurva Ekstingsi

- Perhitungan Koefisien Ekstingsi menggunakan Excel

Menghitung koefisien ekstingsi menggunakan excel diawali dengan menginput nilai variabel Airmass dan Selisih nilai magnitudo b-v yang terdapat pada tabel 3.

X	b-v
7,4775	0,108
7,4977	0,12
7,4649	0,123
7,4119	0,08
7,6027	0,175

Gambar 5. Menginput nilai variabel pada excel

Setelah mengisi nilai variabel, nilai koefisien ekstingsi akan dihitung menggunakan Microsoft Excel. Pilih tab Data, analisis data, dan pilih OK.

SUMMARY OUTPUT					
Regression Statistics					
Multiple F	0,970172				
R Square	0,941235				
Adjusted R	0,921646				
Standard Error	0,009667				
Observations	5				
ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,00449	0,00449	48,05038	0,006156
Residual	3	0,00028	9,35E-05		
Total	4	0,004771			
Coefficients					
	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	-3,46049	0,516719	-6,69704	0,006792	-5,10492
X Variable	0,478136	0,068977	6,931838	0,006156	0,258621

Gambar 6. Output Excel

Berdasarkan hasil output yang diperoleh maka persamaan yang terbentuk adalah sbb:

$$Y = 0,478x + -3,460 \quad (5)$$

Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada cluster bintang IC 4665, ada beberapa hal yang dijadikan alasan mengapa memilih bintang Cluster IC4665 antara lain :

1. Cluster ini adalah cluster terbuka yang cukup dekat dengan bumi dan terletak di rasi bintang ophiuchus sehingga membuat cluster ini mudah diamati,
2. IC 4665 memiliki populasi bintang yang cukup banyak untuk analisa statistik yang signifikan.
3. Cluster IC 4665 memiliki usia yang relatif muda yang memungkinkan studi lebih lanjut tentang bintang-bintang terhadap evolusi bintang.

Pengamatan cluster bintang IC 4665 menggunakan teleskop dan camera CCD untuk mendapatkan gambar cluster IC 4665 pada tiap-tiap filter. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pengamatan, pra pemrosesan gambar, reduksi gambar, dan pembuatan persamaan transformasi magnitudo adalah proses yang digunakan dalam pengolahan gambar astronomi untuk mendapatkan nilai magnitudo instrumen dari berbagai objek langit. Metode yang digunakan untuk mereduksi citra dengan menggunakan metode *aperture photometry*. Untuk mencari persamaan transformasi magnitudo dilakukan dengan dua metode yakni secara analitik dan dengan menggunakan perangkat lunak Excel. Persamaan tersebut disusun menggunakan metode regresi linear sederhana dan menghasilkan persamaan yang menunjukkan hubungan antara magnitudo instrumen dan

Airmass. Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Malasan et.al [6] di Kupang dengan menggunakan software Iraf mendapatkan hasil koefisien ekstingsi cluster bintang IC 4665 sebesar 0,488. Perhitungan koefisien ekstingsi menggunakan Cluster yang sama menggunakan dua metode: analitik (Excel) dan Python. Perhitungan koefisien ekstingsi menggunakan excel mendapatkan hasil sebesar 0,478 sedangkan perhitungan koefisien ekstingsi menggunakan python mendapatkan hasil sebesar 0,478. Berdasarkan buku “*A practical guide to lightcurve photometry and analysis*” maka nilai koefisien ekstingsi pada filter V berkisar dari nilai 0,2 – 0,4 [8] Koefisien Ekstingsi yang didapat pada penelitian ini memiliki hasil yang baik, artinya nilai koefisien ekstingsi di wilayah Nusa Tenggara Timur khususnya Tilong mempunyai nilai ekstingsi yang baik, dikarenakan kondisi langit pada tempat tersebut masih cenderung gelap, dan polusi cahaya juga masih minim karena perumahan warga masih sangat sedikit, sehingga penyerapan dan penyebaran gelombang elektromagnetik dalam hal ini debu dan gas masih rendah, sehingga menghasilkan nilai koefisien ekstingsi yang baik pada panjang gelombang V atau pada filter V.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam proses mereduksi citra ada beberapa proses yang perlu diketahui membersihkan image dari noise atau derau dengan menggunakan citra kalibrator seperti dark, bias, dan flat, setelah semua citra dibersihkan maka tahap selanjutnya dengan menggunakan teknik *aperture photometry* untuk memilih objek dalam cluster tersebut, setelah semuanya dipilih akan muncul nilai flux, nilai flux inilah yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai magnitudo instrumen dari masing-masing filter

Model persamaan simultan yang terjadi memiliki hubungan antar variabel seperti pada persamaan :

$$Y = 0,478x + -3,455$$

$$Y = 0,478x + -3,460$$

Dari penelitian yang telah dilakukan maka nilai koefisien ekstingsi (Kv) secara berturut-turut dari kedua persamaan adalah Kv

=0,478 dengan menggunakan excel, menggunakan Python mendapatkan hasil sebesar $K_v = 0,478$.

Saran

Perlu diadakan penelitian selanjutnya dengan menghitung nilai-nilai magnitudo instrumen menggunakan software astronomi lainnya selain astroimageJ yang memiliki daya sensitivitas lebih tinggi dalam mengkalibrasi citra dan mereduksi citra.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Timur. Provinsi Nusa Tenggara Timur Dalam Angka. Badan Pusat Statistik Nusa Tenggara Timur. 2024.
- 2 Hidayat T, Mahasena P, Dermawan B, Hadi TW, Premadi PW, Herdiwijaya D. 2012. Clear sky fraction above Indonesia: An analysis for astronomical site selection. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **427**(3): 1903.
- 3 Henden AA, Kaitchuck RH. *Astronomical Photometry, Text and Handbook for the Advanced Amateur and Professional Astronomer.* Department of Astronomy, The Ohio State University. 1982.
- 4 Muztaba R, Putri ANI, Pratiwi N, Putro WS, Birastrri W, Malasan HL. Survei Situs Pembangunan Observatorium Astronomi Lampung Di Tahura War, Gunung Betung Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2018. vol VII pp SNF2018-PA-26-SNF2018-PA-35.
- 5 Azzahidi F, Irfan M, Utama JA. Pengukuran Kecerahan Langit (Sky Brightness) Observatorium Bosscha Menggunakan Teleskop Portabel dan CCD Prosiding Seminar Himpunan Astronomi Indonesia in Aula Barat ITB. vol 2011 pp 61–4.
- 6 Malasan HL, Mumpuni ES, Rachman A, Louk AC, Utama JA, Kurniawan R, Suroya G, D.F. F, Amaral. 2023. Exploratory CCD photometric observations at Tillong Science Center, National Astronomical Observatory. *Int. Conf. Math. Nat. Sci.* 382.
- 7 Palmer J, Davenhall A. 2001. *The CCD Photometric Calibration Cookbook.* Part. Phys. Astron. Res. Council. .
- 8 D.Brian W. *A Practical Guide To Lightcurve Photometry and Analysis.* Springer, USA. 2006.