

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.16

MENGUKUR ABERASI ASTIGMATISMA PADA TELESKOP RIFAST 500 F/3.8 MENGGUNAKAN METODE GEOMETRI

Dalina Legitawuri^{1, a)}, Rhorom Priyatikanto², Elda Rayhana^{1, b)}

¹Fakultas Sains dan Teknologi Informasi Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jl. Moh Kahfi II, Srengseng Sawah Jagakarsa Jakarta Selatan 12640

²Pusat Sains Antariksa (Pussainsa) LAPAN, Jl. Dr. Djunjunan No. 133, Bandung 40173

Email: ^{a)}nina.sharso@gmail.com

Abstrak

Saat ini teleskop Ritchey-Chretien menjadi pilihan banyak astronom dalam melakukan pengamatan. Teleskop Ritchey-Chretien merupakan jenis teleskop reflektor yang mampu mereduksi aberasi koma dan sferis pada citra yang dihasilkan, namun aberasi astigmatisme masih dapat ditemukan pada teleskop ini. Penelitian ini akan membahas pengukuran astigmatisme dengan metode geometri pada citra yang dihasilkan oleh teleskop RiFast 500 f/3.8, yaitu teleskop Ritchey-Chretien dengan diameter 500 mm dan fokus 1900 mm. Luna *et al.* [7] menganggap metode geometri sebagai metode yang cukup sederhana untuk mengukur astigmatisme pada teleskop karena tidak memerlukan instrumen tambahan serta memiliki hasil yang sebanding dengan tes *wavefront*. Metode ini didasarkan pada pengukuran kontur elips yang dihasilkan oleh citra bintang yang tidak fokus star [7]. Pada penelitian ini diperoleh dua nilai astigmatisme pada dua posisi koordinat berbeda senilai 258.78 nm dan 300.39 nm.

Kata-kata kunci: Teleskop reflektor, teleskop ritchey-chretien, rifast, astigmatisme, metode geometri

Abstract

Currently the Ritchey-Chretien telescope is the choice of many astronomers for their observations. The Ritchey-Chretien Telescope is a reflector telescope capable to reduce comma and spherical aberrations in the resulting image, but the aberration of astigmatism still be found on this telescope. The research is about measuring astigmatism aberration on RiFast 500 f/3.8 using geometric method, that is the Ritchey-Chretien telescope with diameter of 500 mm and focus of 1900 mm. Luna *et al.* [7] consider geometry methods is simple method for measuring astigmatism on telescopes because do not require additional instruments and the results is comparable with wavefront tests. This method is based the geometric analysis of the external contour of the image of a slightly defocused star [7]. In this study two astigmatism values were obtained at two different coordinate positions valued at 258.78 nm and 300.39 nm.

Keywords: reflector telescope, ritchey-chretien telescope, rifast, astigmatism, geometric method

PENDAHULUAN

Teleskop RiFast 500 F/3.8 merupakan teleskop dengan panjang fokus 1900 mm dan diameter 500 mm. Teleskop ini merupakan jenis teleskop Ritchey-Chretien yaitu teleskop reflektor dengan desain Cassegrain yang menggunakan dua cermin cekung hiperbolik sebagai cermin primer dan cermin sekunder. Saat ini banyak para astronom profesional dan amatir menggunakan teleskop Ritchey-

Chretien sebagai instrumen pengamatan objek langit karena teleskop ini didesain untuk menghilangkan aberasi koma, namun aberasi astigmatisma masih dapat ditemukan pada teleskop ini.

Aberasi astigmatisma adalah pembentukan bayangan dari sebuah titik diluar sumbu sebagai dua garis tegak lurus dalam bidang-bidang yang berbeda. Aberasi astigmatisma menyebabkan objek dalam pengamatan nampak tidak jelas karena membentuk lebih dari satu titik fokus pada objek.

Berdasarkan eksperimen yang dilakukan oleh Luna [7], metode geometri memiliki hasil yang sebanding dengan tes *wavefront* yang biasa digunakan untuk mengukur aberasi astigmatisma. Metode ini didasarkan pada analisis kontur eksternal dari gambar bintang yang kurang fokus.

METODOLOGI

Penelitian ini didasarkan oleh pengolahan data yang diperoleh dari observasi bintang Altair menggunakan teleskop RiFast 500 f/3.8, yaitu jenis teleskop Ritchey-Chretien dengan diameter 500 mm dan panjang fokus 1900 mm. Citra direkam menggunakan kamera CCD PL4240. Observasi dilaksanakan di Pussainsa LAPAN Bandung Jawa Barat.

Pada observasi diperoleh citra bintang Altair yang kurang fokus menyerupai elips. Citra ini diolah menggunakan aplikasi *ImageJ* untuk mendapatkan nilai geometri dari komponen-komponen elips berupa nilai titik pusat, sumbu mayor, sumbu minor dan luas elips. Metode ini didasarkan pada analisis kontur eksternal dari gambar bintang yang kurang fokus dengan melakukan *fitting ellipse*, dimana eksentrisitas pada citra hasil observasi diukur menggunakan persamaan (1)

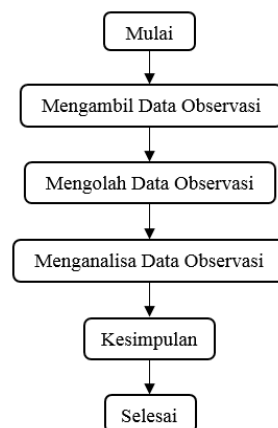
$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{B}{A}\right)^2} \quad (1)$$

Eksentrisitas dinyatakan dalam variabel e , variabel B menyatakan nilai sumbu minor dan variabel A menyatakan nilai sumbu mayor. Nilai eksentrisitas dan nilai sumbu mayor berguna sebagai pengukur toleransi astigmatisma pada pengamatan. Nilai astigmatisma diperoleh dengan persamaan (2)

$$z_{22} = \frac{(A - B)a}{4\sqrt{6}R} \quad (2)$$

R menyatakan panjang fokus dan a menyatakan radius cermin utama teleskop. Pada teleskop RiFast 500 f/3.8, nilai R dan a masing-masing sebesar 1900 mm dan 250 mm. Metode ini dinilai lebih efisien karena tidak memerlukan alat bantu optik dalam penggunaannya.

Diagram alir penelitian ditunjukkan oleh GAMBAR 1.



GAMBAR 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

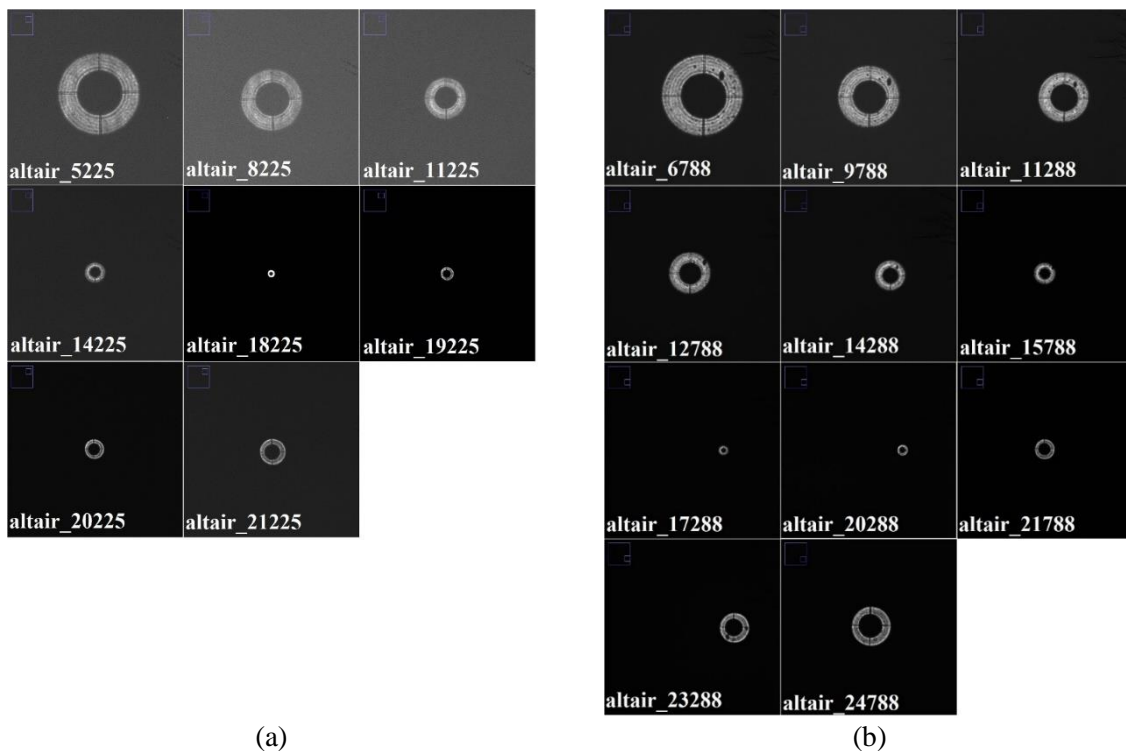
Dilakukan dua kali pengamatan bintang altair dengan teleskop RiFast 500 f/3.8 pada waktu yang berbeda. Pada observasi – 1 dan observasi – 2 diperoleh citra Altair sebagai berikut



GAMBAR 2. (a) Posisi objek pada bidang saat observasi – 1, (b) Posisi objek pada bidang saat observasi – 2

Posisi objek pada observasi – 1 terletak pada titik koordinat (1654.29, 572.06) piksel dengan jarak 775.575 piksel terhadap titik nol koordinat bidang, sedangkan pada observasi – 2 objek berada pada titik (1815.007, 1504.920) dengan jarak 925.728 piksel terhadap titik nol koordinat bidang.

Beberapa citra Altair diambil pada jarak fokus kamera yang berbeda. Berikut ini adalah citra altair yang diambil pada observasi – 1 dan observasi – 2.



GAMBAR 3. (a) Citra observasi – 1, (b) Citra observasi – 2

Citra diambil pada jarak fokus kamera yang berbeda-beda.

Kumpulan citra tersebut diolah menggunakan aplikasi *ImageJ* untuk mendapatkan data geometri berupa luas elips, sumbu mayor (A) dan sumbu minor (B). Nilai eksentrisitas (e) dan nilai astigmatisma (Z_{22}) ditentukan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2). Data geometri dan hasil perhitungan eksentrisitas dan astigmatisma ditunjukkan pada tabel berikut.

TABEL 1. Data Observasi – 1.

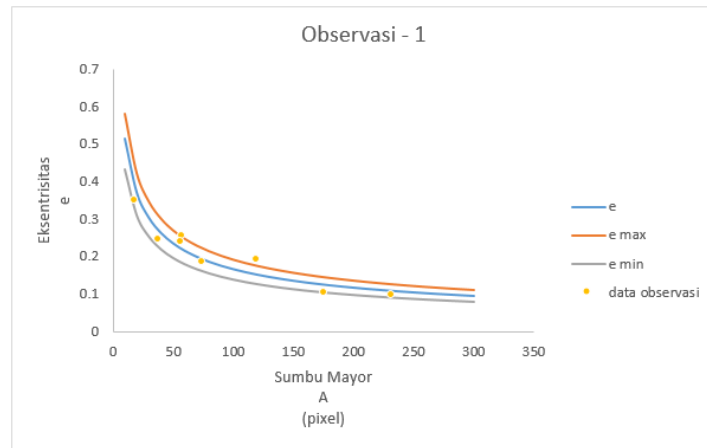
No	Nama	Fokus	Luas (px) ²	A (px)	B (px)	e	Z ₂₂ (nm)
1	altair 5225	5225	42114.27	232.11	231.02	0.1	197.79
2	altair 8225	8225	23969.79	175.18	174.22	0.1	175.13
3	altair 11225	11225	10988.14	119.4	117.17	0.19	403.56
4	altair 14225	14225	2475.68	57.1	55.21	0.25	341.92
5	altair 18225	18225	248.28	18.38	17.2	0.35	212.66
6	altair 19225	19225	1093.26	37.89	36.74	0.24	208.49
7	altair 20225	20225	2423.52	56.38	54.74	0.24	297.5
8	altair 21225	21225	4302.12	74.66	73.37	0.18	233.14
Rata-rata						0.21	258.78
Standar Deviasi						0.08	80.54

TABEL 2. Data Observasi – 2

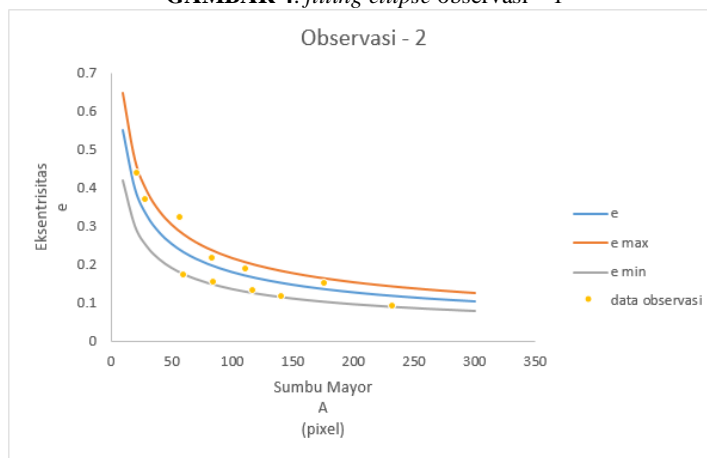
No	Nama	Fokus	Luas (px) ²	A (px)	B (px)	e	Z ₂₂ (nm)
1	Altrair 6788	6788	42502.8	233.1	232.16	0.09	171.32
2	Altrair 9788	9788	24097.14	176.16	174.17	0.15	361.14
3	Altrair 11288	11288	15530.07	141.1	140.13	0.12	175.86
4	Altrair 12788	12788	10694.83	117.2	116.18	0.13	185.28
5	Altrair 14288	14288	5627.33	85.15	84.15	0.15	181.11
6	Altrair 15788	15788	2797.93	60.14	59.24	0.17	163.89
7	Altrair 17288	17288	353.13	22.37	20.1	0.44	411.72
8	Altrair 20288	20288	627.86	29.33	27.25	0.37	377.46
9	Altrair 21788	21788	2438.59	57.28	54.21	0.32	555.67
10	Altrair 23288	23288	5435.93	84.19	82.21	0.22	359.69
11	Altrair 24788	24788	9527.09	111.14	109.15	0.19	361.14
Rata-rata						0.21	300.39
Standar Deviasi						0.11	131.41

Dengan perata-rataan pada observasi – 1 diperoleh nilai astigmatisme senilai $Z_{22} = (258.78 \pm 80.54)$ nm, sedangkan pada observasi – 2 diperoleh $Z_{22} = (300.39 \pm 131.41)$ nm.

Untuk menganalisa penyebaran hasil pengukuran dilakukan *fitting ellipse* yang ditunjukkan oleh grafik pada GAMBAR 4 dan GAMBAR 5.



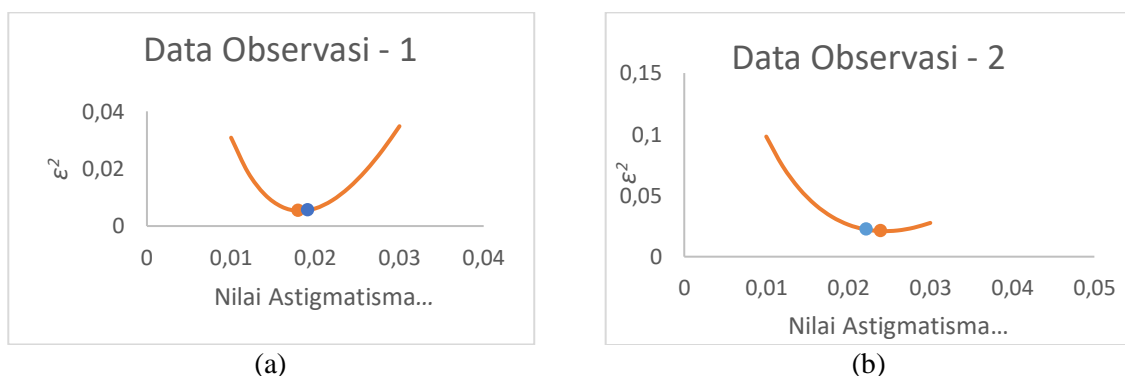
GAMBAR 4. *fitting ellipse* observasi – 1



GAMBAR 5. *fitting ellipse* observasi – 2

Titik-titik berwarna kuning mewakili koordinat sumbu mayor dan eksentrisitas pada observasi. Garis biru menunjukkan acuan standar eksentrisitas, garis merah sebagai batas eksentrisitas maksimal dan garis abu-abu sebagai batas eksentrisitas minimal. Secara visual grafik menunjukkan citra elips observasi masih berada pada batas toleransi.

Untuk menganalisis akurasi data pada observasi, dilakukan analisis data dengan metode *least square* atau kuadrat terkecil. Dengan metode ini akan diperoleh nilai *error* atau nilai kesalahan ukur pada observasi, sehingga dapat mengukur data observasi dengan cukup akurat.



GAMBAR 6. (a) analisis *least square* observasi – 1, (b) analisis *least square* observasi – 2

Kurva merah menunjukkan besarnya nilai *error*, semakin keatas nilai kesalahan ukurnya semakin besar. Titik merah menandakan nilai *error* terkecil yang terletak pada titik simetri kurva, sedangkan titik biru mewakili nilai astigmatisma yang terukur. Pada kedua grafik analisis *least square* ditunjukkan nilai astigmatisma yang terukur mendekati nilai kesalahan ukur terkecil, sehingga pengukuran yang dilakukan cukup akurat.

SIMPULAN

Nilai astigmatisma yang terukur menggunakan teleskop RiFast 500 f/3.8 adalah senilai $Z_{22} = 258.78$ nm pada observasi – 1 dan $Z_{22} = 300.39$ nm pada observasi – 2. Perbedaan nilai astigmatisma yang diperoleh disebabkan perbedaan posisi objek pada bidang gambar.

REFERENSI

- [1] Schroeder, D. *Astronomical Optic*, 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2000.
- [2] McLean, I. S. *Electronic Imaging in Astronomy: Detectors and Instrumentation*, 2nd ed. Physics Today, 2008. Praxis. <https://doi.org/10.1063/1.882262>
- [3] Smith, Warren J. *Modern Optical Engineering 4th edition*. New York: McGraw Hill, 2008.
- [4] Young, H.D., Freedman, R.A., Ford, A.W. *University Physics: With Modern Physics 13th ed.* San Fransisco: Addison Wesley.
- [5] Howell, S. B. *Handbook of CCD Astronomy*, 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2006.
- [6] Bumbungan, M.T. “Karakterisasi Kamera CCD FLI ProLine PL4240”. LIPI, 2018.
- [7] Luna, E., Salas, L., Gutierrez, L., And Nunez, J.M. “Geometric Method To Measure Astigmatism Aberration At Astronomical Telescope”, 2007, 46:3439.
- [8] Noll, R. J. “Zernike polynomials and atmospheric turbulence,” J. Opt. Soc. Am. 1976, 66, 207–211.
- [9] McLeod, B. “Collimation Of Fast Wide-Field Telescopes” in Publication Of The Astronomical Society Of The Pacific, 1996. pp 108-217.
- [10] Lesser, M. P. “A summary of Charge-Coupled devices for Astronomy”, Publication of the Astronomical Society of the Pacific, 2015, 127 (957), 1097-1104.