



Aspek Teknis Observatorium Astronomi Lampung

R. Muztaba^{1,2}, A. A. Yusuf^{1,2}, dan H. L. Malasan^{1,2}

¹Department of Atmospheric and Planetary Science, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia 35365

²Lampung Astronomical Observatory, Lampung, Indonesia 35365

Observatorium Astronomi Lampung (OAL) merupakan observatorium kedua di Indonesia yang dibangun di Gunung Betung dari hasil konsorsium antara Pemerintah Provinsi Lampung, Institut Teknologi Sumatera, dan Institut Teknologi Bandung. OAL dapat dijadikan sebagai titik baru sebagai laboratorium astronomi di belahan langit ekuator. Pada kesempatan ini akan membahas aspek teknis instrumen yang terdapat di OAL seperti teleskop, analisator, dan detektor. Optimalisasi pemanfaatan instrumen dari hasil simulasi konfigurasi antara teleskop, analisator, dan detektor dengan hasil terbaik jika konfigurasi tersebut antara teleskop 0,7 meter dengan filter Baader UBVR1 serta detektor CCD FLI PL16803. Fasilitas instrumen yang dimiliki OAL didedikasikan untuk kegiatan penelitian, pendidikan, dan edukasi pelayanan publik. Dengan kehadiran OAL diharapkan mampu memberikan nilai positif baik untuk masyarakat Lampung maupun kemajuan ilmu pengetahuan terutama astronomi.

Keywords: Observatorium, fotometri, dan OAL.

1. LATAR BELAKANG

Kerjasama antara Pemerintah Provinsi Lampung, Institut Teknologi Sumatera (ITERA) dan Institut Teknologi Bandung (ITB) memainkan peran penting dalam memaksimalkan rencana pengembangan pusat unggulan strategis dengan membangun observatorium yang kedua di Indonesia. Observatorium Astronomi Lampung (OAL) menempati kawasan 30 Ha di Taman Hutan Raya Wan Abdur Rahman yang memiliki luas total $\pm 22.249,31$ Ha [1]. Pemanfaatan kawasan Tahura tersebut memiliki tiga fungsi utama sebagai kawasan penelitian dan pendidikan, konservasi, dan pariwisata. Kawasan OAL berperan aktif dalam pengembangan penelitian dan pendidikan dalam ilmu sains alam khususnya astronomi. Astronomi dapat dijadikan sebagai ilmu dasar untuk menjelaskan konsep sains kepada anak – anak melalui kegiatan yang sederhana sehingga mudah untuk dimengerti [2,3]. Seperti melakukan kegiatan observasi atau pengamatan objek-objek langit. Langit dijadikan sebagai laboratorium alami yang ada di alam semesta. Melalui observasi permukaan Bulan, misalnya, siswa secara langsung akan mengamati permukaan Bulan yang selalu sama setiap

waktunya, Pergerakan bintang-bintang, dan mengamati planet-planet yang ada di tata surya. Proses pembelajaran aktif dimana siswa terlibat langsung dalam observasi objek-objek langit dapat membuat siswa lebih mudah mengerti tentang konsep sains [4].

Kegiatan observasi langit bergantung dengan kapabilitas instrumen yang dimiliki oleh sebuah observatorium. Teleskop menjadi modal utama untuk mengembangkan kegiatan pendidikan di observatorium. Instrumen lain yang menjadi pendukung tidak kalah penting sesuai dengan fungsinya seperti lensa objektif dan kamera yang memiliki fungsi untuk merekam citra dari objek yang diamati. Di sisi lain, kegiatan pembelajaran di dalam kelas harus berkembang yang awalnya hanya mengenalkan citra futuristik objek langit menjadi sebuah pertunjukan dari hasil proyeksi objek langit misalnya planetarium. Proses belajar siswa dengan pendekatan koreografi dapat meminimalisir terjadinya kesalahpahaman terhadap pengetahuan yang dimilikinya, sehingga dapat membangun konseptual pengetahuan yang terstruktur [5,6].

*Email Address: muztaba.r@gmail.com

2. METODOLOGI

2.1 Aspek Teknis Instrumen di OAL

Astronomi memiliki daya tarik khusus dikalangan publik berdasarkan kekayaan citra objek langit yang eksotis. Hasil citra tentu saja bergantung pada kapabilitas instrumen dan kemampuan pengguna untuk mengembangkan metode observasi di sebuah observatorium. Adapun beberapa fasilitas instrumen yang dimiliki oleh OAL dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen astronomi OAL

No.	Kolektor	Detektor	Analisor
1	Officina Stellare f/10 RC 0,7 m	SBIG Aluma 8300	FW-8G <i>UBVRI</i>
2	Meade LX200 12 inci f/10	FLI Microline ML11002 C	Spektrograf LHIREs III R-17000
3	GSO RC 10 inci	FLI Proline PL16803 M	Spektrograf Kougei R-300
4	Celestron Edge-HD 11 inci f/10	SC Bitran BU-50LN	Filter matahari ND-5
5	Meade LX90 8 inci f/10	DMK41AU02	Baader <i>UBVRI</i>
6	Lunt 80 mm f/8	SBIG ST7	FW9 <i>UBVRI</i>
7	Barride Optics 90 mm f/10	ZWO ASI 178	

Tabel 2. Spesifikasi teleskop Officina Stellare F/10 RC 0.7 m

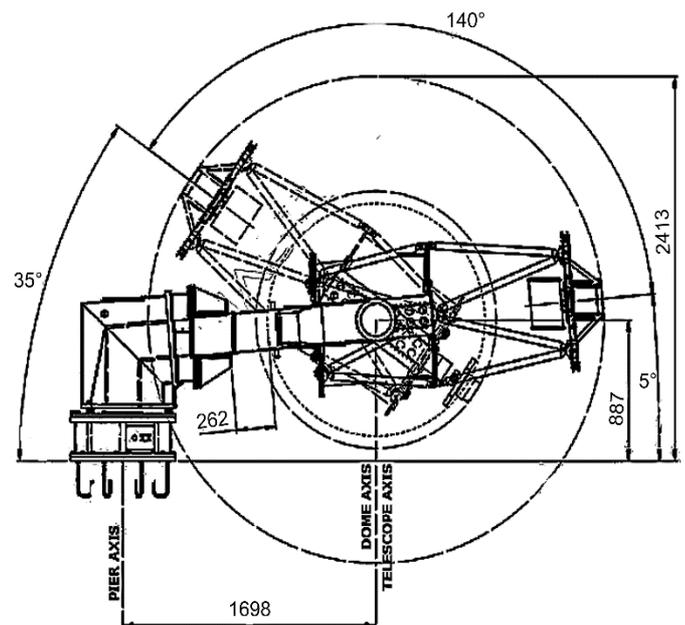
Sistem Optik	
Desain Optik	Ritchey-Chrétien (Ceramic Glass, M1 and M2 hyperbolic)
Bukaan	700 mm
Panjang fokus	7000 mm
Nisbah fokal	F/10
Struktur Mekanik	
Penyangga	<i>Fork Equatorial</i>
Material	Kerangka Baja-Alumunium
Kontrol gerak	
Motor	Penggerak langsung dengan motor listrik bertorsi tinggi pada kedua sumbu.
Torsi motor/ Payload total	~ 300 kg
Laju <i>slew</i>	15°/s
Akurasi penjejukan	+/- 0,25 " RMS selama 1200 detik
Akurasi pengarah	+/- 5 " RMS setelah pemodelan
Resolusi <i>encoder</i> absolut	Up to 28 bits (0.004 ")

Desain teknis teleskop Officina Stellare F/10 RC 0.7 m dapat dilihat pada Gambar 1. Kaitan ini dengan beberapa detektor seperti Aluma 8300, FLI Microline ML11002 C, dan FLI Proline PL16803 M.

Adapun spesifikasi teknis masing-masing instrumen dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 seperti berikut:

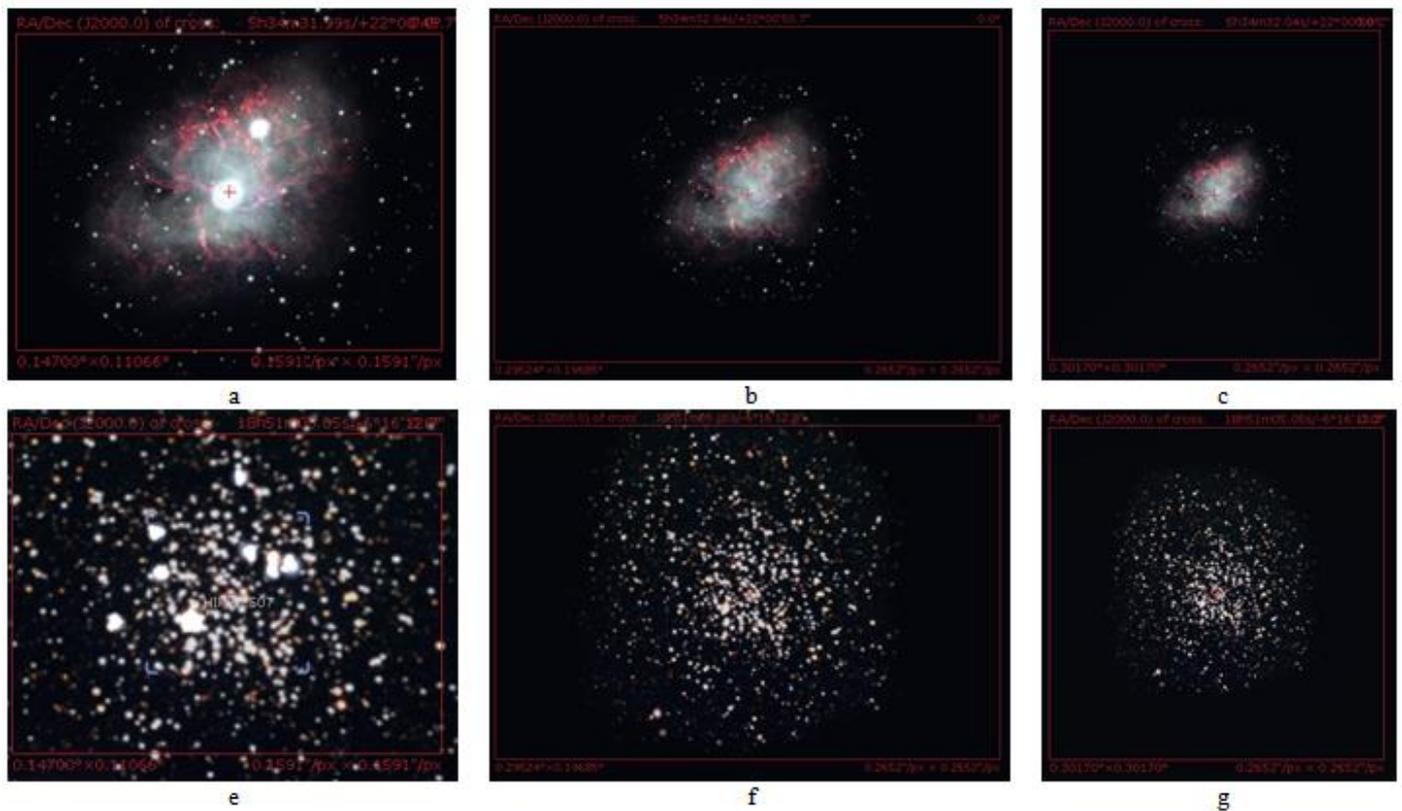
Tabel 3. Spesifikasi detektor CCD

Parameter	SBIG	FLI	FLI Proline
	Aluma 8300	Microline ML11002 C	PL16803 M
Sensor CCD	KAF 8300	KAI 11002CM	KAF 16803
Jumlah piksel	3326 x 2504	4008 x 2672	4096 x 4096
Ukuran satuan Piksel	5,54 x 5,54 microns	9 x 9 microns	9 x 9 microns
Luas daerah pencitraan	17,96 mm x 13,52 mm	36,06 mm x 24,05 mm	36,86 mm x 36,86 mm
Arus gelap	0,15 e-/p/s pada 0 °C	0,004 e-/p/s pada -35 °C	0,07 e-/p/s pada -35 °C
Derau bacaan	10 e-	9 e-	10 e-
Kapasitas penuh sumur	25.000 e-	60.000 e-	100.000 e-
Maks QE	56%	50%	60%



Gambar 1. Desain teknik Officina Stellare F/10 RC 0,7m

Konfigurasi instrumen astronomi menjadi sangat penting untuk menghasilkan data yang maksimal sesuai kebutuhan baik digunakan dalam kebutuhan penelitian dan pendidikan maupun kegiatan pelayanan publik. Kami melakukan simulasi konfigurasi teleskop dengan beberapa kamera untuk menentukan medan pandang (FOV), magnitudo batas, dan juga kemampuan alat-alat yang ada. Simulasi ini mengasumsikan instrumen berada di lokasi observatorium yaitu di Gunung Betung yang memiliki nilai *seeing* 1.50" dan nilai kecerlangan langit sebesar 20.85 mag /["]² [7]. Kemudian simulasi gambar menggunakan dua buah objek yaitu M1-Crab Nebula



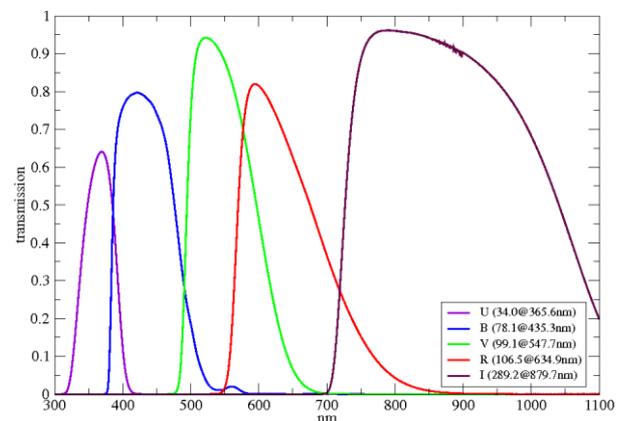
Gambar 2. Citra objek dari M1 dan M11 menggunakan konfigurasi teleskop dan detektor: (a dan e) menggunakan Aluma 8300, (b dan f) menggunakan FLI Microline ML11002 C, dan (c dan g) menggunakan FLI Proline PL16803 M.

(Supernova Remnant) dan M11-Wild Duck Cluster (Open Cluster). Adapun hasil simulasi konfigurasi Teleskop OS RC 0,7 meter f/10 dengan menggunakan tiga jenis kamera CCD yang ada di OAL yaitu Aluma 8300, FLI Microline ML11002 C, dan FLI Proline PL16803 M disajikan dalam Tabel 4 dan Gambar 2. Selain itu kami juga membuat simulasi untuk menentukan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR) mengacu pada beberapa metode [8,9].

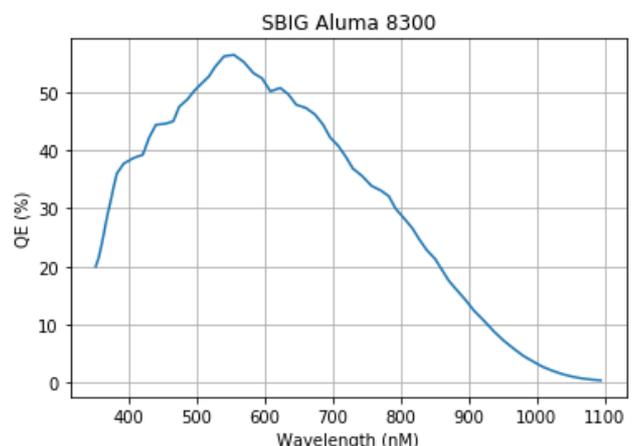
Tabel 4. Hasil simulasi konfigurasi teleskop dengan detektor

Officina Stellare RC 0,7 m	SBIG Aluma 8300	FLI ML11002	FLI PL16803
Resolusi	0,16"/piksel	0,27"/piksel	0,27"/piksel
Medan pandang (FOV)	8,82' x 6,64'	17,72' x 11,81'	18,10' x 18,10'
Luas	58,6 sq'	209,2 sq'	327,8 sq'

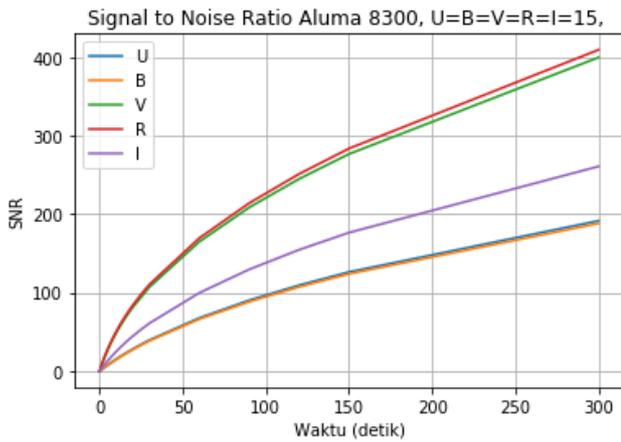
Transmitansi dari filter Bessel dan Quantum Efficiency (QE) dari CCD Aluma 8300 dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Selain itu kami juga membuat simulasi untuk menentukan nilai dari UBVRI di setiap filter bessel dengan nilai QE maximum sebesar 56%. Dalam gambar tersebut di peroleh panjang gelombang hingga 1100 nm (max) dan 400 nm bernilai paling kecil (min). Dari grafik yang di peroleh maka panjang gelombang 550nm hingga 1100 nm mengalami penurunan yang di sebabkan oleh faktor transmitansi filter UBVRI.



Gambar 3. Transmitansi dari filter Bessel UBVRI

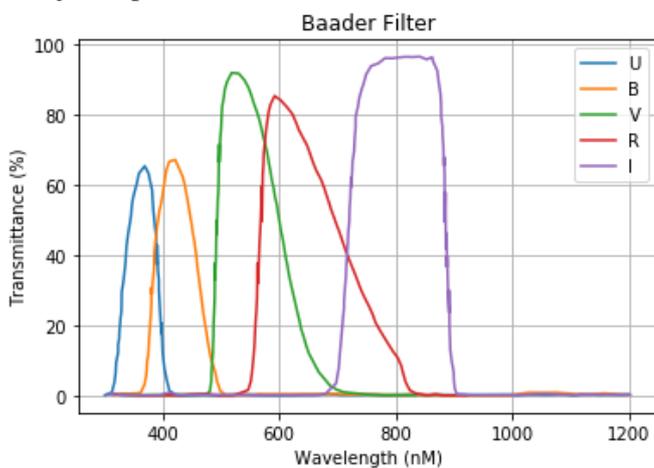


Gambar 4. Nilai QE maksimum Aluma 8300 sebesar 56%.

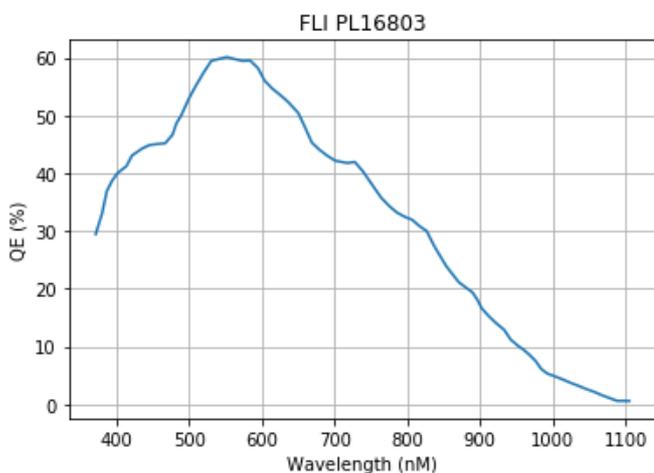


Gambar 5. Hasil simulasi nilai SNR per satuan waktu terhadap objek langit yang memiliki magnitudo $U=B=V=R=I=15$ menggunakan konfigurasi instrumen OS RC700 + Aluma 8300 + FW-8G.

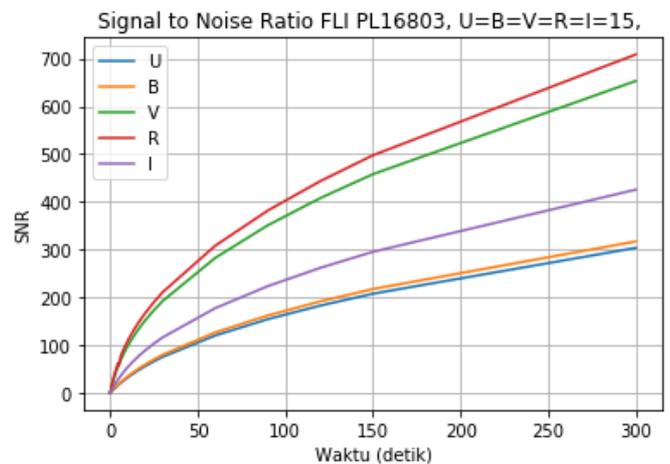
SNR yang dihasilkan untuk semua filter pada rentang panjang gelombang QE, dengan magnitudo objek yang sama untuk semua filter yaitu $U=B=V=R=I=15$, didapatkan kurva SNR terhadap waktu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 6. Transmittansi dari filter Baader *UBVRI*.

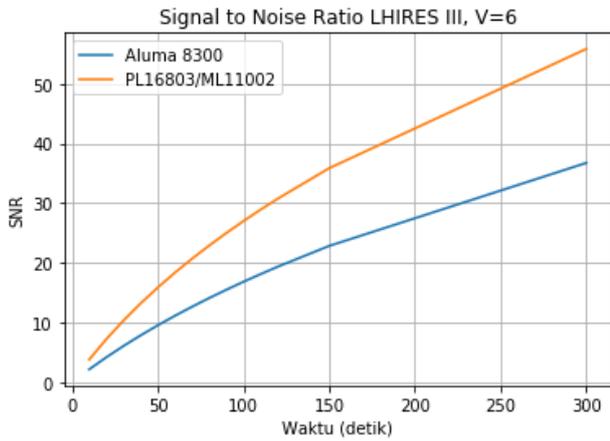


Gambar 7. Nilai QE maksimum FLI PL16803 sebesar 60%.



Gambar 8. Hasil simulasi nilai SNR per satuan waktu terhadap objek langit yang memiliki magnitudo $U=B=V=R=I=15$ menggunakan konfigurasi instrumen OS RC700 + PL 16803 + filter Baader *UBVRI*.

Untuk kamera CCD FLI PL16803 yang memiliki resolusi yang cukup besar, 4096 x 4096 piksel. Dengan kombinasi teleskop yang tepat, CCD ini dapat digunakan untuk mengambil gambar objek yang membutuhkan dengan medan pandang luas seperti nebula, gugus terbuka maupun gugus bola. Sensitivitas detektor ini cukup tinggi dengan ukuran piksel yang lebar (9 mikron), quantum efficiency yang tinggi (60%) dan juga memiliki full-well capacity cukup besar. Transmittansi filter Baader, QE CCD FLI PL16803, dan SNR ini ditunjukkan Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Dengan CCD ini, kita dapat menggunakannya untuk astrometri maupun fotometri. Kombinasi dengan spektrograf LHIRES III bisa juga melakukan spektroskopi. Dengan CCD ini kita dapat melakukan studi keanggotaan gugus, astrometri NEO, maupun studi spektrum bintang. Selain itu, CCD ini juga dapat digunakan untuk observasi astrofotografi. Perbandingan kemampuan spektroskopi menggunakan spektrograf LHIRES III dengan menggunakan CCD PL16803 dan CCD Aluma 8300, menunjukkan nilai SNR yang lebih tinggi diperoleh ketika dikombinasikan dengan CCD PL16803 daripada Aluma 8300 seperti pada Gambar 9. Hal ini disebabkan karena ukuran piksel, *full well capacity*, dan QE rata-rata pada PL16803 lebih besar daripada Aluma 8300. Kami juga melakukan perhitungan parameter teknis spektrograf mengacu pada spesifikasi LHIRES III [10]. Hasil simulasi keduanya ditampilkan pada Tabel 5.



Gambar 9. Perbandingan hasil simulasi nilai SNR per satuan waktu terhadap objek langit yang memiliki magnitudo $V=6$ menggunakan CCD PL16803 dan Aluma 8300

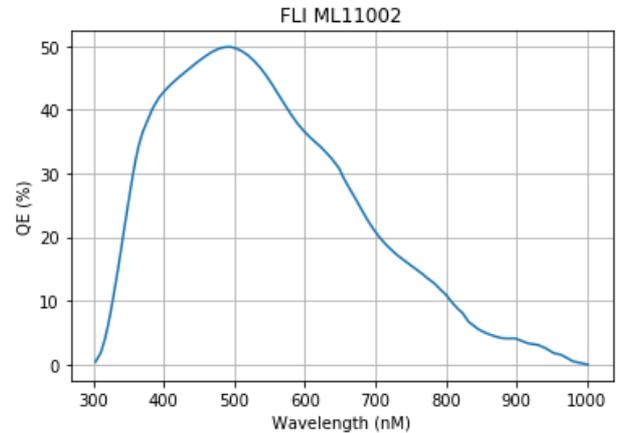
Tabel 5. Hasil Simulasi LHIREs III dengan menggunakan CCD Aluma 8300 & PL16803

Parameter	Aluma 8300	PL16803
Diameter kolimator minimum (d_i):	20,00 mm	20,00 mm
Focal ratio kolimator minimum (F_c):	10,00	10,00
Sudut datang (a):	51,9581°	51,9581°
Sudut difraksi (b):	51,9581°	51,9581°
Ukuran grating minimum (W):	32.5 mm	32.5 mm
Faktor anamorfik (r):	1	1
Diameter obyektif pada λ referensi (d_2):	20,0 mm	20,0 mm
Diameter obyektif minimum (d'_2):	24,0 mm	28,3 mm
Focal ratio obyektif minimum (F_o):	8,32	7,07
Dispersi (r):	0,06933 A/piksel	0,11554 A/piksel
Lambda min. (λ_1):	6447,7 A	6326,4 A
Lambda maks. (λ_2):	6678,3 A	6799.6 A
FWHMd:	6,56 mikron	6.56 mikron
FWHMt:	18,03 mikron	18.03 mikron
Sampling Factor:	1,67	1.00
Daya pisah (R):	28356	28356
Finesse (D_i):	0.231 A	0.231 A

(http://www.astrosurf.com/buil/us/stage/calcul/design_us.htm)

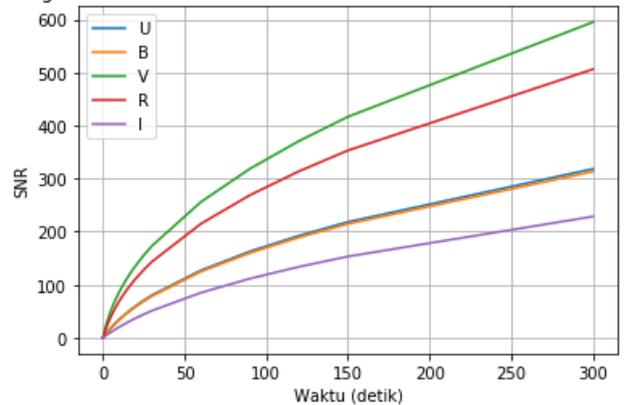
Sedangkan kombinasi menggunakan CCD FLI ML11002 memiliki 2 mode, yaitu mode monokrom dan RGB. CCD ini memiliki *read-out* yang cukup tinggi dan mampu menangkap gambar dengan mode video.

Mode ini berguna untuk melakukan pengamatan planet, transit, dan juga pengamatan yang membutuhkan eksposur dalam waktu yang singkat. QE CCD FLI ML11002, dan SNR ditunjukkan pada Gambar 10, dan Gambar 11.



Gambar 10. Nilai QE maksimum FLI ML11002 sebesar 50%.

Signal to Noise Ratio FLI ML11002 Monochrome, $U=B=V=R=I=15$,



Gambar 11. Hasil simulasi nilai SNR per satuan waktu terhadap objek langit yang memiliki magnitudo $U=B=V=R=I=15$ menggunakan konfigurasi instrumen OS RC700 + ML11002 + filter Baader UBVRI

2.2 Planetarium

Selain teleskop dan instrumen lainnya OAL juga memiliki sebuah mini planetarium yang dapat ditempatkan dimana saja sesuai kebutuhan. Planetarium dijadikan sebagai teater untuk memproyeksikan benda-benda langit. Adanya planetarium ini dapat meningkatkan daya tarik masyarakat untuk berkunjung ke OAL. Spesifikasi planetarium ini ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Spesifikasi Planetarium

Spesifikasi Proyektor	
<i>Emerald Projection System</i>	
Resolusi	1920 x 1080 piksel
Konektivitas	Full-HD DLP, VGA/D-Sub/15-Pin, HDMI
Kontras	8000:1
Medan pandang	360° x 180° (Azimuth x Ketinggian)
Tipe proyeksi sudut	<i>Full dome projection, Fisheye lens, 178°</i>
Resolusi proyeksi	Rata-rata 5,3
Kecerlangan proyektor	4000 Lumens
Umur lampu	hingga 3000 jam
Sistem suara	Stereo dengan <i>speaker</i> eksternal.
Daya	100-240 VAC, 50-60 Hz
Berat	19 kg (42lbs)
Ukuran	24 x 20 x 13 inci
Paket pertunjukan	19 pertunjukan planetarium
Spesifikasi Kubah	
Diameter kubah	5 meter
Tinggi kubah	3 meter
Kapasitas maksimum	20 orang

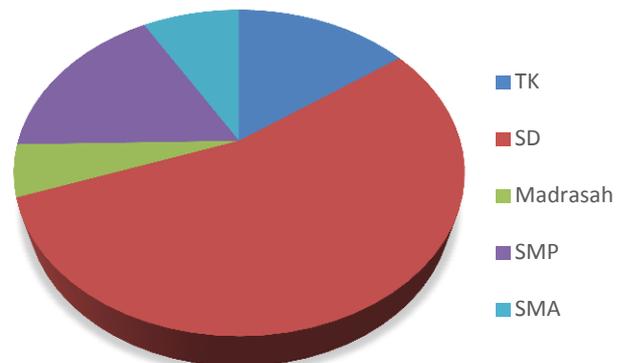
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemanfaatan Instrumen OAL Dalam Mendukung Kegiatan Penelitian, Pendidikan, dan Astrowisata

Astronomi di Indonesia tidak terlepas dari berbagai penerapan budaya dan filosofinya yang berkembang di lingkungan masyarakat. Misalnya keberadaan candi Borobudur di Jawa Tengah dan pemanfaatan rasi bintang pada kehidupan nelayan dan petani. Keberadaan observatorium bukan hanya identik dengan instrumen astronomi seperti teleskop, kamera dan alat pendukung lainnya untuk mengamati objek-objek langit. Observatorium dapat menjadi wadah bagi para guru, siswa, dan masyarakat umum untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan multidisiplin ilmu yang berkelanjutan. Sedangkan bagi peneliti dan akademisi observatorium dapat dijadikan sebagai laboratorium untuk melakukan penelitian di bidang sains antariksa.

Pemanfaatan instrumen yang dimiliki OAL dalam penelitian di masa depan dapat dimanfaatkan untuk penelitian astronomi baik secara fotometri dan spektroskopi. Beberapa kolaborasi riset nasional yang bisa dilakukan diantaranya adalah *Near Earth Object* (NEO), aktivitas Matahari, Keplanetan, objek bergaris emisi, dan struktur galaksi. Pelaku kolaborasi riset dalam ruang lingkup akademisi bisa dilakukan oleh berbagai institusi seperti Balitbang Lampung, ITB, ITERA, dan LAPAN.

Sedangkan kolaborasi riset internasional bisa ikut serta dalam misi pencarian planet mirip Bumi yang memiliki periode orbit <50 hari, mencari eksoplanet yang masuk dalam kategori layak huni, spektroskopi nova, Bintang B bergaris emisi, dan kurva cahaya dari observasi bintang ganda. Disisi lain observatorium juga dapat dimanfaatkan untuk pelayanan publik yang memiliki minat terhadap fenomena-fenomena keantariksaan. Beberapa kegiatan pelayanan publik yang melibatkan masyarakat seperti *Astro Camp, Astrotourism, pengamatan hilal, observasi langit malam, star party, dan planetarium*. Sejak 2017-2018, telah mencapai 2027 pengunjung yang telah mengikuti kegiatan publik. Gambar 11 menunjukkan bahwa tingkat sekolah dasar lebih banyak yang berkunjung dibandingkan tingkat yang lain. Adapun beberapa dokumentasi kegiatan pelayanan publik dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 11. Total pengunjung yang mengikuti kegiatan wisata edukasi astronomi di OAL selama tahun 2017-2018 mencapai 2027 orang.



Gambar 13. Kegiatan praktek lapangan melibatkan siswa aktif mengamati matahari.



Gambar 14. Kegiatan paparan materi astronomi di OAL.

4. KESIMPULAN

Instrumen yang terdapat pada OAL akan mampu menunjang berbagai macam kegiatan seperti penelitian, pendidikan dan edukasi pelayanan publik. Konfigurasi sistem kolektor, analisator, dan detektor yang optimal adalah jika menggunakan teleskop Officina Stellare F/10 RC 0.7 m dengan CCD FLI PL16803 dan filter Baader. Kombinasi ini memiliki medan pandang terluas, jumlah piksel terbanyak, QE maksimal 60%, dan resolusi terbaik. Kombinasi sistem ini dengan spektrograf resolusi tinggi, LHIRES III, $R=17000$ mampu digunakan sebagai alat untuk melakukan spektroskopi yang memiliki akurasi yang cukup tinggi. Sedangkan kombinasi dengan CCD ML11002 efektif jika digunakan untuk pengamatan yang membutuhkan akuisisi kecepatan tinggi seperti pengamatan planet, maupun transit yang sering terganggu oleh efek atmosfer Bumi. Kombinasi antara teleskop dan detektor lain juga dapat digunakan sebagai bahan ajar maupun edukasi bagi masyarakat. Planetarium yang ada juga akan menunjang visualisasi astronomi bagi pengunjung maupun untuk sistem pembelajaran publik.

Dengan adanya instrumen-instrumen ini, diharapkan jumlah kegiatan penelitian, pendidikan, dan astrowisata dapat meningkat.

Referensi

1. Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: 742/Kpts-IV/1992.
2. Ward, R.B., Sadler, P.M., and Shapiro, I.I., 2007 "Learning Physical Science through Astronomy Activities: A Comparison between Constructivist and Traditional Approaches in Grades 3-6" *Astronomy Education Review*, Vol. 6, No. 2, pp. 1-19.
3. Bailey, J.M. and Slater, T.F. (2003). "A Review of Astronomy Education Research," *Astronomy Education Review*, 2 (2), 20-45.
4. Hudgins, D., Prather, E., Grayson, D., and Smits, D. (2007). "Effectiveness of Collaborative Ranking Tasks on Student Understanding of Key Astronomy Concepts," *Astronomy Education Review*, 5 (1), 1-22.
5. Prather, E.E., Slater, T.F., Adams, J.P., Bailey, J.M., Jones, L.V., and Dostal, J.A. (2004). "Research on a Lecture-Tutorial Approach to Teaching Introductory Astronomy for Nonscience Majors," *Astronomy Education Review*, 3 (2), 122-136.
6. Cuevas, P., Lee, O., Hart, J. and Deaktor, D. 2005, "Improving Science Inquiry with Elementary Students of Diverse Backgrounds", *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (3), 337.
7. Muztaba, R., Putri, A.N.I., Pratiwi, N., Putro, W.S., Birastrri, W. and Malasan, H.L., 2018, October. Survei Situs Pembangunan Observatorium Astronomi Lampung di Tahura War, Gunung Betung. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)* (Vol. 7, pp. SNF2018-PA).
8. Newberry, M.V., 1991, "Signal-to-Noise Consideration for Sky-Subtracted CCD Data", *Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, 103: 122-130.
9. Howell S, B., 1989, "Two-Dimensional Aperture Photometry: Signal-to-Noise Ratio of Point-Source Observations and Optimal Data-Extraction Techniques", *Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, 101: 616-622.
10. Thizy, O., 2007, May. *Lhires III High Resolution Spectrograph. In Society for Astronomical Sciences Annual Symposium* (Vol. 26, p. 31).

Received: 09 Apr 2019, Accepted: 16 May 2019