

## BAB 5

### KESIMPULAN

Penyelidikan yang telah dijalankan di Balai Cerap Al-Khawarizmi terdiri dari empat perkara utama iaitu

- i. menguji ciri-ciri kamera CCD ST-10XME dalam penggunaannya yang sebenar,
- ii. menguji kemampuan gabungan teleskop Ritchey-Chretien, RCOS 16" dan lekapan khatulistiwa ParamountME dalam proses pengimejan,
- iii. Membuat perbandingan nilai nisbah isyarat / hingar (*signal/ noise ratio*, S/N) di antara kaedah dedahan tunggal dan pertindihan dedahan dalam pengimejan objek langit jauh.
- iv. Perbandingan terhadap kualiti imej monokrom dan imej warna objek langit jauh

Berikut kesimpulan dari ujian-ujian yang telah dijalankan dan cadangan dari kajian yang telah dijalankan.

## 5.1 Ciri-ciri kamera ST-10XME

Ujian pemeriksaan ciri-ciri kamera CCD yang telah dijalankan ialah faktor gandaan, hingar bacaan, kelinearan, kestabilan suhu, keseragaman piksel dan arus gelap. Ujian telah dijalankan di dalam Balai Cerap Al-Khawarizmi, Kompleks Falak Al-Khawarizmi, Jabatan Mufti Negeri Melaka yang terletak di Tg. Bidara Masjid Tanah Melaka.

### 5.1.1 Gandaan dan hingar bacaan

Ujian	Gandaan, $g$ , ( $e/ADU$ )	Hingar bacaan, $\sigma_{ron}$ ( $e/ADU$ )
Kaedah ringkas	$1.50 \pm 0.02$	$10.42 \pm 0.05$
Kaedah lanjutan	$1.53 \pm 0.02$	$10.40 \pm 0.05$
Pengeluar, SBIG	1.50	11.00

Dari dua ujian yang telah dijalankan didapati nilai gandaan dan hingar bacaan hampir sama dengan nilai pengeluar hanya terdapat perbezaan yang kecil bagi kedua-dua nilai tersebut.

### 5.1.2. Kelinearan

Kelinearan kamera CCD ialah kemampuan CCD bergerakbalas secara linear dengan foton yang menghentam permukaan CCD terhadap muatan perigi penuh (*full-well capacity*).

Dari ujian yang telah dijalankan menunjukkan kamera ST10XME yang digunakan adalah bergerakbalas secara linear terhadap cahaya. Dari graf kadar hitungan terhadap pertambahan masa dedahan adalah seragam. Ini bererti apabila waktu dedahan kamera ST-10XME bertambah, nilai piksel akan bertambah secara linear selagi tidak mencapai nilai tepu.

### 5.1.3 Kestabilan suhu

Hasil ujian yang dijalankan, dari graf suhu melawan masa (s), menunjukkan kamera mencapai kestabilan suhu setelah 690 saat (11.5 minit) sistem penyejuk kamera dihidupkan. Suhu paling rendah yang telah dicapai ialah  $-2.32^{\circ}\text{C}$ . Nilai minima yang boleh dicapai oleh kamera ini jika mengikut laporan pengeluar Santa Barbara Instrument Groups (SBIG) ialah  $-5^{\circ}\text{C}$  ( $35^{\circ}\text{C}$  di bawah suhu bilik). Nilai yang diperolehi dari ujian lebih tinggi sedikit iaitu sebanyak  $2.68^{\circ}\text{C}$  dari nilai pengeluar.

### 5.1.4 Arus gelap

Arus gelap adalah elektron terma yang dijanakan oleh CCD walaupun di dalam gelap atau tanpa kehadiran cahaya. Penjanaan elektron terma bergantung kepada suhu CCD. Penjanaan elektron terma meningkat dengan peningkatan suhu.

Dari ujian yang telah dijalankan nilai arus gelap kamera ST-10XME ialah  $0.7\text{ e}^{-}/\text{piksel}/\text{saat}$

Nilai arus gelap pengeluar bagi kamera ST-10XME ialah  $0.9\text{ e}^{-}/\text{piksel}/\text{saat}$  pada  $0^{\circ}\text{C}$ , nilai ini hanya menunjukkan perbezaan kecil dengan nilai yang diperolehi dari ujian yang dilakukan.

Dalam penggunaan sebenar, suhu kamera disejukkan terlebih dahulu di bawah suhu bilik. Oleh itu perbezaan yang kecil tersebut tidak begitu berkesan dalam menghasilkan arus gelap.

### 5.1.5 Keseragaman CCD

Hasil ujian menunjukkan cip CCD ST-10XME adalah seragam kecuali terdapat hanya 16 piksel mati (*dead piksel*) dengan nilai pikselnya adalah sifar.

## **5.2 Penyesuaian sistem teleskop dengan kamera CCD**

Dalam kajian ini telah dilakukan pengukuran aspek penyesuaian sistem teleskop RCOS 16” dengan kamera CCD ST-10XME. Aspek yang telah diukur ialah medan pandangan, resolusi, kejernihan, persempalan, pemfokusan, penghalaan, penjejakan, pemanduan dan penentukuran lekapan teleskop.

### **5.2.1 Medan Pandangan**

Dari hitungan yang telah dilakukan medan pandangan bagi gabungan di antara teleskop Ritchey-Chretien , RCOS 16” dengan kamera CCD ST-10XME (14.9 mm x 10 mm ) adalah 900.2 saat arka x 604.2 saat arka (15 arka min x 10 arka min).

### **5.2.2 Resolusi**

Resolusi bagi kamera CCD SBIG ST-10XME dengan saiz pikselnya 6.8 mikron dan teleskop RCOS 16” f/8.4 dengan panjang fokus 3414 mm yang digunakan dalam kajian ini adalah 0.42 saat arka per piksel.

Nilai Resolusi atau skala imej 0.42 saat arka per piksel memberi maksud bagi gabungan teleskop RCOS 16” (panjang fokusnya 3414 mm) dengan kamera ST-10XME (saiz pikselnya 6.8 mikron) membenarkan setiap piksel “melihat” langit pada kawasan 0.42 saat arka. Nilai ini adalah satu nilai resolusi yang tinggi dan memerlukan keadaan kejernihan yang sangat baik iaitu kejernihan 1- 4 saat arka. Nilai resolusi yang tinggi sesuai untuk pengimejan objek langit jauh seperti galaksi.

### **5.2.3 Kejernihan**

Kejernihan adalah ukuran keadaan kegeloraan dan kestabilan atmosfera. Nilai kejernihan menunjukkan kualiti kegeloraan atmosfera semasa cerapan dilakukan dan biasanya diukur dalam unit saat arka.

Dari kajian yang telah dibuat, nilai kejernihan langit di Balai Cerap Al-Khawarizmi ketika kajian ialah 1.05 saat arka. Nilai kejernihan yang diperolehi ini suatu yang baik, (setelah menempuh dan mencuba jaya mengimej berminggu dan berbulan lamanya). Pada kebiasaannya nilai kejernihan pada malam-malam lain melebihi dari 2.00 saat arka.

### **5.2.4 Persampelan**

Dari kajian yang telah dijalankan mendapati persampelan bagi satu piksel CCD kamera ST-10XME dan gabungan teleskop Ritchey-Chretien RCOS 16" ialah 0.53 saat arka / piksel. Nilai persampelan ini telah dapat memenuhi syarat persampelan Nyquist kerana nilai kejernihan ketika kajian ialah 1.05 saat arka. Nilai persampelan yang kecil ini memerlukan keadaan langit dengan kejernihan yang baik bagi mencapai hasil pengimejan CCD yang bermakna.

### **5.2.5 Pemfokusan**

Apabila dalam keadaan fokus lebih banyak foton menghentam permukaan CCD pada kawasan yang kecil, ini menyebabkan ia menjadi terang. Kecerahan piksel yang maksimum adalah fokus yang terbaik. Dari ujian yang telah dijalankan di atas, mendapati teleskop telah mencapai fokus

apabila imej bintang telah mencapai nilai kecerahan piksel yang paling maksimum dan nilai lebar penuh pada separuh maksimum (FWHM) yang rendah.

### **5.2.6 Penghalaan**

Penghalaan dan penjejakan yang tepat akan menunjukkan bintang akan kelihatan di dalam bingkai sepanjang waktu dan imejnya tidak menjadi herot sepanjang waktu dedahan.

Dari ujian yang telah dijalankan di atas telah mendapati dengan menggunakan model TPoint telah dapat memperbaiki penghalaan teleskop. Sebelum model TPoint dikenakan penghalaan teleskop ialah 1.78 minit arka dan selepas model TPoint dikenakan penghalaan teleskop menjadi lebih tepat iaitu 1.45 minit arka.

Dengan nilai ini teleskop dapat menghala kepada sasaran dengan mudah dan imej sasaran berada di dalam medan pandangan kerana kamera ST-10XME mempunyai medan pandangan yang luas iaitu 15 x 10 minit arka.

Nilai penghalaan yang lebih tepat lagi boleh diperolehi dengan memetakan lebih banyak bintang sehingga 200 bintang dengan taburan kawasan langit yang lebih luas.

### **5.2.7 Penjejakan (*tracking*)**

Dari analisis yang telah dibuat oleh perisian TPoint terhadap penentuan penjajaran kutub, mendapati nilai selisih azimut ialah +1.8 minit arka dan nilai selisih altitud ialah 0.1 minit.

Nilai azimut lekapan perlu dibetulkan sebanyak +1.8 minit dengan memutar "*knob*" pembetulan azimut mengikut lawan jam. Nilai altitud lekapan perlu dibetulkan dengan menaikkan paksi kutub sebanyak +0.1 minit.

Nilai ini membolehkan teleskop menjejaki bintang dengan dedahan sehingga 120 saat tanpa pemandu. Jika waktu dedahan lebih dari 120 saat menyebabkan imej bintang akan menjadi herot.

Nilai pembetulan altitud lekapan adalah kecil (+0.1 minit) dan sukar untuk dicapai kerana satu putaran knob altitud bersamaan satu darjah. Manakala nilai pembetulan azimut satu bahagian (tic) adalah dua minit arka.

Untuk meningkatkan ketepatan penjejakan dicadangkan supaya lebih banyak bintang-bintang dipetakan sekurang-kurangnya 200 bintang dengan taburan seluruh langit. Semakin banyak bintang yang dipetakan, pembetulan yang dilakukan oleh model TPoint lebih tepat dengan ini penjajaran kutub ParamountME menjadi lebih tepat.

### **5.2.8 Pemanduan (*guiding*) dan penentukuran lekapan**

Bintang pemandu yang dipilih satu bintang yang cerah dan tidak melebihi dari 50% paras tepu kamera CCD. Jika bintang yang sangat cerah imej akan menjadi tepu, ini akan memberi bacaan palsu dan nilai pembetulan yang tidak tepat. Pemanduan dengan teleskop Takahashi FS128 5" f/8.1 dan kamera CCD ST-7XME, bintang pemandu tidak mencapai tepu sepanjang pengimejan dengan waktu dedahan selama 3 saat. Paras tepu CCD yang digunakan ialah 43,478 ADU.

Dari ujian penentukuran terhadap lekapan mendapati lekapan mampu menjejaki bintang pemandu dengan baik. Bintang pemandu bermula dari titik piksel asal dan dikembalikan semula di titik asal. Kamera juga didapati hampir bersudut tepat dengan paksi lekapan. Keadaan ini membolehkan teleskop menjejaki sasaran dalam tempoh dedahan yang tertentu.

### **5.3 Peningkatan kualiti imej**

Peningkatan kualiti imej dalam kajian ini merujuk nilai nisbah isyarat / hingar. Dalam kajian yang telah dijalankan peningkatan kualiti imej dilakukan dengan kaedah pertindihan beberapa dedahan singkat dan dedahan tunggal. Perbandingan di antara kedua-dua kaedah telah dilakukan. Perbandingan di antara imej monokrom dan warna juga telah dilakukan.

#### **5.3.1 Peningkatan imej dengan pertindihan (*stacking*) beberapa dedahan singkat (*multiple short exposure*)**

Dari kajian yang telah dijalankan, menunjukkan imej-imej M74 yang telah diperolehi di dengan kaedah tindihan, didapati nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) bertambah dengan meningkat bilangan tindihan waktu dedahan. Imej M74 dengan dedahan 40 s nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) ialah 296 dan dengan tindihan 8x40 s (320 s) ialah 921.

Ini menunjukkan kualiti imej meningkat dengan meningkatnya bilangan tindihan waktu dedahan. Ini disebabkan apabila beberapa imej ditindihkan, isyarat akan bertambah dan hingar akan berkurang secara punca kuasa dua isyarat.

#### **5.3.2 Peningkatan kualiti imej dengan dedahan tunggal**

Dari kajian yang telah dijalankan, mendapati nisbah isyarat-hingar (S/N) imej-imej objek langit jauh telah meningkat dengan kaedah dedahan tunggal. Objek yang dikaji ialah galaksi pusaran M74 dan nebula Trifid. Kajian mendapati nisbah isyarat-hingar bertambah apabila waktu dedahan bertambah seperti yang diperolehi dari hasil kajian nilai S/N imej nebula Trifid dengan dedahan 20 saat ialah 337 dan dengan dedahan 300 saat ialah 2384. Ini menunjukkan kualiti imej objek langit jauh meningkat dengan bertambahnya waktu dedahan tunggal (*single exposure*).



Dari kajian juga menunjukkan terdapat perbezaan ketara di antara imej sebelum dan selepas penentukuran. Kualiti imej meningkat selepas penentukuran imej, kerana hingar di dalam imej mentah telah dibuang semasa proses penentukuran.

### **5.3.3 Perbandingan S/N di antara imej dengan dedahan tunggal dan tindihan beberapa dedahan**

Dari kajian yang telah dijalankan terhadap imej M74 dan nebula Trifid menggunakan kaedah dedahan tunggal dengan kaedah tindihan imej mendapati terdapat perbezaan dari segi nilai nisbah isyarat-hingar. Nilai S/N imej lebih tinggi dengan kaedah dedahan tunggal berbanding dengan kaedah tindihan. Semakin bertambah waktu dedahan semakin meningkat nilai S/N.

Peningkatan nilai S/N apabila bertambah waktu dedahan kerana semakin lama dedahan semakin banyak foton menghentam pengesan CCD bermakna isyarat bertambah dan isyarat bertambah lebih cepat berbanding dengan hingar. Untuk jumlah foton yang besar, hingar bersamaan dengan punca kuasa dua isyarat yang diterima. Ini menunjukkan dedahan yang lebih panjang dapat mengurangkan hingar dengan berkesan.

### **5.3.4 Perbandingan kualiti imej warna dan monokrom.**

Kajian telah dijalankan terhadap nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) bagi imej monokrom dan warna nebula Trifid. Kajian bertujuan untuk membandingkan nilai S/N imej monokrom dan warna. Dari kajian yang telah dijalankan mendapati nilai isyarat-hingar bagi kedua-dua imej adalah hampir sama. Nilai S/N imej monokrom nebula Trifid dengan dedahan selama 300 saat ialah 4609 manakala imej warna ialah 4581. Hanya terdapat sedikit perbezaan dimana nilai SNR imej monokrom lebih berbanding imej warna.

Dari kajian yang dijalankan juga menunjukkan nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) bingkai merah mempunyai nilai S/N yang paling tinggi dan bingkai biru paling rendah. Ini

menunjukkan keamatan piksel imej bingkai merah adalah tinggi dan imej bingkai biru adalah rendah. Ini disebabkan gelombang cahaya biru paling banyak diserap oleh atmosfera berbanding dengan cahaya merah.

#### **5.4 Cadangan dan penutup**

Dari kajian yang telah dijalankan, mendapati teleskop Rithchey-Chretein RCOS 16" f/8.4, lekapan ParamountME dan kamera CCD ST-10XME yang terdapat di Balai Cerap Al-Khawarizmi mempunyai ciri-ciri yang sama yang telah diberikan oleh pengeluar dan telah menunjukkan kemampuan untuk melakukan pengimejan dengan baik.

Walau bagaimanapun kemampuan penjajaran kutub masih boleh dipertingkatkan sehingga betul-betul bertepatan dengan kutub. Dicadangkan pemetaan perlu diteruskan sehingga mencapai penjajaran kutub yang tepat. Selain dari itu oleh kerana teleskop ini mempunyai panjang fokus yang panjang dan skala piksel yang kecil penjejakan dengan masa dedahan yang panjang sangat terbatas kecuali dengan pemanduan. Perkara ini boleh diatasi dengan menggunakan pengurang fokus (*focal reducer*).

Pengimejan imej warna boleh ditingkatkan dengan menggunakan penapis "Luminance". Dengan penapis ini imej warna yang dihasilkan lebih menarik lagi.

Selain dari itu untuk mendapatkan keseimbangan warna atau pemberat warna digunakan bintang solar yang mempunyai spektrum G2V seperti Matahari. Perhitungan pemberat warna dengan menggunakan bintang G2V dikatakan lebih tepat lagi.