

**MENILAI ASPEK-ASPEK YANG MEMPENGARUHI KUALITI  
IMEJ DALAM PENGIMEJAN CCD ASTRONOMI  
DI BALAI CERAP AL-KHAWARIZMI**

**KASSIM BIN BAHALI**

**FAKULTI SAINS  
UNIVERSITI MALAYA  
KUALA LUMPUR**

**2008**

**MENILAI ASPEK-ASPEK YANG MEMPENGARUHI KUALITI  
IMEJ DALAM PENGIMEJAN CCD ASTRONOMI  
DI BALAI CERAP AL-KHAWARIZMI**

**KASSIM BIN BAHALI**

**TELAH DISERAHKAN UNTUK MEMENUHI  
KEPERLUAN BAGI  
IJAZAH SARJANA SAINS**

**FAKULTI SAINS  
UNIVERSITI MALAYA  
2008**

**UNIVERSITI MALAYA**  
**PERAKUAN KEASLIAN PENULISAN**

Nama : KASSIM BIN BAHALI K.P : 600101-05-5553

No. Pendaftaran/Matrik: SGR020017

Nama Ijazah : SARJANA SAINS

Tajuk Kertas Projek/Laporan Penyelidikan/Disertasi/Tesis ("Hasil Kerja ini")

"Menilai aspek-aspek yang mempengaruhi kualiti imej dalam pengimejan CCD astronomi di Balai Cerap Al-Khawarizmi"

Bidang Penyelidikan : Astronomi

Saya dengan sesungguhnya dan sebenarnya mengaku bahawa:

- (1) Saya adalah satu-satunya pengarang/penulis Hasil Kerja ini;
- (2) Hasil Kerja ini adalah asli;
- (3) Apa-apa penggunaan mana-mana hasil kerja yang mengandungi hakcipta telah dilakukan secara urusan yang wajar dan bagi maksud yang dibenarkan dan apa-apa petikan. Ekstrak, rujukan atau pengeluaran semula daripada atau kepada mana-mana hasil kerja yang mengandungi hakcipta telah dinyatakan dengan sejelasnya dan secukupnya dan satu pengiktirafan tajuk hasil kerja tersebut dan pengarang/penulisnya telah dilakukan di dalam Hasil Kerja ini;
- (4) Saya tidak mempunyai apa-apa pengetahuan sebenar atau patut semunasabahnya tahu bahawa penghasilan Hasil Kerja ini melanggar suatu hakcipta hasil kerja yang lain;
- (5) Saya dengan ini menyerahkan kesemua dan tiap-tiap hak yang terkandung di dalam hakcipta Hasil Kerja ini kepada Universiti Malaya ("UM") yang seterusnya mula dari sekarang adalah tuan punya kepada hakcipta ini di dalam Hasil Kerja ini dan apa-apa pengeluaran semula atau penggunaan dalam apa jua bentuk atau dengan apa juga cara sekalipun adalah dilarang tanpa terlebih dahulu mendapat kebenaran bertulis dari UM;
- (6) Saya sedar sepenuhnya sekiranya dalam masa penghasilan Hasil Kerja ini saya telah melanggar suatu hakcipta hasil kerja yang lain sama ada dengan niat atau sebaliknya, saya boleh dikenakan tindakan undang-undang atau apa-apa tindakan lain sebagaimana yang diputuskan oleh UM.

Tandatangan calon

Tarikh 23 Jun 2009

Kassim Bin Bahali

DiPerbuat dan sesungguhnya di akui di hadapan,

Tandatangan Saksi

Tarikh 23 Jun 2009

Nama: Prof. Dr. Mohd. Zambri bin Zainudin

Jawatan: Professor Fizik

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah, Tuhan yang menciptakan langit dan Bumi. Selawat dan salam kepada junjungan Baginda Rasulullah S.A.W . Saya mengucapkan syukur terhadap Allah kerana dengan izinNya telah dapat menyiapkan kajian ini. Saya merakamkan ucapan ribuan terima kasih kepada Prof. Dr. Mohd. Zambri bin Zainuddin selaku penyelia kajian ini kerana telah banyak member tunjuk ajar dan panduan dalam melakukan kajian ini. Begitu juga kepada Dr. Hakim L. Malasan (Institut Teknologi Bandung) yang turut memberi tunjuk ajar. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Sahibus Samahah Mufti Kerajaan Negeri Melaka, Datuk Wira Hj. Rashid Redza bin Hj. Md. Salleh diatas nasihat dan kerjasama yang yang diberikan. Tidak dapat dilupakan sepanjang hayat, pengorbanan dan doa Allahyarham kedua Bonda dan Ayahanda, semoga Allah menerima amalan kalian dan memberi keampunanNya.

Rakaman penghargaan istimewa kepada isteri tercinta Jamilah Ibrahim di atas kesabaran, pengorbanan dan memahami tugas-tugas yang dijalankan, begitu juga kepada anak-anak tersayang. Kepada staf Kompleks Falak Al-Khawarizmi dan Jabatan Mufti Negeri Melaka, staf Makmal Angkasa Jabatan Fizik Universiti Malaya, rakan dan sahabat yang banyak membantu, terima kasih diucapkan.

## Abstrak

Kualiti imej yang dihasilkan dari pengimejan CCD astronomi bergantung kepada aspek sistem kamera CCD dan teleskop, proses pengimejan dan kaedah peningkatan kualiti imej yang digunakan. Aspek ini melibatkan pencirian kamera CCD, penyesuaian sistem teleskop-kamera CCD, kemampuan sistem lekapan teleskop dalam penghalaan, penjejakan dan pemanduan, penentukuran imej serta peningkatan kualiti imej langit jauh dari segi nisbah isyarat-hingar, S/N, bagi imej warna dan monokrom. Ujian keatas kamera CCD ST-10XME yang digunakan di Balai Cerap Al-Khawarizmi, mendapati nilai hinggar bacaan ialah  $10.40 \pm 0.05$  e/ADU, gandaan ialah  $1.53 \pm 0.02$  e/ADU dan nilai arus gelap ialah  $0.70 \pm 0.02$  e/piksel/saat. Ujian pencirian juga dijalankan ke atas ciri-ciri lain iaitu kelinearan, kestabilan suhu dan keseragaman cip. Dari aspek penyesuaian teleskop RCOS 16" dengan kamera CCD ST-10XME, medan penglihatan adalah 15 x10 arka minit dan resolusi adalah 0.42 arka saat/ piksel. Ujian terhadap lekapan ParamountMe mendapati ketepatan penghalaan adalah 1.45 arka minit dan lekapan ini mampu menjejak dan memandu teleskop dalam tempoh dedahan yang tertentu. Dari segi kualiti imej, ujian mendapati nisbah S/N imej objek langit jauh M74 meningkat dengan kaedah tindihan dan dedahan tunggal. Ujian juga mendapati nilai nisbah S/N lebih tinggi dengan kaedah dedahan tunggal berbanding dengan kaedah tindihan serta mendapati nilai nisbah S/N imej monokrom dan warna hampir sama.

## **Evaluating the aspects that influence the CCD astronomical processing at the Al-Khawarizmi Observatory.**

### **Abstract**

The quality of image produced by the astronomical CCD processing depends on the aspects of the system of the CCD camera and telescope, the process of imaging and the methods applied to improve quality image. These aspects involved the characterization of the CCD camera, the adaptability of the system of the CCD camera – telescope, the ability of the telescope's mount system in pointing, tracking and guiding, image calibration and also the improvement of the image quality for the colour and monochrome image of the deep sky objects from the aspects of the signal-noise ratio, S/N. The test done on the CCD camera ST-10XME at the Al-Khawarizmi Observatory found that the camera has the read noise value of  $10.40 \pm 0.05$  e/ADU, gain value of  $1.53 \pm 0.02$  e/ADU and dark current value of  $0.70 \pm 0.02$  e/pixel/second. The test was also done on the linearity, the temperature stability and the chip uniformity. On the adaptability aspect between the RCOS 16" telescope and CCD camera ST-10XME, the field of view is 15 x 10 arc minute and resolution 0.42 arc second/ pixel. The test has found that the ParamountMe mount has the pointing accuracy of 1.45 arcs minute and was able to do tracking and guiding the telescope for certain time exposure. For the image quality aspect, the test found that for deep sky image, M74, the S/N ratio was increased with stacking and long exposure methods. The test also found that the signal-noise ratio was higher for single exposure compared with stacking method, and the value of S/N ratios of monochrome and colour image were almost equal.

## Kandungan

Penghargaan	i
Abstrak	ii
Abstract	iii
Kandungan	iv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latarbelakang penyelidikan	1
1.2 Batasan Masalah	7
1.3 Objektif kajian	9
1.4 Perbahasan Kajian	10
<b>BAB 2 KAJIAN LATAR BELAKANG</b>	<b>13</b>
2.1 Prinsip kerja CCD	13
2.1.1 Kecekapan kuantum	15
2.1.2 Kelinearan CCD	16
2.1.3 Hingar bacaan (readout noise)	17
2.1.4 Sistem gandaan (System Gain)	18
2.1.5 Keseragaman	18
2.1.6 Arus gelap	18
2.1.7 Paras tepu	19
2.1.8 Piksel dan saiz susunan	19
2.1.9 Medan pandangan (field of view, FOV)	20
2.1.10 Bilangan piksel	22
2.1.11 Resolusi Imej	23
2.2 Jenis-jenis imej CCD	25
2.2.1 Imej mentah	25
2.2.2 Imej Pincang	26
2.2.3 Imej Terma	26

2.2.4	Imej medan datar	27
2.2.5	Imej tertentukuran	27
2.3	Punca-punca Hingar	27
2.3.1	Hingar foton	29
2.3.2	Hingar Terma	29
2.3.3	Hingar Bacaan	30
2.3.4	Hingar pengkuantuman/ pendigitan	31
2.4.	Nisbah Isyarat / hinggar	31
2.4.1	Hingar dalam imej mentah	33
2.5	Aspek-aspek penghasilan imej CCD	35
2.5.1	Kejernihan langit	35
2.5.2	Kejituan fokus	43
2.5.3	Kaedah-kaedah memfokus	46
2.5.3.1	Memfokus secara visual	46
2.5.3.2	Memfokus dengan bantuan perisian	48
2.5.3.2.a	Kecerahan piksel	48
2.5.3.2.b	FWHM	49
2.6	Lekapan yang baik	51
2.6.1	Penjajaran kutub	52
2.6.1.1	Kaedah hanyutan (Drift method)	52
2.6.1.2	Kaedah CCD	53
2.6.1.3	Kaedah Perisian	55
2.7	Penentukuran imej	57
2.7.1	Proses penentukuran	57
2.7.1.1	Bingkai gelap (Dark frame)	57
2.7.1.2	Bingkai medan datar ( Flat field frame)	58
2.7.1.3	Bingkai imej pincang	60



BAB 3 INSTRUMENTASI DAN KAEDAH EKSPERIMEN	64
3.1 Instrumentasi	64
3.1.1 Kamera CCD -ST10XME	65
3.1.1.1 Roda Penuras warna (color filter wheel)	67
3.1.2 Teleskop	69
3.1.2.1 Teleskop Utama, RCOS 16"	69
3.1.2.2 Teleskop skunder, Takahasi FS128 5"	70
3.1.3 Lekapan teleskop ( telescope mount)	72
3.2 Kaedah Eksperimen	73
3.2.1 Pemeriksaan ciri-ciri kamera CCD	74
3.2.1.1 Gandaan (gain)	74
3.2.1.2 Hingar bacaan	75
3.2.1.3 Kelinearan	76
3.2.1.4 Keseragaman CCD	76
3.2.1.5 Arus gelap	77
3.2.2 Langkah-langkah ujian menentukan ciri-ciri kamera CCD	77
3.2.2.1 Langkah-langkah Ujian ringkas	77
3.2.2.1.a Gandaan (gain), $g$ ;	77
3.2.2.1.b Hingar bacaan	78
3.2.2.1 c Arus gelap	78
3.2.2.2 Kaedah lanjutan	79
3.2.2.2.a Gandaan, $g$ , dan hinggar bacaan, $\sigma$ ron ;	79
3.2.2.2.b Kelinearan	80
3.2.2.2.c Kestabilan suhu	81
3.2.3 Menentukan Penyesuaian ciri teleskop dengan kamera CCD	81
3.2.3.1 Pemfokusan	83
3.2.3.2 Kejernihan (seeing) langit	85
3.2.3.3 Penghalaan (pointing) dan Penjejakan (tracking)	86

3.2.3.4	Langkah-langkah ujian penghalaan (pointing)	89
3.2.3.5	Langkah ujian penjejakan	90
3.2.3.5.a	Kaedah hanyutan secara manual	90
3.2.3.5.b	Kaedah TPoint	93
3.2.3.6	Pemanduan	95
3.2.3.7	Penentukuran (calibration) imej CCD	98
3.2.3.8	Peningkatan kualiti imej dalam pengimejan objek langit jauh	103
3.2.3.8.a	Langkah -langkah pertindihan	104
3.2.3.8.b	Langkah-langkah dedahan tunggal	106
3.2.3.9	Perbandingan kualiti imej di antara imej monokrom-warna	107
3.2.3.9.a	Langkah merakam imej warna dengan beberapa dedahan	108
3.2.3.9.b	Langkah merakam imej warna dengan dedahan tunggal	109
<b>BAB 4 ANALISIS DATA DAN PERBINCANGAN</b>		<b>110</b>
4.1	Pemeriksaan ciri-ciri kamera CCD	110
4.1.1	Kaedah ujian ringkas	110
4.1.1.1	Gandaan	110
4.1.1.2	Hingar bacaan	113
4.1.1.3	Paras tepu	113
4.1.1.4	Arus Gelap	114
4.1.1.5	Keseragaman CCD	115
4.1.2	Kaedah lanjutan	117
4.1.2.1	Faktor gandaan dan hingar bacaan	117
4.1.2.2	Kelinearan	121
4.1.2.3	Kestabilan suhu	124
4.2	Proses pengujian pengimejan	126
4.2.1	Penyesuaian sistem teleskop dengan kamera CCD	126
4.2.1.1	Medan penglihatan	127
4.2.1.2	Persampelan	128

4.2.1.2.a	Resolusi	130
4.2.1.2.b	Kejernihan langit	131
4.2.1.3	Pemfokusan	134
4.2.1.4	Penghalauan	137
4.2.1.5	Penjejakan	138
4.2.1.6	Penjajaran kutub dengan menggunakan TPoint	139
4.2.1.7	Pemanduan	140
4.2.1.8	Penentuan pengukuran lekapan	142
4.2.2	Penentukuran imej	144
4.2.2.1	Bingkai pincang utama	144
4.2.2.2	Bingkai gelap utama	147
4.2.2.3	Bingkai medan datar utama	150
4.2.3	Peningkatan kualiti imej bagi pengimejan objek jauh	153
4.2.3.1	Peningkatan imej dengan pertindihan beberapa dedahan singkat	154
4.2.3.2	Peningkatan kualiti imej dengan dedahan tunggal	158
4.2.3.3	Perbandingan S/N di antara imej	164
4.2.3.4	Perbandingan kualiti imej warna dan monokrom	167
<b>BAB 5 KESIMPULAN</b>		<b>173</b>
5.1	Ciri-siri kamera ST-10XME	174
5.1.1	Gandaan dan hingar bacaan	174
5.1.2	Kelinearan	174
5.1.3	Kestabilan suhu	175
5.1.4	Arus gelap	175
5.1.5	Keseragaman CCD	175
5.2	Penyesuaian sistem teleskop dengan kamera CCD	176
5.2.1	Medan pandangan	176
5.2.2	Resolusi	176
5.2.3	Kejernihan	177

5.2.4	Persampelan	177
5.2.5	Pemfokusan	177
5.2.6	Penghalaan (pointing)	178
5.2.7	Penjejakan (tracking)	178
5.2.8	Pemanduan (guiding) dan penentukuran lekapan	179
5.3	Peningkatan kualiti imej	180
5.3.1	Peningkatan imej dengan pertindihan beberapa dedahan singkat	180
5.3.2	Peningkatan kualiti imej dengan dedahan tunggal	180
5.3.3	Perbandingan S/N di antara imej dengan dedahan tunggal	181
5.3.4	Perbandingan kualiti imej warna dan monokrom	181
5.4	Cadangan dan penutup	182
	Rujukan	183