

BAB 4

ANALISIS DATA DAN PERBINCANGAN

Bab ini akan membincangkan hasil ujikaji terhadap ciri-ciri kamera CCD, proses rakaman, pengkalibrasian imej, peningkatan kualiti imej dan perbandingan kualiti imej monokrom dan warna. Seterusnya menganalisis data dari hasil ujikaji tersebut. Objek langit jauh yang dibincangkan dalam kajian ini ialah galaksi M74 dan nebula Trifid. Galaksi M74 terletak dalam buruj Pisces terletak sejauh 30,000 juta tahun cahaya dan nebula Trifid dalam buruj Sagitarius terletak sejauh 5,000 tahun cahaya dari Bumi. Beberapa imej objek samawi juga telah dirakamkan akan dinyatakan di akhir bab ini.

4.1 Pemeriksaan ciri-ciri kamera CCD

Ujian pemeriksaan ciri-ciri kamera CCD yang telah dijalankan ialah gandaan, hingar bacaan, kelinearan, kestabilan suhu, keseragaman piksel dan arus gelap.

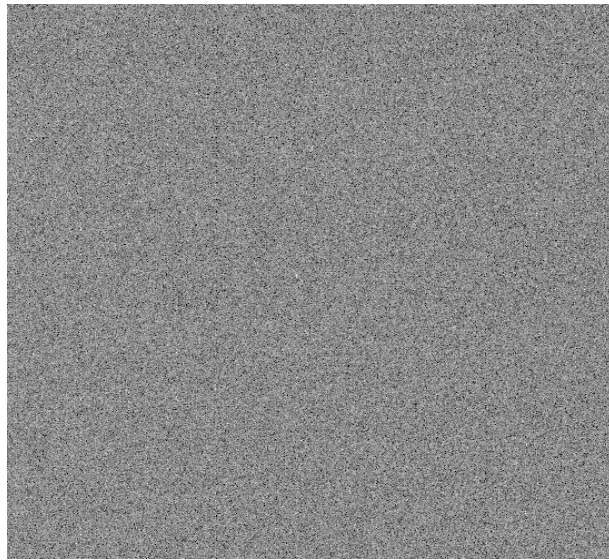
Dua ujian telah dijalankan untuk menentukan ciri-ciri tersebut iaitu ujikaji ringkas dan lanjutan seperti yang telah diterangkan dalam bab terdahulu pada bahagian 3.2.2. Ujian telah dijalankan di dalam Balai Cerap Al-Khawarizmi, Kompleks Falak Al-Khawarizmi, Jabatan Mufti Negeri Melaka yang terletak di Tg. Bidara Masjid Tanah, Melaka.

4.1.1 Kaedah ujian ringkas

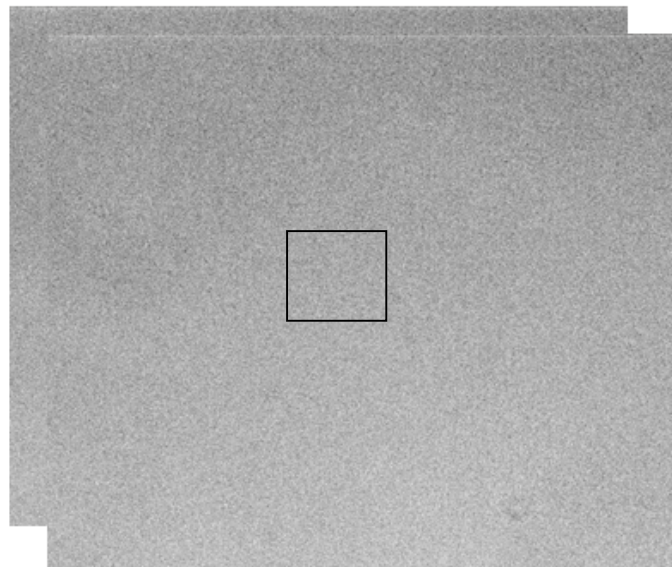
4.1.1.1 Gandaan

Ujian telah dijalankan untuk mengetahui nilai faktor gandaan kamera CCD iaitu bilangan elektron yang dijanakan oleh fotosit-fotosit per unit analog-digital. Kamera CCD yang

digunakan dalam kajian ini ialah ST-10XME yang dikeluarkan oleh Santa Barbara Instruments Group (SBIG) (lihat penjelasan ciri-ciri kamera ini di 3.1.1). Dari ujian ringkas yang dijalankan (langkah-langkah ujikaji telah diterangkan di 3.2.2.1 bab terdahulu) telah diperolehi satu imej bingkai pincang, FFB; dua bingkai datar; FFD1 & FFD2; dan satu bingkai gelap, FFD.



Rajah 4.1 Bingkai pincang, FFB



Rajah 4.2 Dua bingkai medan datar, FFD1 dan FFD2. Sisihan piawai diukur di bahagian tengah imej sub-bingkai 25 piksel x 25 piksel



Rajah 4.3 Medan gelap, FFD

Dari fail pincang, FFB, diukur sisihan piawai nilai piksel dan dari fail imej medan datar, FFD1 dan FFD2, diperolehi min nilai piksel. Dari perbezaan dua fail imej medan datar diperolehi varian nilai piksel. Keputusan yang diperolehi seperti di jadual 4.1. Imej-imej yang diperolehi diproses dengan perisian AIP4Win Ver.1.4.

Sisihan piawai nilai piksel, \hat{S}_{pv} , diukur dari imej pincang, FFB, di bahagian tengah bingkai iaitu satu kawasan segiempat 25 piksel x 25 piksel.

Min nilai piksel diukur dari imej pasangan medan datar, FFD. Medan datar ditolak terlebih dahulu dengan medan gelap. Min nilai piksel diukur di bahagian tengah bingkai iaitu satu kawasan segiempat 25 piksel x 25 piksel.

Varian diukur dari imej hasil perbezaan medan datar, FFD1, ditolak dengan medan datar, FFD2. Oleh kerana kedua-dua medan datar tersebut mengandungi hingar, maka varian imej hasil penolakan kedua-dua medan datar itu mengandungi dua kali ganda hingar. Oleh itu varian imej hasil penolakan kedua-dua medan datar itu dibahagi dua (atau didarab dengan 0.5), seperti dalam persamaan gandaan, g.

Bingkai	Min PV	Sisihan Piawai, \hat{S}_{pv}	Varian, σ_{pv}^2
FFB	-	7.00	-
FFD	24,985.92	-	-
FFD1-FFD2	-	-	33544.06

Jadual 4.1
Perbezaan di antara dua fail medan datar

Dari keputusan di atas dihitung nilai gandaan, g

$$\begin{aligned}
 g &= \hat{S}_{pv} / 0.5\sigma_{pv}^2 \text{ (elektron per ADU)} \\
 &= 1.4897 \text{ elektron per ADU} \\
 &\approx 1.5 \text{ elektron per ADU.}
 \end{aligned}$$

4.1.1.2 Hingar bacaan

Dari nilai gandaan, g , di atas dan keputusan seperti jadual 4.1 dapat dihitung nilai hingar bacaan dalam unit elektron, σ_{ron}

$$\begin{aligned}
 \sigma_{ron} &= g \sigma_{pv} \text{ (elektron r.m.s)} \\
 &= 10.423 \text{ elektron r.m.s}
 \end{aligned}$$

4.1.1.3 Paras Tepu

Paras tepu CCD bergantung kepada nilai muatan penuh perigi dan gandaan. Nilai muatan perigi penuh kamera CCD SBIG ST-10XME ialah 77,000 elektron dan nilai gandaan ialah 1.5 e/ADU

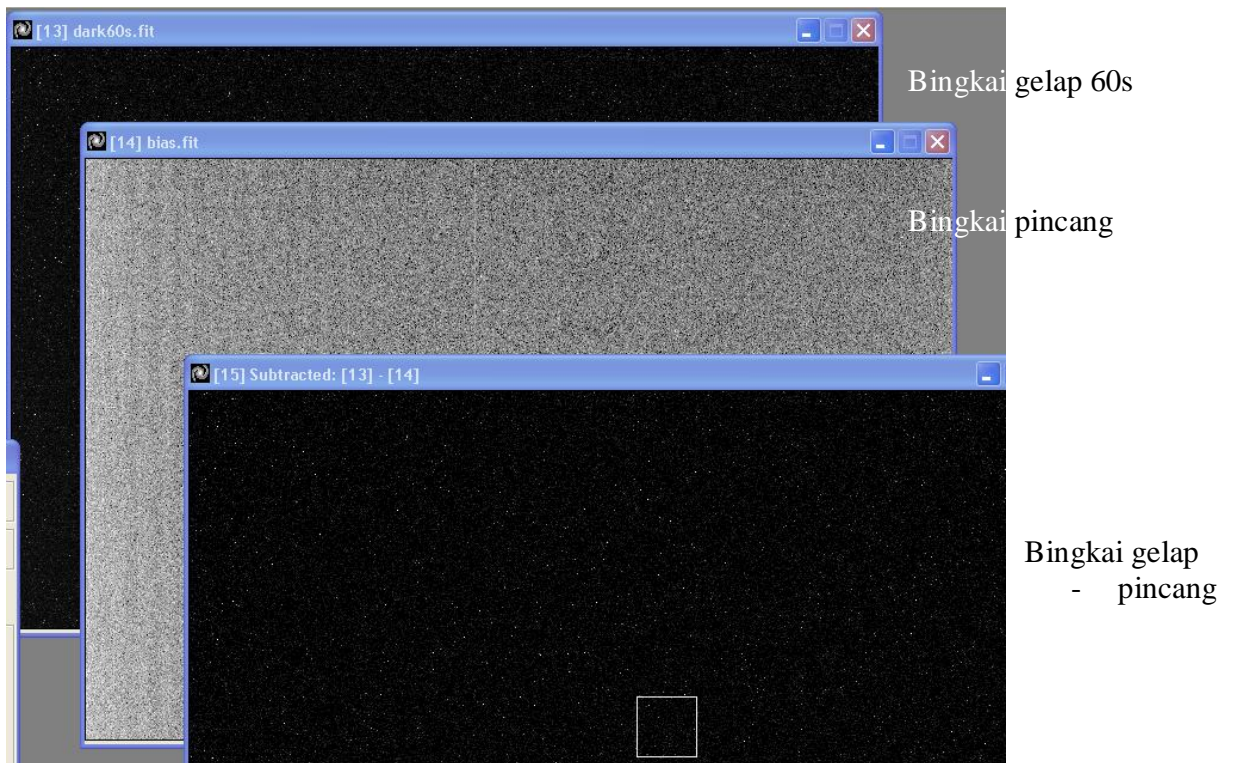
Nilai paras tepu bagi kamera CCD SBIG ST-10XME dihitung dengan rumus (2.1)

$$\begin{aligned}
 \text{Paras tepu CCD} &= \frac{77000}{1.5} \text{ (elektron)} \\
 &= 51,333
 \end{aligned}$$

4.1.1.4 Arus gelap

Arus gelap adalah elektron terma yang dijanakan oleh CCD walaupun di dalam gelap atau tanpa kehadiran cahaya. Ini disebabkan CCD dibina dari bahan silikon yang memiliki ciri terma (*thermal characteristic*). Penjanaan elektron terma bergantung kepada suhu CCD. Penjanaan elektron terma meningkat dengan peningkatan suhu. Pada suhu bilik arus gelap bagi CCD yang biasa (*typical CCD*) ialah 2.5×10^4 elektron/piksel/saat [55].

Dalam ujian ini, teleskop ditutup dan kamera CCD didedahkan selama 60s pada suhu 0 darjah Celsius. Nilai arus gelap diperolehi dari min imej bingkai gelap, FFD dengan waktu dedahan 60 saat yang ditolak dengan bingkai pincang, FFB. (Langkah-langkah ujian telah diterangkan di dalam bab 3 di bahagian 3.2.2.1.c)



Rajah 4.4 : Bingkai gelap 60s, pincang dan penolakan bingkai gelap 60s dengan pincang.

Pengukuran min nilai piksel dengan perisian AIP4win v1.4 di bahagian tengah (segiempat kecil) bingkai gelap (FFD) tolak bingkai pincang (FFB) dan di perolehi nilai; Min nilai piksel bingkai gelap FFD - bingkai pincang, FFB adalah 41 e/ADU dalam 60 saat.

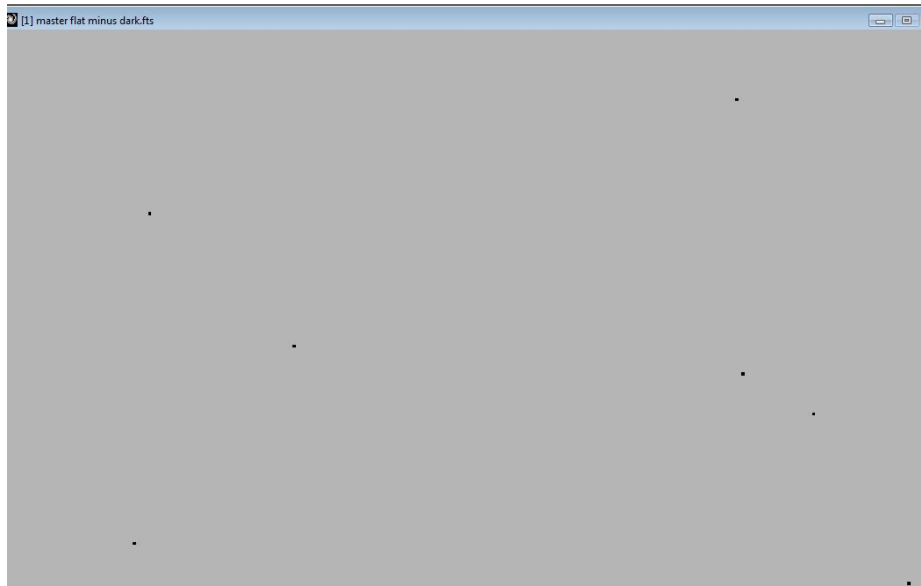
$$\begin{aligned}\text{Maka nilai arus gelap} &= 41 / 60\text{s} \\ &= 0.7 \text{ e/piksel/ saat}\end{aligned}$$

Nilai arus gelap pengeluar bagi kamera ST10XME ialah 0.9e/piksel/saat pada 0°C, nilai ini tidak jauh berbeza dengan nilai yang diperolehi dari ujian yang dilakukan.

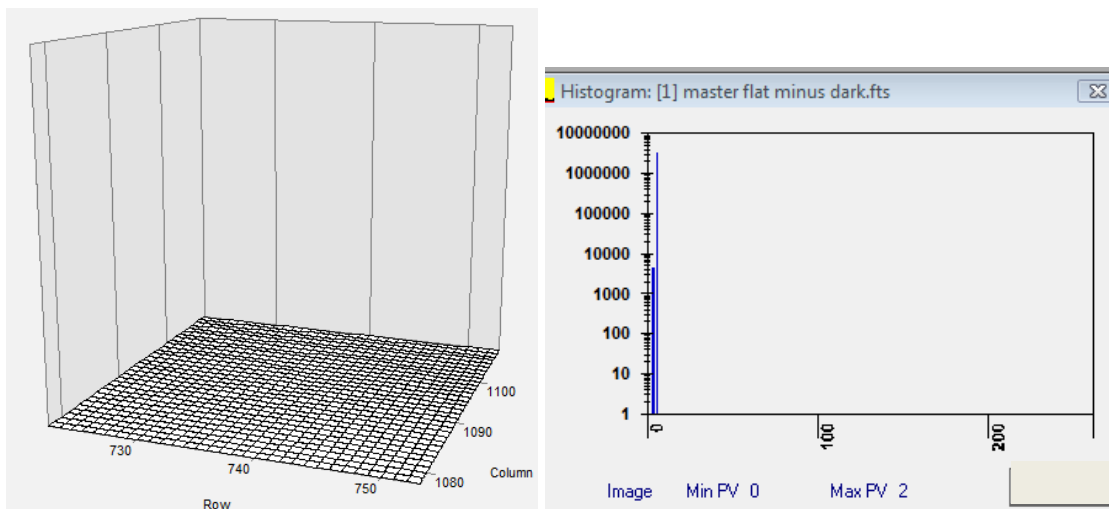
4.1.1.5 Keseragaman CCD

Ujian ini untuk memeriksa keseragaman piksel cip CCD dan kecacatan piksel kamera ST-10XME. Walaupun gred CCD yang dikeluarkan oleh pihak pengeluar mempunyai kualiti yang tinggi tetapi kebiasaannya terdapat berapa piksel yang cacat (*single-pixel defects*) seperti piksel mati (*dead pixels*).

Ujian yang dijalankan ialah dengan mendedahkan kamera kepada punca cahaya yang seragam untuk membina satu bingkai medan datar. Kemudian imej medan datar ditolak dengan bingkai gelap yang sepadan. Imej tersebut diperiksa dengan perisian AIP4win v.1.4 dan Mira Pro 6 dengan diteliti keseragaman imej medan datar. Hasil ujian menunjukkan cip CCD ST-10XME adalah seragam kecuali terdapat hanya 16 piksel mati dengan nilai pikselnya adalah sifar. Imej yang diperolehi seperti ditunjukkan pada rajah 4.5.



Rajah 4.5 : Imej medan datar setelah ditolak dengan bingkai medan gelap menunjukkan terdapat sebanyak 16 piksel mati yang ditunjukkan dengan titik-titik hitam, nilai pikselnya, $PV=0$. Nilai purata piksel-piksel yang lain, $PV = 1$ (Perisian AIP4win v.1.4)



Rajah 4.6 : Kiri; Imej medan datar format dalam 3Dimensi (analisis dengan Mira Pro 6) menunjukkan piksel-piksel dengan keamatan yang seragam. Kanan; Histogram (analisis AIP4win v.1.4) menunjukkan bilangan piksel melawan keamatan piksel. Nilai piksel minima ialah sifar dan maksimum ialah dua.

4.1.2 Kaedah lanjutan

4.1.2.1 Faktor gandaan (g) dan hingar bacaan (σ_{ron})

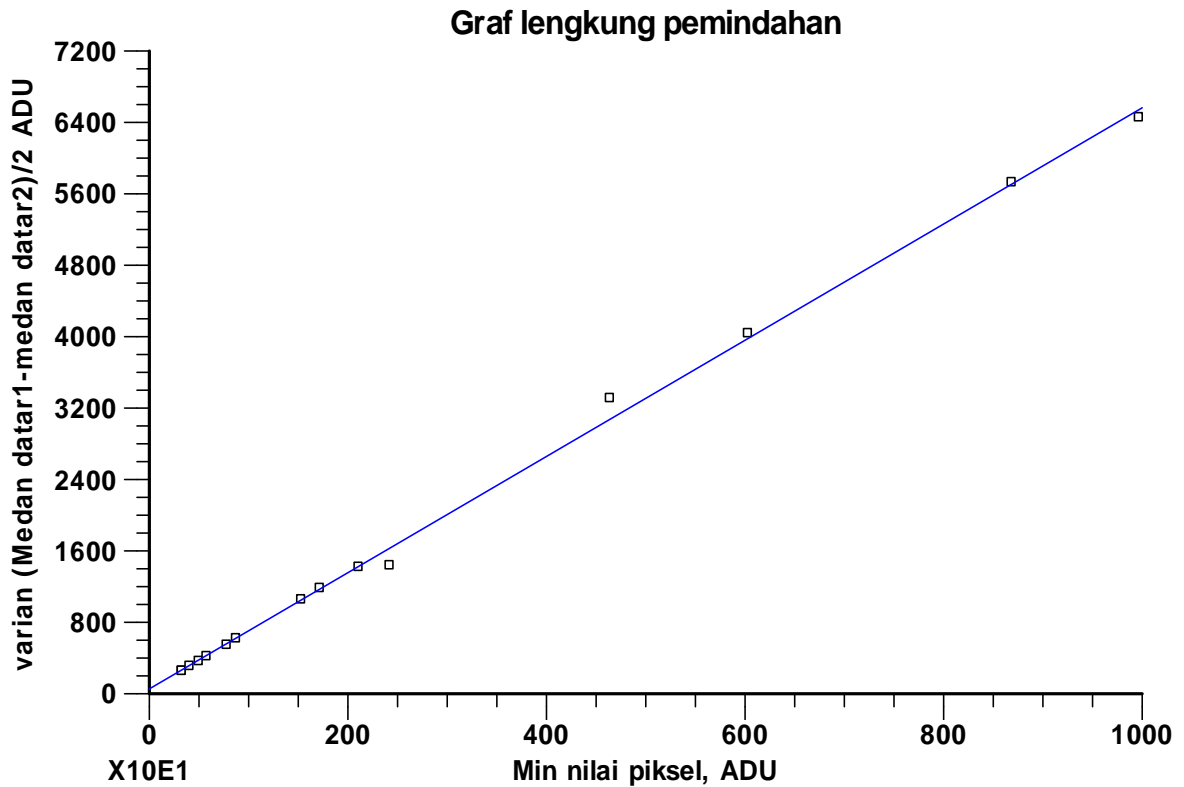
Dengan kaedah lanjutan faktor gandaan (g) dan hingar bacaan (σ_{ron}) diperolehi dari graf lengkung pemindahan. Ujian ini dijalankan dengan mendapatkan beberapa set nilai varian dan min nilai piksel bagi setiap imej medan datar. (langkah-langkah ujian telah diterangkan di dalam bab 3 bahagian 3.2.2.2.a).

Dengan kaedah lanjutan dapat diplotkan graf lengkung pemindahan (*transfer curve*) dari data pasangan medan datar seperti jadual 4.2. Lengkung pemindahan adalah graf varian lawan min nilai piksel bagi setiap pasangan medan datar. Varian nilai piksel diperolehi dari perbezaan setiap pasangan medan datar. Min nilai piksel \hat{S}_{pv} dan varian, σ_{pv}^2 , nilai piksel diukur dari setiap medan datar dengan perisian AIP4Win Ver 1.4. Nilai-nilai ini diperolehi dari setiap bingkai medan datar dari kawasan segiempat 25 piksel x 25 piksel di tengah bingkai.

Medan datar	Waktu dedahan (s)	Min PV, \hat{S}_{pv}	Varian, σ_{pv}^2
Flat01	1	221	155
Flat02	2	331	257
Flat03	3	495	365
Flat04	4	575	418
Flat05	5	776	550
Flat06	6	875	616
Flat07	7	1536	1052
Flat08	8	1278	880
Flat09	9	1719	1173
Flat10	10	2104	1427
Flat11	20	2423	1644
Flat12	30	4644	3108
Flat13	40	6037	4029
Flat14	50	8695	5727
Flat15	60	9973	6582

Jadual 4.2

Data Lengkung pertumbuhan. Medan datar diperolehi dengan kamera CCD ST-10XME didedahkan kepada sumber cahaya halogen yang seragam di dalam kubah Balai Cerap Al-Khawarizmi.



Rajah 4.7 : Hubungan di antara Varian dengan min nilai piksel bagi medan datar

Persamaan garis dari graf di atas hubungan di antara varian medan datar dengan min nilai piksel adalah secara linear dan hubungan ini dinyatakan dalam persamaan linear oleh Berry & Burnell, 2000.

$$\sigma_{pv}^2 = \frac{1}{g} \hat{S}_{pv} + \frac{1}{g^2} \sigma_{ron}^2$$

Dari nilai kecerunan dan pemotongan garis graf lengkung pertumbuhan dapat dihitung nilai gandaan, g , dan hingar bacaan, σ_{ron}^2 .

Ini memenuhi persamaan linear piawai $y = mx + C$. Kecerunan garis m adalah salingan gandaan, $1/g$ dan pemotongan paksi-y pada C adalah $1/g^2 \sigma_{\text{ron}}^2$.

$$\text{Kecerunan garis, } m = 1/g$$

$$\text{Pemotongan garis } C = 1/g^2 \sigma_{\text{ron}}^2$$

Dari nilai kecerunan dan pemotongan garis graf lengkung pertumbuhan dapat dihitung nilai gandaan, g , dan hingar bacaan, σ_{ron}^2 .

Bagi graf di atas persamaan garis lurus tersebut adalah

$$Y = 0.652X + 46.1$$

$$\text{dimana kecerunan garis, } m = 1/g = 0.652$$

$$\text{pemotongan garis } C = 1/g^2 \sigma_{\text{ron}}^2 = 46.1$$

maka diperolehi nilai bagi;

$$\text{Faktor penukar, } g = 1/0.652 = 1.533 \text{ e/ADU}$$

$$\sigma^2 = C g^2 = 46.1(1.533)^2$$

$$= 108.34$$

$$\text{maka nilai hingar bacaan } \sigma_{\text{ron}} = 10.40 \pm 0.05 \text{ e/ADU}$$

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

Jadual 4.3

Perbandingan nilai gandaan (g) dan hingar bacaan(σ_{ron}) di antara ujian yang dijalankan dengan pengeluar kamera CCD (SBIG)

Dari kaedah ujian ringkas dan kaedah lanjutan nilai didapati gandaan, g, dan hingar bacaan, σ_{ron} , hampir sama. Jika dibandingkan dengan nilai yang diberikan oleh pihak pengeluar bagi nilai gandaan, g, adalah 1.5 e/ADU dan nilai hingar bacaan adalah 11 e/ADU. Kedua-dua nilai yang diperolehi hampir sama dengan pihak pengeluar. Hanya terdapat perbezaan kecil bagi nilai hingar bacaan di antara nilai ujian dengan nilai pengeluar.

4.1.2.2 Kelinearan

Kelinearan kamera CCD adalah di antara ciri dan kelebihan kamera CCD. Kelinearan kamera CCD bermaksud hubungan secara linear di antara nilai input (cas terkumpul dalam setiap piksel) dengan nilai output (nilai digital dalam imej output) [57].

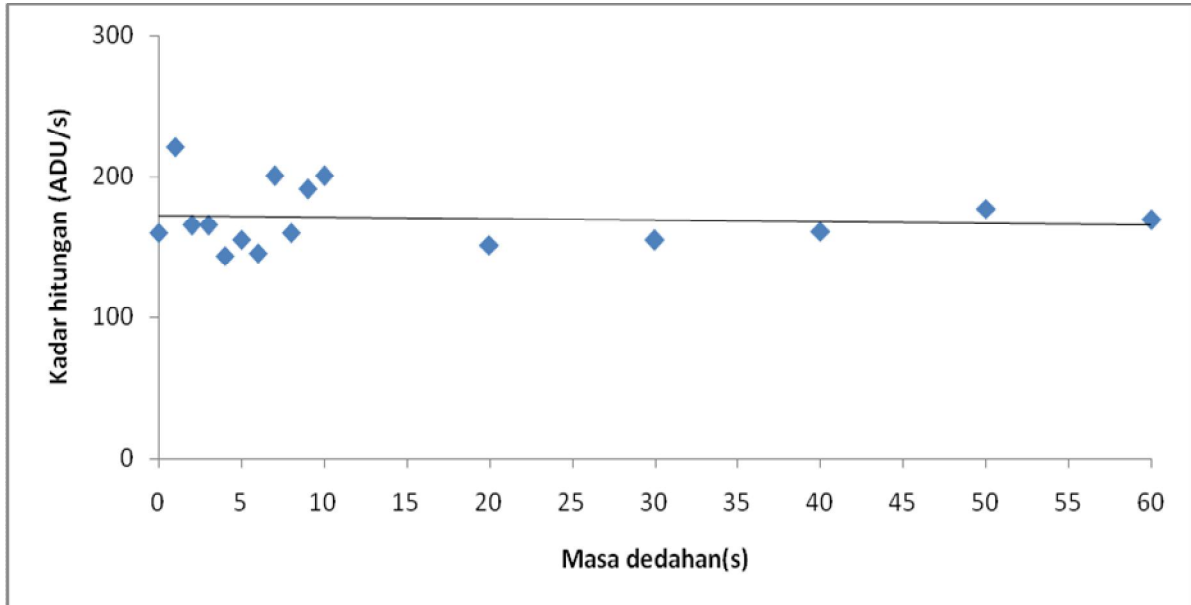
Kelinearan kamera CCD ialah kemampuan CCD bergerakbalas secara linear dengan foton yang menghentam permukaan CCD terhadap muatan perigi penuh (*full-well capacity*). Kamera CCD tidak bersifat linear apabila nilai piksel telah mencapai nilai tepu. Oleh itu kamera CCD perlu dielakkan daripada melebihi takat tepu.

Dalam kajian ini, kelinearan kamera CCD disemak dengan membandingkan kadar hitungan nilai piksel terhadap waktu dedahan. Kamera telah didedahkan dengan sumber cahaya seragam dengan beberapa waktu dedahan. Kamera CCD didedahkan supaya tidak melebihi takat tepu. (Langkah-langkah ujian telah diterangkan di dalam bab terdahulu bahagian 3.2.2.2b).

Dari ujian telah diperolehi data seperti di dalam jadual 4.4 di bawah;

Medan datar	Waktu dedahan (s)	Min PV, \hat{S}_{pv}	Kadar hitungan (ADU/s)
Flat01	1	221	221.00
Flat02	2	331	165.20
Flat03	3	495	165.00
Flat04	4	575	143.75
Flat05	5	776	155.20
Flat06	6	875	145.83
Flat07	7	1536	219.43
Flat08	8	1278	159.75
Flat09	9	1719	191.00
Flat10	10	2104	200.40
Flat11	20	2423	151.50
Flat12	30	4644	154.80
Flat13	40	6037	150.92
Flat14	50	8695	160.90
Flat15	60	9973	176.21

4.4 Jadual: Kadar hitungan bagi setiap waktu dedahan.



Rajah 4.8: Kelinearan CCD ST-10XME ditunjukkan oleh hubungan kadar hitungan (ADU/s) terhadap masa dedahan (s) adalah sekata.

Bagi suatu CCD yang linear sempurna akan menunjukkan graf kadar hitungan melawan waktu dedahan satu garis mendatar sempurna. Dari ujian yang telah dijalankan telah mendapati graf yang linear dengan garis lurus mengufuk seperti yang ditunjukkan pada rajah 4.8. Pada rajah 4.8 menunjukkan dalam tempoh masa dedahan di antara 0 hingga 10 saat pertama, kamera CCD telah didedahkan setiap saat. Ini dilakukan berdasarkan waktu dedahan yang terbina di dalam perisian MaxIM DL ver. 4.0 yang digunakan dalam kajian ini. Selepas 10 saat kamera didedahkan dengan pertambahan waktu dedahan sebanyak 10s. Dalam keadaan sebenar kamera didedahkan bermula dari 0 saat hingga 10 saat kemudian diikuti dengan pertambahan waktu dedahan sebanyak 10 saat atau nilai yang lebih tinggi. Ini bertujuan untuk mendapatkan waktu dedahan yang bersesuaian bagi objek yang dikaji. Hasil dari ujian yang telah dijalankan menunjukkan kamera ST-10XME yang digunakan adalah bergerakbalas secara linear terhadap cahaya.

4.1.2.3 Kestabilan suhu

Oleh kerana cip CCD dibuat dari bahan silikon yang mempunyai ciri terma, ia akan menjana elektron terma dengan meningkatnya suhu. Dengan yang demikian penyejukan CCD adalah penting bagi mengurangkan arus gelap. Bagi meminimakan hingar arus gelap di dalam kamera CCD, suhu kamera perlu diminimakan dan stabil pada suatu nilai yang tertentu. Suhu CCD yang tidak stabil akan mempengaruhi pengurangan arus gelap.

Bagi kamera CCD gred penyelidikan di balai cerap penyelidikan utama di dunia menggunakan cecair nitrogen sebagai penyejuk yang boleh menyejukkan kamera sehingga dibawah dari $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan boleh mengekalkan suhu pada suatu nilai suhu $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bagi kamera ST10XME yang digunakan dalam kajian ini mempunyai sistem penyejuk yang terdiri dari termoelektrik satu peringkat (single stage thermoelectric) dan kipas angin aktif (udara sebagai penyejuk). Air juga boleh digunakan sebagai penyejuk tambahan. Suhu kamera ini boleh turun sebanyak $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ dari suhu bilik jika menggunakan udara sebagai penyejuk. Ini bermakna jika suhu bilik ialah $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, suhu kamera akan mencapai suhu minima sehingga kepada $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jika menggunakan air sebagai penyejuk tambahan, suhu kamera boleh mencapai sehingga $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

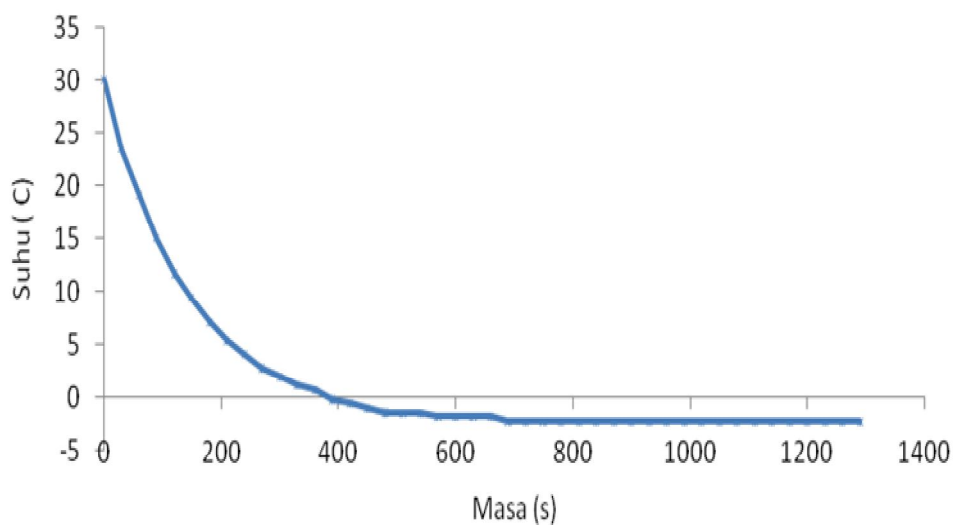
Dalam ujian ini, bagi mendapatkan nilai kestabilan suhu, kamera CCD dan sistem penyejuknya dihidupkan. Penyejuk yang digunakan dalam ujian ini ialah udara dengan menggunakan kipas. Semasa ujian dijalankan suhu bilik ialah $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kamera dibiarkan selama 1300 saat sehingga mencapai kestabilan suhu. Masa (s) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$) kamera direkodkan di dalam jadual seperti jadual 4.5. Graf suhu ($^{\circ}\text{C}$) melawan masa (s) diplotkan seperti rajah 4.9.

Masa (s)	Suhu (°C)
1	29.96
30	23.36
60	19.00
90	14.96
120	11.63
150	9.33
180	7.08
210	5.33
240	4.02
270	2.73
300	1.88
330	1.08
360	0.61
390	-0.23
420	-0.65
450	-1.07
480	-1.48
510	-1.49
540	-1.49
570	-1.91
600	-1.91
630	-1.91

Masa(s)	Suhu(°C)
660	-1.91
690	-2.32
720	-2.32
750	-2.32
780	-2.32
810	-2.32
840	-2.32
870	-2.32
900	-2.32
930	-2.32
960	-2.32
990	-2.32
1020	-2.32
1050	-2.32
1080	-2.32
1110	-2.32
1140	-2.32
1170	-2.32
1200	-2.32
1230	-2.32
1260	-2.32
1290	-2.32

Jadual 4.5 : Pengurangan suhu kamera CCD dengan pertambahan waktu. Suhu bilik, 30° C.

Suhu(C) lawan Masa (s)



Rajah 4.9 : Hubungan Suhu (°C) kamera ST10XME terhadap masa (s). Suhu bilik adalah 30 °C

Hasil ujian yang dijalankan seperti yang ditunjukkan dalam rajah 4.9, 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°C . Nilai minima yang boleh dicapai oleh kamera ini jika mengikut laporan pengeluar Santa Barbara Instrument Groups (SBIG) ialah -5°C (35°C di bawah suhu bilik). Perbezaan di antara nilai yang diperolehi dari ujian dengan nilai pengeluar ialah sebanyak 2.68°C . Nilai yang diperolehi dari ujian lebih tinggi dari nilai pengeluar. Walau bagaimanapun suhu kamera stabil sepanjang ujian setelah mencapai tahap suhu terendah.

4.2 Pengujian proses pengimejan

Kualiti imej CCD banyak bergantung kepada proses pengimejan. Proses pengimejan melibatkan sistem optik dan kamera CCD yang digunakan, kaedah rakaman dan pemprosesan imej (lihat penjelasan di bab 2). Dalam kajian ini, ujian yang telah dilakukan ialah penyesuaian di antara sistem optik teleskop dengan kamera CCD, langkah-langkah rakaman imej, pemprosesan imej dan pemprosesan warna imej.

4.2.1 Penyesuaian sistem teleskop dengan kamera CCD

Untuk menghasilkan imej yang baik di antara faktor penting yang perlu diberi perhatian ialah gabungan di antara sistem optik teleskop dan kamera mestilah sesuai. Gabungan yang sesuai akan memberi tahu kita berapa luas langit dan berapa terperinci imej dapat

dilihat oleh kamera CCD. Bagi CCD astronomi ada dua sudut pandangan yang penting, pertama ialah medan pandangan cip CCD dan kedua sudut pandangan setiap piksel yang terdapat dalam CCD. Medan pandangan CCD ialah berapa luas langit yang dapat “dilihat” oleh CCD. Medan pandangan bergantung kepada saiz cip CCD kamera dan panjang fokus teleskop. Manakala berapa terperinci imej dapat dirakamkan atau paparan imej dengan jelas, ukuran terperinci imej ini dinamakan resolusi. Resolusi imej bergantung kepada saiz piksel CCD kamera dan panjang fokus teleskop. Bagi pengimejan objek langit jauh seperti kluster bintang, galaksi dan nebula aspek medan pandangan, resolusi dan waktu dedahan perlu ditentukan dan dikatakan kunci kejayaan pengimejan. Dalam kajian ini diukur medan pandangan dan resolusi bagi gabungan teleskop RCOS 16” dengan kamera CCD ST-10XME. Ukuran juga dibuat bagi teleskop sekunder Takahashi FS128 5” dengan kamera CCD sekunder ST-7XME.

4.2.1.1 Medan Penglihatan

Medan penglihatan bagi panjang fokus teleskop dan saiz cip CCD diberikan oleh;

$$\text{Medan penglihatan} = 206265 \times \frac{\text{saiz cip}(mm)}{\text{panjang fokus}(mm)} \text{ saat arka}$$

Bagi teleskop RCOS 16”, panjang fokusnya ialah 3414 mm dan kamera ST10XME, saiz cipnya 14.9 x 10mm;

$$\begin{aligned} \text{Medan penglihatan, panjang} &= 206265 \times \frac{14.9(mm)}{3414(mm)} \text{ saat arka} \\ &= 900.2 \text{ saat arka} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Medan penglihatan, lebar} &= 206265 \times \frac{10(mm)}{3414(mm)} \text{ saat arka} \\ &= 604.2 \text{ saat arka} \end{aligned}$$

Maka medan penglihatan cip ST-10XME (14.9mm x 10mm) adalah 900.2 saat arka x 604.2 saat arka (15 saat arka x 10 saat arka).

Bagi teleskop sekunder Takahashi FS128 5", panjang fokusnya ialah 1040 mm dan kamera ST7XME, saiz cipnya 6.9 x 4.6mm;

$$\begin{aligned} \text{Medan penglihatan, panjang} &= 206265 \times \frac{6.9(mm)}{3414(mm)} \text{ saat arka} \\ &= 416.9 \text{ saat arka} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Medan penglihatan, lebar} &= 206265 \times \frac{4.6(mm)}{3414(mm)} \text{ saat arka} \\ &= 278.0 \text{ saat arka} \end{aligned}$$

Maka medan penglihatan cip ST-7XME (6.9mm x 4.6mm) adalah 416.9 saat arka x 287.0 saat arka (6.9 min arka x 4.8 min arka).

Dari hitungan di atas menunjukkan medan penglihatan gabungan teleskop RCOS 16" dengan kamera ST-10XME lebih luas berbanding dengan gabungan teleskop Takahashi FS128 5" dan cip ST-7XME.

4.2.1.2 Persampelan

Persampelan bertujuan untuk membaca atau mengumpul maklumat dari satu punca data atau bintang. Maklumat imej bintang yang terbentuk pada titik fokus teleskop, sebenarnya adalah dalam bentuk cakera Airy (lihat penjelasan di 2.5.1). Maklumat imej yang terbentuk pada fokus teleskop tidak hilang jika resolusi piksel CCD menyamai dengan sekurang-kurangnya dua kali resolusi yang disampaikan oleh teleskop

(George,1997). Untuk mempersampelkan imej bintang dengan baik diperlukan dua piksel per bintang, ini berdasarkan kepada kriteria Nyquist (lihat di 2.1.10). Kriteria persampelan Nyquist menyatakan bahawa persampelan yang baik mestilah sekurang-kurangnya dua piksel per bintang. Persampelan yang baik memerlukan saiz piksel yang dapat mewakili setengah dari lebar penuh pada separuh maksimum (lihat 2.5.3.2.b) bintang.

Persampelan bergantung kepada nilai kejernihan langit dan resolusi CCD kamera.

Nilai resolusi 1- 3 saat arka adalah tinggi dan lebih dari 3 nilai resolusi adalah rendah. Resolusi yang tinggi sangat sesuai untuk pengimejan galaksi dan objek langit jauh (*deep sky*) kerana akan menampakkan dengan jelas dan terperinci bahagian galaksi dan objek langit jauh dengan syarat kejernihan adalah sangat baik. Nilai resolusi yang tinggi memerlukan keadaan langit dengan kejernihan yang sangat baik iaitu 1-4 saat arka. Jika seeing 4 saat arka maka diperlukan saiz piksel yang dapat mencakupi 2 saat arka per piksel. Atau dengan perkataan lain persampelan imej yang baik pusat cakera Airy mestilah memenuhi dua piksel. Diameter cakera Airy adalah;

Diameter Airy = panjang gelombang x panjang fokus.

Nisbah fokus yang dapat memenuhi kriteria Nyquist;

Nisbah fokus = 2 x saiz piksel / panjang gelombang.

Bagi CCD piksel ST-10XME 6.9 mikron x 6.9 mikron; dan nilai panjang gelombang berkesan ialah 0.65 nm (lihat graf kecekapan kuantum relatif pada rajah 3.1). Oleh itu nilai teori nisbah fokus yang optimum yang memenuhi kriteria Nyquist ialah:

$$\begin{aligned} \text{Nisbah fokus} &= 2 \times 6.9 / 0.65 \\ &= 21.2 \end{aligned}$$

Nisbah fokus berkesan adalah f/21.2

4.2.1.2.a Resolusi

Bagi teleskop dengan panjang fokus tertentu, skala imej atau resolusi yang berkesan dengan piksel kamera adalah;

$$\text{Resolusi} = 206,265 \times \text{saiz piksel} / \text{panjang fokus. (saat arka).}$$

(Saiz piksel dan panjang fokus masing-masing dalam unit meter).

Resolusi bagi kamera CCD 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

$$\begin{aligned} \text{Resolusi} &= 206265 \times 6.8 \times 10^{-6} \text{ m} / 3414 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0.42 \text{ saat arka per piksel.} \end{aligned}$$

Nilai resolusi atau skala imej 0.42 saat arka per piksel memberi maksud bagi gabungan teleskop RCOS 16", f/8.4 (panjang fokusnya 3414 mm) dengan kamera ST-10XME (saiz pikselnya 6.8 mikron) membenarkan setiap piksel "melihat" langit pada kawasan 0.42saat 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.

4.2.1.2.b Kejernihan langit

Kejernihan adalah ukuran keadaan kegeloraan dan kestabilan atmosfera. Keadaan langit yang mantap atau atmosfera yang stabil akan memberikan hasil pengimejan yang lebih baik. Sebaliknya atmosfera yang bergelora akan menyebabkan imej mengalami herotan atau kabur. Nilai kejernihan menunjukkan kualiti kegeloraan atmosfera semasa cerapan dilakukan dan biasanya diukur dalam unit saat arka. Kaedah-kaedah menganggarkan nilai kejernihan (telah diterangkan di dalam 2.5.1).

Keadaan kejernihan langit semasa cerapan dapat diketahui berdasarkan rumus (Newberry, 1998).

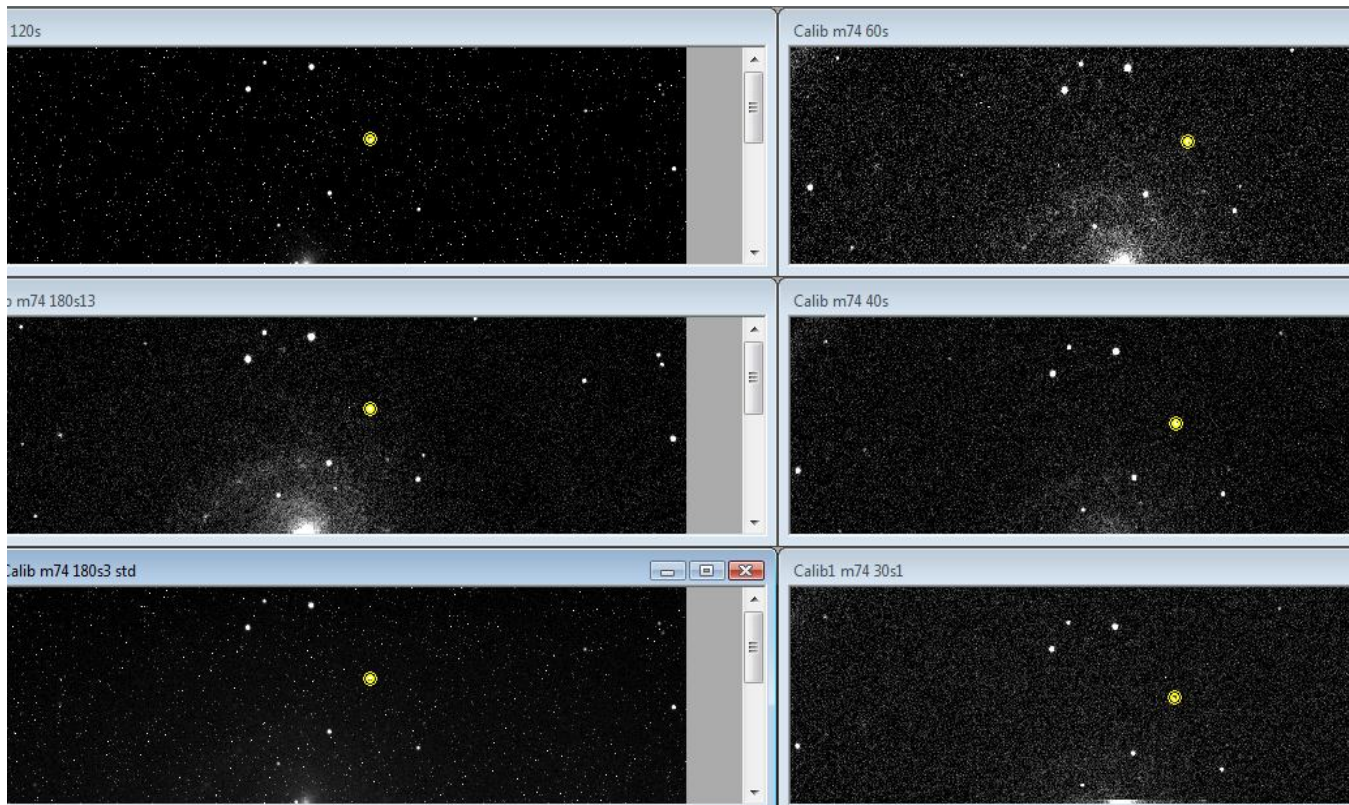
$$S = \text{purata FWHM} \times P ;$$

di mana P adalah resolusi ; FWHM – lebar penuh pada separuh maksimum

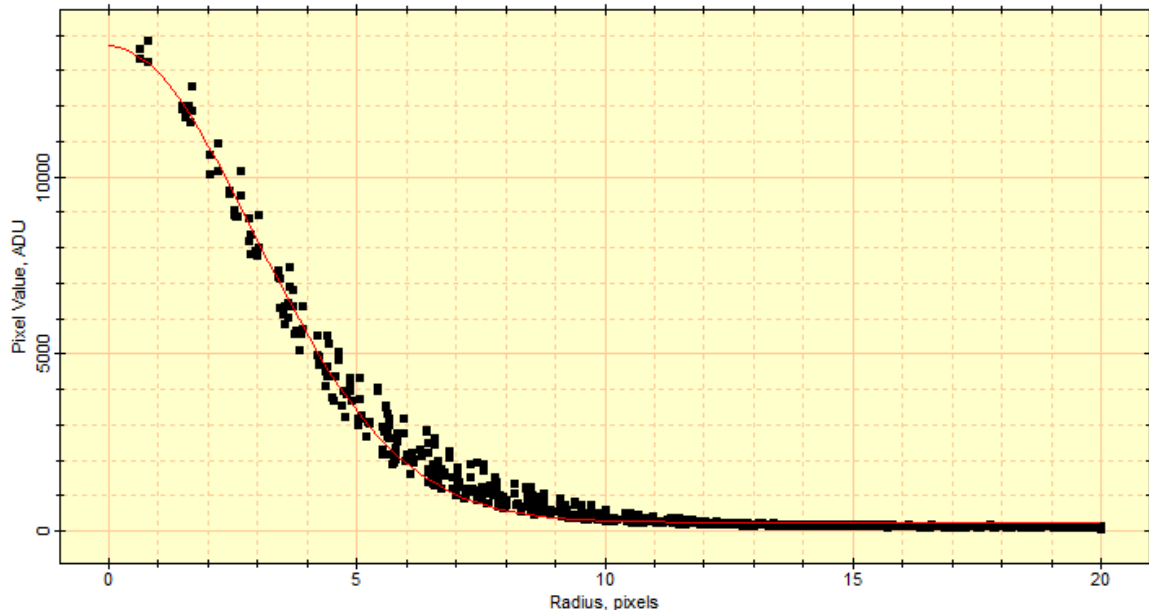
Dalam kajian ini nilai lebar penuh pada separuh maksimum diukur pada imej bintang rujukan dalam M74 semasa cerapan dijalankan pada 18 Oktober 2007. Sebanyak enam imej bintang rujukan telah diukur nilai FWHM masing-masing kemudian dihitung nilai purata mereka. Setiap imej bintang tersebut dipastikan tidak mencapai nilai tepu.

Nilai FWHM diperolehi dengan menggunakan perisian MaxIM DL Ver. 4.0 di dalam sub- menu “*Information window –mode- aperture*” . Nilai FWHM dihitung dalam unit saat arka. Supaya nilai FWHM yang dihitung adalah betul, perlu terlebih dahulu dilakukan penentukuran bagi nilai skala piksel. Penentukuran skala piksel dihitung berdasarkan saiz piksel CCD dan panjang fokus teleskop yang digunakan (hitungan

dibuat seperti di 4.2.1.2.a). Rajah 4.10 menunjukkan enam imej bintang rujukan dengan waktu dedahan yang berbeza bagi mendapatkan nilai FWHM masing-masing. Bintang rujukan yang dipilih berdekatan dengan objek yang dikaji iaitu M74



Rajah 4.10 : Menunjukkan enam imej bintang rujukan (tandakan dengan bulatan kuning) berdekatan dengan M74 , bagi mendapatkan nilai FWHM.



Rajah 4.11
 Profil bintang rujukan untuk menentukan FWHM (dengan perisian Mira Pro 7).

Fail	x,y	R1, R2	FWHM (Saat arka)	SNR
Calib M74 30s1	1177, 336	12, 30	2.3	357
Calib M74 40s_8	1195, 290	8, 36	2.9	363
Calib M74 60s	1217, 279	8,26	2.4	330
Calib M74 120s	1215, 276	8, 26	2.4	241
Calib M74 180s3 std	1215,273	8, 26	2.6	284
Calib M74 180s 13	1215,275	10, 22	2.4	681

Jadual 4.6

Nilai FWHM enam imej bintang rujukan dalam M74, nilai purata FWHM ialah 2.5 saat arka. x,y adalah kedudukan bintang rujukan dalam imej M74. R1, R2 adalah jejari bukaan (*aperture*) yang digunakan untuk mengukur FWHM dengan perisian Maxim DL Ver. 4.0

Nilai purata FWHM yang diperolehi dari cerapan dengan menggunakan perisian MaxIM DL Ver. 4.0 ialah 2.50 dan nilai resolusi (dari 4.2.1.2.a) ialah 0.42 saat arka per piksel, maka nilai kejernihan

$$\begin{aligned} S &= 2.50 \times 0.42 \text{ saat arka} \\ &= 1.05 \text{ saat arka} \end{aligned}$$

Bagi persampelan yang sempurna maka nilai kejernihan 1.05 saat arka akan memenuhi 2 piksel. Ini bermakna persampelan bagi satu piksel ialah $1.05 / 2 = 0.53$ saat arka. Ini menunjukkan nilai resolusi (0.42 arka/piksel) bagi gabungan teleskop RCOS16" dan kamera ST-10XME hampir sama dengan nilai persampelan. Ini bermakna pengimejan CCD akan lebih peka dan waktu dedahan dapat dikurangkan.

4.2.1.3 Pemfokusan

Kaedah yang digunakan untuk mendapatkan pemfokusan yang baik adalah dengan mendapatkan nilai kecerahan piksel dan nilai lebar penuh pada separuh maksimum bintang.

Kajian dijalankan dengan memfokus satu bintang dalam kluster bintang NGC 5272. Imej bintang difokus secara manual dengan memutar pemfokus sehingga mendapat imej yang tajam. Bagi mendapatkan nilai kecerahan piksel bintang dan nilai FWHM digunakan perisian MaxIM DL Ver. 4.0. Kamera didedahkan selama 1 saat bagi mendapatkan imej dan direkodkan nilai kecerahan piksel. Kedudukan koordinat imej yang direkodkan ialah

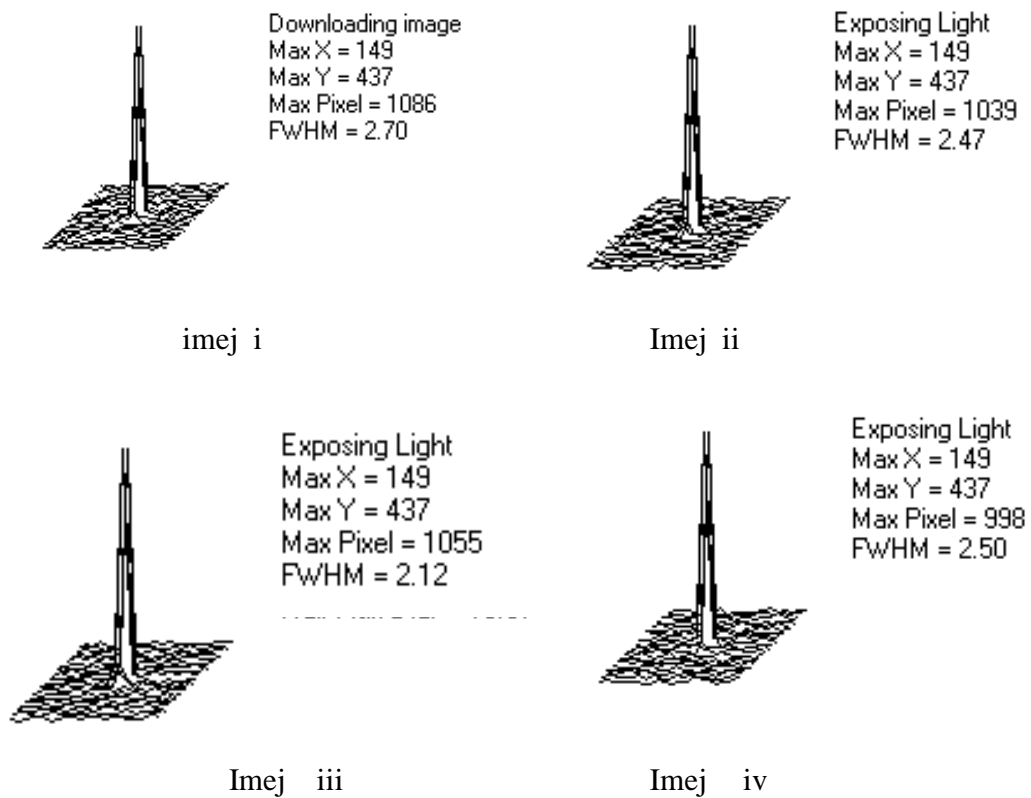
149,437 (x,y). Pemfokus difokus sehingga mendapat nilai kecerahan piksel dan FWHM yang paling tinggi tetapi tidak mencapai nilai tepu.

Berikut adalah keputusan yang diperoleh

Imej	Nilai piksel	Nilai FWHM
Imej 1	1002	2.67
Imej 2	1039	2.47
Imej3	1055	2.12
Imej 4	998	2.50

Jadual 4.7

Nilai FWHM bagi imej bintang yang dikaji. Dari data yang diperolehi menunjukkan imej 3 mempunyai nilai kecerahan piksel yang paling tinggi dan nilai FWHM yang paling rendah.



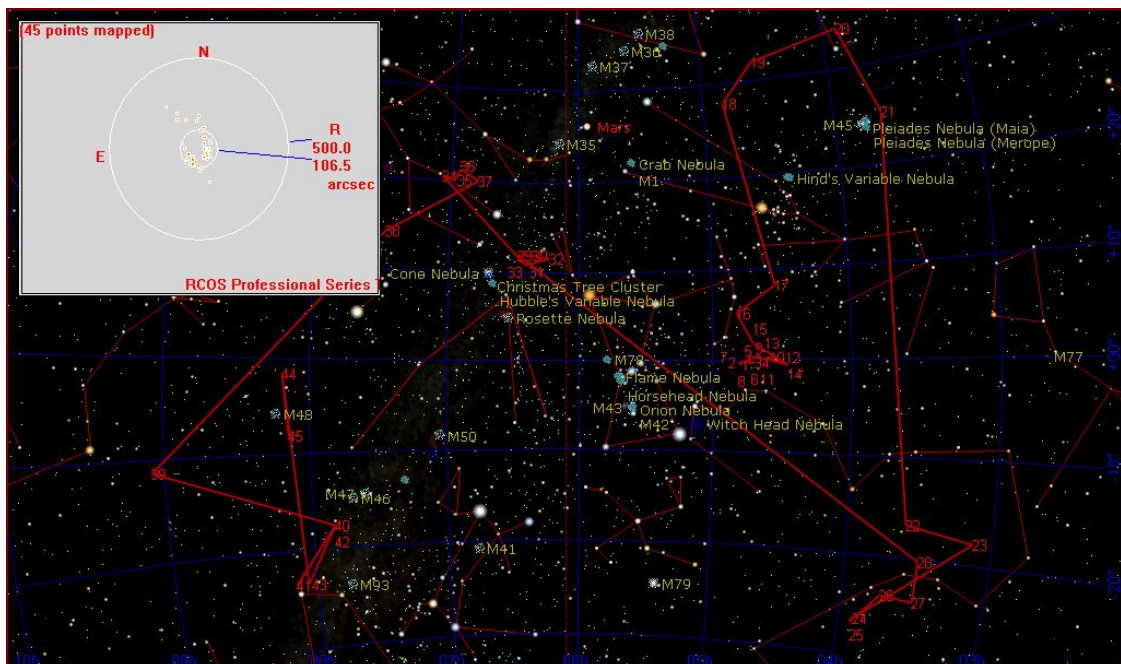
Rajah 4.12

Rajah 3-D isometrik menunjukkan plot titik yang paling cerah iaitu bintang yang difokus dalam NGC 5272 dengan nilai kecerahan piksel dan FWHM (dengan perisian MaxIM DL Ver. 4.0). Dari empat imej yang dirakam menunjukkan imej (iii) adalah fokus yang terbaik kerana mempunyai nilai kecerahan piksel yang tinggi dan nilai FWHM paling rendah.

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 yang rendah.

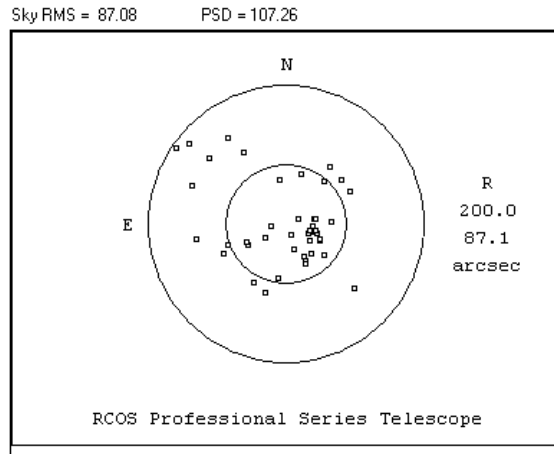
4.2.1.4 Penghalaan

Pengimejan CCD bagi objek langit jauh sangat bergantung kepada kemampuan lekapan teleskop untuk menghala dan menjejak dengan jitu dan tepat. Penghalaan dan penjejakan yang tepat akan menunjukkan bintang akan kelihatan di dalam bingkai sepanjang waktu dan imejnya tidak menjadi herot sepanjang waktu dedahan. Dalam kajian ini, ujian penghalaan dijalankan terhadap lekapan ParamountMe dengan menghalakan teleskop ke arah bintang yang agak cerah. Ujian telah dijalankan pada 18 Oktober 2007. Dengan menggunakan perisian TPoint dan perisian The Sky ver. 6, teleskop dihalakan ke bintang dan dilakukan pemetaan. Sebanyak 45 bintang digunakan untuk pemetaan seperti yang ditunjukkan pada rajah 4.13 dan 4.14. (Langkah-langkah ujian telah diterangkan di 3.2.3.2.c).



Rajah 4.13

Pemetaan sebanyak 45 titik bermula dari kawasan langit yang berhampiran Meridian dan Zenit kemudian meliputi kawasan langit yang lebih luas termasuk langit Timur- Barat. Kiri atas; Sisipan graf taburan 45 titik-titik yang telah dipetakan dengan nilai penghalaan sebelum model TPoint dikenakan ialah 106.5 saat arka.



Rajah 4.14

Model TPoint selepas 45 titik-titik yang dipetakan dianalisis, satu model TPoint penghalaan dihasilkan dengan nilai penghalaan lebih kecil iaitu 87.1 saat arka (1.45 min arkait).

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 (106.5 saat arka) dan selepas model TPoint dikenakan penghalaan teleskop menjadi lebih tepat iaitu 1.45 minit arka. Dengan nilai penghalaan ini teleskop dengan mudah dapat menghala ke objek dan imej objek berada di dalam medan pandangan kerana medan pandangan CCD ST-10XME adalah besar iaitu 15 x 10 minit arka. Walau bagaimana pun imej tidak berada betul-betul tepat di tengah.

4.2.1.5 Penjejakan

Penjejakan yang tepat adalah sangat perlu bagi pengimejan objek langit jauh kerana perlu didedahkan dalam masa yang panjang. Penjejakan yang tepat akan menunjukkan imej bintang dengan jelas dan bulat tanpa herotan. Penjejakan bergantung kepada ketepatan penjejakan kutub teleskop.

Untuk tujuan penjejakan dengan tepat, lekapan perlu sejajar dengan kutub samawi.

Lekapan perlu dilakukan penjajaran kutub (*polar alignment*).

Untuk ujian ini, penjajaran kutub dilakukan dengan kaedah “T-Point” perisian *Software Bisque*. (langkah-langkah ujian telah diterangkan 3.2.3.2 c)

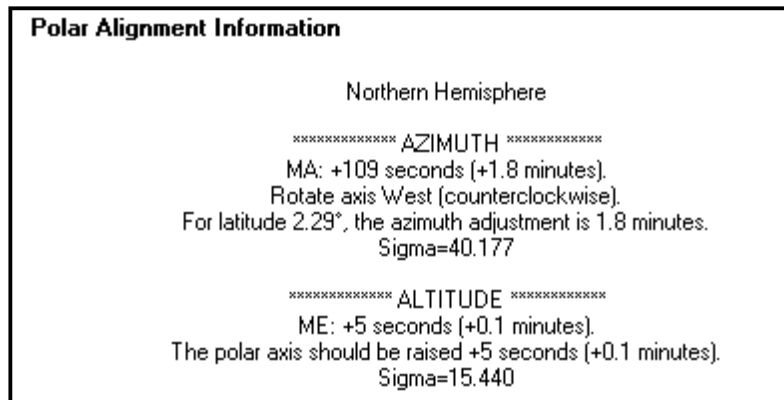
4.2.1.6 Penjajaran kutub dengan menggunakan TPoint

Tujuan ujian ini adalah untuk mendapatkan nilai selisih altitud dan azimut lekapan dari nilai penjajaran kutub yang sebenar.

Dari data pemetaan (*mapping*) yang dikumpulkan oleh teleskop, “ TPoint” akan membuat analisa untuk menentukan berapa selisih altitud dan azimut lekapan dari nilai penjajaran kutub yang sebenarnya. Penjajaran teleskop yang sebenar di Balai Cerap Al-Khawarizmi (latitud : $02^{\circ} 17' U$; longitud : $102^{\circ} 05'T$) ialah altitud $2^{\circ} 17'U$ dan azimut $00^{\circ} 00'T$.

Dari 45 titik-titik yang telah dipetakan seperti dalam ujian penghalaan pada 4.2.1.4 di atas, perisian TPoint juga melakukan analisis untuk memberikan nilai selisih azimut dan altitud lekapan.

Dari analisis yang telah dibuat oleh perisian TPoint, nilai selisih azimut ialah +1.8 minit arka dan nilai selisih altitud ialah 0.1 minit. Rajah 4.15 menunjukkan pembetulan penjajaran kutub yang telah dibuat.



Rajah 4.15

Pembetulan penjajaran kutub, pembetulan azimut +1.8 minit arka dan pemebetulan altitud +0.1 minit arka.(TPoint software)

Dari nilai selisih penjajaran kutub yang dihitung oleh TPoint, pembetulan lekapan (*mount adjustment*) boleh dilakukan. Nilai azimut lekapan perlu dibetulkan sebanyak +1.8 minit dengan memutar punat (knob) pembetulan azimut mengikut lawan jam. Nilai altitud lekapan perlu dibetulkan dengan menaikkan paksi polar sebanyak +0.1 minit.

Dengan nilai penjajaran kutub lekapan ParamountME yang berbeza sebanyak +0.1 minit (altitud) dan +1.8 minit arka (azimut), penjejakan tanpa pemandu boleh dilakukan sehingga 120 saat. Ini membolehkan pengimejan dengan dedahan kurang dari 120 saat tanpa pemandu dapat dilakukan tanpa menyebabkan bintang menjadi herot.

4.2.1.7 Pemanduan

Ujian ini adalah untuk menentukan paras tepu kamera, waktu dedahan bintang pemandu dan penentukuran lekapan semasa memandu.

Bintang pemandu yang dipilih adalah 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.

Dalam kajian ini pemanduan dengan teleskop Takahashi FS128 5" f/8.1 (panjang fokus 1040mm) dan kamera ST-7XME (saiz piksel 9 mikron, perigi penuh 100,000e, gandaan 2.3 e/ADU)

$$\begin{aligned} \text{Paras tepu CCD} &= \text{keupayaan perigi penuh (elektron) / gandaan.} \\ &= 100000 / 2.3 \\ &= 43,478 \end{aligned}$$

Skala imej bagi gabungan teleskop, Takahashi FS128 5" f/8.1 dan kamera CCD, ST7-XME yang digunakan di dalam kajian ini ialah

$$\begin{aligned} \text{Skala imej} &= (\text{saiz piksel} / \text{panjang fokus}) \times 206 \\ &= (9 \text{ mikron} / 1040\text{mm}) \times 206 \\ &= 1.78 \text{ saat arka per piksel} \end{aligned}$$

Waktu dedahan yang diperlukan untuk penentukuran;

$$\text{Waktu dedahan} = \frac{(\text{bilangan piksel untuk bergerak} \times \text{skala imej})}{(15 \times \text{kadar pemanduan})}$$

di mana kadar pemanduan jika 1X kadar sideral (bermakna 15 darjah / jam). Teleskop akan bergerak 15 minit arka dalam masa satu minit.

$$\begin{aligned} &= \frac{(20 \times 1.78)}{(15 \times 1)} \\ &= 2.37 \text{ saat.} \end{aligned}$$

Dalam kajian ini waktu dedahan di atas dibundarkan menjadi 3 saat.



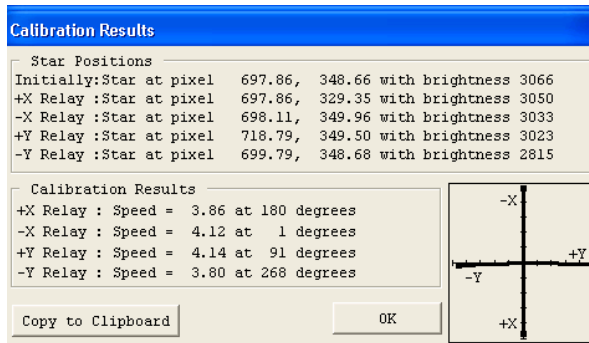
Rajah 4.16 : Bintang yang dipilih berhampiran dengan galaksi M74 dan nilai pikselnya ialah 4786 bersamaan 11% dari nilai tepu

4.2.1.8 Penentuan pemanduan lekapan

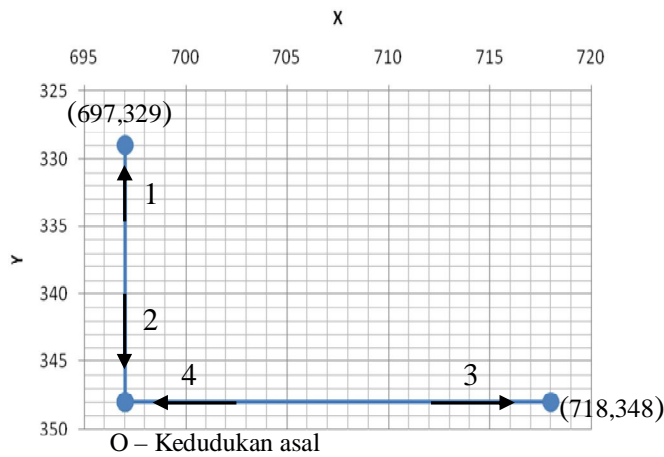
Sebelum pemanduan dilakukan, lekapan hendaklah ditentukan terlebih dahulu. Penentuan bertujuan untuk menentukan berapa lama masa diambil untuk menggerakkan lekapan bagi membuat pembetulan pemanduan. Lekapan yang ideal bintang pemandu akan kembali tepat kepada kedudukan awal penentuan. Dalam keadaan sebenar, terdapat perubahan kecil kedudukan awal dan akhir disebabkan oleh faktor seperti kamera tidak bersudut tepat dengan paksi lekapan iaitu paksi RA dan deklinasi.

Jika penjajaran kutub lekapan adalah tepat, bintang pemandu akan sentiasa berada dalam tettingkap pemandu sepanjang masa pemanduan. Jika tidak, bintang pemandu akan hanyut atau hilang dari tettingkap pemandu.

Hasil dari analisis penentuan seperti yang ditunjukkan dalam rajah 4.17 di bawah;



a



b

Turutan arah gerakan bintang	Kedudukan piksel bintang	Pergerakan (piksel/saat)	Sudut (darjah)	Kecerahan (nilai piksel)
Kedudukan (0) asal	697, 348	-	-	3066
(1)+X	697, 329	3.86	180	3050
(2)-X	698, 349	4.12	1	3033
(3)+Y	718,349	4.14	91	3023
(4)-Y	699,348	3.80	268	2815

c

Rajah 4.17: a. Hasil analisis penentuan pemandu lekapan (perisian MaxIM DL Ver. 4.0) menunjukkan kedudukan bintang pemandu di awal dan akhir penentuan. Graf menunjukkan orientasi kamera berbanding dengan paksi lekapan

b. Menunjukkan pergerakan sebenar imej bintang berdasarkan kedudukan piksel di atas cip CCD. Setiap petak kecil mewakili satu piksel di atas cip CCD.

c. Jadual kedudukan piksel bintang, pergerakan, sudut dan kecerahan piksel bintang. yang hampir sama.

Dari pemerhatian semasa kajian dijalankan, pergerakan bintang pemandu bermula pada kedudukan asal piksel (697, 348) kemudian lekapan bergerak sejauh 19 piksel ke piksel +X (697,329) kemudian kembali semula ke kedudukan asal -X (698,349), kemudian bergerak 20 piksel ke +Y(718,349) dan seterusnya bergerak ke kedudukan asal piksel -Y(699,348) (lihat rajah 4.17.b).

Hasil dari analisis di atas menunjukkan orientasi kamera berbanding dengan paksi lekapan iaitu paksi R.A dan deklinasi adalah bersudut tepat.

Dari ujian yang telah dijalankan di atas menunjukkan lekapan telah memandu dengan baik dan orientasi kamera bersudut tepat dengan paksi lekapan.

4.2.2. Penentuan Imej (*Image Calibration*)

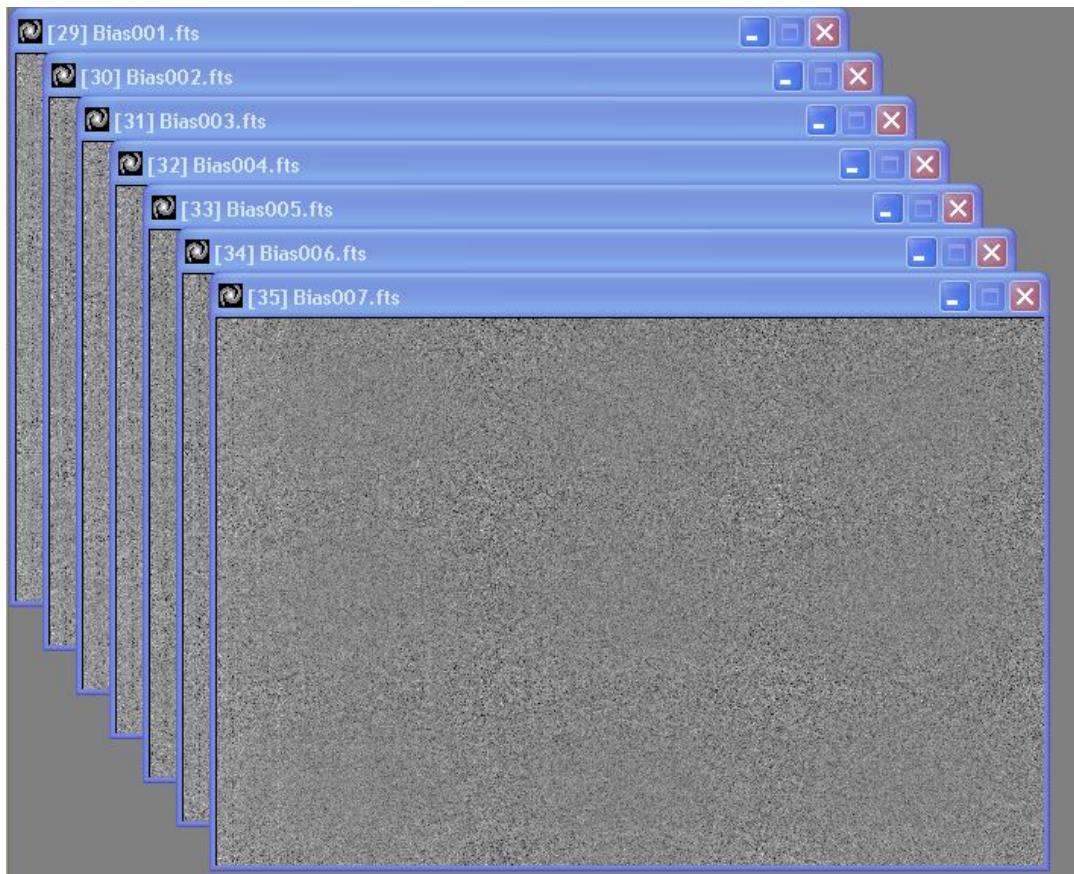
Imej mentah yang telah dirakamkan oleh kamera CCD mengandungi hingar (jenis-jenis hingar telah dibincangkan dalam Bab 2) yang berpunca dari penjanaan elektron apabila foton menghentam permukaan cip atau yang dihasilkan oleh terma CCD.

Penyingkiran hingar dari imej mentah dapat dilakukan melalui penentuan imej yang melibatkan bingkai pincang, gelap dan medan datar. Objek-objek langit dalam kajian ini ialah galaksi M74, Trifid Nebula

4.2.2.1 Bingkai pincang utama

Dalam kajian ini sebanyak tujuh bingkai pincang telah diambil dan didapatkan purata sebagai bingkai pincang utama . (Langkah untuk mendapatkan bingkai pincang utama telah diterangkan pada bahagian 3.2.3.6).

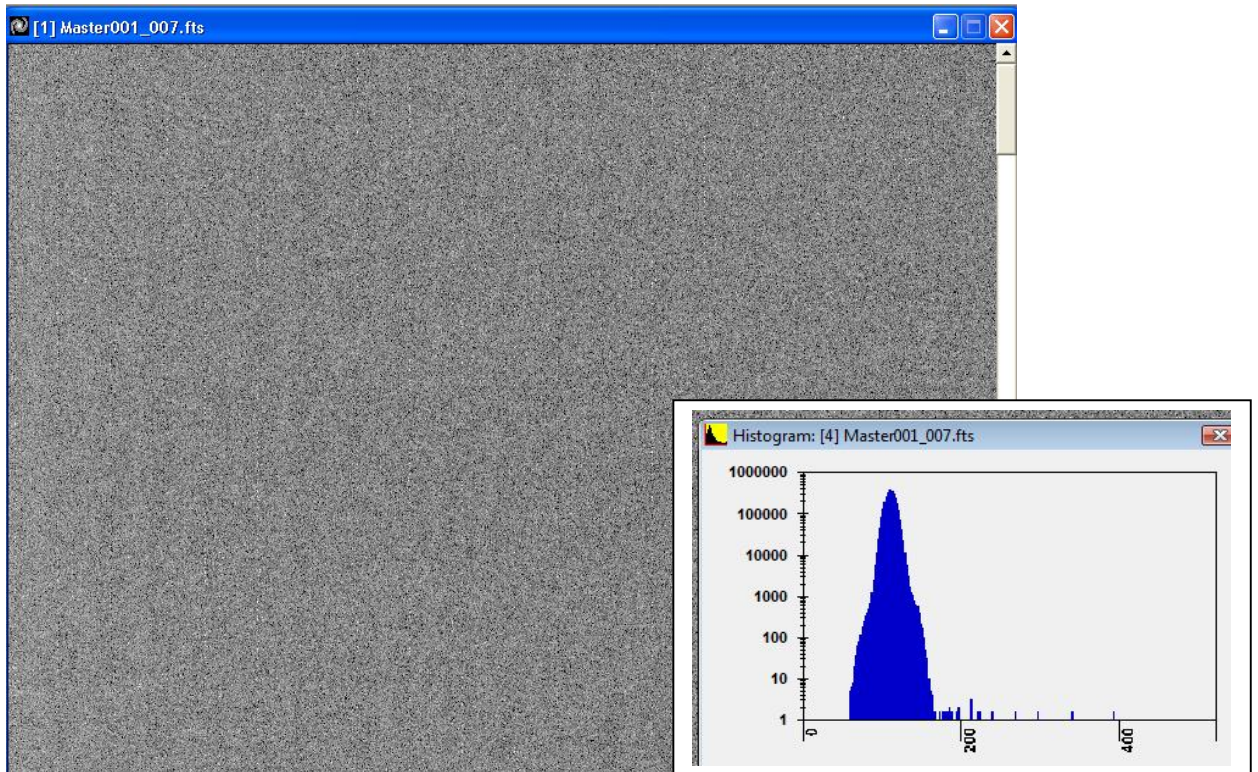
Bagi mendapatkan bingkai pincang kamera disejukkan terlebih dahulu secara normal iaitu pada 30 darjah di bawah suhu bilik pada -5°C . (Suhu bilik adalah 25°C). Teleskop di tutup bagi mengelakkan sebarang cahaya dari memasuki teleskop. Kemudian masa dedahan kamera CCD diletakkan pada nilai 0.12s iaitu nilai minimum yang dibenarkan oleh perisian. Kemudian kamera CCD didedahkan untuk mendapatkan bingkai pincang sebanyak tujuh kali. Tujuh imej bingkai pincang seperti ditunjukkan pada rajah 4.18.



Rajah 4.18 Tujuh bingkai pincang

Bingkai pincang utama diperolehi dari purata tujuh bingkai pincang dengan menggunakan perisian AIP4win v.1.4. Dari imej bingkai pincang yang diperolehi

menunjukkan nilai piksel yang hampir sekata bagi setiap piksel seperti ditunjukkan pada rajah 4.19.



Rajah 4.19

Bingkai pincang utama kelihatan seperti kertas pasir halus yang seragam. Histogram menunjukkan bilangan piksel lawan nilai-nilai piksel adalah satu taburan Gaussian.

Bingkai pincang utama menunjukkan nilai piksel setiap piksel adalah hampir sekata. Nilai min piksel adalah 104 ADU/ piksel. Sisihan piawai bagi nilai piksel (*pixel value*) bingkai pincang adalah ditakrifkan sebagai hingar bacaan. Bagi bingkai pincang yang baik atau unggul, ia kelihatan seperti kertas pasir halus atau campuran garam halus dan serbuk lada hitam yang bertabur seragam seperti rajah 4.19. Histogram nilai piksel bagi bingkai pincang menunjukkan satu taburan Gaussian dengan perbezaan nilai minima dan maksima harus kecil. Dari ujian yang telah dijalankan didapati taburan nilai-nilai piksel

adalah taburan Gaussian dengan nilai minima 61.32 ADU dan maksima 154.09ADU. Perbezaan di antara kedua-dua nilai tersebut juga adalah kecil.

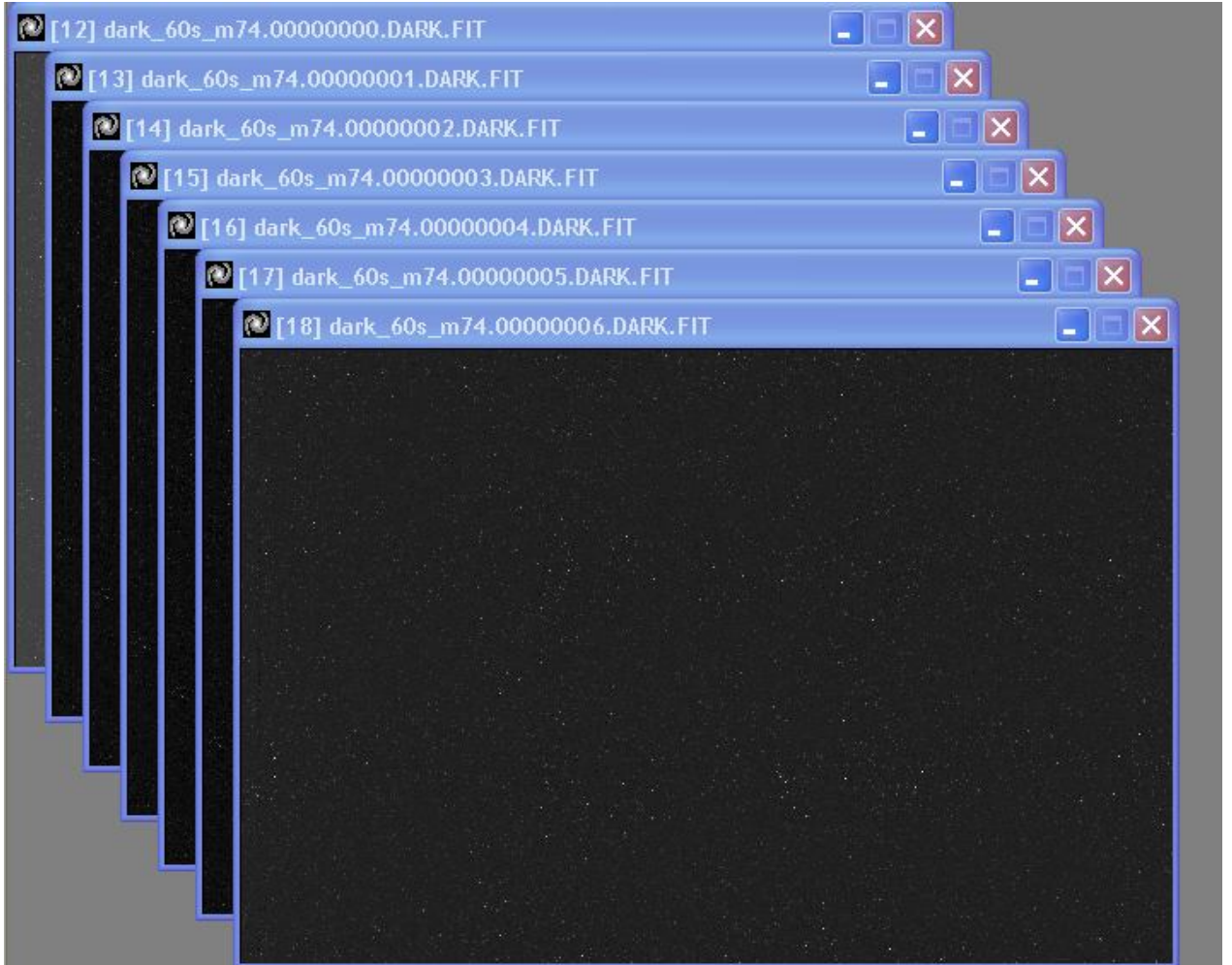
4.2.2.2. Bingkai gelap utama

Dalam kajian ini sebanyak tujuh bingkai gelap telah diambil dan didapatkan purata sebagai bingkai gelap utama . (Langkah untuk mendapatkan bingkai gelap utama telah diterangkan pada bahagian 3.2.3.3).

Untuk mendapatkan bingkai gelap, kamera disejukkan pada suhu -5°C iaitu pada 30 darjah di bawah suhu bilik (suhu bilik 25°C). Teleskop ditutup dengan penutup kamera supaya tiada sebarang cahaya dapat memasuki kamera CCD. Kamera didedahkan pada masa dedahan selama 60s iaitu waktu yang sama dengan waktu dedahan imej mentah.

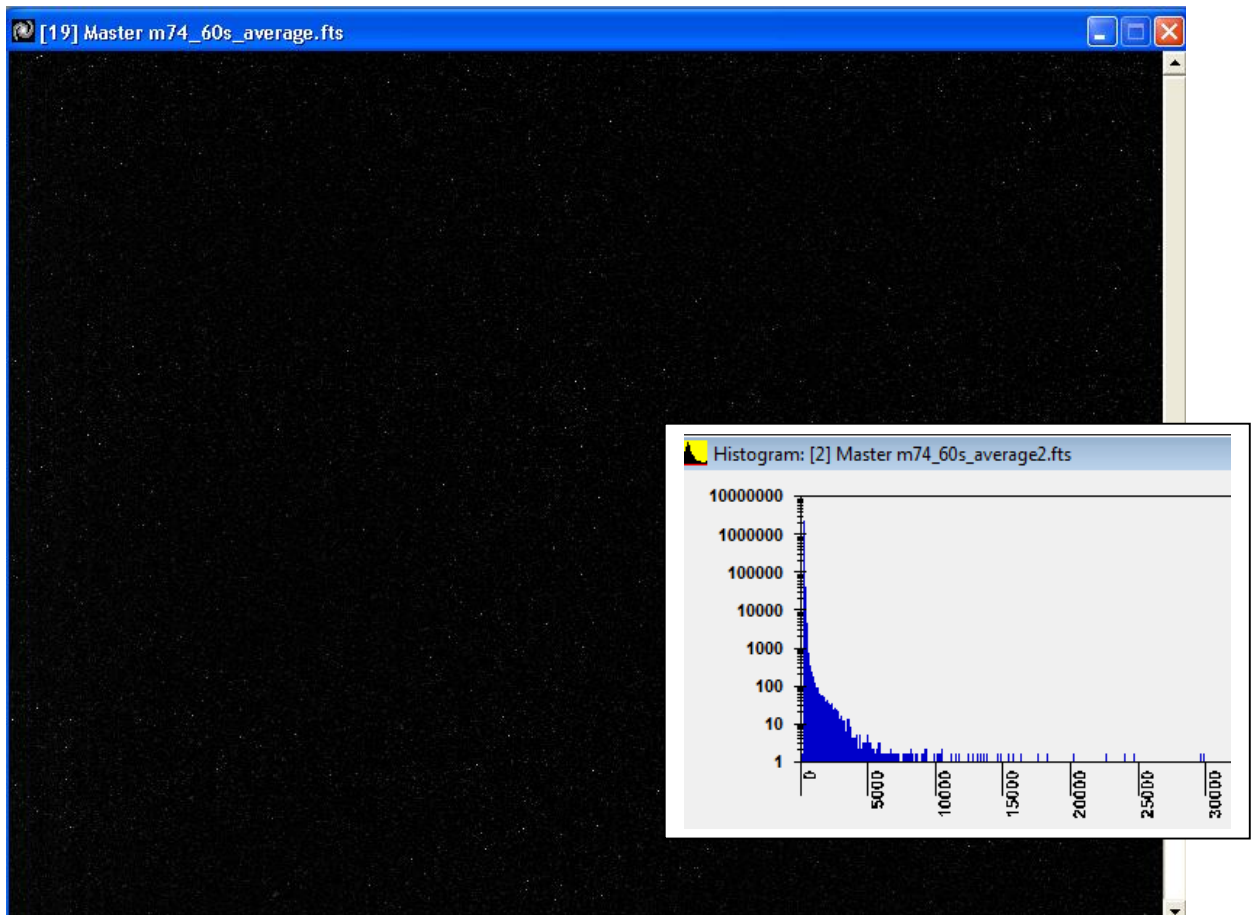
Kemudian kamera didedahkan sebanyak tujuh kali bagi mendapatkan tujuh imej bingkai gelap.

Dari tujuh bingkai gelap didapatkan bingkai gelap utama secara purata dengan menggunakan perisian AIP4win ver 1.4 seperti rajah 4.20.



Rajah 4.20

Tujuh bingkai gelap dengan dedahan selama 60s bagi imej mentah M74



Rajah 4.21

Bingkai gelap utama. Min nilai piksel bagi bingkai gelap utama ialah 109 ADU/piksel. Histogram menunjukkan bilangan piksel lawan nilai piksel (ADU) bagi bingkai gelap utama.

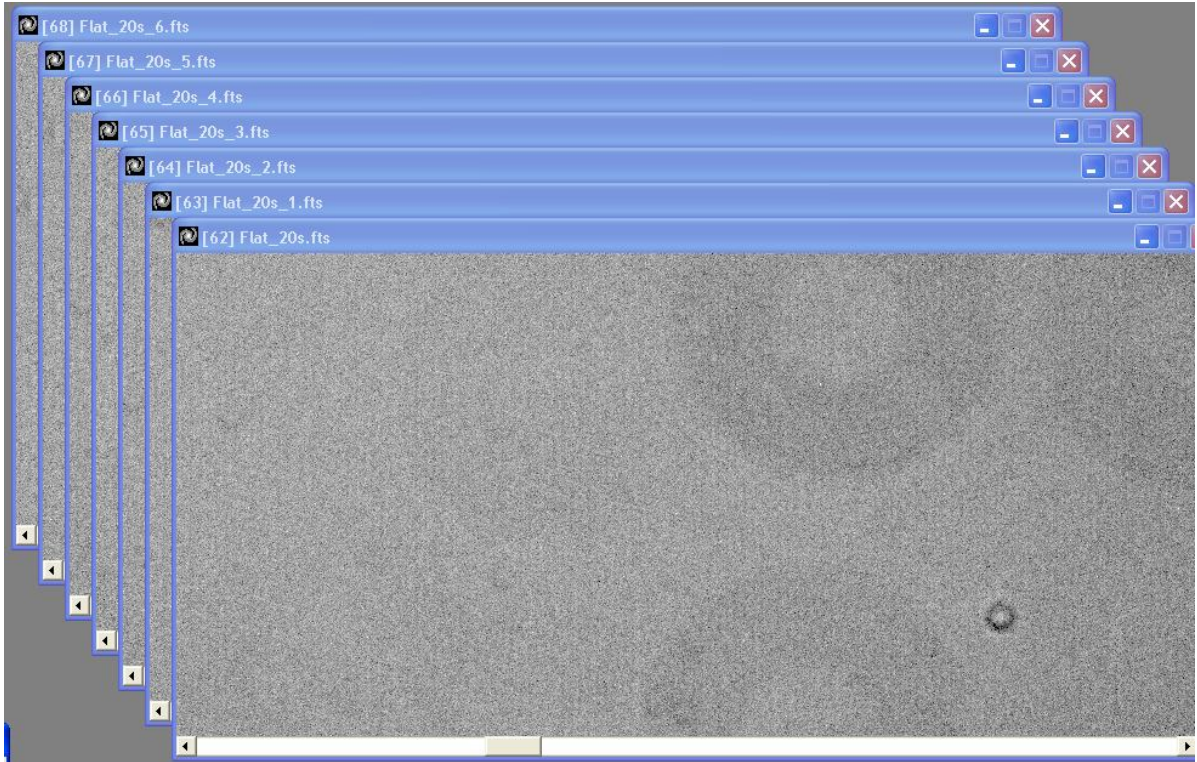
4.2.2.3 Bingkai medan datar utama

Dalam kajian ini sebanyak tujuh bingkai medan datar telah diambil dan didapatkan purata sebagai satu bingkai medan datar utama . (Langkah untuk mendapatkan bingkai gelap utama telah diterang pada bahagian 3.2.3.3).

Dalam kajian ini cahaya projektor slaid yang dipantul oleh skrin putih sebagai sumber cahaya yang seragam untuk menghasilkan medan datar. Kamera didedahkan selama 20 saat dan imej yang dihasilkan mempunyai 30 % - 50% nilai piksel dari paras nilai tepu kamera SBIG ST10XME.

$$\begin{aligned} \text{Paras nilai tepu} &= \frac{\text{Keupayaan perigi penuh CCD}}{\text{gandaan CCD}} \\ &= \frac{77000 \text{ elektron}}{1.5 \text{ e/ADU}} \\ &= 51,333 \text{ ADU} \end{aligned}$$

Nilai piksel medan datar untuk kajian ini berada dalam julat 17,966 sehingga 25,666 ADU (35% - 50%)



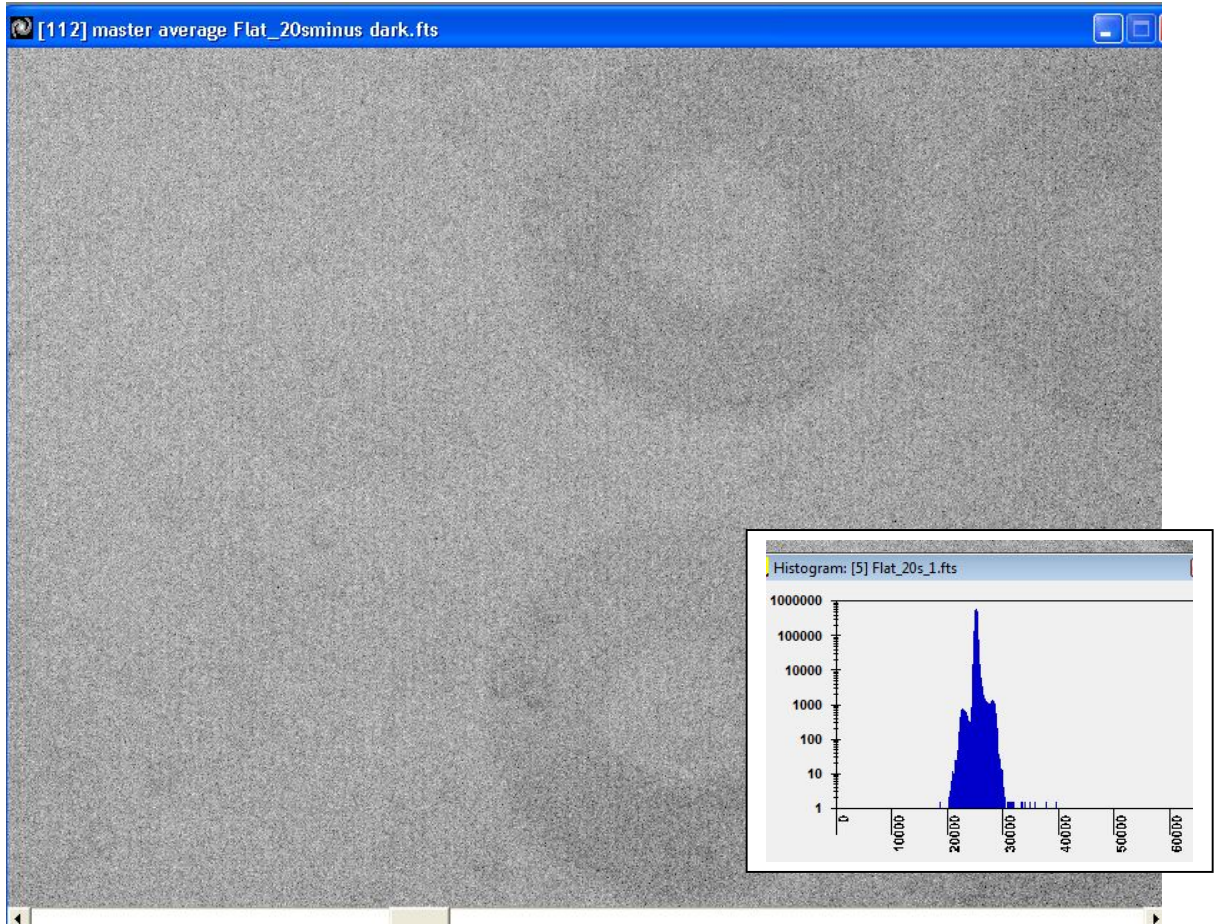
Rajah 4.22

Tujuh medan datar dengan dedahan selama 20s, terdapat bayang habuk yang terdapat dipermukaan CCD. Setiap imej medan datar ditolak dengan medan gelap yang mempunyai dedahan yang sama dengan medan datar.

Fail	Purata(<i>mean</i>) nilai piksel, ADU	
	Sebelum penolakan medan gelap	Selepas Penolakan medan gelap
Flat_20s	25044	24906
Flat_20s_1	24944	24806
Flat_20s_2	25144	25006
Flat_20s_3	25865	25727
Flat_20s_4	25129	24991
Flat_20s_5	25144	25006
Flat_20s_6	25021	24883

Jadual 4.8

: Purata nilai piksel medan datar berada di antara 30%-50% paras nilai tepu



Rajah 4.23

Medan datar utama. Dari purata tujuh medan utama yang telah ditolak medan gelap diperolehi medan datar utama. Purata nilai piksel ialah 25046 ADU. Histogram bagi medan datar utama, bilangan piksel lawan nilai piksel (ADU).

4.2.3 Peningkatan kualiti imej bagi pengimejan objek jauh

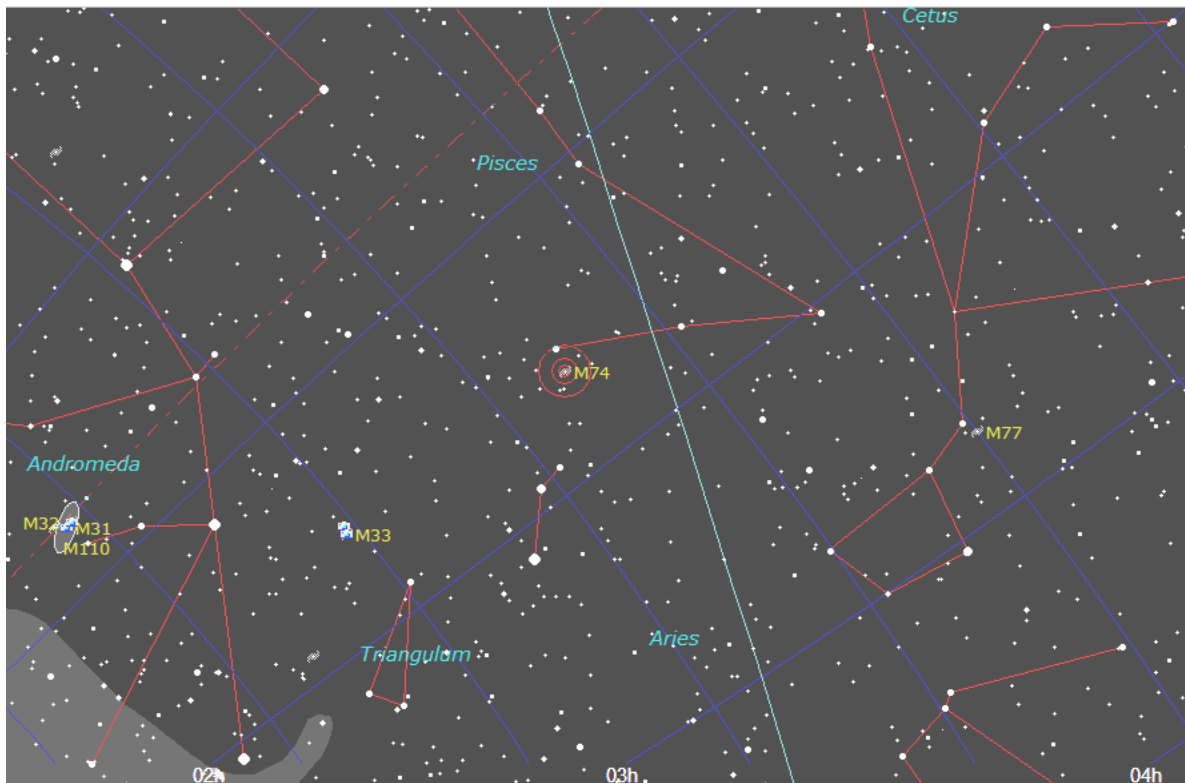
Kualiti suatu imej bergantung kepada hingar nisbah kepada isyarat di dalam imej. Bagi imej yang dirakam oleh kamera CCD, hingar turut terjadi di dalam imej yang dirakam. Hingar di antara faktor yang menyebabkan imej akan kelihatan kabur. Bagi mengukur hingar model hingar yang digunakan iaitu model Poisson. Paras hingar yang terjadi dalam piksel bergantung kepada bilangan fotoelektron yang dikesan oleh piksel yang berkenaan. Model Poisson digunakan bagi imej yang dirakam dengan kamera CCD yang disejukkan. Model ini mengukur bilangan foton yang menghentam piksel. Secara mudahnya jumlah hingar dalam satu piksel adalah bersamaan dengan punca kuasa dua bilangan foton yang dikesan oleh piksel berkenaan. Dalam kajian ini digunakan perisian MaximDL ver. 4.58 bagi mengukur nisbah isyarat-hingar. Pengukuran dibuat terhadap semua piksel dalam mod bukaan berdasarkan rumus;

$$\text{Nisbah Isyarat-hingar } S/N = \frac{S\sqrt{T}}{\sqrt{S + \sum (B + D + R^2/t)}}$$

Di mana S= isyarat; B = langit latar belakang(foton)

D = arus gelap (elektron); R = hingar bacaan (elektron)

T = jumlah masa dedahan; t = masa dedahan setiap imej.



Rajah 4.24

M74 (NGC628) ditandakan dengan bulatan di tengah rajah. M74 adalah galaksi pusaran di dalam buruj Pisces dengan magnitud 10.0, kenaikan kanan(RA): 01j:37m:09s; Deklinasi (Dec): +15° 49m: 47s.

4.2.3.1 Peningkatan imej dengan pertindihan beberapa dedahan singkat (*multiple short exposure*)

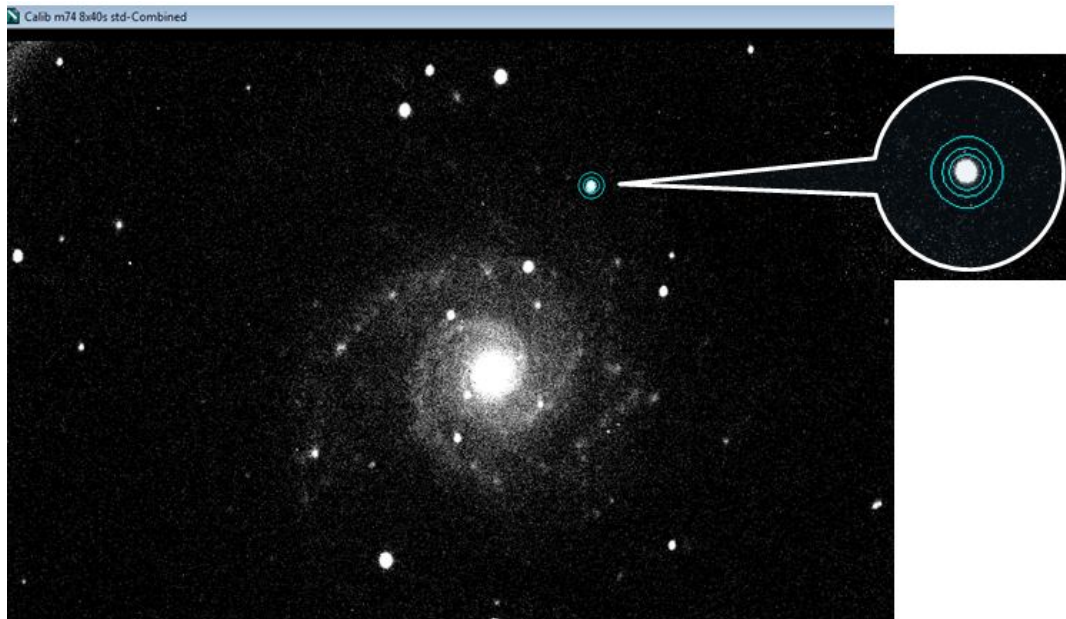
Kajian ini adalah untuk mengkaji peningkatan nisbah isyarat/hingar (S/N) pengimejan objek langit jauh secara pertindihan beberapa dedahan singkat. Objek langit jauh yang dibincangkan dalam disertasi ini ialah galaksi pusaran M74, dan nebula Trifid. Kamera CCD dihala dan difokus kepada M74 (atau nebula Trifid). Kemudian kamera didedahkan selama 40s. Kemudian proses ini diulangi dengan gandaan masa dedahan 2x40s, 3x40s,

4x40s, 5x40s, 6x40s, 7x40s dan 8x40s. Imej-imej yang diperolehi kemudian dilakukan penentukuran (*calibration*) dengan menggunakan perisian MaxIM DL Ver. 4.0. (Langkah-langkah penentukuran telah diterangkan pada 3.2.3.6)

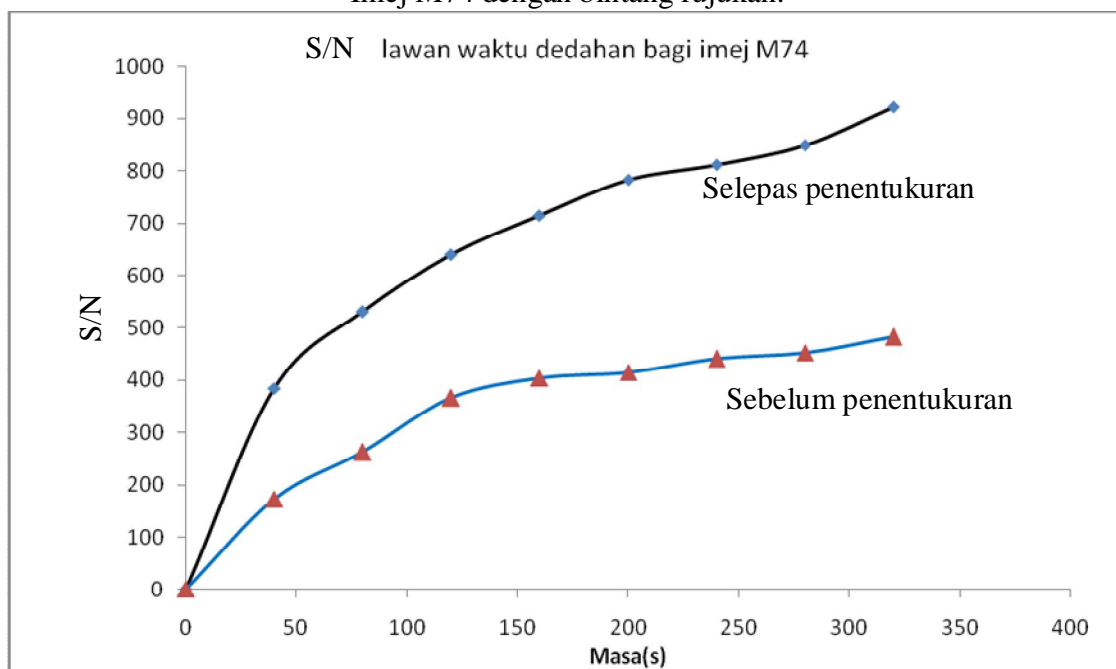
Bil dedahan	Jumlah waktu dedahan	Fail	Kedudukan bintang rujukan x , y	Nisbah Isyarat-hingar (S/N)	
				sebelum	selepas
1x40s	40s	2007/okt/18/Calib M74 40s	1188,310	274	384
2x40s	80s	./Calib M74 2x40s	1188, 310	493	530
3x40s	120s	./Calib M74 3x40s	1188,310	685	640
4x40s	160s	./Calib M74 4x40s	1188,310	754	715
5x40s	200s	./Calib M74 5x40s	1188, 310	785	783
6x40s	240s	./Calib M74 6x40s	1188,310	769	812
7x40s	280s	./Calib M74 7x40s	1188,310	782	849
8x40s	320s	./Calib M74 8x40s	1188,310	742	921

Jadual 4.9

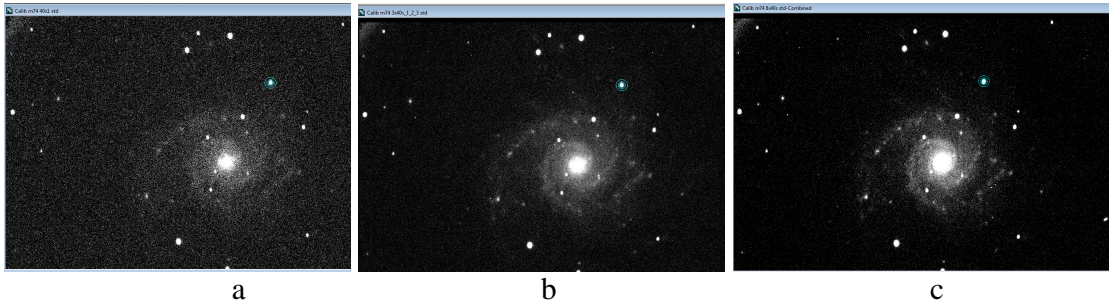
Nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) bagi imej M74 dengan pertindihan beberapa dedahan. Ditunjukkan nilai nisbah isyarat/hingar sebelum dan selepas penentukuran.



Rajah 4.25
Imej M74 dengan bintang rujukan.

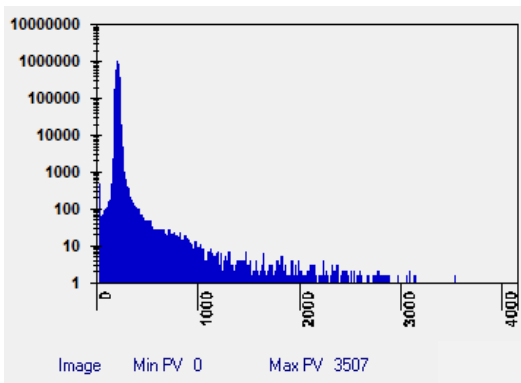


Rajah 4.26
Nisbah Isyarat-hingar (S/N) lawan waktu dedahan (pertindihan beberapa dedahan) bagi imej M74. Nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) bertambah apabila waktu dedahan meningkat. Nilai nisbah isyarat-hingar juga meningkat selepas penentukuran.

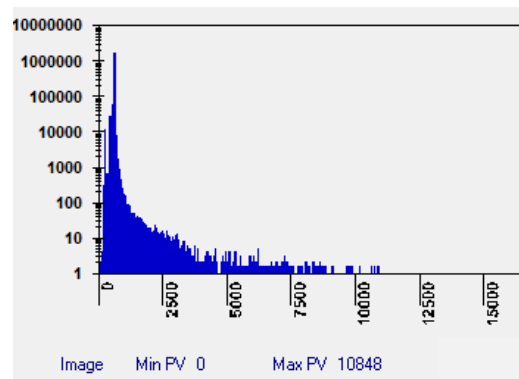


Rajah 4.27

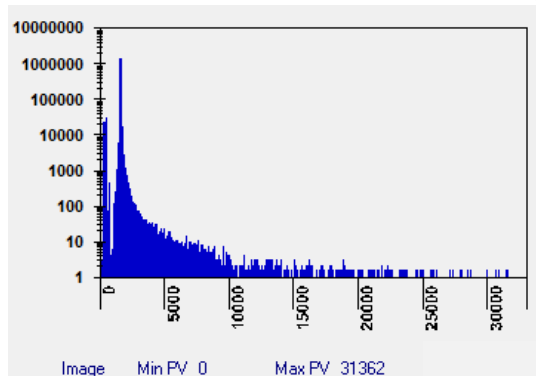
M74 dengan dedahan i. 40s ii. 120s (3 x40s) iii. 320s (8x40s), Rajah 4.25c menunjukkan pusat dan lengan galaksi kelihatan lebih cerah berbanding dengan rajah 4.25 a dan 4.25 b.



a M 74 - 40s



b M74 - 120s (3x40s)



c M74 - 320s (8x40s)

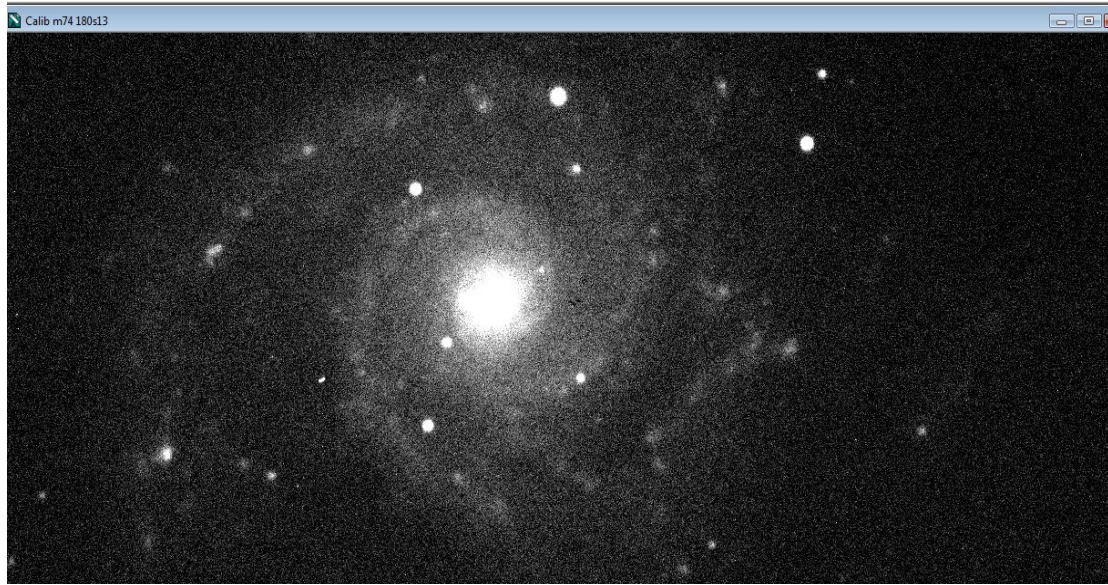
Rajah 4.28.

Histogram paras kecerahan bagi imej M74 dengan dedahan i. 40s ii. 120s (3 x 40s) dan iii. 320s (8 x 40s). Nilai paras kecerahan rajah 4.28 c mempunyai nilai maksima PV paling tinggi iaitu imej dengan waktu dedahan yang paling tinggi.

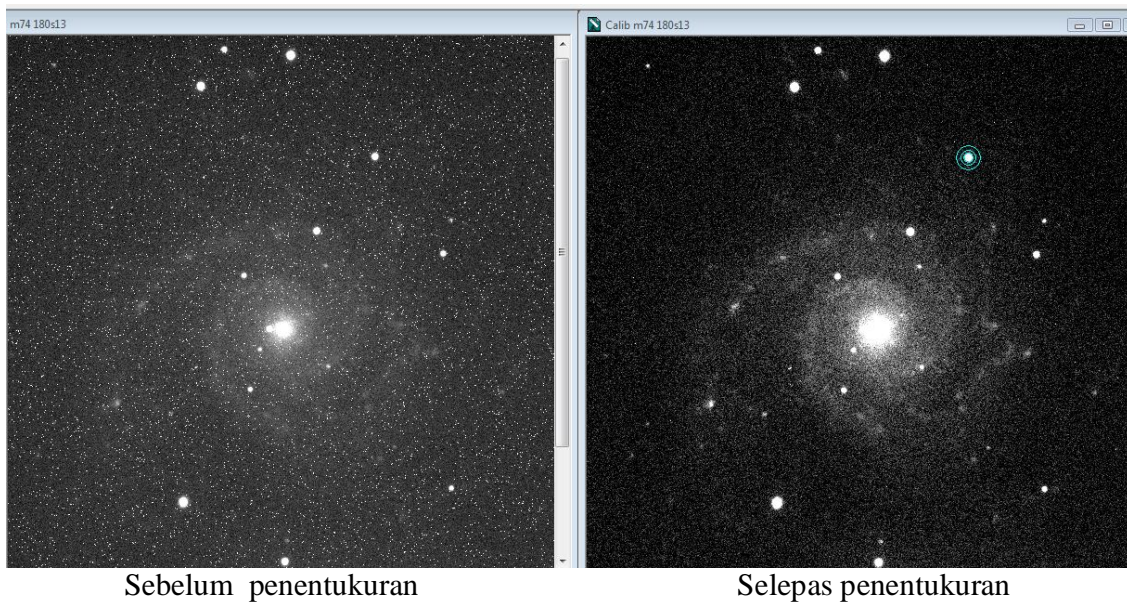
Dari imej-imej yang telah diperolehi di atas dengan kaedah tindihan dedahan didapati semakin meningkat bilangan tindihan waktu dedahan semakin bertambah nilai isyarat-hingar (S/N) seperti rajah 4.25 dan 4.26. Ini menunjukkan kualiti imej meningkat dengan meningkatnya bilangan tindihan waktu dedahan. Ini disebabkan apabila beberapa imej ditindihkan, isyarat akan bertambah dan hingar akan berkurang secara punca kuasa dua isyarat.

4.2.3.2 Peningkatan kualiti imej dengan dedahan tunggal (*single exposure*)

Kajian ini mengkaji peningkatan kualiti imej dengan mengukur nisbah isyarat/hingar pengimejan objek langit jauh secara dedahan tunggal dengan peningkatan waktu dedahan. Objek langit jauh yang dibincangkan dalam disertasi ini ialah galaksi pusaran, M74, dan nebula Trifid. Teleskop bersama kamera CCD dihalakan dan difokus kepada M74 (atau nebula Trifid). Kemudian kamera didedahkan dengan satu dedahan tunggal selama 30s. Kemudian diulangi dengan meningkatkan masa dedahan 40s, 60s, 120s, dan 180s. Imej-imej yang diperolehi kemudian dilakukan penentukuran dengan menggunakan perisian MaxIM DL Ver. 4.0 (Langkah-langkah penentukuran telah diterangkan pada 3.2.3.6)



Rajah 4.29 :
M74 yang dirakam dengan kamera ST10XME dan teleskop RCOS 16" f/8.4 dedahan 180s

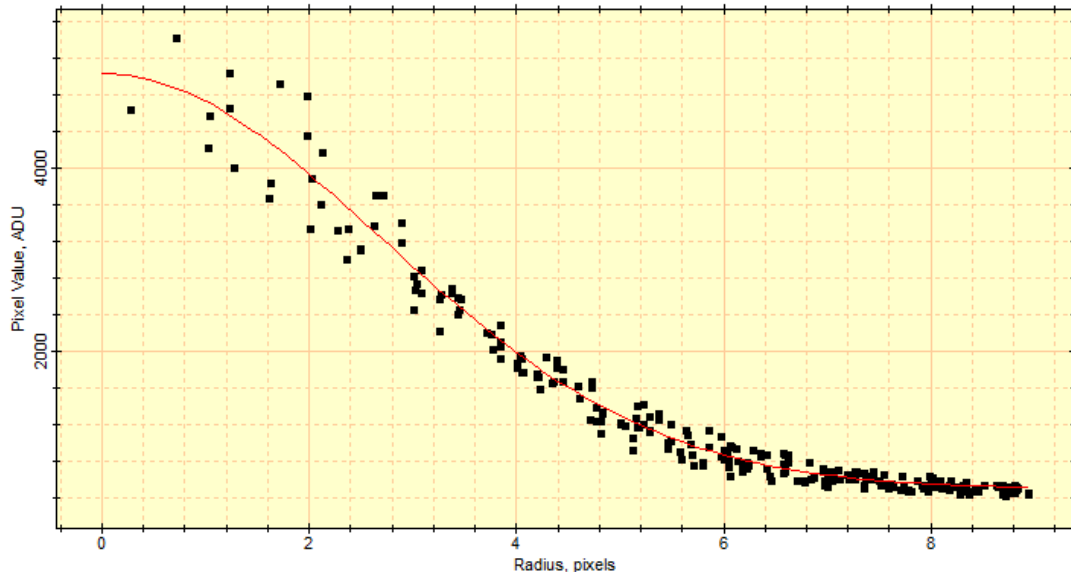


Rajah 4.30
M74 sebelum dan selepas penentukuran (*calibration*) dengan kamera ST-10XME dan teleskop RCOS 16" f/8.4 dedahan 180s. Imej M74 selepas penentukuran lebih jelas kerana nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) lebih baik. Bintang rujukan pengukuran S/N ditandakan dengan bulatan kecil (imej kanan)

Bil Dedahan	Jumlah waktu dedahan	fail	Bintang rujukan x,y	Nilai piksel (ADU)	Nilai piksel latar belakang (ADU)	Nisbah Isyarat-hingar (S/N)	
						sebelum	selepas
1	30s	2007/okt/18/M74 30s1	1178,336	1285	155	76	285
1	40s	2007/okt/18/M74 40s	1180,320	1156	178	108	338
1	60s	2007/okt/18/M74/60s	1217,280	2162	238	176	388
1	120s	2007/okt/18/M74 120s	1216,276	4607	395	280	600
1	180s	2007/okt/18/M74 180s	1216,276	4629	399	297	789
1	240s	2007/okt/18/M74 240s	1216,276	4645	408	310	880
1	300s	2007/okt/18/M74 300s	1216,276	4798	411	331	1055
1	340s	2007/okt/18/M74 340s	1216,276	5011	401	350	1230

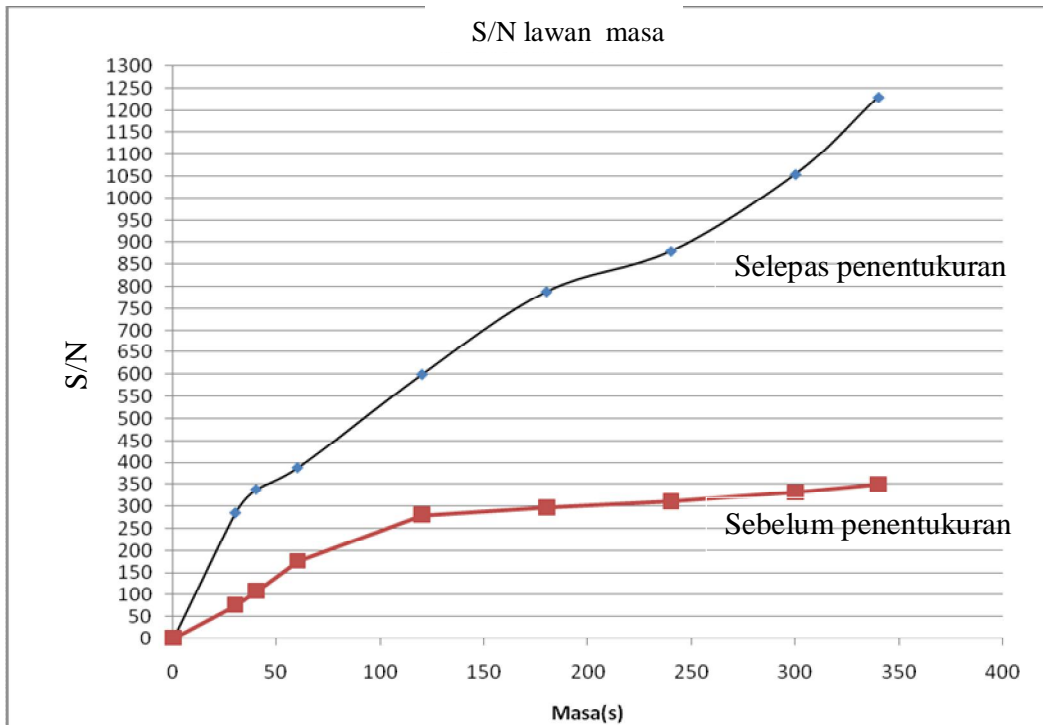
Jadual 4.10

M74 dengan dedahan tunggal, nilai piksel bagi bintang rujukan, nilai piksel latar belakang, nilai S/N sebelum dan selepas penentukuran (*calibration*).



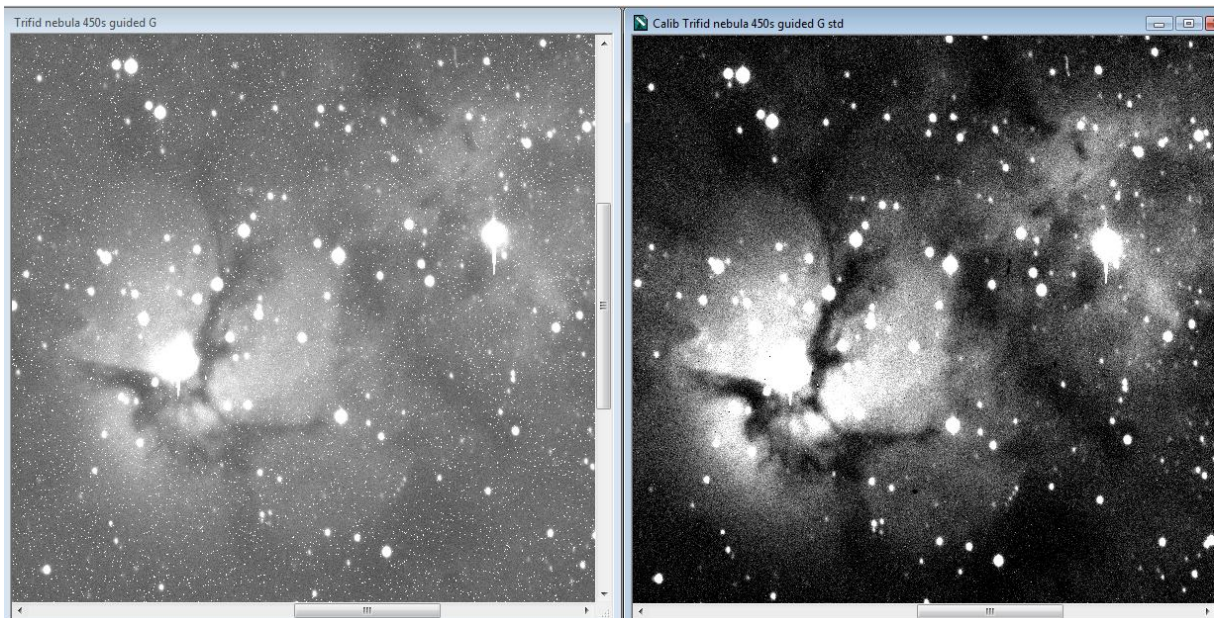
Rajah 4.31

Profail bintang rujukan dalam galaksi, M74 (x,y : 1217, 277) menunjukkan tidak mencapai nilai tepu dengan nilai maksima pikselnya ialah 4536 (hitungan dan plot diperolehi dengan perisian MaxIM DL Ver. 4.0).



Rajah 4.32

Perbandingan di antara imej M74 (dedahan tunggal) sebelum dan selepas penentukuran dilakukan. Dari graf di atas menunjukkan nilai S/N bertambah selepas penentukuran berbanding dengan sebelum penentukuran dengan bertambahnya masa.



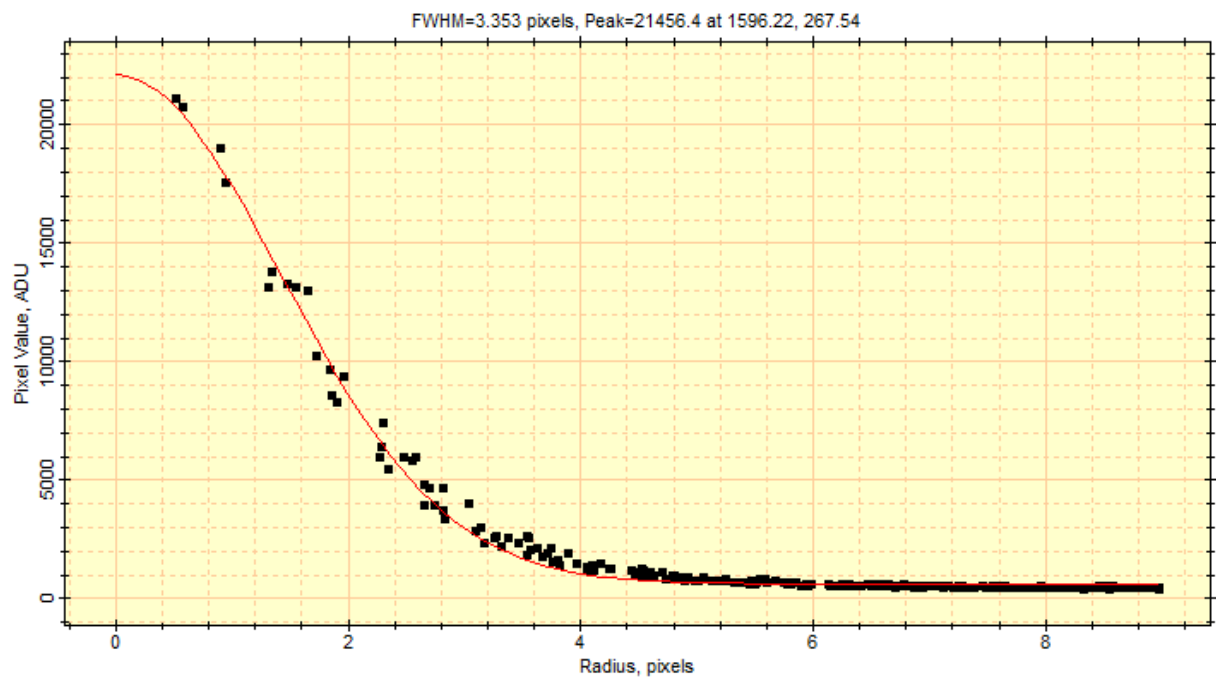
Rajah 4.33

Nebula Trifid sebelum dan selepas penentukuran dengan dedahan 450s dengan kamera ST-10XME dengan teleskop RCOS16".

Bil Dedahan	Jumlah waktu dedahan	fail	Bintang rujukan x,y	Nilai piksel (ADU)	Nilai piksel latar belakang (ADU)	Nisbah Isyarat-hingar (S/N)	
						sebelum	selepas
1	20s	Calib Trifid nebula 20s	1636, 587	3450	269	270	337
1	60s	Calib Trifid nebula 60s	1595, 267	2123	446	508	1160
1	120s	Calib Trifid nebula 120s	1595,265	6308	656	634	1584
1	300s	Calib Trifid nebula 300s	1595, 265	56127	2007	890	2384
1	450s	Calib Trifid nebula 450s	1523, 129	57742	2448	1078	3280

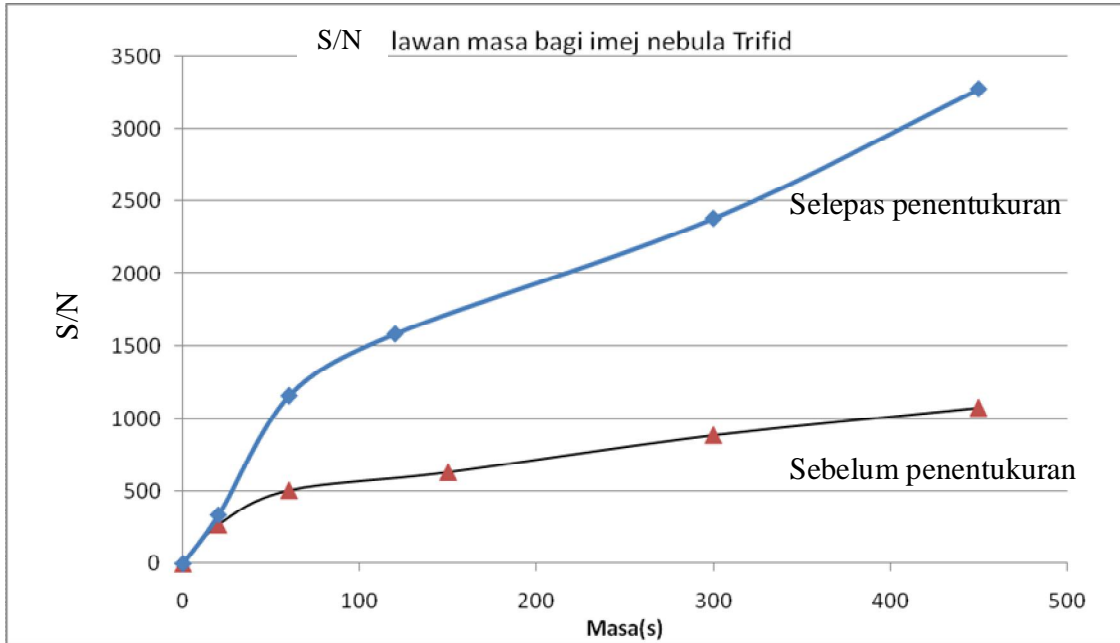
Jadual 4.11

Nebula Trifid dengan dedahan tunggal, Kedudukan bintang rujukan, nilai piksel bintang rujukan, nilai piksel latar belakang, nilai S/N sebelum dan selepas penentukuran



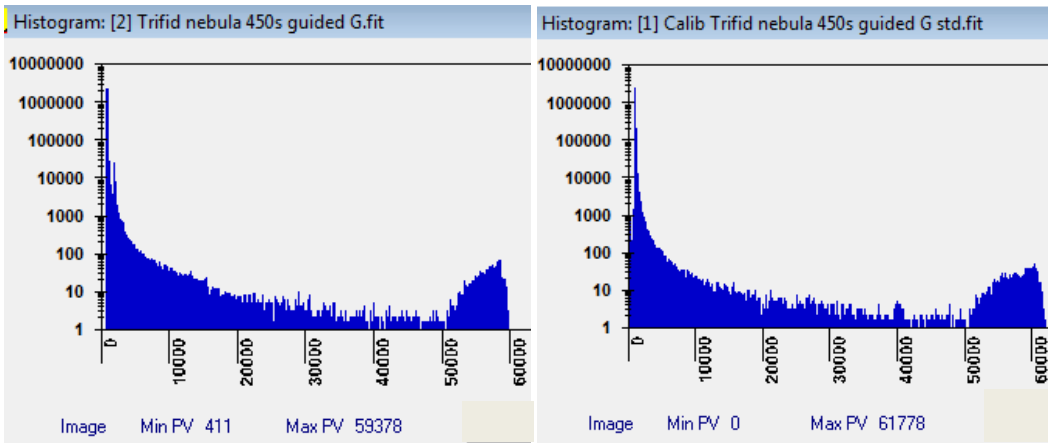
Rajah 4.34

Profail bintang rujukan (x,y: 1596,267) untuk hitungan S/N bagi imej nebula Trifid dengan dedahan tunggal (*single exposure*) 60s.



Rajah 4.35

Perbandingan nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) bagi imej nebula Trifid sebelum dan selepas penentukuran. Dedahan tunggal dengan kamera ST10XME dan teleskop RCOS 16" f/8.4. Menunjukkan nilai S/N meningkat selepas penentukuran.



Rajah 4.36

Perbandingan nilai paras kecerahan piksel sebelum dan selepas penentukuran bagi imej nebula Trifid

Dari nilai S/N bagi imej M74 dan Trifid dengan waktu dedahan tunggal, menunjukkan semakin meningkat waktu dedahan semakin bertambah nilai S/N.

Dari nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) bagi imej M74 pada rajah 4.28 dan imej nebula Trifid pada rajah 4.31 menunjukkan semakin tinggi waktu dedahan tunggal semakin bertambah nilai isyarat-hingar (S/N). Ini menggambarkan kualiti imej meningkat dengan pertambahan waktu dedahan tunggal. Ini berbermakna jika semakin bertambah waktu dedahan tunggal semakin bertambah nisbah isyarat-hingar (S/N).

Dari rajah 4.30 dan 4.33 menunjukkan perbezaan ketara di antara nilai Nisbah isyarat-hingar (S/N) M74 dan nebula Trifid sebelum dan selepas penentukuran. Nilai S/N imej meningkat selepas penentukuran.

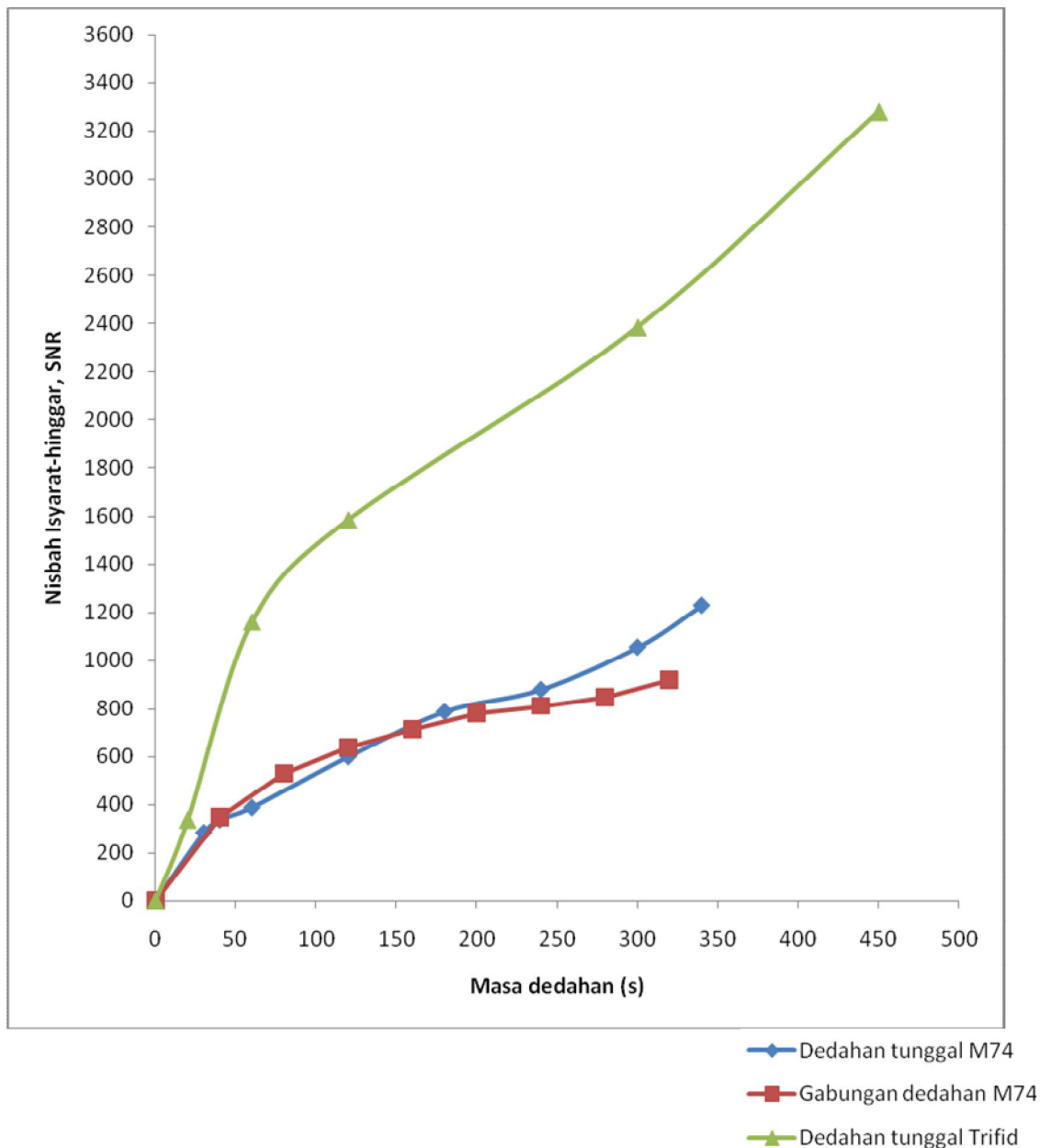
4.2.3.3 Perbandingan S/N di antara imej dedahan tunggal dengan imej tindihan beberapa dedahan

Dari imej-imej M74 yang telah diperolehi dari dedahan tunggal (*single exposure*) dan tindihan beberapa dedahan (*multiple exposure*) lakukan di atas dapat dilihat perbezaan nilai nisbah isyarat-hingar (S/N).

Dedahan tunggal		Tindihan beberapa dedahan	
Masa dedahan	Nisbah Isyarat-hingar (S/N)	Jumlah masa dedahan	Nisbah Isyarat-hingar (S/N)
30s	285	1x40s (40s)	384
40s	338	2x40s (80s)	530
60s	388	3x40s (120s)	640
120s	600	4x40s (160s)	715
180s	789	5x40s (200s)	783
240s	880	6x40s(240s)	812
300s	1055	7x40s(280s)	849
340s	1230	8x40s(320s)	921

Jadual 4.12

Jadual perbandingan nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) imej M74 di antara dedahan tunggal dengan tindihan dedahan.



Rajah 4.37 : Graf perbandingan nisbah Isyarat-hingar (S/N) bagi imej M74 dan Nebula Trifid di antara tindihan beberapa dedahan (*multiple exposure*) dan dedahan tunggal (*single exposure*). Bagi dedahan tunggal, nilai nisbah isyarat-hingar lebih besar apabila masa dedahan lebih lama berbanding gabungan beberapa dedahan.

Dari perbandingan nilai S/N di antara kaedah tindihan dan dedahan tunggal menunjukkan, nilai S/N dengan kaedah dedahan tunggal lebih tinggi dari kaedah tindihan terutamanya apabila waktu dedahan bertambah. Perbezaan ketara bagi nilai S/N bagi imej

nebula Trifid dengan kaedah tunggal. Ini disebabkan isyarat bertambah lebih cepat dari hingar. Jumlah hingar bersamaan punca kuasa dua isyarat yang diterima. Sebagai contoh jika dedahan 1 saat foton yang diterima ialah 1000, maka hingarnya adalah 31. Jika dedahan ditambah menjadi 10s, katakan foton yang diterima 10,000 maka hingarnya adalah 100. Ini menunjukkan hingarnya hanya 1% berbanding sebelumnya 3%. Tindihan beberapa imej dengan singkat turut melibatkan hingar. Tindihan beberapa imej untuk waktu dedahan yang singkat menyamai satu waktu dedahan tunggal contohnya tiga imej dengan dedahan 10 saat menyamai dengan waktu dedahan tunggal 30 saat. Oleh itu tiga imej dedahan 10 saat mempunyai hingar yang lebih tinggi dari dedahan tunggal 30 saat.

Perbezaan ini juga disebabkan oleh nebula Trifid adalah objek yang cerah dan warnanya terang mudah dilihat dengan teleskop yang kecil jika dibandingkan dengan galaksi M74. Magnitud nebula Trifid ialah 6.3 manakala galaksi M74 ialah 10.0. Nilai magnitud ini menunjukkan nebula Trifid lebih cerah dari galaksi M74. Kecerahan permukaan galaksi M74 adalah sangat malap dan sukar dilihat dengan teleskop yang kecil. Lebih banyak cahaya dari nebula Trifid diterima oleh kamera CCD jika dibandingkan dengan galaksi M74 dalam jumlah waktu dedahan yang sama. Perbezaan ini juga disebabkan cerapan dilakukan pada malam yang berbeza, kejernihan langit ketika pengimejan nebula Trifid dan galaksi M74 ialah 1.2 saat arka dan 2.6 saat arka masing-masing. Ini menunjukkan kejernihan langit ketika pengimejan nebula Trifid lebih baik dari M74. Kejernihan langit turut mempengaruhi nilai nisbah isyarat/hingar.

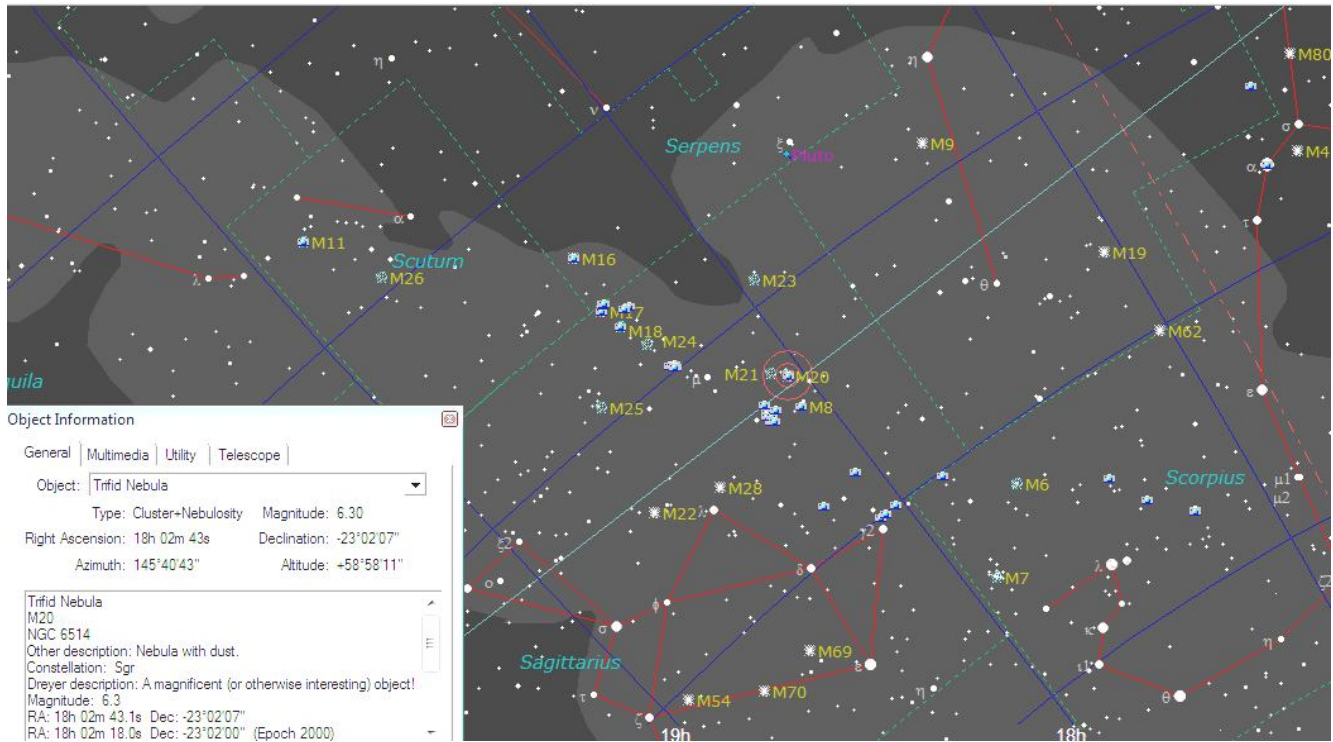
4.2.3.4 Perbandingan Kualiti imej warna dan monokrom.

Pengimejan imej berwarna bergantung kepada gabungan dan keseimbangan warna-warna merah, hijau dan biru.

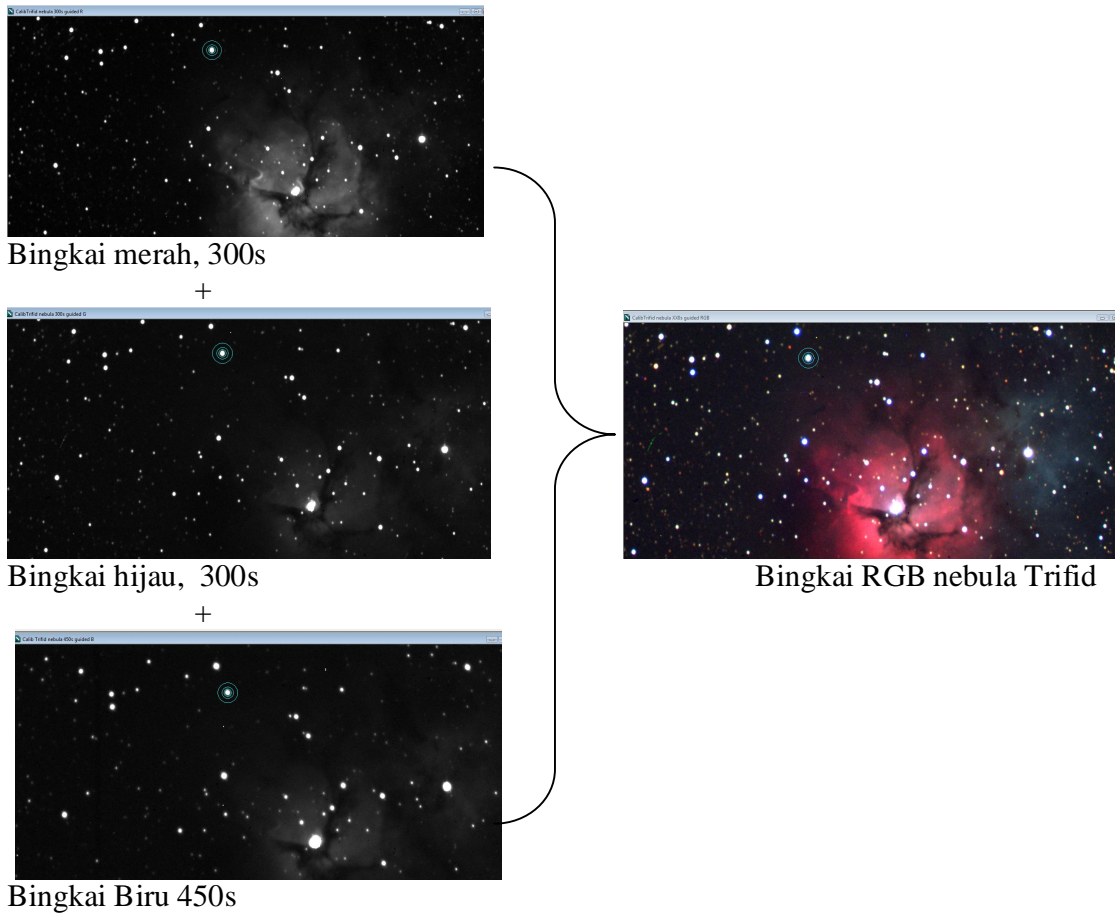
Keseimbangan warna merah, hijau dan biru (*red, green, blue, RGB*) bergantung kepada panjang gelombang. Dalam kajian imej objek langit jauh dirakamkan dengan kamera ST-10XME yang dilengkapi dengan penapis warna (*filter wheel*) merah, hijau dan biru. Nisbah waktu dedahan setiap penapis merah, hijau, biru (*RGB*) yang digunakan dalam kajian ini ialah 1.0 : 1.0 : 1.5. Kamera didedahkan dengan nisbah warna tersebut. Hasil dedahan akan menghasilkan bingkai warna imej merah, hijau dan biru. Setiap imej ditentukur terlebih dahulu kemudian digabungkan untuk mendapatkan imej akhir.

Objek langit jauh yang dibincangkan dalam kajian warna imej ini ialah nebula Trifid dalam buruj Sagitarius dan nebula Helang (*Eagle nebula*) dalam buruj Serpens. Kajian ini telah dilakukan pada 28 Jun 2006 di Balai Cerap Al-Khawarizmi dengan menggunakan kamera ST-10XME dan teleskop RCOS 16" f/8.4.

Kajian ini untuk menentukan nisbah isyarat-hingar setiap bingkai warna sebelum dan selepas gabungan.

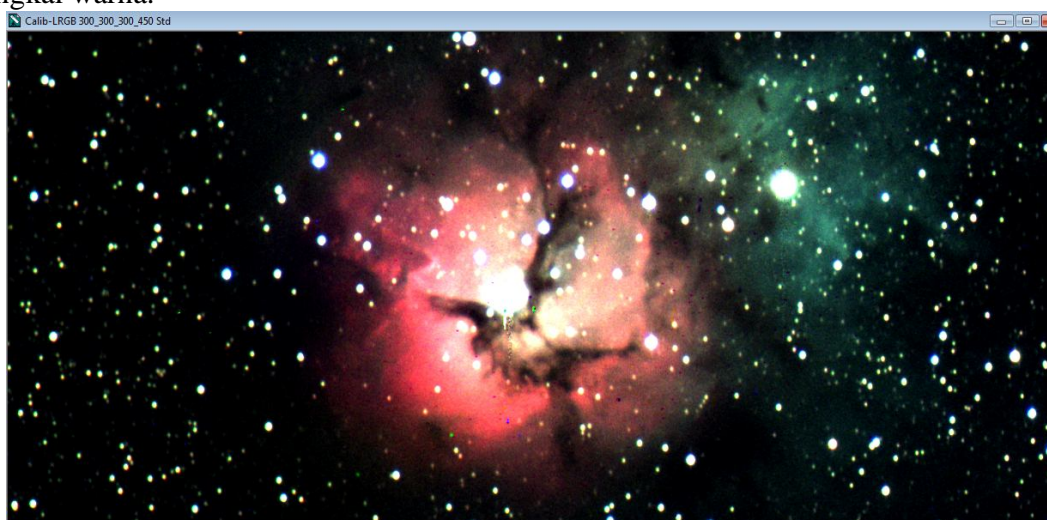


Rajah 4.38
 Nebula Trifid M20 (NGC 6514) dalam buruj Sagittarius (RA:; 18h 02m 43m,
 Dek -23 02' 07"). Sumber The Sky. Ver 4.



Rajah: 4.39

Gabungan tiga bingkai merah, hijau dan biru yang telah ditentukan menghasilkan imej akhir iaitu imej warna nebula Trifid. Bintang yang menjadi rujukan untuk nilai isyarat-hingar ditandakan dengan bulatan. Bintang yang sama digunakan untuk ketiga-tiga bingkai warna.



Rajah 4.40 : Imej warna nebula Trifid, gabungan ketiga-tiga bingkai warna merah, hijau dan biru

Bingkai	Dedahan	Kedudukan bintang rujukan	Nisbah isyarat-hingar (S/N)	
			Sebelum	selepas
Merah	300s	1001, 358	712	6970
Hijau	300s	1003, 388	593	2963
Biru	450s	1001,389	113	1715
RGB	300:300:450	1005,387	-	4581

Jadual 4.13

Menunjukkan perbandingan nilai isyarat-hingar (*signal-noise ratio*, S/N) setiap bingkai warna sebelum dan selepas penentuan. RGB adalah bingkai gabungan, merupakan imej akhir gabungan ketiga-tiga bingkai warna.

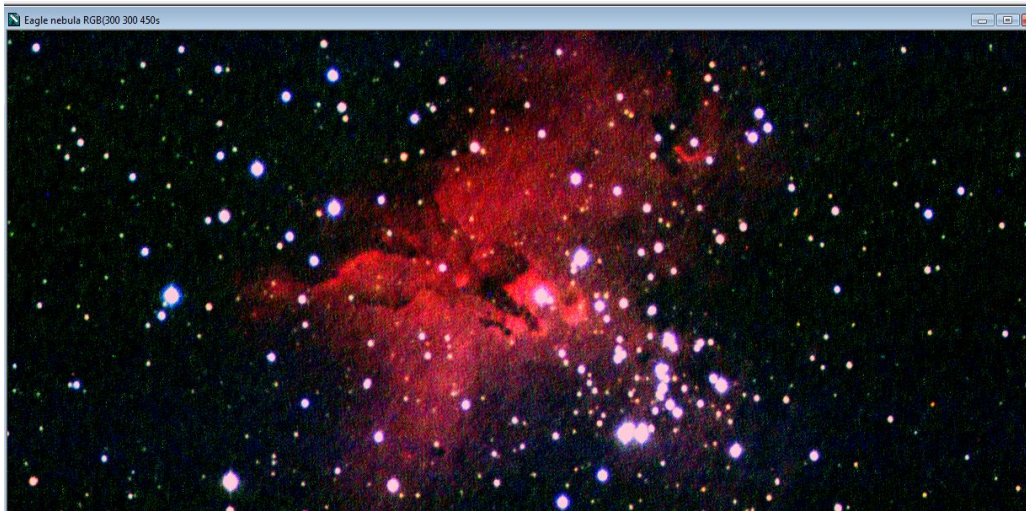
Dari nilai nisbah isyarat-hingar (S/N) menunjukkan bingkai merah mempunyai nilai SNR yang paling tinggi dan bingkai biru paling rendah. Ini menunjukkan keamatan piksel imej bingkai merah adalah tinggi dan imej bingkai biru rendah. Ini disebabkan gelombang cahaya biru paling banyak diserap oleh atmosfera berbanding dengan cahaya merah.

Imej	Nisbah isyarat – hingar, (S/N)	
	Imej monokrom	Imej warna
Nebula Trifid	4609	4581

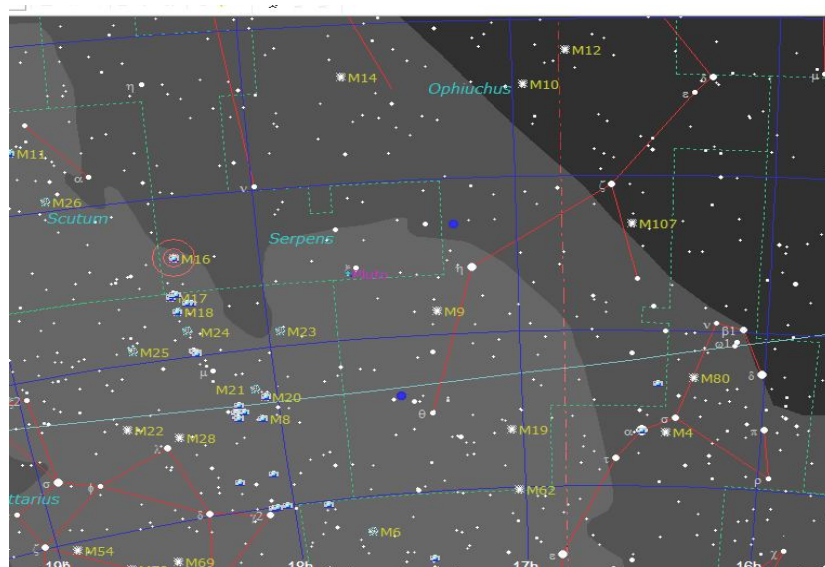
Jadual 4.14

Ringkasan nilai Nisbah isyarat-hingar (S/N) bagi imej monokrom dan warna bagi nebula Trifid.

Dari jadual 4.14 di atas menunjukkan nilai isyarat-hingar kedua-dua imej tersebut adalah hampir sama. Ini menunjukkan kualiti imej bagi imej Trifid warna dan monokrom adalah sama.



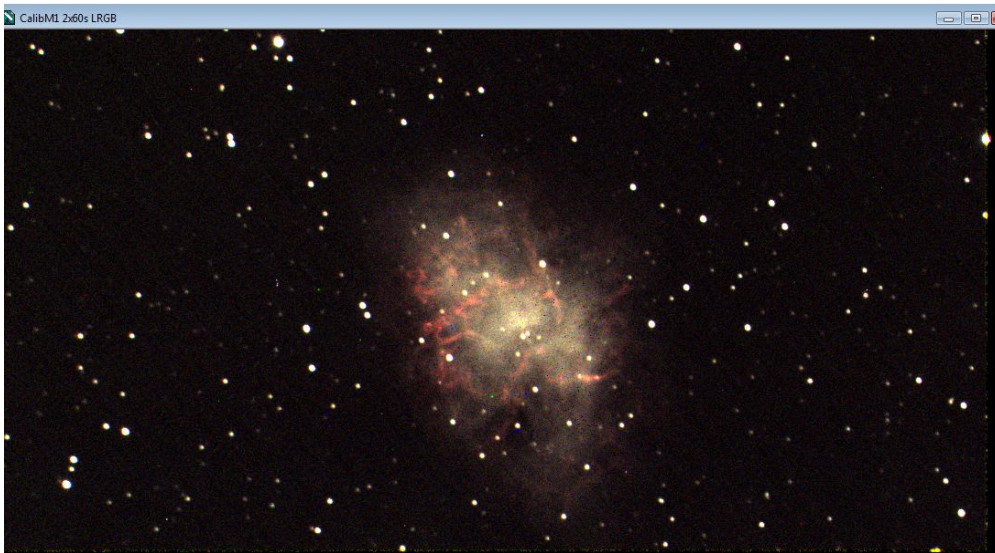
Rajah 4.41 Nebula Helang (Eagle nebula)



Rajah 4.42 Kedudukan Nebula Helang dalam buruj Serpens

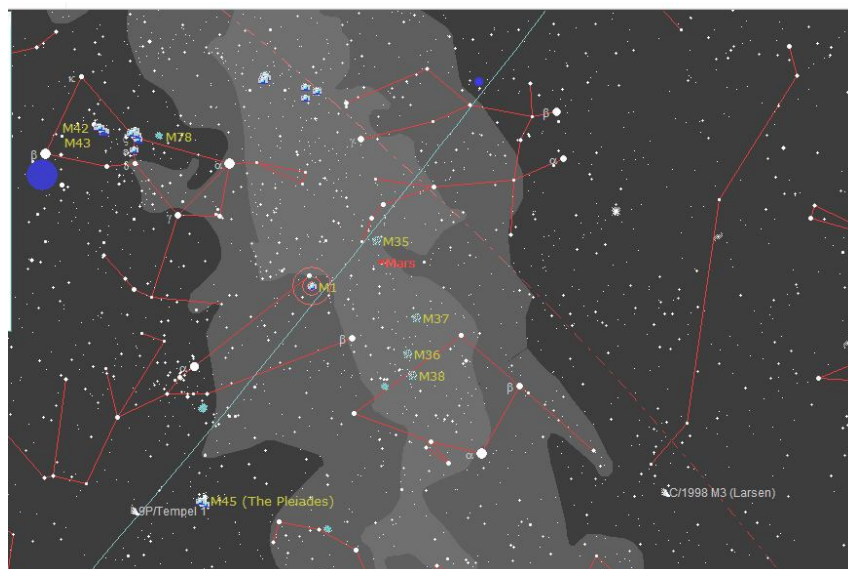
Selain dari objek M74 dan Nebula Trifid, turut dirakamkan semasa kajian ialah objek nebula helang M16 atau NGC 6611 dan nebula ketam M1 seperti ditunjukkan pada rajah 4.41 dan 4.43. Nebula helang terletak di dalam buruj Serpens pada kenaikan kanan (*Right ascension*, RA) 18j 19m 12s dan deklinasi (*Declination*, Dec) -13d 46m 57". Nebula ini terletak di langit hemisfera selatan dan ia adalah nebula pembalikan (*reflection*) dan

pengeluaran (*emission*). (Malin & Frew,1995). Imej ini juga telah dirakam dengan menggunakan kaedah yang sama seperti yang telah diterangkan di atas.



Rajah 4.43 M1 atau NGC 1952

Nebula M1 atau NGC 1952(RA:05j35m 00s; Dec:22:01:26) terletak dalam buruj Taurus telah diproses dengan menggunakan kaedah tindihan iaitu sebanyak dua imej dengan dedahan 60s:60s:90s bagi setiap penapis warna merah, biru dan hijau (RGB).



Rajah 4.44 Kedudukan M1 dalam buruj Taurus