

**PENINGKATAN KONTRAS ASTROFOTOGRAFI HILAL
DENGAN *BUFFLE* DAN *INFRARED FILTER*
(Studi Ukur Fotometri Astrofotografi dengan Algoritma
Michelson Contrast Pada Aplikasi *AstroImageJ*)**

TESIS

Disusun untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Magister
Dalam Ilmu Falak



Oleh:
Muhammad Akbarul Humam
NIM: 2202048001

**PROGRAM MAGISTER ILMU FALAK
PASCASARJANA
UIN WALISONGO SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Akbarul Humam

NIM : 2202048001

Judul Penelitian : PENINGKATAN KONTRAS ASTROFOTOGRAFI HILAL DENGAN *BUFFLE* DAN *INFRARED FILTER* (Studi Ukur Fotometri Astrofotografi dengan Algoritma *Michelson Contrast* Pada Aplikasi AstroImageJ)

Program Studi : Ilmu Falak

Fakultas : Syari'ah dan Hukum

Menyatakan bahwa tesis ini secara keseluruhan hasil penelitian sendiri kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya

Semarang, 04 Juni 2024



Muhammad Akbarul Humam

NIM. 2202048001

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM
Jalan Prof. Dr. H. Hamka Semarang 50185
Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website : <http://fs.walisongo.ac.id>

FTM-07

PENGESAHAN PERBAIKAN OLEH MAJELIS PENGUJI UJIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis mahasiswa :

Nama : Muhammad Akbarul Humam
NIM : 2202048001
Judul : PENINGKATAN KONTRAS ASTROFOTOGRAFI HILAL DENGAN *BUFFLE* DAN
INFRARED FILTER (Studi Ukur Fotometri Astrofotografi Dengan Algoritma *Michelson Contrast* Pada Aplikasi *AstroImageJ*)

telah diujikan pada tanggal 13 Juni 2024 dan dinyatakan LULUS oleh majelis penguji :

NAMA	TANGGAL	TANDA TANGAN
<u>Dr. Afif Noor S.Ag., SH., M.Hum.</u> Ketua Majelis	<u>26/6/2024</u>	
<u>Dr. Muh Arif Royyani M.S.I.</u> Sekretaris	<u>25/06-2024</u>	
<u>Prof. Dr. H. Muslih M.A.</u> Penguji 1	<u>25/06-2024</u>	<u>mesari -</u>
<u>Dr. Ahmad Adib Rofiuiddin M.S.I.</u> Penguji 2	<u>25/06/24</u>	

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 04 Juni 2024

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo
Di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : Muhammad Akbarul Humam
NIM : 2202048001
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul Penelitian : Uji Efektivitas Peningkatan Kontras Hilal Muda Terhadap Kontras Senja Pada Astrofotografi Hilal Dengan Buffle Dan Infrared Filter (Studi Ukur Fotometri Astrofotografi dengan Algoritma Michelson Contrast Pada Aplikasi AstroImageJ)

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang Ujian Tesis

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I



Dr. Ahmad Syifaul Anam SHI., MH.

NIP. 198001202003121001

NOTA PEMBIMBING

Semarang, 04 Juni 2024

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum
UIN Walisongo
Di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan, dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : Muhammad Akbarul Humam

NIM : 2202048001

Program Studi : Magister Ilmu Falak

Judul Penelitian : Uji Efektivitas Peningkatan Kontras Hilal Muda Terhadap Kontras Senja Pada Astrofotografi Hilal Dengan Buffle Dan Infrared Filter (Studi Ukur Fotometri Astrofotografi dengan Algoritma Michelson Contrast Pada Aplikasi AstroImageJ)

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam sidang Ujian Tesis

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing II



Dr. Muh Arif Royyani M.S.I.

NIP. 198406132019031003

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tesis ini penulis persembahkan kepada keluarga tercinta

MOTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

ABSTRAK

Judul : **PENINGKATAN KONTRAS ASTROFOTOGRAFI HILAL DENGAN BUFFLE DAN INFRARED FILTER (Studi Ukur Fotometri Astrofotografi dengan Algoritma Michelson Contrast Pada Aplikasi AstroImageJ)**

Penulis : Muhammad Akbarul Humam

NIM : 2202048001

Banyak pelaku rukyatulhلال yang telah menggunakan teknologi terbaru astrofotografi hilal. Susahnya rukyatulhلال akibat pengaruh sebaran cahaya senja yang mengganggu ketampakan Hilal mendasari penulis untuk menguji penggunaan instrumen tambahan guna peningkatan kontras hilalnya. Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah (1) Bagaimana penerapan fotometri perumusan *Michelson Contrast* guna uji kontras hilal menggunakan Aplikasi AstroImageJ? (2) Bagaimana pengaruh perubahan kontras hilal pada penggunaan astrofotografi hilal dengan *Buffle* dan *Infrared Filter*?. Studi ini menggunakan metode kualitatif lapangan dengan pendekatan multidisipliner dan menggunakan analisis deskriptif untuk memberi penggambaran umum terkait peningkatan kontras menggunakan instrumen tambahan berupa *Buffle* dan *Infrared Filter*, dan juga menarik kesimpulan.

Hasil analisis 24 data dari 4 tanggal rukyatulhلال pada penelitian ini memiliki kondisi hilal termuda berumur 31 jam setelah konjungsi dengan nilai elongasi 16° , simpulannya adalah (1) Penerapan fotometri kontras pada astrofotografi Hilal membutuhkan prosedur berupa pengukuran sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan. (2) Pengaruh perubahan pada peningkatan kontras hilal sangat baik berdasar penggunaan *Buffle* atau *Infrared Filter* serta penggunaan keduanya secara bersamaan. Dampak pada penggunaan instrumen tersebut terdapat kesamaan dan perbedaan berdasar karakternya masing-masing.

Kata Kunci: Kontras Hilal, *Michelson Kontras*, *Buffle*, *Infrared Filter*

ABSTRACT

Title : **Improving the contrast of Hilal astrophotography with a Buffle and infrared filter (Astrophotography photometry measurement study using the Michelson contrast algorithm in the AstroImageJ application).**

Author : Muhammad Akbarul Humam

NIM : 2202048001

Many rukyatulhilal practitioners have used the latest hilal astrophotography technology. The difficulty of rukyatulhilal is due to the influence of the distribution of twilight light, which interferes with the appearance of the Hilal and motivates the author to test the use of additional instruments to increase the contrast of the crescent moon. The problems studied in this research are as follows: (1) How is the photometry formulation of the Michelson Contrast applied for the hilal contrast test using the AstroImageJ Application? (2) How does the change in hilal contrast affect the use of hilal astrophotography with Buffle and Infrared Filter? This study uses qualitative field methods with a multidisciplinary approach. It uses descriptive analysis to provide a general description of contrast enhancement using additional instruments in the form of Buffle and Infrared Filter, and it also concludes.

The analysis of 24 data from 4 rukyatulhilal dates in this study showed that the youngest Hilal was 31 hours after conjunction with an elongation value of 16° . The conclusions are as follows: (1) The application of contrast photometry in Hilal astrophotography requires procedures in the form of systematic and accountable measurements. (2) The effect of changes in increasing the contrast of the Hilal is perfect based on the use of Buffle or Infrared Filter and the use of both simultaneously. The impact of using these instruments has similarities and differences based on their respective characteristics.

Keywords: Hilal Contrast, Michelson Contrast, Buffle, Infrared Filter

ملخص

العنوان: اختبار فعالية زيادة تباين القمر الصغير مقابل تباين الشفق في التصوير الفلكي للقمر الجديد باستخدام مرشح الأشعة تحت الحمراء (دراسة قياس قياس الضوء للتصوير الفلكي باستخدام AstroImageJ) خوارزمية تباين ميشيلسون في تطبيق

المؤلف: محمد أكبر الهمام

نيم: 2202048001

استخدم العديد من ممارسي ريكياتوللال أحدث تقنيات التصوير الفلكي الهلالي. إن صعوبة الركيات بسبب تأثير توزيع ضوء الشفق الذي يتداخل مع مظهر الهلال يدفع المؤلف إلى اختبار استخدام أدوات إضافية لزيادة تباين الهلال. المشاكل التي تمت دراستها في هذا البحث هي (1) كيف يتم تطبيق الصيغة ؟ (2) كيف يؤثر AstroImageJ الضوئية لتباين ميكلسون في اختبار تباين الهلال باستخدام تطبيق Infrared Filter و Baffle التغير في تباين الهلال على استخدام التصوير الفلكي للهلال باستخدام تستخدم هذه الدراسة أساليب ميدانية نوعية ذات نهج متعدد التخصصات وتستخدم التحليل الوصفي، ومرشح الأشعة تحت الحمراء Baffle لتقديم وصف عام لتعزيز التباين باستخدام أدوات إضافية في شكل. وكذلك استخلاص النتائج

نتائج هذا البحث هي (1) إن تطبيق قياس التباين الضوئي في التصوير الفلكي للهلال يتطلب إجراءات في شكل قياسات منهجية ومسؤولة. (2) تأثير التغيرات في زيادة تباين الهلال جيد جداً اعتماداً على واستخدام كليهما في وقت واحد. إن تأثير استخدام هذه Infrared Filter أو Baffle استخدام الأدوات له أوجه تشابه واختلاف بناءً على خصائص كل منها

الكلمات الرئيسية: تباين الهلال، تباين ميكلسون، بوف، مرشح الأشعة تحت الحمراء

TRANSLITERASI

Keputusan Bersama Menteri Agama dan Menteri P dan K
Nomor: 158/1987 dan Nomor: 0543b/U/1987

1. Konsonan

No	Arab	Latin
16	ط	T
17	ظ	Z
18	ع	
19	غ	G
20	ف	F
21	ق	Q
22	ك	K
23	ل	L
24	م	M
25	ن	N
26	و	W
27	ه	H
28	ء	'
29	ي	Y

No	Arab	Latin
1	ا	tidak dilambangkan
2	ب	B
3	ت	T
4	ث	s
5	ج	J
6	ح	H
7	خ	Kh
8	د	D
9	ذ	z
10	ر	R
11	ز	Z
12	س	S
13	ش	Sy
14	ص	Ṣ
15	ض	Ḍ

2. Vokal Pendek

.... = a	كَتَبَ	kataba
.... = i	سُئِلَ	su'ila
.... = u	يَذْهَبُ	yazhabu

3. Vokal Panjang

أ... = ā	قَالَ	qāla
إِي = ī	قِيلَ	qīla
أُو = ū	يَقُولُ	yaqūlu

Catatan:

Kata sandang [al-] pada bacaan syamsiyyah atau qamariyyah

ditulis [al-] secara konsisten supaya selaras dengan teks Arabnya

4. Diftong

أَي = ai	كَيْفَ	kaifa
----------	--------	-------

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *alabbil'alamīn*, puji syukur kehadiran Allah *Subhānahu Wata'ālā* yang telah memberikan nikmat, hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **Algoritma *Raṣd al-Qiblah* Harian dengan Bintang Lokal Sebagai Penentu Arah Kiblat**.

Salawat serta salam senantiasa kita haturkan kepada baginda Rasulullah *Shallallāhu 'Alaihi Wasalam* beserta keluarga, sahabat-sahabat, dan para pengikutnya.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini bukanlah hasil jerih payah dari penulis sendiri, melainkan terdapat usaha dan bantuan baik spiritual maupun moral dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua Buya dan Mimi juga kakak serta adik penulis dan Mas Akbar dan Vije beserta keluarga besar di Lumajang dan Buktitinggi terimakasih atas segala do'a, dukungan, dan curahan kasih sayang kepada penulis.
2. Dr. Ahmad Syifaul Anam SHI., MH. dan Dr. Muh Arif Royyani M.S.I. selaku dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tesis ini.
3. Prof. Dr. H. Abdul Ghofur, M. Ag., selaku Dekan Fakultas Syariah dan Hukum beserta jajarannya.
4. Keluarga Magister Ilmu Falak angkatan 2022 khususnya kepada Alvi, Roza, dan Affan yang telah meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan membantu juga memberikan semangat kepada penulis.

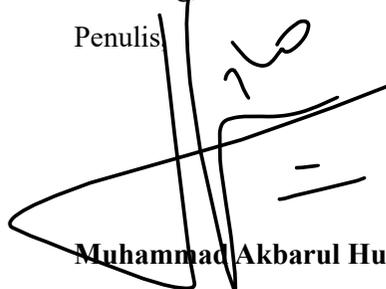
5. Keluarga besar Ilmu Falak UIN Sunan Ampel Surabaya terkhusus kepada Novi Sopwan, M.Si, Agus Solikin, M.S.I yang telah meluangkan waktunya memberikan pandangan dalam peneliain ini.
6. Hendra Agus Prastyo, M.Si dan Agitya Abdillah Yusuf S.Si, selaku dosen dan tenaga pendidik di Jurusan SAP ITERA dan OAIL ITERA yang telah memberikan wawasan keilmuan untuk tesis ini, Hasby dan Ilham yang membantu mengambil data penelitian
7. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu baik secara langsung maupun tidak langsung yang selalu memberikan bantuan, dorongan, semangat, dan do'a kepada penulis selama melaksanakan studi di UIN Walisongo Semarang.

Penulis berdoa semoga seluruh amal kebaikan dan jasa-jasa dari semua pihak yang telah membantu menjadi amal jariah. Tesis ini pastinya banyak kekurangan dari segi penulisan maupun redaksi yang dikutip.

Akhirul kalām, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik konstruktif demi perbaikan tesis di masa mendatang. Harapan penulis, semoga tesis ini dapat menambah pengetahuan pembaca dan dapat bermanfaat.

Semarang, 04 Juni 2024

Penulis



Muhammad Akbarul Humam

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
MOTO	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
ملخص.....	x
TRANSLITERASI	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	11
D. Kajian Pustaka.....	12
E. Kerangka Berpikir	15
F. Metode Penelitian.....	17
G. Sistematika Pembahasan	21
BAB II ATROFOTOGRAFI DAN FOTOMETRI HILAL	23
A. Dinamika Serta Tantangan Rukyatulhilal Dan Astofotografi Hilal	23

B.	Tinjauan Pendapat Ulama Terkait Astrofotografi Hilal	32
C.	Rukyatulhلال Dengan Astrofotografi	43
D.	Fotometri Kontras Astrofotografi Hilal	56
BAB III PENERAPAN FOTOMETRI KONTRAS HILAL PADA ASTROFOTOGRAFI HILAL MENGGUNAKAN ASTROIMAGEJ		66
.....		
A.	Akuisisi Citra Pada Fotometri Kontras Hilal.....	66
B.	Registrasi Citra Astrofotografi Hilal (Pra-Fotometri).....	72
C.	Pengukuran Fotometri Kontras Hilal Dengan AstroImageJ	77
D.	Perhitungan Fotometri Peningkatan Intensitas Cahaya Hilal ...	85
E.	Diagarm Alir Penerapan Fotometri Kontras	86
BAB IV ANALISIS EFETIVITAS <i>BUFFLE</i> DAN <i>INFRARED</i> FILTER PADA PENINGKATAN KONTRAS ASTROFOTOGRAFI HILAL		88
.....		
A.	Analisis Efektivitas Astrofotografi Hilal Dengan <i>Buffle</i>	91
B.	Analisis Efektivitas Astrofotografi Hilal Dengan <i>Infrared Filter</i> 98	
C.	Analisis Efektivitas Astrofotografi Hilal Dengan <i>Buffle</i> dan <i>Infrared Filter</i>	105
BAB V PENUTUP		114
.....		
A.	Kesimpulan.....	114
B.	Saran	115
C.	Penutup	115
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		122
LAMPIRAN-LAMPIRAN		124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Contoh dua teleskop dan dua kamera 1 mounting.....	67
Gambar 3. 2. Tampilan Pengaturan Kamera Pada Aplikasi Sharpcap...	70
Gambar 3. 3 Reticule Overlay pada Aplikasi Sharpcap	71
Gambar 3. 4 Langkah awal registrasi penamaan dan sumbu acuan ..	74
Gambar 3. 5 Perbandingan citra dengan dan tanpa modifikasi pencahayaan	75
Gambar 3. 6 Pengaturan penyimpanan citra registrasi pada Adobe Photoshop	76
Gambar 3. 7. Pengaturan pendefinisian Citra Hilal Pada AstroImageJ	79
Gambar 3. 8. Pengaturan ROI pada AstroImageJ.....	80
Gambar 3. 9 Hasil Pengukuran.....	81
Gambar 3. 10 Langkah Memastikan Nilai Intensitas Cahaya Sesuai....	82
Gambar 3. 11 Fitur Find Maxima pada AstroImageJ	83
Gambar 3. 12 Invert dan Pixel Inspector.....	84
Gambar 4. 1 Sebaran peningkatan kontras berdasar daerah ROI nya ...	90
Gambar 4. 2 Perbandingan visual 1.A.1 dan visual 1.A.2	91
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan kontras 1.A.1 dan 1.A.2	92
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan kontras 2.A.1 dan 2.A.2.....	93
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan kontras 3.A.1 dan 3.A.2.....	94
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan kontras 4.A.1 dan 4.A.2.....	95
Gambar 4. 7 Perbandingan visual 3.B.1 dan visual 3.B.2	98
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan kontras 1.B.1 dan 1.B.2	99
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan kontras 2.B.1 dan 2.B.2	100
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan kontras 3.B.1 dan 3.B.2	101
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan kontras 3.B.1 dan 3.B.2	102
Gambar 4. 12 Perbandingan visual 3.C.1 dan visual 3.C.2	105
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan kontras 1.C.1 dan 1.C.2	106
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan kontras 2.C.1 dan 2.C.2	107
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan kontras 3.C.1 dan 2.C.2	108
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan kontras 4.C.1 dan 4.C.2	109
Gambar 4. 17 Kondisi atmosfer ufuk barat kondisi 4.A, 4.B, 4.C.	111

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Tabel Rencana Penelitian.....	18
Tabel 4. 1 Jadwal Rukyatul Hilal.....	88
Tabel 4. 2. Pengkodean Citra Astrofotografi Hilal	89
Tabel 4. 3 Data hasil pengukuran dan perhitungan.....	90
Tabel 4. 4 Perbandingan dan peningkatan kontras 1.A.1 dan 1.A.2	92
Tabel 4. 5 Perbandingan dan peningkatan kontras 2.A.1 dan 2.A.2	93
Tabel 4. 6 Perbandingan dan peningkatan kontras 3.A.1 dan 3.A.2	94
Tabel 4. 7 Perbandingan dan peningkatan kontras 4.A.1 dan 4.A.2	95
Tabel 4. 8 Perbandingan dan peningkatan kontras 1.B.1 dan 1.B.2	99
Tabel 4. 9 Perbandingan dan peningkatan kontras 2.B.1 dan 2.B.2	100
Tabel 4. 10 Perbandingan dan peningkatan kontras 3.B.1 dan 3.B.2 ..	101
Tabel 4. 11 Perbandingan dan peningkatan kontras 3.B.1 dan 3.B.2...	102
Tabel 4. 12 Perbandingan Kontras Hilal 1.C.1 dan 1.C.2.....	106
Tabel 4. 13 Perbandingan Kontras Hilal 2.C.1 dan 2.C.2.....	107
Tabel 4. 14 Perbandingan Kontras Hilal 3.C.1 dan 3.C.2.....	108
Tabel 4. 15 Perbandingan Kontras Hilal 4.C.1 dan 4.C.2.....	109

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Rukyatulhلال merupakan salah satu metode penentuan awal bulan hijriyah yang pula memiliki peran signifikan terhadap penentuan pelaksanaan ibadah Puasa Ramadhan, Zakat dan Ibadah Haji, hal ini mengakibatkan pelaksanaan rukyatulhلال memiliki pengaruh sangat besar bagi umat Islam.¹ Konsekuensi hal tersebut, menjadikan rukyatulhلال sebagai kegiatan rutin praktisi dan akademisi ilmu falak setiap penentuan awal bulan dari 12 bulan di penanggalan hijriyah. Praktisi dan akademisi ilmu falak menjadikan Rukyatulhلال sebagai media melatih keterampilan serta mendapatkan teknik pengamatan rukyatulhلال yang terbaik, maupun sebagai kepentingan koreksi kriteria visibilitas hilal.²

Berdasarkan penerapannya di Indonesia, rukyatulhلال rutin dilaksanakan serta difasilitasi oleh lembaga pemerintahan dan pengabdian oleh organisasi masyarakat yang memiliki fokus pada astronomi dan ilmu falak. Seperti Nahdlatul Ulama menggunakan penetapan awal bulan dengan *ru'yat al-hilāl bi'l-fi'li* atau *istikmāl* yang tertuang dalam keputusan Muktamar NU XXVII di Situbondo

¹ Ahmad Adib Rofiuddin, "Pemikiran Muhammad Abdul Hayy tentang Penentuan Awal Bulan Hijriah dengan Metode Rukyatulhلال pada Siang Hari," *JURNAL LENTERA: Kajian Keagamaan, Keilmuan dan Teknologi* 18, no. 1 (2019): 92, doi:<https://doi.org/10.29138/lentera.v18i1.117>.

² Sakirman Sakirman, "Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat," *Al-Manahij: Jurnal Kajian Hukum Islam* 14, no. 1 (June 2, 2020): 73, doi:[10.24090/mnh.v14i1.3190](https://doi.org/10.24090/mnh.v14i1.3190).

1984, Munas Alim Ulama di Cilacap 1987, dan rapat kerja Lajnah Falakiyah NU di Pelabuhan Ratu (1992).³ Sehingga dapat dipahami bahwasannya Nahdlatul Ulama rutin melaksanakan rukyatulhلال setiap bulannya, dengan didukung oleh data hisab yang telah disiapkan sebelumnya dan menggunakan instrumen pembantu rukyatulhلال berupa teleskop dan kamera maupun mata telanjang.

Demikian pula dengan Muhammadiyah, walaupun konsep Muhammadiyah terhadap penentuan awal bulan adalah *hisab wujūd al-hilāl*.⁴ Tetapi pada pelaksanaannya Muhammadiyah saat ini juga melakukan rukyatulhلال secara rutin dengan adanya observatorium di lingkungan kampus Muhammadiyah yakni di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) dan Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta (UAD) yang memiliki tiga bidang fungsi yakni bidang perkembangan pendidikan astronomi, pengabdian kepada masyarakat untuk menunjukkan pentingnya kesadaran astronomi dan ilmu falak di kehidupan sehari sehari, serta penelitian yang salah satu fokusnya adalah untuk analisis kriteria visibilitas hilal yang didapatkan berdasar penelitian berkelanjutan.⁵

Sedikit berbeda dengan Nahdlatul Ulama dan Muhammadiyah, Persatuan Islam (PERSIS) semenjak tahun 2013 penentuan awal bulan penanggalan hijriyah terkhusus pada Ramadan, Syawal dan

³ Ridwan Ridwan, *Kontestasi Mazhab Hisab Dan Rukyat Di Indonesia* (Yogyakarta: Pustaka Ilmu Group, 2008), 85.

⁴ *Ibid.*, 83.

⁵ Muhammad Sholehuddin, “Analisis Pendapat Tokoh Majelis Tarjih Dan Tajdid Muhammadiyah Tentang Keberadaan Observatorium Di Muhammadiyah” (Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, 2023), 75.

Zulhijjah mengikuti hasil sidang isbat rukyatulhلال oleh pemerintah, dalam hal ini dilakukan oleh KEMENAG RI. Pada 9 bulan lainnya PERSIS menggunakan hasil hisab dari almanak PERSIS yang disusun berdasarkan kriteria visibilitas hilal dengan tinggi hilal 3° dan sudut elongasi 6,4° yang didasarkan oleh rekor rukyatulhلال dengan elongasi bulan terdekat atau yang biasa dikenal dengan kriteria Kriteria visibilitas hilal Neo-MABIMS.⁶ Kriteria visibilitas hilal Neo-MABIMS merupakan konsep keterlihatan hilal yang dipengaruhi oleh posisi hilal terhadap Matahari dan pertimbangan lainnya dari pengaruh kontras cahaya senja (*senja*) yang mempengaruhi kontras daripada hilal.⁷

Kriteria visibilitas hilal Neo-MABIMS tersebut disepakati dan ditetapkan oleh Menteri Agama 4 negara Brunei Darussalam, Malaysia, Singapura dan Kementerian Agama Indonesia yang secara khusus diwakili oleh Badan Hisab Rukyat (BHR).⁸ BHR yang di bentuk pada 16 Agustus 1972, merupakan wujud *ijtihad* KEMENAG RI untuk dapat menyeragamkan pemahaman penentuan awal bulan penanggalan hijriyah. Hal tersebut juga direalisasikan dalam sidang isbat dilaksanakan oleh pemerintah diwakili oleh Kementerian Agama, dengan menerima kesaksiasan ketampakan hilal oleh BHR maupun Nahdlatul Ulama dan intansi pemerintah maupun perguruan

⁶ Al Siti Wasilah, “Dinamika Kriteria Penetapan Awal Bulan Kamariah (Studi Terhadap Organisasi Kemasyarakatan Persatuan Islam)” (Skripsi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2015), 75.

⁷ Nuril Farida, “Implementasi Neo Visibilitas Hilal MABIMS Indonesia,” *Ahkam* 10, no. 2 (2022): 7, doi:<https://doi.org/10.21274/ahkam.2022.10.2.1-24>.

⁸ *Ibid.*, 240.

tinggi lainnya yang memiliki fokus astronomi.⁹ Adapun instansi pemerintah yang rutin rukyatulhلال ialah Badan Meteorologi klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan teknik rukyatulhلال yang digunakan sejak 2008 adalah astrofotografi.¹⁰

Fasilitas astronomi berupa observatorium yang berada di lingkungan perguruan tinggi di Indonesia telah banyak adanya dan rutin melaksanakan rukyatulhلال. Salah satunya Observatorium Bosscha Bandung semenjak 2007 telah rutin melaksanakan rukyatulhلال tiap bulan dengan teknik astrofotografi.¹¹ Selain Bosscha yang berada di lingkungan program studi Astronomi ITB, juga terdapat Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) berada di lingkungan prodi Sains Atmosfer dan Keplanetan (SAP) rutin rukyatulhلال tiap bulan dengan teleskop robotik disertai kamera khusus hلال buatan Jerman didapat bantuan dari Raja Arab Saudi.¹²

Program studi Astronomi di ITB dan Program studi Sains Atmosfer Keplanetan di ITERA merupakan penjurusan keilmuan berkerabat dekat dengan Program Studi Ilmu Falak yang memiliki konsentrasi khusus pengkajian dalam rukyatulhلال disertai fasilitas astronomi astrofotografi hلال, Program Studi Ilmu Falak tersebut

⁹ Ridwan, *Kontestasi Mazhab Hisab Dan Rukyat Di Indonesia*, 88–89.

¹⁰ Siti Lailatul Mukarromah, “Implementasi Data Image Processing BMKG Untuk Kriteria Visibilitas Hلال” (Thesis, UIN Walisongo Semarang, 2019), 57.

¹¹ Muhammad Dimas Firdaus, “Studi Analisis Standard Operating Procedure (SOP) Pengamatan Hلال Observatorium Bosscha” (Skripsi, UIN Walisongo Semarang, 2019), 57.

¹² Rudi, “Perdana ITERA Gunakan Teleskop OZT – ALTS untuk Amati Hلال Ramadan,” *ITERA NEWS*, 2022, diakses 08 November 2023 <https://www.itera.ac.id/perdana-itera-gunakan-teleskop-ozt-alts-untuk-amati-hلال-ramadan/>.

terdapat di 7 kampus Islam yakni UIN Walisongo Semarang, UIN Sunan Ampel Surabaya, UIN Mataram, UIN Alauddin Makassar, IAIN Lhokseumawe, IAIN Syekh Nurjati Cirebon dan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.¹³

Dapat dipahami bahwa di Indonesia sangat banyak pelaku rukyatulhلال baik dari kalangan organisasi masyarakat maupun instansi pemerintah serta perguruan tinggi yang telah disebutkan di atas dan rukyatulhلال dilakukan secara rutin tiap bulannya menggunakan instrumenasi astrofotografi berupa teleskop dan kamera. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat semangat keinginan bersama untuk menuju satu kriteria visibilitas hilal yang didapatkan dari hasil penelitian panjang dengan teknik astrofotografi. Mengutip pernyataan Prof. Dr. Din Syamsudin pada Workshop Festival Astrofotografi pada 26 April 2014 di Jatim Expo, mengatakan bahwa teknik Astrofotografi adalah bentuk usaha guna menyatukan umat Muslim di Indonesia dalam penentuan awal bulan penanggalan Hijriyah terkhusus pada bulan Ramadan, Syawal, dan Zulhijah. Dengan teknik astrofotografi bisa terselesaikan permasalahan hilal melalui teknologi dan ilmu pengetahuan, dikarenakan teknik ini merupakan perpaduan metode-metode yang dipakai pada kalangan Rukyat dan *Ijtihad* kalangan hisab untuk mendapatkan kriteria visibilitas hilal terbaik.¹⁴

¹³ KEMDIKBUD, "PDDikti - Pangkalan Data Pendidikan Tinggi," *PDDikti*, accessed October 31, 2023, https://pddikti.kemdikbud.go.id/search/ilmu_falak.

¹⁴ Muhammad Syamsu Alam Drajat, "Penentuan Awal Bulan Ramadhan Dan Syawal 1441 H. / 2020 M. Dengan Teknik Astrofotografi (Analisis Hasil Hisab

Rukyatulhلال dengan alat bantu teknologi yang menggunakan teknik astrofotografi maupun tanpa alat bantu harus dilaksanakan dengan rangkaian prosedural pengamatan yang baku.¹⁵ Ada kendala-kendala yang mempengaruhi tingkat kesuksesan rukyatulhلال berupa faktor alamiyah maupun instrumen yang digunakan ketika rukyatulhلال berlangsung. Rumitnyaa rukyatulhلال diakibatkan dari pengaruh seminimalnya oleh tiga aspek, seperti jarak Bulan yang jauh dari Bumi sehingga mengakibatkan ketampakan hilal yang kecil dari permukaan Bumi, kontras cahaya hilal yang redup akibat dari hilal terjadi sesaat setelah fase *New Moon* yang memiliki iluminasi terkecil dari serangkaian fase Bulan, dan faktor penghalang latar depan pada atmosfer seperti cahaya ufuk.¹⁶ Permasalahan beda kontras cahaya senja maupun cahaya hilal pada penggunaan teleskop dan kamera menjadi masalah yang lebih kompleks lagi.

Sistem kinerja teleskop dari penggunaan model optik lensa maupun cermin cekung adalah mengumpulkan cahaya yang kemudian menghasilkan ketampakan objek akan menjadi lebih besar dan memperkuat cahaya objek.¹⁷ Penggunaan teleskop akibat sistem kerjanya akan menghasilkan kecerlangan cahaya hilal yang meningkat namun juga turut meningkatkan cahaya *senja*, yang pada

Kontemporer ‘Ephemeris Al-Falakiyah’ Karya Sriyatin Shodiq Al-Falaky)” (Thesis, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2021), 7.

¹⁵ Mutoha Arkanuddin dan Muh. Mahrufin Sudiby, “Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatulhلال Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria, dan Implementasi),” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 1, no. 1 (2015): 36.

¹⁶ Danang Erdanto, *Pengantar Kosmografi* (Surakarta: UNS Press, 2005), 217.

¹⁷ Sakirman, “Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat,” 77.

akhirnya kontrasnya keduanya sama-sama meningkat dan menghasilkan kontras yang sama dengan pengamatan tanpa alat bantu atau dengan mata telanjang.¹⁸ Kehadiran teleskop dan kamera ternyata tidak mudah mengatasi kesulitan dalam rukyatulhilar, sehingga perlu adanya instrumen tambahan berupa instrumen tambahan teleskop yang bersifat membantu menyelesaikan kekurangan daripada teleskop itu sendiri.

Digunakannya alat bantu pada rukyatulhilar, sejatinya hingga saat ini dalam tinjauan fikih masih dalam perdebatan boleh digunakan atau tidak. Terkhusus pada astrofotografi terdapat tiga pendapat besar Ulama mengenai sah atau diperbolehkannya, yakni penggunaan astrofotografi sama sekali tidak dibolehkan, lalu penggunaan astrofotografi dan *Image Processing* diperbolehkan sebagian yakni sebatas memperjelas hilal, dan pendapat ketiga yakni dibolehkan astrofotografi dan *Image Processing* secara keseluruhan.¹⁹ Sebagian Ulama yang tidak memperbolehkan dan seluruh Ulama yang memperbolehkan berpendapat bahwasannya rukyatulhilar dengan astrofotografi diperbolehkan apabila secara sains penggunaan alat bantu memiliki sistem kerja yang sama dengan mata telanjang untuk rukyatulhilar.²⁰ Penggunaan astrofotografi dengan sistem kerja yang sama dengan mata, masih sah digunakan dalam tinjauan fikih falak.

¹⁸ Thomas Djamaludin, Muhammad Husni, and Sunaijo Sunaijo, *Hisab Rukyat Di Indonesia Serta Permasalahannya* (Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2010), 95.

¹⁹ Riza Afrian Mustaqim, "Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi Di BMKG Untuk Rukyatulhilar," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, no. 1 (2018): 112.

²⁰ *Ibid.*, 98–112.

Dibutuhkan teknik khusus dalam astrofotografi serta adanya instrumen tambahan pada teleskop dan kamera yang berfungsi untuk meningkatkan keberhasilan mendapatkan citra hilal. Sehingga dengan hal tersebut rukyatulhilal dapat lebih efektif dengan hasil yang lebih maksimal daripada tanpa menggunakannya. Instrumen tambahan yang dibutuhkan ialah instrumen dengan sistem kerja mempersempit panjang gelombang cahaya yang tidak di butuhkan dan untuk menapis cahaya selain hilal yang ditangkap teleskop dan kamera serta harus memiliki sistem kerja yang sama dengan mata. Adapun instrumen tambahan yang memiliki sistem kerja yang sama dengan mata dan dapat digunakan diantaranya ialah *Buffle* dan *Infrared Filter*.²¹

Pada dasarnya setiap teleskop sudah memiliki *Buffle* yang berada pada bagian depan teleskop, namun berukuran kecil dengan ukuran yang hanya cukup untuk melindungi lensa obyektif.²² Sedangkan filter kamera *Infrared Filter pass* memiliki sistem kerja hanya meneruskan gelombang cahaya dengan panjang gelombang tertentu atau menghalangi panjang gelombang tertentu.²³ Berdasarkan pemaparan di atas, dapat dipahami bahwa tambahan *Buffle* pada teleskop dapat diibaratkan seperti penggunaan tangan yang dikerucutkan di depan mata. Sedangkan penggunaan *Infrared Filter* panjang gelombangnya sama besar dengan yang ditangkap mata.

²¹ Adi Damanhuri, "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari," *Semnastek*, 2015, 2.

²² Irvan Irvan and Leo Hermawan, "Mengenal Jenis-Jenis Teleskop Dan Penggunaannya," *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 1 (2019): 5, doi:10.30596/jam.v5i1.3125.

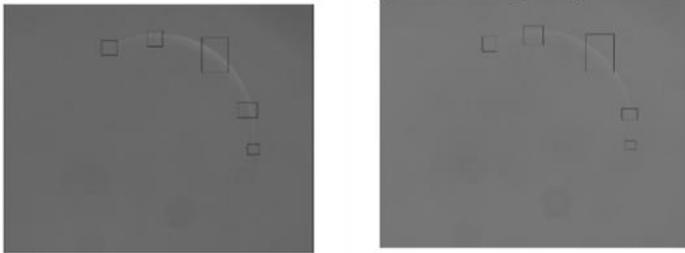
²³ Firdaus, "Studi Analisis Standard Operating Procedure (SOP) Pengamatan Hilal Observatorium Bosscha." 45

Penggunaan fotometri sebagai prosedur pengukuran jumlah foton cahaya pada citra astrofotografi rukyatulhلال menggunakan aplikasi khusus fotometri untuk mengukur nilai efektivitas dari penggunaan *Buffle* dan *Infrared Filter* harus pula dilakukan untuk mengetahui besar pengaruhnya secara nilai konkrit. Salah satu instrumen yang dapat digunakan untuk pengukuran pada fotometri adalah AstroImageJ yakni *software* yang salah satu kegunaannya ialah untuk pengukuran tingkat kecerlangan dari suatu citra. Hasil dari pengukuran yang telah dilakukan baiknya dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai pastinya dalam satuan sains.²⁴

Pada penelitian terdahulu oleh praktisi astronomi dari Observatorium Ilmu Falak UMSU (OIF UMSU) yakni Muhammad Dimas Firdaus telah melakukan pengukuran dan perhitungan serupa dengan penelitian ini. Penelitian Dimas menyatakan bahwa hasil pengukuran dan perhitungan memiliki pengaruh pada penggunaan *Infrared Filter* dalam pengamatan hilal siang dengan pengaruh peningkatan kontras hilal sebesar 129% menggunakan perumusan *Weber Contrast*.²⁵ Terdapat perbedaan besar antara penelitian Dimas dan penelitian ini, yakni pada penelitian Dimas hanya terbatas pada analisis pengukuran pengaruh *Infrared Filter* di kondisi hilal siang, sedangkan penelitian ini menguji pengaruh penggunaan *Buffle* dan *Infrared Filter* pada kondisi hilal setelah Matahari terbenam. Berikut ini gambaran citra yang didapatkan oleh Dimas dalam penelitiannya:

²⁴ Muhammad Dimas Firdaus et al., “Study of Hilal’s Contrast Using Infrared Filter in Daylight Hilal Observation” 4 (2023): 616–18.

²⁵ *Ibid.*, 612-621.



Gambar 1. 1. Hilal Tanpa Filter IR (Kiri) Hilal Dengan Filter IR (Kanan)²⁶

Dari pemaparan di atas, dapat dipahami bahwa dari banyaknya pelaku rukyatulhلال dari segala kalangan yang telah disebutkan di atas baik dari pengguna kriteria rukyat maupun hisab. Serta dengan kondisi dari tantangan rukyatulhلال yakni adanya kontras senja tebal menghalangi kontras hilal yang tipis. Pula dibersamai dengan *jumhur* Ulama fikih yang memperbolehkan rukyatulhلال menggunakan teknik astrofotografi dengan instrumen tambahan berupa *Baffle* dan *Infrared Filter* jarak pendek. Penulis rasa penting adanya melakukan penelitian penggunaan *Baffle* dan *Infrared Filter* pada rukyatulhلال

Pengukuran peningkatan kontras hilal dari kontras senja dampak dari pengaruh penggunaan *Baffle* dan *Infrared Filter* dengan perumusan *Michelson Contrast* akan penulis sajikan pada proses penelitian. Kompilasi dari hal tersebut di atas membuat peneliti tertarik untuk meneliti lebih lanjut mengenai **“Uji Efektivitas Peningkatan Kontras Hilal Muda Terhadap Kontras Senja Pada Astrofotografi Dengan Penggunaan *Baffle* dan *Infrared Filter* (Studi Ukur Fotometri Astrofotografi Dengan Algoritma *Michelson Contrast* Pada Aplikasi *AstroImageJ*)”**.

²⁶ Ibid., 619.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan fotometri perumusan *Michelson Contrast* guna uji kontras hilal menggunakan Aplikasi AstroImageJ?
2. Bagaimana pengaruh perubahan kontras hilal pada penggunaan astrofotografi hilal dengan *Buffle* dan *Infrared Filter*?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, penelitian ini bertujuan:

1. Mengetahui penerapan fotometri perumusan Michelson Contrast guna uji kontras hilal menggunakan Aplikasi AstroImageJ;
2. Mengetahui pengaruh perubahan kontras hilal pada penggunaan astrofotografi hilal dengan *Buffle* dan *Infrared Filter*.

Adapun manfaat yang hendak dicapai dalam penelitian ini:

1. Manfaat Teoritis

Sebagai sumbangan pengetahuan dan pemahaman kepada umat Islam terkait urgensi penggunaan *Buffle* dan *Infrared Filter* pada rukyatulhilal dengan astrofotografi.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi UIN Walisongo, diharapkan penelitian ini dapat menjadi rujukan pentingnya astrofotografi dan fotometri pada rukyatulhilal. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi pengukuran fotometri pada citra hilal.
- b. Bagi masyarakat, diharapkan penelitian ini dapat menggerakkan praktisi dan akademisi ilmu falak dalam menggunakan tambahan instrumen pada astrofotografi pada rukyatulhilal berupa *Buffle* dan *Infrared Filter*, guna meningkatkan peluang keberhasilan mendapatkan citra hilal.

D. Kajian Pustaka

Kajian kepustakaan pada penelitian berguna untuk mendukung dan menguatkan penelitian yang sedang dilakukan. Selain itu juga memiliki fungsi guna mendapatkan pemaparan mengenai keterkaitan antara penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, agar tidak terjadi duplikasi dan plagiasi. Sejauh penelusuran penulis belum ada penelitian yang secara khusus membahas tentang Uji Efektivitas Peningkatan Kontras Hilal Muda Terhadap Kontras Senja Pada Astrofotografi Dengan Penggunaan Baffle dan Infrared Filter dalam pengukuran fotometri dengan Algoritma *Michelson Contrast* pada aplikasi AstroImageJ. Berdasarkan penelusuran penulis, terdapat penelitian-penelitian yang mempunyai relevansi dengan penelitian ini, adalah sebagai berikut:

Pertama, artikel karya Riza Afrian Mustaqim yang berjudul “Pandangan Ulama Terhadap *Image Processing* Pada Astrofotografi di BMKG Untuk Rukyatulhilar”. Jurnal tersebut membahas bahwa astrofotografi pada rukyatulhilar terdapat tiga pendapat besar Ulama mengenai sah atau diperbolehkannya, yakni penggunaan astrofotografi sama sekali tidak dibolehkan, lalu penggunaan astrofotografi dan *Image Processing* diperbolehkan namun hanya sebatas memperjelas hilal dan pendapat ketiga yakni dibolehkan astrofotografi dan *Image Processing* secara keseluruhan. Dengan kesimpulan sebagian Ulama yang tidak memperbolehkan dan seluruh Ulama yang memperbolehkan berpendapat bahwa rukyatulhilar dengan astrofotografi diperbolehkan apabila secara sains penggunaan alat bantu memiliki sistem kerja yang sama dengan mata telanjang

untuk rukyatulhلال.²⁷ Pada penelitian ini menjelaskan penggunaan instrumen astrofotografi secara sains yang memiliki sistem kerja seperti mata seperti *Baffle* dan *Infrared Filter* jarak pendek, sah dan diperbolehkan untuk digunakan rukyatulhلال dalam tinjauan fikih.

Kedua, artikel karya Dhani Hendrawijaya yang berjudul “*Developing Telescope Baffle for Increasing Contrast of The Very Young Lunar Crescent Visibility*”. Pengembangan teknik astrofotografi untuk hilal siang hari di Observatorium Bosscha pertama kali menggunakan *Baffle* sebagai instrumen tambahan teleskop pada Oktober 2010 didapatkan hasil hilal berhasil terpotret 50 menit sebelum matahari terbenam.²⁸ Pada penelitian terkait selanjutnya oleh Muhammad Yusuf yang dituangkan pada jurnal berjudul “Pencitraan Bulan Pada Saat Konjungsi” dengan fokus penelitian penggunaan *Baffle* untuk pengamatan hilal siang oleh peneliti Bosscha pada 9 oktober 2019. Di penelitian tersebut tim perukyat berhasil mencetak rekor dunia untuk mengambil citra bulan termuda yakni saat 0 jam 0 menit setelah konjungsi.²⁹ Dari dua penelitian berkelanjutan tersebut dipaparkan dengan jelas bahwa penggunaan *Baffle* sangat membantu meningkatkan kontras hilal. Namun, pada pemaparan poin kedua ini penelitian terhadap hilal

²⁷ Mustaqim, “Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi Di BMKG Untuk Rukyatulhلال,” 79–112.

²⁸ Dhani Herdiwijaya et al., “Developing Telescope Baffle for Increasing Contrast of the Very Young Lunar Crescent,” *Proceedings of the Third International Conference on Mathematics and Natural Sciences*, 2010, 1218.

²⁹ Muhammad Yusuf, Mochamad Irfan, and Yatny Yulianty, “Pencitraan Bulan Pada Saat Konjungsi,” *Journal of Multidisciplinary Academics* 3, no. 2 (2019): 32–36.

siang dilakukan sebelum Matahari terbenam serta tidak ada pemaparan terkait uji efektif dari penggunaan *Buffle*.

Ketiga, artikel dengan judul “*Study of Hilal’s Contrast Using Infrared Filter in Daylight Hilal Observasion*” karya Muhammad Dimas Firdaus. Pada jurnal tersebut dilakukan penelitian berupa pengukuran fotometri pada perbandingan citra kontras hilal dengan astrofotografi hilal siang yang menggunakan tambahan *Infrared Filter* jarak pendek dan tidak. Penggunaan algoritma *Michelson Contrast* digunakan sebagai teknik fotometri untuk mengetahui nilai efektifnya. Didapatkan hasil penggunaan *Infrared Filter* jarak pendek dengan panjang gelombang 685nm pada pengamatan hilal siang dapat meningkatkan kontras citra hilal 4%.³⁰ Pada penelitian yang terfokus pada hilal siang ini menunjukkan *Infrared Filter* dapat meningkatkan kontras hilal.

Pada pemaparan tiga point di atas dan penelitian lainnya, tidak didapatkan penelitian yang memiliki kesamaan dengan penelitian ini. Misalkan pada poin dua dan tiga, fokus penelitiannya terdapat penggunaan instrumen tambahan teleskop yang sama dengan penelitian ini namun pada astrofotografi hilal siang, dengan kondisi pada penelitian ini adalah hilal setelah Matahari terbenam. Dalam tinjauan syar’i penelitian ini telah diperkuat oleh poin pertama yang mendeskripsikan penggunaan *Buffle* dan *Infrared Filter* jarak dekat dapat dinyatakan sah dan diperbolehkan untuk rukyatulhilal.

³⁰ Firdaus and Rakhmadi, “Study of Hilal ’ S Contrast Using Infrared Filter in Daylight Hilal Observation,” 124–131.

E. Kerangka Berpikir

Guna memahami definisi operasional dan batasan-batasan masalah pada penelitian ini penulis definisikan dalam kerangka berpikir. Berikut ini deskripsi singkat terkait Hilal dan Astrofotografi Hilal, instrument tambahan asrofotografi (*Buffle* dan *Infrared Filter*), dan Fotometri Kontras Hilal:

1. Rukyatulhilal dan Astrofotografi Hilal

Hilal dalam penentuan awal bulan didapati salah satu definisi pada penggunaan *imkanurrukyah* (posisi hilal mungkin dilihat). Pada deskripsi ini dinyatakan bahwa hilal harus dipastikan posisinya melalui rukyatulhilal setelah matahari tenggelam atau waktu magrib.³¹ Hilal sendiri merupakan cahaya dari piringan bulan setelah konjungsi yang terlihat dari permukaan Bumi setelah matahari terbenam.³² Cahaya senja pada ufuk barat tersebar dari ketinggian 0° hingga 30°.³³ Sehingga dapat dipahami rukyatulhilal yang dapat dilaksanakan dengan astrofotografi Hilal merupakan kegiatan mencari anak sabit Bulan yang posisinya masih terpengaruh oleh cahaya senja. Dalam dalam hal ini berdasar posisi hilal, astrofotografi Hilal dapat dilakukan di hari yang sama dengan konjungsi maupun di satu hari setelahnya (Hilal hari ke-01 dan Hilal hari ke 02).

³¹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis : Metode Hisab-Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya* (Semarang: Pustaka al-Hilal, 2012), 94.

³² Abd. Salam Nawawi, *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah* (Surabaya: Imtiyaz, 2016), 64.

³³ A Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak : Panduan Lengkap & Praktis* (Jakarta: Amzah, 2012), 30.

2. Instrument tambahan Astrofotografi (*Buffle* dan *Infrared Filter*)

Tantangan yang timbul akibat digunakannya astrofotografi Hilal dapat dirasakan dari sulitnya mendapatkan citra Hilal. Sehingga perlu adanya instrument tambahan yang bersifat membantu pelaksanaan rukyatulhilal diantaranya *Buffle* dan *Infrared Filter*.³⁴ *Buffle* merupakan instrument tambahan pada teleskop dengan sistem kerja menghalangi cahaya yang tidak diperlukan. *Buffle* yang digunakan pada penelitian ini berbentuk *Buffle* berdiafragma dan *Buffle* selongsong. Sedangkan *Infrared Filter* merupakan instrument tambahan pada kamera guna mempersempit panjang gelombang dari cahaya yang ditangkap oleh kamera astrofotografi. *Infrared Filter* yang digunakan pada penelitian ini pada panjang gelombang 680nm sesuai dengan panjang gelombang mata yang dapat ditangkap mata.³⁵

3. Fotometri Kontras Hilal

Fotometri kontras hilal secara sistematis sains dapat dilakukan dengan teknis pengukuran intensitas cahaya. Fotometri pada kontras hilal dapat menggunakan fotometer pada aplikasi yang mendukung pengukuran yang dibutuhkan salah satunya ialah AstroImageJ. AstroImageJ merupakan aplikasi fotometri yang dikembangkan oleh astronom dari Intitut astrofisika Universitas Gottingen.³⁶

³⁴ Damanhuri, "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari," 5.

³⁵ Firdaus et al., "Study of Hilal's Contrast Using Infrared Filter in Daylight Hilal Observation," 618.

³⁶ Karen A. Collins et al., "Astroimagej: Image Processing and Photometric Expanded Edition," *The Astronomical Journal* 153, no. 2 (2017): 1.

F. Metode Penelitian

Pada pemaparan metode penelitian ini penulis akan menyajikan rencana prosedur penelitian yang akan dilakukan untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan dan sejalan dengan tujuan serta manfaat yang diharapkan.

1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian kualitatif komparatif disertai proses menggunakan observasi struktur dengan hasil yang diharapkan adalah hasil yang representatif dari pengujian validitas.³⁷ Dalam penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan multidisipliner ilmu falak dan astronomi terkhusus pada kajian astrofotografi dan fotometri.

2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Observatorium Astronomi yang mendukung penelitian berupa pengambilan citra hilal dan memiliki dua teleskop identik serta dua kamera identik. Penelitian ini direncanakan dilakukan selama empat bulan dengan rincian sebagai berikut:

No.	Kegiatan	Bulan ke			
		1	2	3	4
1.	Pra-penelitian	x	x		
2.	Konsultasi judul tesis		x		
3.	Penyusunan proposal		xx		
4.	Seminar proposal			x	
5.	Revisi proposal			x	
6.	Pengumpulan data			xx	

³⁷ Pascasarjana UIN Walisongo, *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah* (Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2022). 94

7.	Analisis data				xx
8.	Penyusunan dan pembahasan hasil penelitian				xx
9.	Bimbingan dan revisi pra-sidang tesis				x

Tabel 1.1. Tabel Rencana Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Observatorium UIN Walisongo, OASA UINSA, Observatorium UIN Mataram, dan OAIL ITERA. Tempat penelitian dilakukan pada empat observatorium di atas dikarenakan terdapat instrumen yang dibutuhkan pada penelitian ini, yakni dua kamera identik dan dua teleskop identik. Berdasarkan waktunya, penelitian ini pada pengambilan datanya dilakukan tiap awal bulan Hijriyah, yakni bulan fase muda. Adapun periode waktu penelitian ini dilaksanakan selama enam bulan, dengan deskripsi pengambilan data dilaksanakan dari bulan Oktober 2023 hingga bulan Juni 2024. Seperti tabel rencana penelitian di atas, penelitian dimulai dari pengambilan data pada pra-peneilitan selama 3 bulan hingga penulisan thesis pada bulan ke empat hingga enam disertai pengambilan data.

3. Variabel Data Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan dua model sumber data, yakni sumber data primer dan sumber data sekunder. Sumber data primer sebagai variabel penelitian pada penelitian ini adalah citra hilal muda dengan tiga kondisi, pertama citra hilal dengan instrumen tambahan *Buffle*, lalu instrumen dengan tambahan *Infrared Filter*; dan instrumen dengan tambahan *Buffle* dan *Infrared Filter*; serta citra hilal tanpa tambahan instrumen.

Pada sumber data sekunder pada penelitian ini mengambil dari buku “*Studies in Optic*” karya A. A. Michelson Ph.D. yang menjelaskan algoritma *Michelson Contrast* untuk fotometri, juga digunakan artikel berisi panduan penggunaan aplikasi AstroImageJ yang berjudul “*AstroImageJ: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves (Expanded Edition)*” serta menggunakan dokumen lainnya berkaitan dengan penelitian ini.

4. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dengan teknik observasi. Teknik observasi yang digunakan oleh penulis adalah mengamati hilal di lokasi penelitian secara langsung dan hasilnya dicatat secara sistematis.³⁸ Metode pengumpulan data akan dilakukan dengan observasi mandiri oleh penulis disertai asistensi dari pengelola observatorium. Teknik pengambilan data pada penelitian ini ialah pengambilan citra hilal menggunakan dua teleskop dan dua kamera yang digunakan secara bersamaan. Terdapat tiga kondisi pada pengumpulan data, dengan salah satu teleskop di kondisi pertama digunakan *Buffle*, pada kondisi kedua digunakan *Infrared Filter*, dan kondisi ketiga digunakan *Buffle* dan *Infrared Filter*, sedangkan teleskop lainnya pada tiga kondisi tersebut tidak dipasang instrumen tambahan apapun yang digunakan sebagai data pembanding.

³⁸ Mardawani, *Praktis Penelitian Kualitatif Teori Dasar dan Analisis Data dalam Perspektif Kualitatif* (Deepublish, 2020). Hlm. 51.

5. Teknik Analisis Data

Analisis kualitatif komparatif digunakan untuk teknik analisis data pada penelitian ini, hasil pengukuran variabel yang dioperasikan dengan menggunakan instrumen, penulis kelola dengan menggunakan literatur yang berhubungan dengan masalah dan variabel yang diteliti.³⁹ Variabel data yang merupakan citra hilal didapatkan dari tiga kondisi dengan bentuk perpaduan dari instrumen tambahan yang digunakan. Variabel data tersebut penulis analisis dengan teknik fotometri yang diproses pada aplikasi *AstroImageJ*, guna mengetahui nilai luminositas pada fisis bulan dan nilai luminositas cahaya senja.

Digunakan pengukuran dengan mengukur nilai intensitas cahaya dari ujung sabit hilal hingga ujung sabitnya lainnya. Dicari piksel dengan intensitas cahaya paling tinggi pada Hilal dan piksel dengan intensitas cahaya paling rendah pada senja. Pengukuran dari tiga kondisi berdasar variabel data, kemudian dikomparatifkan dengan citra pembanding berupa citra hilal tanpa tambahan instrumenasi pada teleskop dan kamera. Setelah dilakukan pengukuran, perhitungan dilakukan dengan algoritma *Michelson Contrast*. Perhitungan nilai kontras hilal didapatkan berdasarkan fungsi matematis dari nilai intensitas cahaya dari Hilal dan senja. Pada akhir penelitian akan disajikan hasil komparatif dari tiap kondisi pada variabel data yang telah diukur dan dihitung. Hasil komparatif tersebut menunjukkan nilai

³⁹ Walisongo, *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah*. 94-95

peningkatan kontras hilal dalam satuan persen berdasar penggunaan instrumen tambahan dengan tanpa penggunaannya. Nilai peningkatan kontras tersebut digunakan sebagai penilaian terhadap efektivitas instrumen tambahan astrofotografi Hilal

G. Sistematika Pembahasan

Penulisan tesis ini disusun menjadi lima bab. Hubungan tiap bab saling terkait dan merupakan bahasan yang utuh dan berkelanjutan. Untuk mempermudah dalam memahami dan mempelajari penelitian ini, sistematikanya sebagai berikut:

Bab *pertama*, pada bab ini disajikan pembahasan tentang penadahuluan yang berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, mafaat penelitian, kajian pustaka, metode penelitian dan sistematika pembahasan.

Bab *kedua*, dalam bab ini menjelaskan tentang Astrofotografi dan Fotometri Hilal meliputi lima subbab pembahasan: Dinamika serta tantangan rukyatulhilal dan astofotografi Hilal, tinjauan pendapat ulama terkait astrofotografi hilal, rukyatulhilal dengan astrofotografi, Fotometri kontras astrofotografi hilal.

Bab *ketiga*, bab ini diuraikan tentang penerapan fotometri kontras hilal pada astrofotografi hilal menggunakan AstroimageJ degan lima subbab pembahasan: akuisisi citra pada fotometri kontras hilal, registrasi citra astrofotografi hilal (pra-fotometri), pengukuran fotometri kontras hilal dengan AstroImageJ, perhitungan fotometri peningkatan intensitas cahaya hilal, dan diagram alir penerapan fotomteri kontras Hilal

Bab *keempat*, pada bab ini menguraikan Analisis Efektivitas Buffle Dan Infrared Filter Pada Peningkatan Kontras Astrofotografi Hilal, dengan tiga sub-bab sebagai berikut: analisis efektivitas astrofotografi hilal dengan *Buffle*, analisis efektivitas astrofotografi hilal dengan *Infrared Filter*, dan analisis efektivitas astrofotografi hilal dengan *Buffle* dan *Infrared Filter*

Bab *kelima*, pada bab ini menguraikan penutup, dengan isi sub bab ialah kesimpulan, saran dan penutup.

BAB II

ATROFOTOGRAFI DAN FOTOMETRI HILAL

A. Dinamika Serta Tantangan Rukyatulhلال Dan Astofotografi Hilal

1. Tinjauan Umum Penentuan Awal Bulan Kalender Hijriyah

Sistem penanggalan umat muslim dalam ruang lingkup pelaksanaan ibadah, atau yang biasa disebut kalender Hijriyah, merupakan kalender lunar murni berdasarkan kemunculan hilal. Dalam catatan sejarah, fase bulan baru atau Hilal dengan kriteria tertentu telah digunakan dalam sistem penanggalan sejak era Babilonia Baru, antara tahun 626 SM hingga 75 M.⁴⁰ Sedangkan kalender Hijriyah ditetapkan kriterianya dan diterapkan pertama kali oleh ‘Umar bin al-Khattāb disaat 2,5 tahun kepemimpinannya. Hal tersebut bermula dari suatu permasalahan penanggalan pada dokumen diterima dari gubernurnya tertanggal bulan Syaban. Penanggalan kalender hijriah dihitung sejak peristiwa hijrahnya Nabi Muhammad dari Makkah ke Madinah dengan menggunakan nama-nama bulan yang telah disepakati oleh masyarakat Arab.⁴¹

Dalam sistem kalender Hijriah, pergantian hari atau tanggal dimulai setelah matahari terbenam di lokasi tertentu. Kalender ini didasarkan pada siklus sinodis rata-rata bulan dalam kalender kamariah yang terdiri dari 12 bulan. Satu tahun dalam kalender Hijriah lebih pendek sekitar 11 hari dibandingkan dengan kalender

⁴⁰ Louay J. Fatoohi, F. Richard Stephenson, and Shetha Al-Dargazelli, “The Babylonian First Visibility of the Lunar Crescent : Data and Criterion,” *JHA* 30, no. January 1999 (1999): 57.

⁴¹ Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik* (Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004), 112.

Masehi. Secara praktis, siklus perputaran bulan bervariasi, dan jumlah hari dalam satu bulan bergantung pada posisi Bulan, Bumi, dan Matahari.⁴² Posisi Matahari dan Bulan berada dalam satu garis bujur astronomis dari acuan Bumi atau biasa disebut konjungsi. Konjungsi ialah fenomena pergantian fase Bulan mati ke fase Bulan baru yang menjadi pertanda awal bulan kalender Hijriyah.⁴³

Secara Fikih, hilal adalah Bulan sabit yang terlihat pada hari pertama dan hari kedua setelah konjungsi. Sedangkan secara Astronomis, hilal adalah bulan sabit yang muncul sejak hari pertama ketika konjungsi hingga hari ketujuh, dengan terjadinya fenomena konjungsi yang terjadi di waktu yang selalu berubah.⁴⁴ Adanya ketidakpastian waktu dalam penentuan awal bulan serta beragamnya penafsiran terhadap dasar hukum penentuan awal bulan, menyebabkan lahirnya berbagai metode tentang bagaimana penentuan awal bulan yang seharusnya. Diantara dasar hukum tersebut adalah hadis riwayat Ibnu ‘Umar:

إِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَصُومُوا، وَإِذَا رَأَيْتُمُوهُ فَافْطُرُوا، فَإِنْ غَمَّ عَلَيْكُمْ فَأَقْدِرُوا لَهُ

“Apabila kamu melihat hilal berpuasa, dan apabila kamu melihatnya maka berbukalah (ber-idul fitri-lah) jika hilal terhalang oleh awan terhadapmu, maka kadarkanlah.” (HR. Muslim).⁴⁵

⁴² Ahmad Izzuddin, *Sistem Penanggalan* (Semarang: CV. Karya Abadi Jaya, 2015), 53.

⁴³ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 5.

⁴⁴ Elly Uzlifatul Jannah, “Kalender Hijriah Kriteria 29 Dalam Tinjauan Astronomi Dan Fikih” (Thesis, UIN Walisongo Semarang, 2017), 116.

⁴⁵ Muslim bin al-Hajjaj Abu al-Hasan al-Qusyairy al-Naisaburi, *Al-Jami’ Al-Shahih Al-Musamma Shahih Muslim* (Bairut: Darul Kutub, 1992), 481.

Dalam penerapannya, terdapat dua metode yang digunakan dalam pengkadar awal bulan kamariah. Pertama metode hisab, memahami dasar hukum secara kontekstual dan memanfaatkan perkembangan ilmu dan teknologi, khususnya ilmu astronomi. Metode kedua adalah rukyat, yang menerapkan hadis secara literal yang disertai dengan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berkembang sesuai dengan praktik masa Nabi Muhammad SAW. Ketidakpastian dalam penentuan awal bulan kamariah dan perbedaan antara metode rukyat dan hisab menyebabkan keresahan di masyarakat. Dari hal itu, muncul gagasan untuk menggabungkan kedua metode, tersebut.⁴⁶

Adanya kesamaan antara metode hisab dan metode rukyat dalam penggunaan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan salah satu upaya dalam menyatukan kalender Hijriyah. Ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai satu-kesatuan terintegrasi yang digunakan dalam sebuah kesaksian rukyatulhلال merupakan suatu konsep dari *syahadah 'ilmi*. Konsep tersebut merupakan suatu perpaduan paradigma antara fiqh dan astronomi yang dapat menjadi suatu alat bantu untuk pemerintah Indonesia dalam penentuan awal bulan kalender Hijriyah. Salah satu diantara kesaksian dalam bagian *syahadah 'ilmi* sebagai sebuah konsep interdisiplin ilmu ialah penggunaan astrofotografi hلال.⁴⁷

⁴⁶ Mukarromah, "Implementasi Data Image Processing BMKG Untuk Kriteria Visibilitas Hلال," 22.

⁴⁷ Muh Arif Royyani et al., "Shahadah 'Ilmy; Integrating Fiqh and Astronomy Paradigm in Determining The Arrival of Lunar Months in Indonesia," *Al-Ihkam*:

2. Dinamika Perkembangan Instrumen Astrfotografi Hilal

Perkembangan rukyatulhilar zaman Nabi Muhammad SAW hingga zaman sahabat Nabi sebagai penentuan awal bulan dilaksanakan dengan mata telanjang tanpa adanya alat bantu.⁴⁸ Perkembangan selanjutnya era Bani Ummayyah (661-750 M) hingga masa pertengahan dibangunnya observatorium oleh Ulugbaik (1394-1449 M) di Samarkand (1420 M). Pada rentang masa tersebut banyak lahir teori dan instrumen hisab yang mendukung rukyatulhilar. namun terkhusus pada rukyatulhilar dengan bantuan instrumen optik tidak ditemukan adanya.⁴⁹

Instrumen optik pertama kali digunakan dalam observasi astronomi ditahun 1609 oleh Galileo Galilei (w.1642 M) dengan teleskop perbesaran 32 kali yang menyempurnakan bentuk teleskop bumi pertama diciptakan Hans Lippershey (w.1619 M) tahun 1608 dengan perbesaran teleskop 2 kali pandang mata.⁵⁰ Kamera CCD sebagai salah satu alat rekam pada astrofotografi Hilal dikomersilkan untuk kalangan umum pertama kali pada tahun 1990, dengan sistem CCD berdimensi besar dibuat pada tahun 1985 oleh Christian Buil astronom amatir asal Perancis.⁵¹ Pada generasi berikutnya pada awal tahun 2000 diciptakan

Jurnal Hukum Dan Pranata Sosial 16, no. 2 (2021): 514, doi:10.19105/AL-LHKAM.V16I2.5320.

⁴⁸ Ehsan Hidayat, "Sejarah Perkembangan Hisab Dan Rukyat," *Elfalaky* 3, no. 1 (2019): 63.

⁴⁹ Tasnim Rahman Fitra and Rahmadi Rahmadi, "Historiografi Hisab Rukyah," *Jurnal Pendidikan Sejarah* 12, no. 1 (2023): 36–40.

⁵⁰ Siti Tatmainul Qulub, *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi* (Depok: Rajawali Pers, 2017), 277.

⁵¹ Thierry Legault, *Astrophotography* (Canada: O'Reilly Media, 2014), 32.

kamera DSLR yang merupakan salah satu instrumen kamera astrofotografi hilal, perusahaan kamera Canon memproduksi kamera dengan sensor CMOS pada kamera Canon 10D dan Nikon memproduksi pada kamera sensor CCD pada Nikon D70.⁵²

Penggunaan dan penerapan teknologi pada rukyatulhلال bersifat dinamis, berkembang seiring kemajuan ilmu dan teknologi. Sebelum digunakannya kamera CCD dan DSLR di Indonesia, saintis LIPI Syamsul Farid Ruskanda pada tahun 1995 merekomendasikan empat alternatif dalam penggunaan teknologi pada rukyatulhلال, salah satunya sistem teleskopik pasif untuk cahaya tampak. Sistem tersebut berupa penggunaan kamera digital yang ditaruh tepat dibelakang lensa okuler guna merekam hasil citra yang didapat oleh teleskop. Kamera digital tersebut dapat ditampilkan pada layar komputer yang kemudian dapat disiarkan langsung kepada masyarakat melalui siaran televisi.⁵³

Sistem teleskopik pasif untuk cahaya tampak digunakan pada 2007 oleh gabungan tim Bosscha ITB dengan Kementerian Informasi (KOMINFO) yang disiarkan langsung di kanal TVRI, namun tidak pernah didapati hasil hilal dengan sistem ini.⁵⁴ Kemudian terpecahkan rekor dunia pada astrofotografi Hilal Qabla Ghurub atau sabit bulan paling tipis pada siang hari

⁵² Klaus Brasch, "A Short History of Astrophotography," *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 111, no. 6 (2017): 256.

⁵³ Farid Ruskanda et al., *Rukyah Dengan Teknologi: Upaya Mencari Kesamaan Pandangan Tentang Penentuan Awal Ramadhan Dan Syawal* (Jakarta: Gema Insani Press, 1994), 30.

⁵⁴ T. Hidayat et al., "Developing Information System on Lunar Crescent Observations," *ITB Journal of Science* 42 A, no. 1 (2010): 73.

beberapa saat setelah konjungsi pertama kali didapatkan oleh Thierry Legault di tahun 2010.⁵⁵ Bosscha ITB berhasil dalam astrofotografi Hilal untuk pertama kalinya menggunakan kamera khusus astrofotografi Hilal DSLR dan kamera CCD tahun 2012.⁵⁶

Salah satu momentum astrofotografi hilal paling fenomenal ialah diselenggarakannya seminar berjudul Astrofotografi Hilal tahun 2014 di Jatim Expo Surabaya Jawa Timur. Seminar tersebut diprakarsai oleh Agus Mustofa dosen Astrofisika ITS yang juga berafiliasi dengan organisasi Islam Muhammadiyah, salah satu narasumber seminar tersebut ialah Thierry Legault. Dalam kegiatan tersebut, Agus Mustofa merekomendasikan astrofotografi Rukyatulhilal Qabla Ghurub sebagai penentuan awal bulan kalender Hijriyah. Rekomendasi astrofotografi hilal ini merupakan bentuk dari jalan tengah pertemuan antara pelaku rukyat murni dan hisab murni.⁵⁷

Instansi pemerintahan dan pendidikan serta organisasi masyarakat Islam di Indonesia melaksanakan astrofotografi hilal. Salah satunya ialah BMKG bedasar Undang-Undang nomor 31 tahun 2009 yang merupakan penjelasan dari Peraturan Presiden nomor 61 tahun 2008, telah rutin melaksanakan rukyatulhilal semenjak 2008. BMKG dengan tugas pengamatan geofisika

⁵⁵ Legault, *Astrophotography*, 110.

⁵⁶ P. Mahasena et al., "CCD Observation Of Daylight Crescent Moon At Bosscha Observatory," *Journal of Physics: Conference Series* 1127, no. 1 (2019): 2.

⁵⁷ Agus Mustofa, *Mengintip Bulan Sabit Sebelum Maghrib* (Surabaya: PADMA Press, 2014), 64.

dalam bidang penentuan sistem waktu dan penentuan posisi Bulan dan Matahari melaksanakan rukyatulhilar dengan teknik astrofotografi hilal secara konsisten semenjak 2008. Dengan linimasa keberadaan instrumen astrofotografi ialah dari 2008 hingga 2011 hanya terdapat 1 unit saja, kemudian terus bertambah sampai 2018 terdapat 20 unit instrumen astrofotografi hilal.⁵⁸

3. Tantangan Rukyatulhilar Tinjauan Astronomi dan Atmosfer

Rukyatulhilar merupakan suatu kegiatan pengamatan atau observasi astronomi yang membutuhkan persiapan serta teknik pengamatan terlatih, karena sejatinya kegiatan ini mencari sabit bulan paling tipis dan redup dalam skala waktu singkat disertai latar belakang berupa langit yang relatif masih terang. Pada umumnya kriteria minimal dari visibilitas hilal didasarkan pada posisi Hilal terhadap matahari yakni ketinggian Hilal dan sudut elongasinya dari Matahari. Namun, pengaruh dari kondisi atmosfer terutama pada gangguan dari cahaya senja dan cahaya dipermukaan Bumi juga sangat menentukan keberhasilan rukyatulhilar dengan mata telanjang maupun astrofotografi.⁵⁹

Bulan sebagai satelit alami Bumi memiliki diameter sebesar 3.480 KM dan mengelilingi Bumi pada jarak sekitar 374.300 KM, mengakibatkan piringan bulan akan tampak sekitar $0,5^\circ$ dari Bumi. Sebagai satelit alami Bulan merupakan benda langit tidak

⁵⁸ Mukarromah, "Implementasi Data Image Processing BMKG Untuk Kriteria Visibilitas Hilal," 59.

⁵⁹ Nihayatur Rohmah, "Observasi Dan Observatorium (Peluang Dan Tantangan Rukyatul Hilal Di Indonesia)," *Jurnal Studi Islam Dan Sosial* 12, no. 2 (2018): 153.

mengeluarkan cahaya sendiri, melainkan ketampakan Bulan terlihat dari Bumi terbentuk dari pantulan cahaya Matahari, atau biasa disebut dengan fase Bulan. Hilal merupakan salah satu fase bulan sabit yang terlihat sangat kecil dari permukaan Bumi dengan besar cahaya 0% - 7% dari cahaya purnama Bulan dan dipastikan posisinya setelah Matahari terbenam.⁶⁰

Piringan purnama Bulan yang tampak besar pada pengelihatan mata ternyata hanya mengisi sekitar 1,25% dari kesulurah penglihatan manusia.⁶¹ Hal tersebut terjadi karena pada umumnya luas medan pandang dari kedua mata manusia memiliki luas minimal 90°, nilai tersebut berdasar penelitian para optometris semenjak tahun 1915 hingga saat ini.⁶² Sehingga dapat dipahami melihat hilal dengan mata telanjang bukanlah suatu hal mudah karena ketampakan cahaya hilal yang amat tipis dibawah 1% dari penglihatan mata manusia. Selain dari ukuran hilal yang sangat kecil di penglihatan manusia, tantangan lainnya terdapat pada kondisi atmosfer salah satunya ialah adanya cahaya senja.

Hilal dan senja ketampakan keduanya memiliki kesamaan yakni didapat dari pantulan cahaya Matahari atau biasa disebut kecerlangan cahaya (*luminosity*). Kecerlangan cahaya hilal sangat lemah jika dibandingkan dengan kecerlangan cahaya senja sebagai dampak dari hamburan cahaya Matahari terbenam yang

⁶⁰ Khazin, *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*, 131–33.

⁶¹ Samsyul Farid Ruskanda, *100 Masalah Hisab Dan Rukyat: Telaah Syariah, Sains Dan Teknologi* (Gema Insani Press, 1996), 41.

⁶² Hans Strasburger, “Seven Myths on Crowding and Peripheral Vision,” *I-Perception* 11, no. 3 (2020): 14, doi:10.1177/2041669520913052.

dipantulkan oleh partikel-partikel atmosfer Bumi. Latar depan langit senja redup yang menutupi Hilal sangat diperlukan agar kontras cahaya Hilal dapat mencukupi agar Hilal dapat termati dengan jelas. Hilal dengan ketinggian 0° hingga 12° ketika matahari terbenam kecerlangannya akan semakin meningkat setelah beberapa waktu Matahari terbenam, terjadi karena posisi Hilal semakin menjauhi Matahari dan cahaya senja berkurang.⁶³

Posisi Hilal di langit tidak akan jauh dari posisi matahari terbenam, bahkan selalu berada dalam kawasan cahaya senja yakni sekitar ufuk barat dari ketinggian 0° hingga tinggi 30° .⁶⁴ Kecerlangan cahaya senja ketika ketinggian Matahari adalah -6° (senja *Civil*) bernilai $mv = -12,79$ (satuan magnitudo visual), sedangkan kecerlangan senja ketika ketinggian Matahari -12° (senja *Nautika*) hingga ketika ketinggian Matahari -18° (senja *Astronomical*) merentang nilainya $mv = -6,48$ hingga $mv = -3,54$. Sedangkan kecerlangan cahaya Bulan ketika berusia 48 jam setelah konjungsi berkisar $mv = -5,2$. Hal tersebut menjelaskan mengapa Bulan dengan usia 2 hari mudah teramat dikarenakan kecerlangannya diantara senja *Nautika* dan senja *Astronomical*.⁶⁵

⁶³ Arino Bemi Sado, "Kajian Fiqih Sains Terhadap Kecerlangan Hilal Sebagai Prasyarat Terlihat Hilal Kriteria Danjon Dan Kriteria Djamaluddin," *Andrew's Disease of the Skin Clinical Dermatology*. 16, no. 2 (2017): 327.

⁶⁴ Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak : Panduan Lengkap & Praktis*, 199.

⁶⁵ Moedji Raharto, *Teknologi Optik Sebagai Pembantu Penetapan Awal Bulan Hijriyah/Qamariyah, Makalah Seminar Hisab Rukyat* (Jakarta: Badan Litbang Agama dan Diklat Keagamaan - Departemen Agama RI, 20-22 Mei, 2003), 159.

B. Tinjauan Pendapat Ulama Terkait Astrofotografi Hilal

Pada penerapannya sendiri hal-hal yang berkaitan dengan penentuan waktu ibadah harus dipastikan mengenai keabsahannya berdasarkan tinjauan fikih. Terdapat perbedaan yang mendasar dalam pelaksanaan dan keabsahan laporan dari para pelaku rukyatulhلال dalam penentuan awal bulan pada era modern ini. Ada kelompok tertentu yang melaksanakan rukyatulhلال secara sederhana yakni tanpa alat bantu rukyatulhلال, bahkan beberapa kalangan tanpa mempergunakan bantuan data hisab. Ada juga para praktisi dan akademisi ilmu falak yang telah menggunakan alat bantu untuk mempermudah rukyatulhلال, baik menggunakan instrumen non-optik maupun instrumen optik dengan kemampuan dapat menghasilkan citra Hilal. Selain terdapat perbedaan pada pelaksanaannya, juga terdapat perbedaan pendapat pada kalangan Ulama terhadap kebolehan menggunakan alat bantu.⁶⁶

Dalam padanan bahasa arab, Ulama (علماء) berarti orang-orang yang berilmu atau orang-orang yang mengetahui.⁶⁷ Kata Ulama dapat disandingkan dengan kata lainnya, seperti Ulama hadis, Ulama fikih, Ulama tafsir dan sebagainya, sambungan kedua kata tersebut mengandung arti yang luas, yang mendefinisikan orang yang berilmu dalam bidang tertentu.⁶⁸ Ulama sebagai sumber ilmu merupakan tokoh

⁶⁶ Shofwatul Aini, "Disparitas Antara Hisab Dan Rukyat: Akar Perbedaan Dan Kompleksitas Percabangannya," *Muslim Heritage* 2, no. 1 (2017): 36.

⁶⁷ Muhammad Yunus, *Kamus Arab Indonesia* (Jakarta: Mahmud Yunus Wa Dzurriyah, 2007), 278.

⁶⁸ Muhtarom H.M., *Reproduksi Ulama Di Era Globalisasi: Resistansi Tradisional Islam* (Jakarta: Pustaka Pelajar, 2005), 12.

yang fakih perihal masalah halal-haram, juga merupakan tokoh yang memberikan ilmu dan membina pula sebagai rujukan agar umat selalu berada di jalan sesuai tuntunan Allah dan rasul-Nya.⁶⁹

Ulama dipandang memiliki masalah sesuai fungsinya mempertahankan representasi otoritas hukum Islam, sehingga dalam penetapan hukum Ulama dapat berpartisipasi membentuk hukum dan legal opinion dengan mengintegrasikan keilmuan yang berkaitan.⁷⁰ Berdasar pada pemaparan diatas, penulis mendefinisikan Ulama sebagai tokoh masyarakat muslim yang memiliki pengetahuan lebih daripada orang-orang biasa mengenai agama Islam atau pada pengetahuan lainnya yang mendasarkan pemikirannya pada agama Islam. Secara spesifik pandangan Ulama terhadap keabsahan rukyatulhلال dengan astrofografi meliputi Ulama fikih, Ulama sains dan ulama pada bidang lainnya berkaitan dengan astrofotografi Hilal.

Berdasarkan perodesasinya, secara garis besar perbedaan pendapat Ulama terhadap astrofotografi Hilal terdapat tiga kalangan, pertama kalangan Ulama yang dalam masa hidupnya belum mendapati adanya instrumen optik rukyatulhلال. Sehingga dapat dipahami, Ulama pada masa tersebut tidak mengetahui adanya alat bantu rukyatulhلال yang dapat membantu meningkatkan sistem kerja mata. Dari hal tersebut berdasarkan pelacakan kajian rukyatulhلال, Ulama fikih pada era itu terfokus pada produk hukum pelaksanaan dan

⁶⁹ H. Dadang Kahmad, *Sosiologi Agama* (Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2006), 138.

⁷⁰ Abdul Ghofur and Sulistiyono Sulistiyono, "Peran Ulama Dalam Legislasi Modern Hukum Islam," *Jurnal Ilmu Syari'ah Dan Hukum* 49, no. 2 (2015): 291.

dampak hukum daripada rukyatulhilar. Tidak ditemui pendapat Ulama menjelaskan kebolehan penggunaan alat optik pada rukyatulhilar.⁷¹

Adapun setelah diciptakannya instrumen optik baik sesaat sebelum dan sesudah digunakannya teleskop untuk rukyatulhilar, terdapat kalangan Ulama klasik dan Ulama kontemporer yang pada pernyataannya secara langsung menyatakan penggunaan teleskop dan instrumen optik lainnya pada rukyatulhilar. Kalangan Ulama klasik dikhususkan kepada Ulama yang secara periodesasinya berpendapat sebelum digunakannya kamera pada astrofotografi Hilal, sedangkan Ulama kontemporer setelah digunakannya. Penjelasan lebih lengkap mengenai kumpulan pendapat dari kedua kalangan tersebut ialah sebagai berikut:

1. Pendapat kalangan Ulama fikih klasik terhadap instrumen optik pada rukyatulhilar

Ibnu Hajar al-Haitami (w.1552 M) dalam karyanya kitab *Tuhfah al-Muhtaj bi syarh al-Minhaj* menjelaskan bahwa rukyatulhilar dilakukan pada saat setelah matahari terbenam dan tanpa menggunakan alat semisal kaca.⁷² Pendapat serupa juga dijelaskan oleh Imam asy-Syarwani (w. 1814 M) dalam kitabnya berjudul *Hawasyi Tuhfah al-Muhtaj bi syarh al-Minhaj* yakni kitab *Syarah* atau kitab penjelasan pada kitab karya al-Haitami.⁷³

⁷¹ Sakirman, “Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat,” 82.

⁷² Ahmad Ibnu Hajar al-Haitami, “Hamisy Hawashi Tuhfatul Al-Muhtaj Bi Sharhi Al-Minhaj” (Mesir: Musthafa Muhammad, n.d.), 371.

⁷³ Abdul Hamid Asy-Syarwani, “Hawasyi Tuhfatul Muhtaj Bi Syahril Minhaj” (Mesir: Musthafa Muhammad, n.d.), 373.

Syarwani menjelaskan lebih lanjut bahwa rukyatulhilar memang lebih utama tanpa alat bantu atau dengan mata telanjang saja, alat bantu yang dimaksud dalam kitab ini adalah alat bantu seperti air atau batu kristal yang dapat mendekatkan keterlihatan benda yang jauh dan memperbesar keterlihatan benda kecil.⁷⁴ Penjelasan Syarwani terkait pendapat al-Haitami tentang penggunaan alat bantu rukyatulhilar yang sistem kerjanya seperti teleskop tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat bantu tersebut masih diperbolehkan meski yang lebih utama adalah rukyatulhilar dengan mata telanjang.

Imam Muḥammad Bakhīt Al-Muṭī‘ī (w.1935 M) kerap kali dijadikan referensi utama terkait pendapat Ulama fikih yang memperbolehkan penggunaan teleskop sebagai alat bantu rukyatulhilar. Namun pendapat ini tidak hanya membenarkan penggunaan teleskop dalam rukyatulhilar untuk menentukan awal bulan Hijriyah saja, melainkan juga memberikan batasan peran teknologi, khususnya teleskop. Penjelasan mengenai pendapat tersebut dijelaskan dalam karyanya pada kitab yang berjudul *Irsyād Ahl al-Millah Ilā Isbāt al-Ahillah*.⁷⁵

Meskipun terdapat perbedaan pendapat al-Muṭī‘ī dengan pendapat Ibnu Hajar yang kemudian lebih dijelaskan oleh asy-Syarwani namun penetapan hukumnya adalah sama. Adanya kebolehan terhadap penggunaan intrumet optik atau sejenisnya

⁷⁴ Sakirman, “Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat,” 83.

⁷⁵ Desy Kristiane, “Penggunaan Teleskop Untuk Rukyat Al-Hilal: Analisis Pendapat Muhammad Bakhīt Al-Muṭī‘ī Dengan Ibnu Hajar Al-Ḥaitamī,” *Bilancia: Jurnal Studi Ilmu Syariah Dan Hukum* 13, no. 2 (2019): 334.

pada rukyatulhilar harus disertai kehati-hatian karena ditakutkan yang terlihat adalah bukan Hilal. Dengan tegas ketiga Ulama fikih tersebut memberikan batasan dalam penggunaan instrumen optik atau sejenisnya, yakni:⁷⁶

- a. Sistem kerja instrumen harus sama seperti sistem kerja mata, dengan fungsi alat tersebut hanya membantu mata melihat benda kecil dan jauh yang tidak mungkin terlihat tanpa bantuan instrumen tersebut.
 - b. Penggunaan Instrumen tersebut harus dapat dipastikan bahwa yang terlihat adalah fisis Hilal, bukan benda selain Hilal atau bias dari Instrumen yang bentuknya layaknya busur kecil menyerupai Hilal.
2. Pendapat kalangan Ulama kontemporer pada astrofotografi Hilal
- Berdasarkan lini masa dinamika perkembangan instrumen rukyatulhilar dapat dipahami bahwa perkembangan fikih mengenai astrofotografi hilal juga baru bermula berkembang beberapa dekade ini seiring dengan perkembangan teknologinya. Berikut ini pendapat Ulama kontemporer terhadap astrofotografi hilal semenjak setelah digunakannya kamera CCD (1985) hingga saat ini berdasar periode waktu dalam rentang dua dekade:
- a. Astrofotografi Hilal menurut Ulama periode 1985-2005
- Ma'ruf Amin (l. 1943 M) selaku anggota Majelis Ulama Indonesia (MUI) pada September 1993 dikegiatan Diskusi Panel Teknologi Rukyah Awal Bulan Ramadhan dan

⁷⁶ Ibid., 350.

Syawal oleh Cendikia Muslim Indonesia (ICMI) diselenggarakan Jumat, 04 September 1993. Beliau berpendapat penggunaan teknologi rukyah dapat dilaksanakan, dengan syarat instrumen bantu yang mendampingi rukyatulhilar harus bersifat objektif guna memberikan perbandingan hasil rukyatulhilar dengan mata telanjang dan dengan instrumen optik.⁷⁷

Pendapat Ma'ruf Amin sebagai anggota MUI terhadap kebolehan instrumen optik dan astrofotografi dalam rukyatulhilar pula dibersamai oleh pendapat Hasan Basri (w. 1998) pada Februari 1995 selaku ketua MUI yang memperbolehkan penggunaan teleskop dan kamera dikarenakan hal tersebut merupakan sarana penting untuk rukyatulhilar, pendapat tersebut berdasar wawancara Susiknan Azhari.⁷⁸ Kedua pendapat tersebut bermula dan merespon usulan Farid Ruskandi terhadap penggunaan kamera digital untuk menangkap citra hilal pada astrofotografi Hilal.

Ulama-ulama kalangan Nahdlatul Ulama, memperbolehkan rukyatulhilar menggunakan alat bantu optik. Dengan syarat alat yang digunakan untuk rukyatulhilar tidak mengadakan hilal yang sebenarnya belum ada atau belum terlihat, pula fungsi dari alat tersebut membesarkan

⁷⁷ Ruskanda et al., *Rukyah Dengan Teknologi: Upaya Mencari Kesamaan Pandangan Tentang Penentuan Awal Ramadhan Dan Syawal*, 74.

⁷⁸ Susiknan Azhari, *Hisab & Rukyat: Wacana Untuk Membangun Kebersamaan Di Tengah Perbedaan* (Pustaka Pelajar, 2007), 117.

atau mendekatkan hilal bukan melalui pantulan. Pendapat tersebut tertuang berdasar hasil bahtsul Masail Syuriah Pimpinan Wilayah Nahdlatul Ulama Jawa Timur di kampus STIE Malang yang diselenggarakan npada 25-26 Desember 1993.⁷⁹

Pada dasawarsa berikutnya tepatnya pada 2004 Muhammad Odeh ulama ilmu falak yang medirikan International Crescent Observetion Project (ICOP). Pada penelitiannya dihimpun 737 data kesaksian hasil rukyatulhilal dari tahun 1860 hingga 2004 dan mendefinisikan visibilitas Hilal menjadi tiga kriteria. Beliau mendefinisikan rukyatulhilal dengan mata telanjang, yang kedua dapat dilihat dengan teleskop dan memungkinkan terlihat dengan mata telanjang, yang ketiga hanya dapat dilihat dengan teleskop.⁸⁰

Berdasarkan pendapat tiga ulama dan ulama kalangan Nahdlatul ulama di atas, didapati bahwasannya astrofotografi Hilal sah digunakan sebagai penentuan awal Bulan, diperkuat dengan adanya kriteria visibilitas Hilal yang berbeda antara rukyatulhilal dengan teleskop dan mata telanjang. Penggunaan instrumen optik ditafsirkan sebagai alat bantu yang dapat dijadikan batu uji pada kesaksian

⁷⁹ Ramadhan Khatib et al., *NU Menjawab Problematika Umat : Keputusan Bahtsul Masail PWNNU Jawa Timur (1991-2013)* (Surabaya: Bina Aswaja, 2013), 28.

⁸⁰ Mohammad Odeh, "New Criterion for Lunar Crescent Visibility," *Experimental Astronomy* 18, no. 1 (2004): 43.

rukyaatulhilal dengan mata telanjang. Pula pelaksanaan penentuan awal bulan dengan landasan hukum Islam dapat dibantu dengan perkembangan IPTEK yang bersifat objektif.

b. Astrofotografi Hilal menurut Ulama periode 2005-2024

Perkembangan pendapat para Ulama terkhusus kamera astrofotografi Hilal pada periode 1985-2005 memang tidak banyak ditemukan, terdominasi oleh kebolehan rukyat dengan instrumen optik. Demikian adanya terjadi karena perkembangan astrofotografi hilal dengan kamera mulai berkembang pesat semenjak kamera berbasis CMOS telah beredar secara umum. Ulama pada periode ini (2005-2024) secara langsung berpendapat mengenai penggunaan kamera dan instrumen lainnya serta teknik pada astrofotografi hilal.

Terkhusus di Indonesia salah satu momentum astrofotografi Hilal paling fenomenal ialah diselenggarakannya seminar berjudul Astrofotografi Hilal tahun 2014 oleh Agus Mustofa ulama sains dari organisasi Muhammadiyah, dengan salah satu Narasumber seminar tersebut ialah Thierry Legault. Dalam kegiatan seminar Astrofotografi Hilal 2014, Agus Mustofa mencoba merekomendasikan astrofotografi Rukyaatulhilal Qabla Ghurub sebagai penentuan awal bulan kalender Hijriyah.

Rekomendasi astrofotografi hilal ini merupakan bentuk jalan tengah pertemuan pelaku rukyat murni dan hisab murni.⁸¹

Din Syamsudin selaku Kementerian Pendidikan dan Tokoh Organisasi Muhammadiyah dalam sambutan kegiatan seminar Astrofotografi Hilal tahun 2024 menyatakan secara langsung pendapat setuju terhadap astrofotografi Hilal. Menurutnya adanya astrofotografi hilal merupakan sebuah upaya mendekatkan juga menjadi jalan tengah antara penentuan awal bulan dengan rukyat dan dengan hisab. Keselarasan antara *rukayah bil 'ilmi* pada penentuan awal bulan hijriyah pada kriteria hisab merupakan hal senada penggunaan perkembangan IPTEK di Astrofotografi hilal.⁸²

Ahmad Junaidi ulama ilmu falak dalam lima karya ilmiahnya semenjak 2016 menyajikan pendapat yang mendasari keabsahan penggunaan rukyatulhilal menggunakan astrofotografi hilal, pendapat tersebut menyertai penjelasan teknik-teknik astrofografi Hilal.⁸³ Kaidah fikih dan pendapat para fukaha digunakan oleh Ahmad Junaidi sebagai landasan dari tiap bagian yang berkaitan dengan keabsahan penggunaan astrofotografi hilal

⁸¹ Mustofa, *Mengintip Bulan Sabit Sebelum Maghrib*, 82.

⁸² Din Syamsudin, *Pengantar; Mengintip Bulan Sabit Sebelum Maghrib* (Surabaya: PADMA Press, 2014), 27–34.

⁸³ Google Cendekia, “Ahmad Junaidi,” *Google Cendekia*, accessed March 1, 2024, <https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&user=FxuyszwAAAAJ>.

dalam kesaksian untuk rukyatulhلال sebagai penentuan awal bulan penanggalan Hijriyah.⁸⁴

Pendapat Ahmad Junaidi terhadap instrumen astrofotografi hلال secara faktor biaya yang tidak memberatkan umat dapat menjadi suatu pembuktian objektif yang memiliki fisik dari kesaksian dan sumpah dalam rukyatulhلال.⁸⁵ Begitupula dengan keraguan terhadap subjektifitas yang salah satunya ialah kesaksian rukyatulhلال dengan mata hanya dapat direkam dalam memori otak perukyat dapat ditiadakan dengan kehati-hatian dari penggunaan astrofotografi hلال yang dapat diverifikasi dengan berbagai metode.⁸⁶

Terdapat penelitian terdahulu terkait astrofotografi hلال karya Riza Afrian Mustaqim pada jurnal Al Marshad tahun 2018 yang memuat arikelnya berjudul “Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi Di BMKG”. Riza menghimpun pendapat para ulama-ulama klasik dan kontemporer terkait penggunaan astrofotografi Hلال. Ulama-ulama kontemporer pada peneliatian ini diantaranya ialah Huzaemah T. Yanggo, Al Yasa Abubakar, Ahmad

⁸⁴ Ahmad Junaidi, *Astrofotografi “Adopsi Dan Implementasinya Dalam Rukyatulhلال Di Indonesia”* (Yogyakarta: Q-Media, 2021), 275–92.

⁸⁵ Ahmad Junaidi, “Syahadah Rukyatulhلال Using Astro Digital Imaging: From Subjectivity to Objectivity,” *De Jure: Jurnal Hukum Dan Syar’iah*, 2022, 71.

⁸⁶ Junaidi, *Astrofotografi “Adopsi Dan Implementasinya Dalam Rukyatulhلال Di Indonesia,”* 287.

Rofiq, Farid Ruskanda, Thomas Djamaluddin, Muh. Irfan Hakim, Slamet Hambali.⁸⁷

Kesimpulan dari Riza Afrian Mustaqim adalah semua ulama tersebut memperbolehkan penggunaan instrumen astrofotografi hilal dikarenakan fungsi dari instrumen ialah secara objektif membantu rukyatulhilal. Namun terdapat perbedaan pendapat mengenai citra yang mengalami *editing* dalam teknik *Image Processing*. Perbedaan pendapat tersebut ialah pendapat yang tidak memperbolehkan sama sekali *Image Processing*, lalu pendapat memperbolehkan sebagian *Image Processing*, dan yang memperbolehkan *Image Processing* secara keseluruhan prosedurnya karena bisa dipertanggungjawabkan dalam segala aspek.⁸⁸

Berdasar penjelasan di atas terkait tinjauan fikih rukyatulhilal, oleh pendapat ulama-ulama mulai kalangan klasik hingga kontemporer yang memahami fikih dan penggunaan instrumen optik dan astrofotografi hilal, ialah sah digunakan untuk penentuan awal bulan hijriyah. Kebolehan tersebut dilandaskan pada kinerja serta sifat dari instrumen optik dan astrofotografi hilal ialah membantu perukyat secara objektif untuk mendapatkan citra hilal. Disertai adanya batasan-batasan terkait, ialah diantaranya yakni sistem kerja dari astrofotografi hilal harus sama seperti sistem kerja mata serta wajib untuk dapat dipertanggungjawabkan dan dibuktikan tidak bersifat pemalsuan.

⁸⁷ Mustaqim, “Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi Di BMKG Untuk Rukyatul Hilal,” 100–107.

⁸⁸ *Ibid.*, 112.

C. Rukyatulhلال Dengan Astrofotografi

Guna memudahkan rukyatulhلال dari tantangannya, maka diperlukan penggunaan alat bantu dengan fungsi mengatasi tantangan dari rukyatulhلال, yakni instrumen yang sistem kerjanya memperbesar ketampakan hلال, salah satu diantaranya ialah astrofotografi hلال. Penggunaan astrofotografi Hلال akan menghasilkan pembesaran citra hلال dan meningkatkan kecerlangan cahayanya, juga turut meningkatkan cahaya *senja*, pada akhirnya kontrasnya keduanya sama-sama meningkat dan menghasilkan kontras yang sama dengan pengamatan tanpa alat bantu.⁸⁹

Secara istilah astrofotografi ialah salah satu cabang fotografi dengan objek fotonya adalah fenomena maupun benda dan hal-hal astronomi, seperti foto matahari, bintang, planet, nebula, bulan dengan salah satu fasenya adalah hلال dan sebagainya. Melaksanakan astrofotografi terutama hلال diperlukan teknik-teknik tertentu serta dibutuhkan penguasaan terhadap ilmu astronomi dan teknologi astrofotografi.⁹⁰ Selain penggunaan kamera dan teleskop astrofotografi hلال, juga diperlukannya adanya alat bantu tambahan dengan fungsi mengurangi pengaruh dari cahaya-cahaya mengganggu. Secara sederhana sistem kerjanya ialah membatasi jumlah masuknya cahaya pada teleskop dengan adanya penghalang yang mengurangi gangguan cahaya selain hلال. Kriteria instrumen sebagai berikut:

⁸⁹ Djamaludin, Husni, and Sunaijo, *Hisab Rukyat Di Indonesia Serta Permasalahannya*, 95.

⁹⁰ Junaidi, *Astrofotografi "Adopsi Dan Implementasinya Dalam Rukyatulhلال Di Indonesia,"* 2.

1. Instrumen Khusus Astrofotografi Hilal

a. *Mounting Telescope*

Secara istilah *Mounting* memiliki artian dudukan atau penyangga teleskop dengan fungsi penopang teleskop serta pengatur gerak teleskop dalam membidik objek. Mengingat hilal kerap kali susah diamati dengan mata telanjang maupun dengan bantuan teleskop dikarenakan ketampakan hilal sangat tipis, maka untuk mempermudah hal tersebut dan untuk mendapatkan hasil astrofotografi hilal yang baik, seminimalnya mounting memiliki fungsi sebagai berikut:⁹¹

- 1) Memiliki daya tahan yang kokoh dengan kemampuan untuk menyangga beban teleskop dan kamera
- 2) Memiliki sistem gerak robotik dengan fungsi *goto* atau *pointing* agar teleskop dapat mengarah tepat menuju Hilal secara terukur dan terprogram (*computerized*)
- 3) Dapat *tracking* atau bergerak secara presisi mengikuti gerak Hilal yang bergerak pada sumbu *Right Ascension* (RA) dan sumbu deklinasi.

b. Teleskop Khusus Astrofotografi Hilal

Teleskop sebagai instrumen optik yang memiliki fungsi mengumpulkan lebih banyak cahaya dan memperbesar serta memperjelas objek yang jauh mengakibatkan tidak semua teleskop dapat digunakan untuk astrofotografi hilal. Terdapat

⁹¹ Firdaus, "Studi Analisis Standard Operating Procedure (SOP) Pengamatan Hilal Observatorium Bosscha," 85.

kriteria teleskop guna memaksimalkan astrofotografi hilal, yakni:⁹²

- 1) Kualitas optik teleskop harus berkualitas tinggi, dapat ditunjukkan dengan kontras yang cukup baik agar citra tidak tampak gelap karena laminasi teleskop yang kurang sesuai, koreksi aberasi cukup baik agar citra lebih tajam
- 2) Diameter lensa teleskop tidak boleh terlalu besar agar daya pisah teleskop cukup besar dan panjang fokus lensa teleskop tidak boleh terlalu kecil agar jumlah cahaya dari benda selain Hilal tidak ditangkap terlalu banyak. Mengenai besaran diameter yang dapat digunakan juga tergantung daripada *field of view* yang disesuaikan dengan ukuran diameter terbaik.

c. Kamera Astrofotografi Khusus Astrofotografi Hilal

Dalam kegiatan astrofotografi, kamera merupakan perangkat yang merekam dan merima cahaya objek yang ditangkap oleh lensa objektif. Sama halnya dengan mounting dan teleskop, kamera untuk astrofotografi hilal memiliki syarat-syarat tertentu agar citra Hilal yang terekam memiliki kualitas yang sangat baik, adapun kriteria kamera yang paling baik untuk kebutuhan astrofotografi hilal yaitu:⁹³

- 1) Kamera yang digunakan dirancang khusus untuk keperluan astrofotografi (*dedicated astronomy camera*),

⁹² Damanhuri, "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari," 6.

⁹³ Adi Damanhuri, "Petunjuk Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari" (Thesis, ITB, 2017), 2.

model kamera ini terdapat dua kategori berdasarkan sensornya yakni kamera berbasis CCD (*Charge Coupled Device*) atau CMOS (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*). Kedua kategori kamera tersebut dapat digunakan untuk astrofotografi hilal karena keduanya dapat menghasilkan citra yang tidak terkompresi (RAW).

- 2) Kamera yang digunakan hanya memiliki satu sensor warna atau monokrom, dikarenakan sensor kamera monokrom memiliki tingkat sensitivitas yang lebih baik daripada sensor kamera multiwarna. Kamera monokrom juga bersifat fleksibel apabila digunakan dengan penggunaan instrumen tambahan berupa filter guna lebih meningkatkan kontras Hilal.
 - 3) Spesifikasi lainnya untuk kamera astrofotografi hilal ialah kamera memiliki resolusi yang tinggi agar citra memiliki tingkat ketajaman citra atau sampling yang baik. Kamera dengan frame rate bernilai tinggi diperlukan untuk mendokumentasikan citra dengan kecepatan potret sangat cepat guna mengurangi jumlah cahaya senja yang sangat terang, sehingga citra yang dihasilkan memiliki jumlah cahaya yang baik, tidak *over exposure* atau terlalu terang.
- d. Instrumen tambahan Astrofotografi Hilal

Instrumen tambahan pada astrofotografi hilal digunakan untuk memaksimalkan kinerja peralatan dan

menunjang keberhasilan astrofotografi Hilal. Adapun pada penelitian ini digunakan *Baffle* dan *Infrared Filter*:

1) *Baffle*

Baffle merupakan instrumen tambahan pada teleskop berbentuk tabung atau selongsong dari bahan yang ringan diletakkan pada bagian depan teleskop juga terdapat bentuk *Baffle* dengan diafragma atau sekat yang makin mengecil pada bagian dalamnya. Fungsi dari *Baffle* guna menghalangi cahaya tidak diperlukan agar tidak tertangkap lensa objektif yang diteruskan menuju detektor cahaya baik berupa mata maupun kamera.⁹⁴

Sistem kerja *Baffle* dalam menghalangi cahaya yang tidak diperlukan mengakibatkan kontras objek dituju dapat meningkat. *Baffle* juga dapat memperkecil medan pandang teleskop, dalam kasus Hilal hal ini sangat diperlukan, guna dapat mengkondisikan *field of view* citra Hilal berukuran antara 35' hingga 60' agar sesuai dengan ukuran fisis Hilal. Dengan formula sederhana penentuan *field of view* yang dibentuk oleh *Baffle* (α dalam rumus) ialah sebagai berikut:⁹⁵

$$\tan \alpha = \frac{\text{Diameter Lensa objektif}}{\text{Panjang Total Baffle}}$$

⁹⁴ Damanhuri, "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari," 8.

⁹⁵ Herdiwijaya et al., "Developing Telescope Baffle for Increasing Contrast of the Very Young Lunar Crescent," 1217.

2) Infrared Filter

Salah satu kendala dari ruyatuhilal ialah adanya hamburan cahaya senja yang menjadi latar depan Hilal. Hamburan cahaya senja tersebut mengakibatkan rendahnya kontras cahaya sabit Hilal dengan cahaya senja. Secara teoritis peruyat dari permukaan Bumi spektrum cahaya yang ditangkap akan beragam sepanjang hamburan cahaya spektrum warna tampak. Guna mengatasi hal tersebut maka perlu dilakukan upaya untuk mempersempit panjang gelombang yang ditangkap oleh instrumen pada astrofotografi Hilal. Instrumen tambahan dengan sistem kerja mempersempit panjang gelombang yang ditangkap salah satunya ialah *Infrared Filter*.⁹⁶

Infrared Filter terdapat 2 kategori berdasarkan panjang gelombangnya, yakni *Near Infrared Filter* (filter inframerah jarak pendek) pada panjang gelombang 600-700 nm dan *Far Infrared Filter* (filter inframerah jarak panjang) pada panjang gelombang 700-1.000 nm.⁹⁷ Dengan panjang gelombang cahaya tampak yang dapat ditangkap mata ialah 400-700 nm.⁹⁸ maka dapat dipahami bahwa *Near Infrared Filter* masih berada pada panjang gelombang kemampuan mata.

⁹⁶ Damanhuri, "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari," 5.

⁹⁷ Legault, *Astrophotography*, 30.

⁹⁸ Joanne Zwinkels, "Encyclopedia of Color Science and Technology," *Encyclopedia of Color Science and Technology*, 2014, 5.

2. Teknik Akuisisi Citra Rukyatulhilar

Posisi astronomis hilal yang berada dekat Matahari terbenam mengakibatkan Hilal berada pada fase paling tipis serta memiliki tantangan tertutup secara samar oleh cahaya senja. Tantangan rukyatulhilar tersebut menyebabkan pelaksanaan rukyatulhilar baik menggunakan mata telanjang maupun dengan instrumen optik guna mendapatkan dokumentasi citra hilal memerlukan teknik khusus. Hal paling sederhana yang harus disiapkan untuk rukyatulhilar ialah data posisi astronomis Hilal, dengan bantuan hasil perhitungan waktu dan posisi Hilal tersebut dapat digunanakan guna mengoperasikan instrumen rukyat.⁹⁹

Penggunaan instrumen rukyatulhilar ditujukan guna mempermudah pelaksanaan rukyatulhilar, salah satu fungsi utama pada penggunaan instrumen rukyatulhilar baik optik maupun non optik ialah mengetahui posisi astronomis hilal. Adapun perbedaan dari kedua instrumen tersebut ialah pada instrumen optik dapat memperjelas ketampakan hilal sedangkan non optik tidak, namun instrumen optik tidak dapat beroperasi sendiri tanpa bantuan instrumen penggerak berupa mounting dan perlu menggunakan bantuan kamera untuk dapat melakukan astrofotografi hilal.¹⁰⁰ Prosedural penggunaan instrumen rukyat untuk astrofotografi hilal diawali dari pemilihan tempat, lalu

⁹⁹ Sakirman Sakirman, "Analisis Fotometri Kontras Visibilitas Hilal Terhadap Cahaya Syafaq" (Thesis, UIN Walisngo Semarang, 2012), 48.

¹⁰⁰ Sakirman, "Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat," 79.

perakitan dan kalibrasi instrumen astrofotografi, diakhiri dengan akuisisi citra. Deskripsi prosedural sebagai berikut:

a. Pemilihan tempat rukyatulhلال

Pada praktiknya, astrofotografi hلال dapat dilaksanakan dimana saja, baik di observatorium menggunakan teleskop dengan lokasi permanen maupun teleskop *portable* yang dapat digunakan dimana saja. Perlu dipahami bahwa ada aspek penting dalam pemilihan tempat kegiatan astrofotografi guna mengetahui studi kelayakan tempat. Aspek-aspek berikut harus dipastikan agar tidak memperburuk hasil astrofotografi, yakni kondisi kelembaban, arah dan kecepatan angin, meteorologis (barometrik, curah hujan, pola awan), *seeing*, turbulensi *ekstingsi* atmosfer, kecerlangan langit dan polusi cahaya.¹⁰¹

Terkhusus untuk tempat rukyatulhلال, berdasar kegiatan rukyatulhلال yang dilakukan setiap Matahari terbenam hingga Hلال terbenam maka harus dipastikan di sekitar ufuk barat tidak terhalang objek di permukaan Bumi. Wilayah ufuk barat yang tidak berpenghalang berada di titik barat 270° hingga $28,5^\circ$ utara dan selatannya, sesuai lintasan Bulan 5° dari lintasan yang dilalui oleh Matahari yakni $23,5^\circ$.¹⁰²

¹⁰¹ Herdiwijaya et al., "Developing Telescope Baffle for Increasing Contrast of the Very Young Lunar Crescent," 1215.

¹⁰² Sakirman, "Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat," 92.

b. Pemasangan dan kalibrasi instrumen astrofotografi

Astrofotografi hilal membutuhkan instrumen khusus sesuai karakter dan kondisi Hilal, pula persiapan berupa perakitan dan kalibrasi instrumen merupakan tahap kegiatan yang penting dan memberi andil besar terhadap kesuksesan astrofotografi hilal.¹⁰³ Langkah-langkah penggunaan instrumen astrofotografi dimulai dari persiapan instrumen, pemasangan bagian-bagian instrumen, dan kalibrasi instrumen, penulis deskripsikan sebagai berikut:

1) Persiapan instrumen

Kegiatan ini diawali dengan memilih instrumen-instrumen sesuai kebutuhan astrofotografi hilal seperti yang telah penulis tuliskan sebelumnya, serta memastikan perpaduan instrumen optik berupa teleskop dan kamera dapat digunakan untuk menangkap citra Hilal. Perpaduan teleskop dan kamera harus memiliki besar medan pandang citra (*field of view*) tidak boleh kurang dari 30 menit sudut langit, dikarenakan besar sabit Hilal dari piringan bulan yang tampak dari permukaan Bumi memiliki rata-rata diameter 30 menit sudut langit.¹⁰⁴

Guna mengetahui *field of view* dapat diketahui dengan tiga cara, yang pertama melihat hasil

¹⁰³ Damanhuri, "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari," 04.

¹⁰⁴ Herdiwijaya et al., "Developing Telescope Baffle for Increasing Contrast of the Very Young Lunar Crescent," 1216.

astrofotografi sebelumnya pada teleskop dan kamera yang sama dari objek dengan besar fisis kurang lebih sama dengan Bulan misalnya Matahari atau Nebula dengan besar ketampakan dari bumi sekitar 30 menit sudut langit. Cara kedua dapat diketahui dengan menggunakan bantuan perhitungan website misalnya https://astronomy.tools/calculators/field_of_view/ yang menyediakan fasilitas perhitungan *field of view*, dengan sebelumnya menyiapkan informasi nilai luas panjang fokus teleskop serta diameter teleskop dan ukuran sensor kamera dengan nilai resolusi kamera. Cara ketiga yakni pengamat dapat melakukan perhitungan *field of view* secara manual menggunakan rumus berikut ini:¹⁰⁵

$$fov = 206265 \times \frac{\text{Jumlah Piksel} \times \text{Ukuran Piksel}}{\text{Panjang Fokus Teleskop}}$$

2) Pemasangan Instrumen

Kegiatan pemasangan instrumen astrofotografi Hilal yang paling utama ialah perakitan *mounting* dan menghubungkan teleskop yang telah dipasang kamera. Deskripsi dari kegiatan pemasangan instrumen ialah sebagai berikut:¹⁰⁶

¹⁰⁵ Firdaus, “Studi Analisis Standard Operating Procedure (SOP) Pengamatan Hilal Observatorium Bosscha,” 68.

¹⁰⁶ Damanhuri, “Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari,” 8–11.

- a) Pemasangan tripod tidak diperlukan pada teleskop permanen di observatorium, namun untuk teleskop portabel tripod perlu dipasang dengan menyesuaikan kesejajaran menggunakan bantuan *Waterpass*.
- b) Pemasangan *mounting* di tripod pada umumnya menghadap sumbu langit di tempat pengamat, tergantung jenis *mounting* yang digunakan. Terkhusus pada *mounting equatorial* ketika pemasangan harus kemiringan sumbu *mounting* disesuaikan dengan *polar axis* atau sumbu kutub langit sesuai dengan besar lintang tempat observasi.
- c) Langkah akhir adalah memasang teleskop dan kamera serta perlengkapan lainnya yang sudah disiapkan terlebih dahulu pada *mounting*. Mengatur keseimbangan antara rangkaian instrumen di teleskop dengan pemberat (*counterweight*) juga perlu dilakukan guna meringankan kinerja motor pada *mounting*.

3) Kalibrasi Instrumen

Kalibrasi paling utama pada instrumen astrofotografi hilal terdapat pada kalibrasi perangkat teleskop dan kamera yakni mengatur fokus keduanya, untuk mengetahui fokus kamera dan teleskop dapat dilakukan dengan mencari fokus pada Bintang atau Matahari atau Planet. *Mounting goto* sebagai penggerak kamera dan teleskop telah mempunyai katalog benda

langit, juga memiliki sistem robotik otomatis berfungsi mengarahkan teleskop menuju objek dituju (*pointing*) dan mengikuti gerak objek tersebut (*tracking*).¹⁰⁷

Fungsi *pointing* dan *tracking* agar dapat berjalan dengan baik perlu dilakukan kalibrasi. Kalibrasi pada *mounting goto* dengan istilah *star alignment* dilakukan dengan mengarahkan teleskop menuju bintang yang telah diketahui posisinya kemudian objek tersebut disinkronisasikan dengan *mounting*. *Star alignment* baiknya dilakukan di malam hari sebelum melaksanakan rukyatulhلال atau dapat dilakukan dengan sinkronisasi posisi Matahari pada sore hari beberapa jam sebelum rukyatulhلال dilakukan.¹⁰⁸

4) Akuisisi Citra Hilal

Citra atau *image* dalam padanan bahasa Inggris merupakan representasi visual dua dimensi dari suatu objek yang diproduksi dari sinar cahaya yang dipancarkan oleh suatu benda kemudian difokuskan dan direkam.¹⁰⁹ Akuisisi citra adalah proses menangkap (*capture*) atau memindai (*scan*) cahaya dari suatu objek sehingga diperoleh citra digital berupa gambar yang

¹⁰⁷ Firdaus, "Studi Analisis Standard Operating Procedure (SOP) Pengamatan Hilal Observatorium Bosscha," 65.

¹⁰⁸ Mahasena et al., "CCD Observation Of Daylight Crescent Moon At Bosscha Observatory," 3.

¹⁰⁹ Barbara A. Lynch Johnt and Michelle Perkins, *Illustrated Dictionary of Photography* (Amherst Media, 2008), 54.

merepresentasikan objek yang ada didalamnya sehingga mata manusia bisa menganalisa dengan tujuan yang diharapkan. Adapun video adalah sekumpulan citra yang diakuisisi selama satuan waktu tertentu sehingga di dalam video lebih berisi rangkaian citra berurutan.¹¹⁰

Akuisisi citra hilal pada astrofotografi Hilal dilakukan dengan pengaturan kamera yang sesuai dengan kondisi hilal, yakni cahaya senja di atmosfer dengan intensitas cahaya cukup tinggi menjadikan senja sebagai media berkarakter transparan yang menghalangi ketampakan Hilal. Hal tersebut mengakibatkan pengaturan kamera yang digunakan harus dengan teknik khusus yakni:¹¹¹

- a) Kamera yang digunakan harus sesuai dengan kondisi fisis Hilal, yakni seperti yang telah penulis tuliskan sebelumnya kamera berbasis CCD atau CMOS dengan format RAW atau tanpa dikompresi.
- b) Pengaturan kamera pada pengambilan citra menggunakan mode video guna mendapatkan citra hilal sebanyak dan selama mungkin. Hal ini dikarenakan semakin banyak citra yang mendefinisikan hilal, pengamat dapat memudahkan mendefinisikan Hilal. Penggunaan mode video

¹¹⁰ Sarifuddin Madenda, *Pengolahan Citra Dan Video Digital* (Jakarta: Erlangga, 2015), 2.

¹¹¹ Junaidi, *Astrofotografi "Adopsi Dan Implementasinya Dalam Rukyatulhilal Di Indonesia,"* 276.

ditujukan agar *gain* atau ISO semakin kecil dan *frame per second* yang lebih cepat.

- c) Mode Video dari citra Hilal juga dapat digunakan untuk pengolahan data (*Image Processing*) sesuai kebutuhan bila diperlukan. Penggunaan *Image Processing* memerlukan citra kalibrasi agar dapat mengurangi gangguan berupa derau citra (*Noise*).

D. Fotometri Kontras Astrofotografi Hilal

1. Tinjauan Umum Fotometri Pada Astrofotografi Hilal

Fotometri dalam kamus fisika ialah ilmu yang mempelajari informasi gelombang cahaya tampak, khususnya pengukuran serta perhitungan intensitas cahaya dan informasi lainnya.¹¹² Informasi dari sebuah objek langit paling fundamental ialah jumlah energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik berupa cahaya tampak yang besar nilainya disebut fluks. Fotometri merupakan bagian dari ilmu optik yang mempelajari mengenai pengukuran fluks, kuat intensitas cahaya (*intensity*) dan nilai kecerlangan (*brightness*).¹¹³ Pada fotometri terdapat dua model berdasarkan alat ukurnya, yakni mengukur besaran cahaya (luminositas) dengan mengandalkan bola mata manusia, dan mengukur besaran pancaran (radiasi) yang mengandalkan piranti fotolistrik untuk mengukur cahaya tampak.¹¹⁴

¹¹² Nihayatur Rohmah, *Syafaq & Fajar: Verifikasi Dengan Aplikasi Fotometri* (Yogyakarta: Lintang Rasi Aksara Books, 2012), 79.

¹¹³ *Ibid.*, 80

¹¹⁴ *Ibid.*, 79

Bola mata merupakan rangkaian optik alami sebagai detektor yang menangkap cahaya dengan kemampuan sangat terbatas. Mata menyimpan hasil pengamatan dalam ingatan pengamat saja. Upaya analisis nilai cahaya yang ditangkap oleh mata tidak dapat dilakukan secara obyektif dan kurang maksimal.¹¹⁵ Hasil citra dari astrofotografi memiliki kelebihan yang tidak dimiliki mata yakni dapat merekam kenampakan menjadi sebuah citra. Data-data yang didapat dari citra tersebut kemudian dapat dianalisis dengan cara dihitung dan diukur secara obyektif berdasar kaidah sains menggunakan satuan terukur.¹¹⁶

Data dan informasi yang diukur pada fotometri adalah partikel cahaya atau biasa disebut foton merupakan energi bergerak dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Respon mata manusia hanya menangkap gelombang cahaya pada panjang gelombang cahaya tampak (*visible light*) yakni 400 nanometer hingga 700 nanometer.¹¹⁷ Rangkaian panjang gelombang cahaya tertentu tampak muncul dengan warna berbeda berurutan seperti ketampakan cahaya pelangi, dimana merah berada panjang gelombang terpanjang dan menurun hingga warna ungu.¹¹⁸

Mata manusia sensitif pada sekitar panjang gelombang 555 nanometer atau berada pada panjang gelombang warna hijau Berdasarkan kemampuan mata manusia pada pengamatan objek

¹¹⁵ A. Gunawan Adminranto, *Menjelajahi Bintang Galaksi Dan Alam Semesta* (Yogyakarta: Kanisius, 2009), 11.

¹¹⁶ Rohmah, *Syafaq & Fajar : Verifikasi Dengan Aplikasi Fotometri*, 79.

¹¹⁷ *Ibid.*, 77.

¹¹⁸ *Ibid.*, 78.

langit ketika terjadi senja yang terdominasi oleh cahaya merah dan biru membuat ditangkap tidak sensitif dan tidak maksimal oleh mata manusia. Selain adanya keterbatasan tersebut, pula fotometri dengan mata bersifat subyektifitas yang secara umum hasil diperoleh akan berbeda. Oleh karena itu astrofotografi merupakan suatu rangkaian detektor terbaik untuk fotometri.

Astrofotografi sebagai kegiatan merekam citra langit bercahaya merupakan kegiatan yang tidak dapat terpisahkan dari fotometri dalam pengukuran cahayanya. Pada awal mulanya pengamatan objek astronomi dilakukan dengan fotografi (astrofotografi) menggunakan rekaman dari plat film diperkenalkan pada 1839 masehi. 50 tahun kemudian para astronom profesional baru menerima fotografi sebagai alat yang sah pada pengukuran berdasarkan kaidah sains.¹¹⁹ Seiring kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan detektor saat ini berupa perangkat digital dengan sejumlah output yang lebih mendukung fotometri. Juga disertai fotometer sebagai alat ukur cahaya yang pula sudah digital.¹²⁰

2. Fotometri Kontras *Michelson Contrast* Pada Astrofotografi Hilal

Citra yang mendefinisikan suatu objek yang memancarkan atau memantulkan cahaya dapat dianalisis sebagai data guna mengetahui informasi terkait identitas objek tersebut. Informasi yang dapat diketahui dari suatu foton atau partikel cahaya

¹¹⁹ Ibid., 80.

¹²⁰ Ibid., 83.

diantaranya ialah energi dari cahaya tersebut, nilai kecerlangannya (*brightness*), dan intensitas cahaya (*intensity*).¹²¹ Intensitas cahaya merupakan ukuran banyaknya cahaya, dari sumber cahaya yang dianalisis harus fokus pada titik tertentu yang kemudian dievaluasi dan diperiksa.¹²²

Satuan internasional dari intensitas cahaya adalah kandela yakni besar intensitas suatu benda yang memancarkan cahaya pada arah tertentu, dengan 1 kandela adalah besar nilai dari benda yang beradiasi monokromatik berfrekuensi 540×10^{12} Hz dan intensitas sinar langsungnya sebesar $1/683$ watt per steradian.¹²³ Intensitas cahaya dengan steradian 1 kaki (*1 foot candela*) setara dengan $10,76$ lux (lumen per meter persegi), besar 1 lumen setara $0,0014705882$ watt pada panjang gelombang 550 nanometer.¹²⁴ Satuan dan besaran intensitas cahaya yang akan digunakan dapat digunakan sesuai dengan fotometranya.

Secara sederhana besar intensitas cahaya nilainya akan lebih besar pada titik yang memiliki tingkat kecerlangan cahaya yang tinggi dan berlaku sebaliknya dalam satuan ilmu fisika. Perbedaan intensitas cahaya dalam properti visual dari suatu objek dengan objek lainnya atau latar belakangnya sehingga dapat dibedakan intensitas cahayanya, biasa disebut dengan kontras.

¹²¹ Ibid., 80

¹²² Ibid., 81

¹²³ Pandiangan Paken, *Fisika Dasar I (Pengukuran Dan Sistem Satuan Dalam Fisika)* (Jakarta: Universitas Terbuka, 2014), 18.

¹²⁴ Raharto, *Teknologi Optik Sebagai Pembantu Penetapan Awal Bulan Hijriyah/Qamariyah*, 159.

Dalam persepsi fotometri, kontras bersifat mendefinisikan pemeriksaan pengukuran intensitas cahaya yang fokus pada suatu objek yang dijadikan cahaya standar yang kemudian dilakukan kalibrasi dengan intensitas cahaya lainnya.

Pada kajian pengukuran dan perhitungan fotometri kontras terdapat beberapa terminologi pendefinisian berdasar kondisinya. Beberapa algoritma fotometri kontras berdasarkan kodisinya adalah *Weber Contrast*, *Michelson Contrast* dan RMS.¹²⁵ Algoritma yang paling tepat untuk digunakan pada perhitungan peningkatan kontras cahaya hilal berdasar instrumen tambahan yang digunakan ialah *Michelson Contrast*.¹²⁶ Algoritma ini disusun oleh Albert Abraham Michelson (w. 1931) merupakan fisikawan Amerika kelahiran Jerman yang mendapatkan penghargaan Nobel tahun 1907 pengukuran kecepatan cahaya.¹²⁷ Dalam karyanya pada tahun 1927 berjudul *Studies In Optics*, Michelson merumuskan tentang fotometri kontras cahaya.¹²⁸

Michelson Contrast tepat digunakan pada pengukuran fotometri intensitas cahaya dengan karakter objek kisi-kisi. Algoritma ini dilandaskan pada citra dengan objek berbentuk garis yang memiliki intensitas cahaya yang lebih tinggi daripada

¹²⁵ Firdaus et al., “Study of Hilal’s Contrast Using Infrared Filter in Daylight Hilal Observation,” 616.

¹²⁶ Adi Damanhuri, “Analisis Komparasi Nilai Kontras Michelson Pada Pengamatan Hilal Berbasis Open Computer Vision,” *El Falaky*, 2023, 215.

¹²⁷ Isaac Asimov, “A.A. Michelson,” *Encyclopaedia Britannica, Inc*, 2024, <https://www.britannica.com/biography/A-A-Michelson>.

¹²⁸ Albert Abraham Michelson, *Studies In Optics* (Chicago: The University of Chicago Press, 1927).

latarnya.¹²⁹ Nilai kontras pada perbandingan pencahayaan yang berubah dengan objek dan latar yang sama lebih tepat diukur dengan algoritma *Michelson Contrast*.¹³⁰ Kondisi pengukuran kontras Hilal menggunakan instrumen tambahan meruoka pengukuran pada dua citra dengan objek yang sama namun dengan pencahayaan yang berbeda. Selain itu, algoritma ini pula senada dengan pengukuran kontras Hilal yang citranya memiliki informasi sabit Hilal berupa garis sabit dengan latar senja yang identik lebih rendah. Algoritma dari *Michelson Contrast* ialah¹³¹:

$$C = \frac{\text{Intensitas Maksimum} - \text{Intensitas Minimum}}{\text{Intensitas Maksimum} + \text{Intensitas Minimum}}$$

Guna mengukur dan menganalisa nilai kontras (C) pada astrofotografi hilal nilai intensitas maksimum (I_{maks}) didapatkan dari intensitas sabit Hilal paling terang, sedangkan intensitas minimum (I_{min}) didapatkan dari intensitas langit paling gelap.¹³² Penentuan peningkatan kontras Hilal pada penggunaan instrumen tambahan ialah membandingkan kontras hilal pada citra tanpa instrumen tambahan dengan citra yang menggunakan instrumen tambahan. Peningkatan nilai kontras dapat diketahui dari rasio

¹²⁹ Peter J. Bex and Walter Makous, "Spatial Frequency, Phase, and the Contrast of Natural Images," *Journal of the Optical Society of America A*, 2002.

¹³⁰ Dinna Hanifah, "Fisiologi Sensitivitas Kontras Dan Tajam Penglihatan" (Skripsi, Universitas Padjajaran, 2023), 2.

¹³¹ Michelson, *Studies In Optics*, 31.

¹³² Damanhuri, "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari," 17.

selisih pada nilai *Michelson Contrast* pada kedua citra tersebut.¹³³ Nilai peningkatan dapat disajikan dalam bentuk persentase.

3. Aplikasi AstroImageJ

Pengukuran kontras dengan penggunaan perhitungan algoritma *Weber Contrast* dan *Michelson Contrast* harus didukung dengan fotometer yang memiliki sistem kerja dapat mendefinisikan nilai foton cahaya dalam satuan fisika terukur. Pada fotometri kontras hilal, nilai kontras yang diambil adalah nilai intensitas dari sabit hilal dan nilai intensitas cahaya atmosfer senja sekitarnya.¹³⁴ Dengan deskripsi fotometri hilal di atas ini, salah satu aplikasi fotometer yang dapat digunakan adalah AstroImageJ. Aplikasi ini merupakan pengembangan khusus astronomi oleh Frederic dan tim Institut Astrofisika Universitas Göttingen dari aplikasi ImageJ (1997-2014) yang diciptakan oleh Wayne Rasband National Institute of Health Amerika Serikat.¹³⁵

Aplikasi ini mulai dikembangkan pada tahun 2014, seiring berkembangnya waktu fitur yang dapat digunakan pengguna makin beragam dan bertambah. Pada perkembangannya pada tahun 2017 aplikasi ini telah memiliki fitur fotometri terintegrasi pada waktu nyata bersamaan dengan pengambilan citra. Sistem kerja dari fitur tersebut ialah astrofotografi secara langsung mengimport citra yang ditangkap kepada aplikasi AstroImageJ.

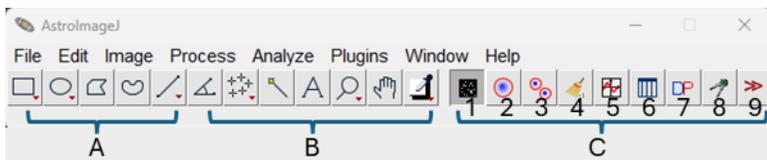
¹³³ Damanhuri, “Analisis Komparasi Nilai Kontras Michelson Pada Pengamatan Hilal Berbasis Open Computer Vision,” 256.

¹³⁴ *Ibid.*, 254.

¹³⁵ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Expanded Edition,” 1.

Fitur terintegrasi tersebut tidak dapat digunakan pada fotometri hilal dikarenakan fokus perukyat lebih kepada olah citra (*Image Processing*). Fitur-fitur yang makin beragam tersebut terus dikembangkan hingga *update* terbarunya 27 Maret 2024.¹³⁶

AstroImageJ beroperasi menggunakan basis pemrograman JAVA, dapat digunakan pada komputer dengan *Operating System* Apple OS, Microsoft OS Windows, dan Linux OS. Aplikasi *Open Source* pada pengukuran fotometri astronomi ini difungsikan pada kebutuhan fotometer dengan kemampuan pemrosesan dan analisis gambar serta ekstraksi kurva cahaya. Selain kemampuan fotometri secara umum juga hingga ultra-presisi pada penelitian objek astronomi yang bergerak cepat seperti transit eksoplanet. Kegunaan yang cukup luas pada aplikasi ini ditujukan untuk penggunaan oleh astronom profesional dan astronom amatir.¹³⁷ Adapun tampilan antarmuka awal dari aplikasi AstroImageJ ini memiliki tampilan sederhana, seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2. 1 Antarmuka awal aplikasi AstroImageJ

Fitur pada tampilan antarmuka awal dari aplikasi ini secara sederhana dibagi menjadi tiga bagian seperti pengelompokan

¹³⁶ Astroimagej Founder, “AstroImageJ 2.4.1 User Guide plus Getting Started with Differential Photometry,” *Manual Book*, 2019, 05.

¹³⁷ Karen A. Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves,” *The Astronomical Journal* 153, no. 2 (2017): 1.

pada gambar (dengan pengkodean 2.1.A, 2.1.B, dan 2.1.C). Fungsi utama dari 2.1.A adalah fitur untuk memilih wilayah tertentu atau *Region of Interest* (ROI) yang akan dilakukan pengukuran, dengan bentuk ROI terbatas pada wilayah kotak, lingkaran atau wilayah tertentu yang dapat digambar secara terbatas. Fitur 2.1.B merupakan fitur membantu pengukuran seperti menghitung sudut gambar, memberikan tanda, memberi identitas, dan memindah ketampakan citra.¹³⁸

Fitur fotometri pada AstroImageJ terletak pada 2.1.C dengan fungsi fotometri yang dapat dipilih sesuai kebutuhan. Pada nomor 2.1.C.1 merupakan fitur yang selalu aktif yang menandakan bahwa *plugin* Astronomi dari ImageJ aktif pada AstroImageJ. Pada Fitur 2.1.C.2 dan 2.1.C.3 merupakan fitur *Aperture Photometry Tool* dan *Multiple Aperture Photometry*, keduanya memiliki fitur yang sama namun terdapat perbedaan pada ROI yang digunakan. ROI pada 2.1.C.3 terdapat 3 lapis yang mendefinisikan wilayah yang dilakukan pengukuran fluks adalah objek dan background serta wilayah diantaranya, sedangkan pada 2.1.C.2 hanya 1 lapis saja.¹³⁹

Fitur 2.1.C.4 merupakan fitur untuk membersihkan pengukuran ROI pada lembar kerja yang sedang digunakan. Pula terdapat fitur pembuatan grafik beberapa ROI yang telah diplot pada fitur 2.1.C.5. Membuka lembar kerja yang telah di simpan

¹³⁸ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Expanded Edition,” 4.

¹³⁹ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves,” 4.

sebelumnya dapat diakses pada fitur 2.1.C.6. Fitur 2.1.C.7 digunakan untuk mendapatkan akses pengukuran menggunakan citra kalibrasi. Astrometri dari pengukuran koordinat objek-objek dapat digunakan pada fitur 2.1.C.8. Fotometri lainnya dapat diakses secara lengkap pada fitur 2.1.C.9 berupa menu lainnya. Fitur yang digunakan pada aplikasi ini untuk fotometri kontras hilal ialah pengukuran dasar pada intensitas cahaya lebih tepatnya pada fitur *Aperture Photometry Tool* (Fitur 2.1.C.2).¹⁴⁰

Hasil pengukuran jumlah fluks pada tiap ROI kemudian dapat ditampilkan dalam *Measurement Table*. Pada fitur *Measurement Table* terdapat informasi-informasi data yang menunjukkan hasil pengukuran yang kemudian dapat diproses pada aplikasi perhitungan lainnya sesuai kebutuhan penelitian. Data yang dapat diambil dari aplikasi ini untuk fotometri hilal diantaranya berupa informasi koordinat (X dan Y) ROI pada gambar, jumlah piksel yang terdapat dalam ROI, nilai fluks total rata-rata yang terdapat dalam ROI. Selain daripada tiga data tersebut juga terdapat informasi lainnya yang biasa digunakan pada fotometri astronomi pada objek selain Bulan.¹⁴¹

¹⁴⁰ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Expanded Edition,” 5.

¹⁴¹ Astroimagej Founder, “AstroImageJ 2.4.1 User Guide plus Getting Started with Differential Photometry,” 9.

BAB III

PENERAPAN FOTOMETRI KONTRAS HILAL PADA ASTROFOTOGRAFI HILAL MENGGUNAKAN ASTROIMAGEJ

A. Akuisisi Citra Pada Fotometri Kontras Hilal

Pengamatan astronomi menggunakan astrofotografi terutama pada objek Hilal membutuhkan persiapan yang cukup matang.¹⁴² Terdapat banyak macam persiapan dan khusus pada pengamatan astronomi, terkhusus persiapan dan instrumen yang digunakan pada pengamatan hilal telah penulis definisikan secara eksplisit pada pemaparan sebelumnya. Pada penelitian ini mengenai uji efektivitas penggunaan instrumen tambahan berupa *Baffle* dan *Infrared Filter*, pada pendokumentasian citranya (akuisisi citra) agar dapat diuji secara objektif diperlukan langkah-langkah lebih khusus.

Secara deskriptif akuisisi citra uji kontras dengan instrumen tambahan diperlukan langkah-langkah pengamatan yang mendukung pengambilan dua citra di waktu yang sama. Adapun dua citra tersebut didapat dari dua teleskop dan dua kamera identik, sehingga diperlukan dua aplikasi kamera yang identik pula, dengan dapat menggunakan satu laptop maupun dengan dua laptop.¹⁴³ Dua teleskop dan dua kamera tersebut dapat digunakan pada *mounting* yang berbeda ataupun dengan satu *mounting* yang sama namun menggunakan plat penghubung teleskop dan *mounting* (*dovetail plat*) dengan desain khusus seperti pada gambar berikut:

¹⁴² Sakirman, "Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat," 77.

¹⁴³ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024



Gambar 3. 1. Contoh dua teleskop dan dua kamera pada 1 mounting yang sama (dokumentasi rukyatulhلال pada Oktober 2024 di ITERA Lampung)

Pengambilan citra dilakukan pada waktu yang sama, dengan penggunaan dua laptop serta dua teleskop dan dua kamera sangat membantu, hal tersebut dapat menambah tingkat obyektivitas pada pengukuran dan perhitungan. Pengukuran dengan dua citra yang diambil di waktu yang sama karena dapat meminimalisir kondisi yang berbeda akibat pengaruh gangguan di atmosfer baik berupa awan maupun *seeing* dan gangguan uap air serta pengaruh lainnya. Akibat dari penggunaan 2 teleskop yang berbeda, akan dapat terdistorsi oleh derau fisis berupa jamur atau debu dan hal fisis lain yang berbeda pada dua teleskop, namun dapat diantisipasi dengan membersihkan teleskop sebelum pengamatan.¹⁴⁴

¹⁴⁴ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Aditya Abdillah Yusuf di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

Dua teleskop dan dua kamera digunakan dengan kondisi yang dibutuhkan pada pengujian fotometri citra kontras Hilal. Pada penelitian ini menggunakan instrumen tambahan berupa *Baffle* dan *Infrared Filter* digunakan kondisi pengamatan sebagai berikut:

1. Kondisi ke-1 merupakan kondisi guna uji efektivitas peningkatan kontras dengan *Baffle*, adapun kondisi dari dua teleskop ialah sebagai berikut:
 - a. Kondisi 1A dengan instrumen teleskop dan kamera dengan menggunakan tambahan *Baffle*.
 - b. Kondisi 1B dengan instrumen teleskop dan kamera dengan tanpa instrumen tambahan lainnya.
2. Kondisi ke-2 merupakan kondisi guna uji efektivitas peningkatan kontras dengan *Infrared Filter*, adapun kondisi dari dua teleskop ialah sebagai berikut:
 - a. Kondisi 2A dengan instrumen teleskop dan kamera dengan menggunakan tambahan *Infrared Filter*.
 - b. Kondisi 2B dengan instrumen teleskop dan kamera dengan tanpa instrumen tambahan lainnya.
3. Kondisi ke-3 merupakan kondisi guna uji efektivitas peningkatan kontras dengan *Baffle* dan *Infrared Filter*, adapun kondisi dari dua teleskop ialah sebagai berikut:
 - a. Kondisi 3A dengan instrumen teleskop dan kamera dengan menggunakan tambahan *Baffle* dan *Infrared Filter*.
 - b. Kondisi 3B dengan instrumen teleskop dan kamera dengan tanpa instrumen tambahan lainnya.

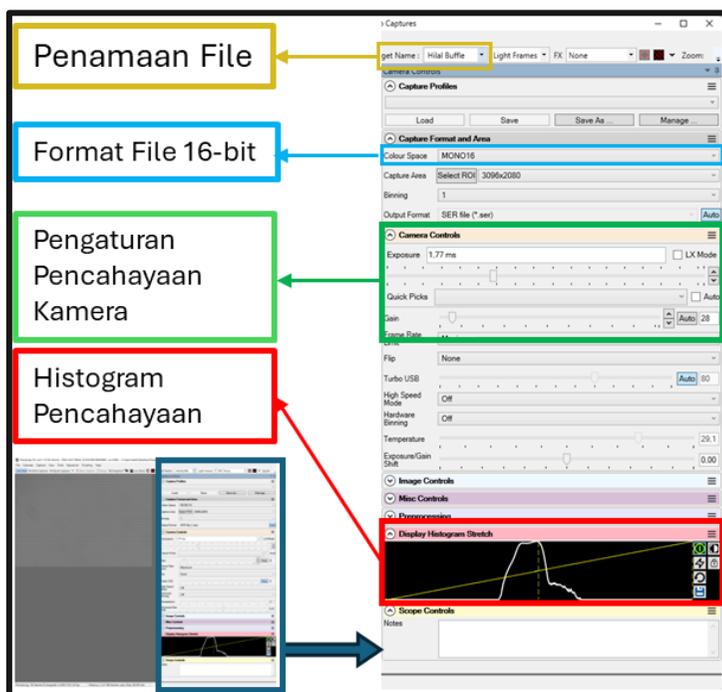
Pengambilan citra dilakukan setelah semua instrumen terpasang dan dapat dioperasikan dengan baik. Sebelum astrofotografi Hilal dilakukan, waktu yang tertera pada laptop harus sesuai dengan waktu sesungguhnya, dapat dikalibrasi dengan jam atom BMKG pada laman www.jam.bmkg.go.id. Setelah memasuki waktu pengamatan Hilal, pengamat harus dapat memastikan Hilal terlihat pada tampilan langsung aplikasi kamera.¹⁴⁵ Citra dengan hilal yang tampak langsung tanpa citra kalibrasi dan tanpa *Image Processing* dapat menambah obyektifitas penelitian ini. Kamera yang digunakan dapat menangkap citra RAW sensor kamera monokrom¹⁴⁶

Pengaturan kamera yang digunakan untuk pengambilan citra menggunakan RAW 16-bit untuk fotometri AstroImageJ (*.fit). Pencahayaan citra pada pengaturan *Exposure* dan *Gain* beracuan pada pencahayaan ideal kondisi B, dapat dilihat dari fitur *Display Histogram Diagram* dengan diagram terbaik berada ditengah. Pengaturan pencahayaan ditujukan dengan memprioritaskan mengecilkan exposure dan meningkatkan gain hingga batas tengah, hal tersebut guna memperbanyak citra yang didapat dalam waktu yang singkat. Memberi identitas penamaan file harus sesuai dengan instrumen digunakan untuk memudahkan fotometri.¹⁴⁷ Adapun contoh tampilan pengaturan kamera pada Sharpcap sebagai berikut:

¹⁴⁵ Firdaus, “Studi Analisis Standard Operating Procedure (SOP) Pengamatan Hilal Observatorium Bosscha,” 78.

¹⁴⁶ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

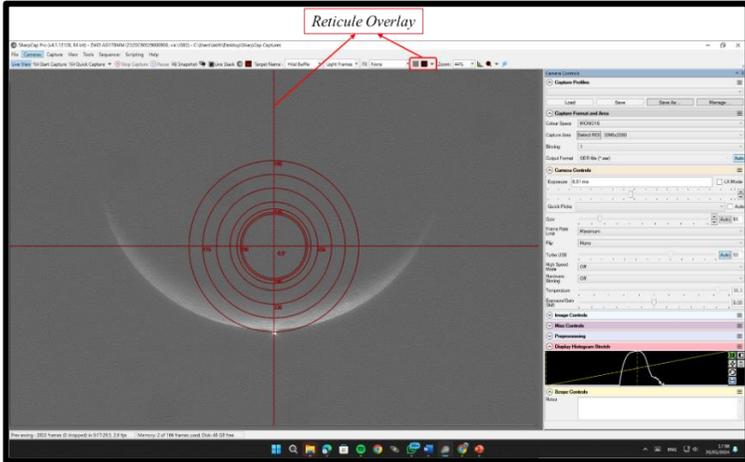
¹⁴⁷ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Aditya Abdillah Yusuf di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024



Gambar 3. 2. Tampilan Pengaturan Kamera Pada Aplikasi Sharpcap

Pengambilan 2 citra pada dua laptop membutuhkan tampak citra yang sebisa mungkin serupa dengan pengaturan pencahayaan kamera yang harus sama antar keduanya. Pengaturan kamera dari dua kondisi kamera disamakan dengan pencahayaan ideal pada kondisi B. Konsekuensi dari penggunaan 2 laptop dengan 2 kamera dan 2 teleskop ialah sulit memposisikan Hilal pada posisi yang absolut sama. Perlu dilakukan registrasi citra yakni kalibrasi posisi citra menggunakan aplikasi lainnya yang secara fungsi dapat merubah posisi dan orientasi rotasi citra. Namun, pada Sharpcap terdapat fitur kisi bidang datar berupa sumbu acuan (*reticule overlay*)

guna memposisikan objek sesuai dengan posisi yang dibutuhkan.¹⁴⁸
Berikut tampak fitur *reticule overlay* pada aplikasi SharpCap:



Gambar 3. 3 *Reticule Overlay* pada Aplikasi Sharpcap

Jumlah citra yang diambil dari kedua kamera tersebut diambil dengan jumlah citra yang sama. Setelah citra didapat perlu dilakukan konfirmasi citra dengan membuka file citra yang didapat agar bisa memastikan file yang didapat sudah sesuai. Citra yang baik pada penelitian ini merupakan citra yang dapat melingkupi ketempakan citra sabit Hilal secara utuh dan menampakkan citra Hilal dalam *Single Frame*. Informasi citra yang baik pada penelitian ini ditujukan untuk mendeskripsikan perbedaan intensitas cahaya (kontras) Hilal dengan atmosfernya yang kemudian dilakukan pengukuran dan perhitungan pada ambang kontras tersebut.¹⁴⁹

¹⁴⁸ Robiin Glover and David Richards, *SharpCap User Manual, Founder Sharpcap*, 2017, 55, <https://docs.sharpcap.co.uk/2.9/>.

¹⁴⁹ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

B. Registrasi Citra Astrofotografi Hilal (Pra-Fotometri)

Sebelum dilakukan pengukuran fotometri (Pra-Fotometri) kontras pada astrofotografi Hilal, citra yang didapat perlu dilakukan registrasi citra. Registrasi citra merupakan upaya untuk dapat memposisikan objek Hilal dari dua citra berada di lokasi yang identik sama. Hal tersebut ditujukan guna pengukuran fotometri kontras dapat menghasilkan informasi yang identik berdasar dua citra yang ditangkap dari dua laptop dengan dua kamera dan dua teleskop. Aplikasi dengan fungsi registrasi citra secara sistem kerjanya terdapat dua jenis, yakni aplikasi bekerja dengan sistem otomatis dan aplikasi yang bekerja dengan sistem manual.¹⁵⁰

Dalam astrofotografi secara umum, kebanyakan aplikasi registrasi citra bekerja pada sistem otomatis dengan sistem kerja memberikan acuan kepada titik cahaya dari kelompok bintang yang tampak, kemudian antar citra dengan acuan yang sama akan saling ditepatkan posisinya secara otomatis. Sedangkan pada fotometri Hilal, cahaya yang tampak tidak dapat terdefinisikan oleh aplikasi registrasi otomatis akibat dari bentuk Hilal yang tidak tampak konsisten. Aplikasi yang dapat digunakan untuk registrasi citra pada fotometri Hilal ialah aplikasi dengan sistem kerja manual. Aplikasi tersebut harus dapat memposisikan posisi Hilal dari dua citra pada posisi yang identik sama tanpa merubah format RAW citra.¹⁵¹

¹⁵⁰ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

¹⁵¹ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Aditya Abdillah Yusuf di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

Fitur rotasi citra dan fitur memindahkan posisi citra yang dibutuhkan pada aplikasi registrasi citra hilal. Fitur modifikasi pencahayaan ketampakan citra tanpa merubah pencahayaan orisinal merupakan fitur bantu terbaik untuk registrasi citra secara manual. Berdasarkan dua kategori fitur tersebut, Adobe Photoshop merupakan salah satu aplikasi terbaik guna registrasi manual.¹⁵² Dalam prosesnya aplikasi ini bekerja sebagai berikut:

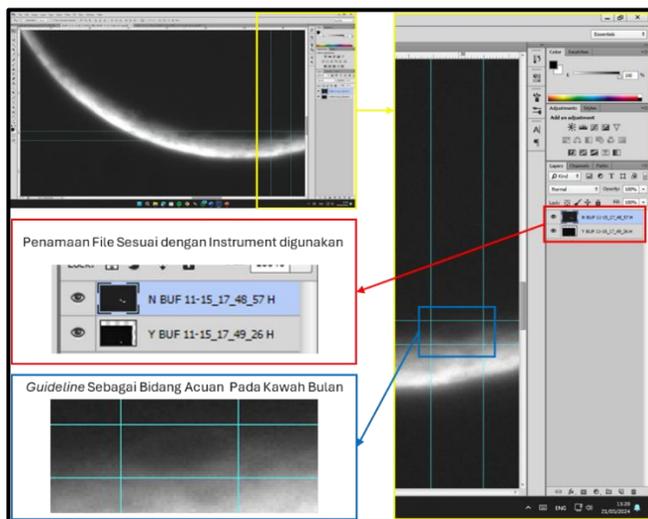
1. Membuka 2 citra dan mengatur titik acuan pada citra

Langkah awal dari rangkaian proses registrasi citra adalah menyatukan dua citra (misal citra 1A dan 1B atau 2A dan 2B) pada satu layar kerja (*layers*). Pemberian nama citra pada *layer* sesuai dengan instrumen yang digunakan dan waktu pengambilan citra perlu diperhatikan guna mengetahui citra mana yang sedang diproses. Pada salah satu citra yang akan dijadikan acuan utama posisi citra hilal serta dilakukan pemberian bidang acuan citra dengan garis bantu.

Pemilihan detail tertentu pada bagian gambar dapat digunakan sebagai bidang acuan untuk memposisikan dua citra pada kondisi lokasi Hilal yang identik. Fitur *Guideline* merupakan fitur pada Adobe Photoshop yang dapat digunakan sebagai bidang bantu untuk garis acuan.¹⁵³ Disimulasikan pada gambar dibawah ini (gambar 3.4), digunakannya acuan di salah satu citra pada kawah Bulannya, juga diberi *Guideline*.

¹⁵² Wawancara dilakukan secara langsung dengan Aditya Abdillah Yusuf di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

¹⁵³ Adobe, *Adobe Photoshop Help*, 2019, 456.

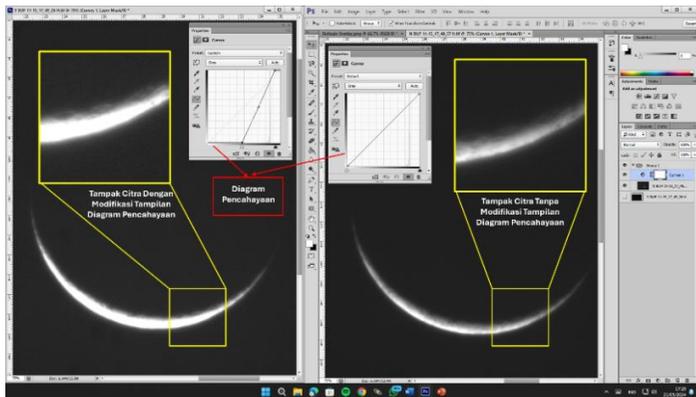


Gambar 3. 4 Langkah awal registrasi penamaan dan sumbu acuan

2. Mengatur modifikasi pencahayaan tidak tersimpan pada citra

Pada citra yang tampak lebih gelap dari kedua citra (kondisi A dan B) dapat dikondisikan ketampakannya dengan fitur *curve* pada Adobe Photoshop. Fitur *curve* ini memiliki fungsi yang dapat digunakan untuk mendapatkan tampilan citra yang cukup terang guna lebih menepatkan bidang acuan pada kawah atau *guideline*. Fitur ini merupakan diagram dari pencahayaan citra secara menyeluruh. Menyempitkan wilayah diagram *curve* pada wilayah terang, dapat lebih meningkatkan pencahayaan citra dengan meniadakan pencahayaan redup citra. Fitur *curve* ini tidak merubah kualitas asli pencahayaan citra karena fitur ini merupakan *layer* terpisah dari citra Hilal.¹⁵⁴ Adapun contoh dari penggunaan fitur *curve* sebagai berikut:

¹⁵⁴ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Aditya Abdillah Yusuf di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024



Gambar 3. 5 Perbandingan citra dengan dan tanpa modifikasi pencahayaan

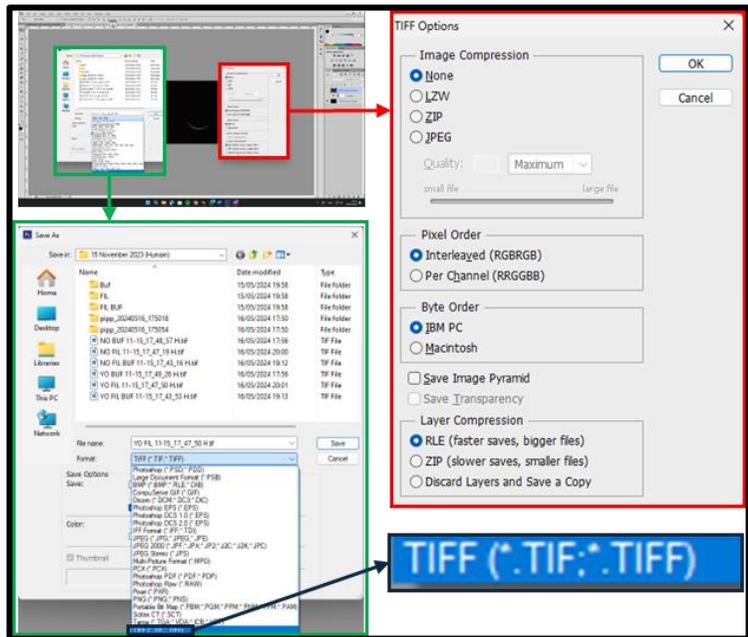
3. Registrasi citra dengan fitur *rotate* dan *move*.

Fotometri perbandingan kontras hilal berdasar instrumen yang digunakan mengakibatkan harus terdapat dua citra dengan posisi hilal yang identik pada kedua citranya. Konsekuensi dari digunakannya dua laptop dengan dua kamera dan dua teleskop mengakibatkan citra yang didapat sering tidak tepat pada posisi yang identik pada dua citra. Pada fotometri di proses ini harus memiliki langkah dengan pengaturan yang tidak merubah kualitas citra dalam konteks ukurannya. Fitur mengatur orientasi citra dan memindah posisi citra digunakan pada langkah ini.¹⁵⁵ Pada Fitur Adobe Photoshop fitur tersebut terdapat pada *move tool*. Pula memanfaatkan sumbu acuan dari *guideline* dan menggunakan bidang acuan tertentu pada citra guna memastikan dua citra identik posisinya. Fitur mentransparansi *layer* dapat digunakan guna memudahkan registrasi citra.

¹⁵⁵ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

4. Simpan citra dengan format RAW

Citra dengan format RAW sangat diperlukan difotometri guna mempertahankan informasi asli citra. Citra yang tidak mengalami kompresi pencahayaan piksel dari citra aslinya sangat diperlukan guna obyektifitas fotometri. Pada aplikasi AstroImageJ mendukung penggunaan format (*.tif) pada citra yang akan dilakukan pengukuran. Hal tersebut bisa didapatkan pada aplikasi Adobe Photoshop pada fitur *Save As*. Agar citra tidak terkompresi, simpan citra dengan pemformatan file *.tif dengan pengaturan penyimpanan ialah sebagai berikut:¹⁵⁶



Gambar 3. 6 Pengaturan penyimpanan citra registrasi pada Adobe Photoshop

¹⁵⁶ Adobe, *Adobe Photoshop Help*, 820.

C. Pengukuran Fotometri Kontras Hilal Dengan AstroImageJ

Pengukuran pada fotometri kontras Hilal dengan instrumen tambahan merupakan sebuah proses perbandingan dua citra pada rasio kontrasnya. Pada fotometri astrofotografi ini, terdapat syarat pada citra, yakni didokumentasikan dengan pengaturan pencahayaan kamera yang sama dan citra telah diregistrasi sesuai dengan pemaparan sebelumnya. Syarat tersebut ditujukan kepada hasil analisis secara obyektif berdasar hasil penggunaan instrumen tambahan pada citra Hilal guna mendefinisikan peningkatan kontras. Peningkatan kontras didapatkan berdasar rasio nilai selisih dari citra tanpa dan dengan menggunakan instrumen tambahan di teleskop.¹⁵⁷

Peningkatan kontras pada citra Hilal diukur pada seluruh bagian Hilal, yakni dari ujung sabit hingga ujung sabit lainnya. Akibat dari bentuk Hilal ialah sabit Bulan sehingga sebaran cahayanya tidak merata, cahaya pada ujung sabit Hilal tampak sangat lebih tipis dan terus menebal cahayanya hingga tengah sabit Hilal. Dari hal tersebut maka perlu dilakukan pembagian wilayah pada pengukuran kontras Hilal, guna dapat memberikan informasi peningkatan kontras yang lebih mendetail pada sebaran cahaya Hilal. Pada penelitian ini wilayah pengukuran terbagi menjadi 7 bagian yakni 2 bagian ujung cahaya sabit hilal, 1 bagian pada cahaya tengah hilal, dan 4 bagian cahaya antara ujung sabit Hilal dan tengah hilal dengan 2 bagian pada tiap kanan kiri antara tengah dan tepi hilal.

¹⁵⁷ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

Pada penerapannya di aplikasi AstroImageJ proses fotometri 2 citra dilakukan secara terpisah namun dengan pengaturan fotometri yang sama. Pengaturan pengukuran yang digunakan pada citra sebelumnya dapat disimpan dan digunakan kembali untuk pengukuran pada citra selanjutnya.¹⁵⁸ Pemaparan langkah-langkah secara eksplisit ialah sebagai berikut:

1. Membuka citra dan mendefinisikan objek hilal pada citra

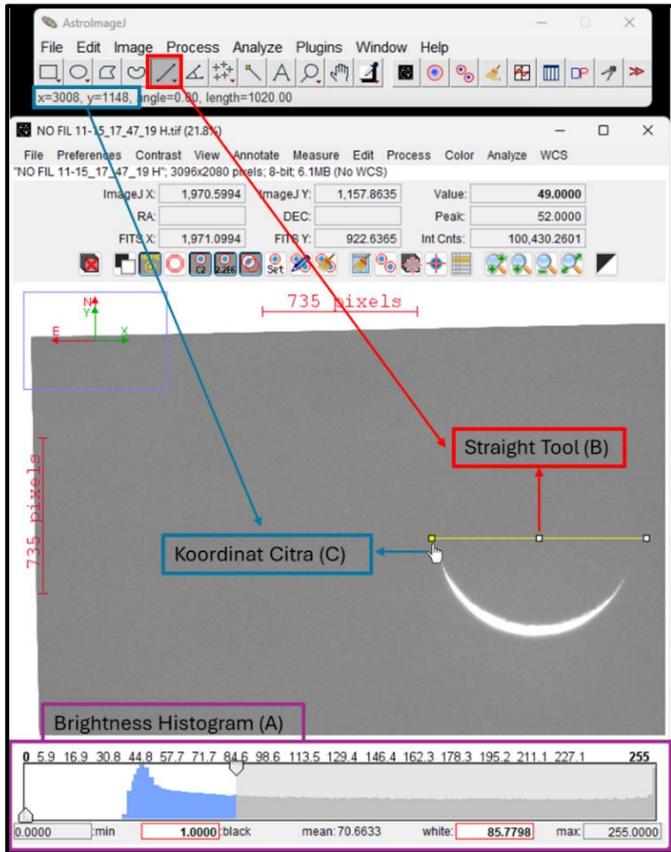
Adapun langkah awal dari proses fotometri ini ialah membuka citra yang akan dilakukan fotometri. Citra yang diproses terlebih dahulu baiknya ialah citra yang didapat dengan tanpa instrumen tambahan (kondisi B). Tampilan pencahayaan yang dirasa masih gelap pada citra sehingga mendiskripsikan ujung sabit menjadi sulit, kecerahan citra dapat di modifikasi pada fitur *histogram brightness* (Gambar 3.7.A). Fitur tersebut tidak akan merubah nilai instensitas cahaya pada citra.¹⁵⁹

Pada langkah ini juga perlu dilakukan penentuan panjang dan lebar citra hilal menggunakan fitur *Straight Tool* guna mengetahui ukuran Hilal dalam satuan piksel pada citra (Gambar 3.7.B). Mencatat lokasi ujung-ujung hilal berdasar koordinat piksel pada citra yang ditunjukkan oleh cursor, pula dilakukan guna mempermudah pengukuran (Gambar 3.7.C).¹⁶⁰ Adapun tampilan pengaturan-pengaturan ini, sebagai berikut:

¹⁵⁸ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Expanded Edition,” 21.

¹⁵⁹ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves,” 3.

¹⁶⁰ Ibid., 8.



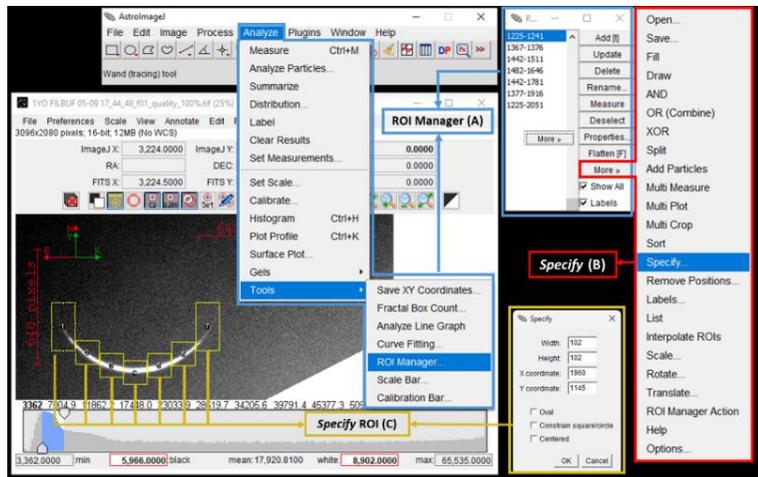
Gambar 3. 7. Pengaturan pendefinisian Citra Hilal Pada AstroImageJ

2. Mengatur *Region Of Interest* (ROI)

Region of Interest (ROI) merupakan wilayah yang dikehendaki untuk dilakukan pengukuran pada AstroImageJ. ROI pada langkah ini dibentuk sehingga semua cahaya Hilal dapat diukur secara menyeluruh berdasarkan informasi luas daerah Hilal dan lokasinya dalam koordinat piksel pada citra. Penerapan ROI pada AstroImageJ untuk pengukuran fotometri kontras Hilal menggunakan bentuk ROI bidang datar 4 sisi

teratur seperti persegi atau persegi panjang. Beberapa ROI digunakan untuk mendapatkan data intensitas cahaya Hilal berdasar wilayah pembagian bidang karakter Hilal.¹⁶¹

Pada AstroImageJ penentuan ROI berada pada menu *Analyze* pada *Tools* terdapat fitur *ROI manager* (Gambar 3.8.A). Guna menata beberapa *ROI* agar dapat mencakup semua cahaya Hilal dalam beberapa wilayah, fitur tersebut bernama *Specify* terdapat di menu *More* pada *ROI Manager* (Gambar 3.8.B). Sistem kerja fitur *Specify* ialah menambahkan wilayah pengukuran fotometri, diantaranya intensitas cahaya. Pada kotak kerja *Specify* (Gambar 3.8.C) terdapat fitur menentukan ROI dibuat berdasar panjang dan lebar serta letak ROI pada koordinat piksel (X dan Y).¹⁶² Seperti gambar berikut:



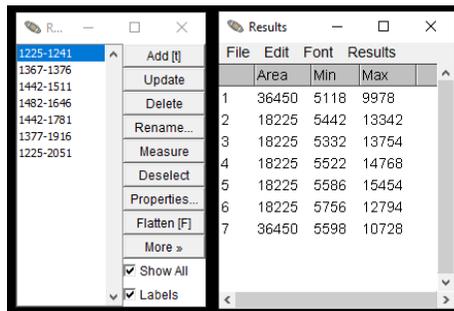
Gambar 3. 8. Pengaturan ROI pada AstroImageJ

¹⁶¹ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing and Photometric Expanded Edition,” 11.

¹⁶² Ibid., 13.

3. Pengukuran dan Validasi Nilai Intensitas Cahaya Hilal

Pengambilan nilai intensitas cahaya dilakukan pada rangkaian beberapa ROI yang telah disusun melingkupi seluruh bagian Hilal. Pada penelitian ini di ambil 7 bagian wilayah dari satu citra Hilal utuh. Pengambilan data pengukuran pada nilai I_{maks} dan I_{min} tiap masing-masing ROI terdapat pada fitur *Measure* pada kotak kerja *ROI Manager* dengan mengeluarkan kotak kerja baru yang menampilkan I_{maks} dan I_{min} dalam tabel *max min*. Seluruh nilai intensitas cahaya pada tabel tersebut dapat digunakan kemudian untuk perhitungan nilai kontrasnya dengan cara *copy* tabel kemudian dapat *paste* di aplikasi perhitungan.¹⁶³



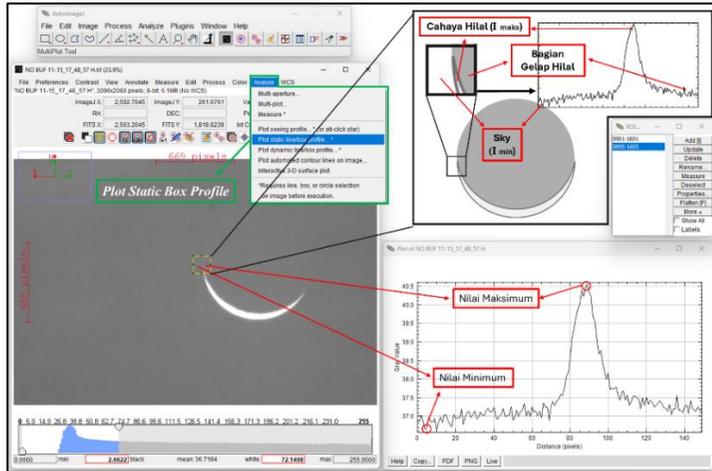
	Area	Min	Max
1	36450	5118	9978
2	18225	5442	13342
3	18225	5332	13754
4	18225	5522	14768
5	18225	5586	15454
6	18225	5756	12794
7	36450	5598	10728

Gambar 3. 9 Hasil Pengukuran

Berdasarkan algoritma kontras *Michelson Contrast* data yang dibutuhkan nilai intensitas cahaya Hilal paling terang (I_{maks}) dan nilai intensitas cahaya atmosfer paling gelap (I_{min}). Sehingga perlu dipastikan yang diambil adalah nilai intensitas cahaya pada piksel yang sesuai, misalnya I_{min} bukan pada piksel yang berada dibagian gelap bulan. Guna mengetahui piksel

¹⁶³ Ibid., 15.

bagian mana dari I_{maks} dan I_{min} dapat dipastikan menggunakan fitur *Plot Static Box Profile* di menu *Analyze* pada lembar kerja.¹⁶⁴ Seperti gambar berikut ini:

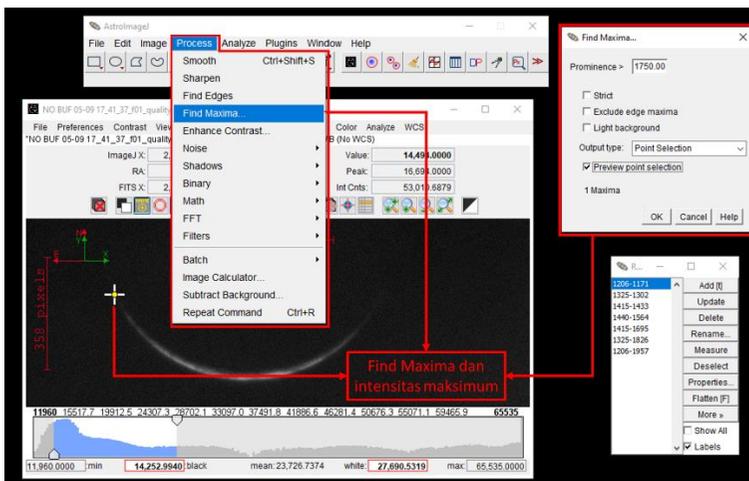


Gambar 3. 10 Langkah Memastikan Nilai Intensitas Cahaya Sesuai

Diagram di atas hanya dapat menyajikan informasi rentang piksel diukur pada koordinat X dan nilai intensitas cahaya pada sumbu koordinat Y. Konsekuensi diagram tersebut pada pengukuran kontras tidak dapat digunakan pada daerah hilal yang berorientasi pada sumbu X. Guna mengetahui secara spesifik letak piksel dengan I_{maks} terdapat di fitur *Find Maxima* pada menu *Process*. Pada fitur ini dapat diketahui pada bagian piksel mana yang memiliki intensitas cahaya paling tinggi. Namun pada AstroImageJ tidak terdapat fitur untuk mencari piksel mana yang menjadi I_{min} atau intensitas paling rendah.¹⁶⁵

¹⁶⁴ Ibid., 17.

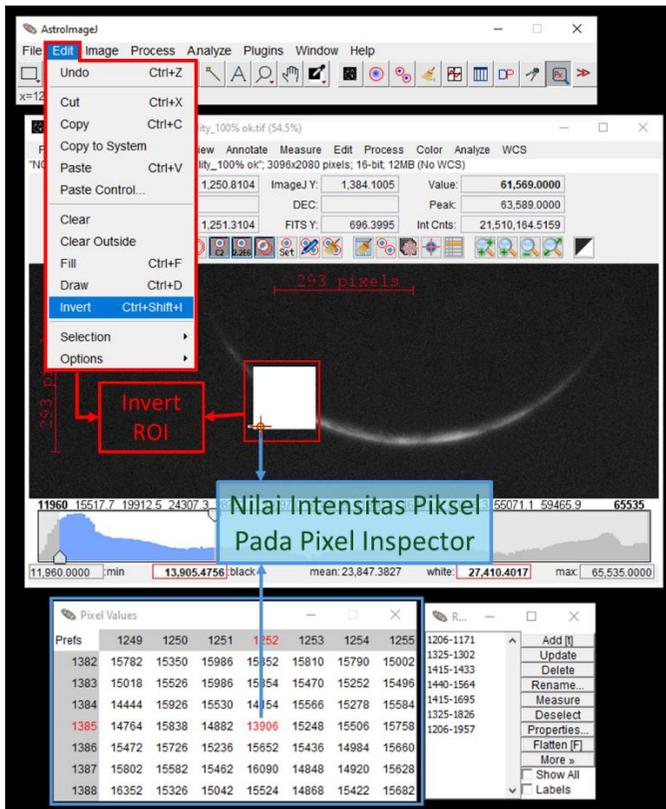
¹⁶⁵ Ibid., 19.



Gambar 3. 11 Fitur *Find Maxima* pada AstroImageJ

Intensitas minimum yang digunakan pada perhitungan perlu dipastikan terletak pada bagian latar langit senja di luar bagian Bulan bukan pada bagian gelap Bulan. Guna memvalidasi intensitas minimum terletak pada daerah piksel luar bagian Bulan, dapat menggunakan fitur *Find Maxima*. Sebelum menggunakan fitur *Find Maxima* untuk mengetahui intensitas minimum perlu dilakukan inversi pada *Region of Interest* (ROI) yang terletak pada menu edit. Setelah inversi telah dilakukan pada ROI yang dipilih pada citra, kemudian fitur *Find Maxima* dapat digunakan untuk mencari nilai intensitas minimumnya. Agar dapat mengetahui nilai intensitas cahaya pada piksel tersebut dapat diketahui menggunakan fitur *Pixel Inspector*. Fitur tersebut dapat menampilkan nilai intensitas cahaya yang ditunjukkan pada titik piksel yang dipilih secara khusus.¹⁶⁶

¹⁶⁶ Ibid., 21.



Gambar 3. 12 Invert dan Pixel Inspector

Setelah dilakukan penentuan nilai intensitas minimum dan daerah pada pikselnya kemudian dilakukan inversi kembali pada ROI guna mengembalikan sistem pencahayaan citra. Berapa ROI yang telah terbentuk dapat disimpan (*save*) kemudian dapat digunakan kembali (*open*) agar dua citra yang dianalisis memiliki daerah pengukuran yang identik sama. Langkah-langkah pengukuran dilakukan secara berulang kepada kondisi lainnya guna melakukan pengukuran intensitas cahaya pada instrumen yang berbeda.

D. Perhitungan Fotometri Peningkatan Intensitas Cahaya Hilal

Guna mengetahui nilai efektivitas penggunaan instrumen tambahan pada astrofotografi Hilal, perlu dilakukan perhitungan berdasarkan hasil pengukuran fotometri pada intensitas cahayanya. Informasi yang dibutuhkan guna mengetahui nilai efektivitasnya ialah nilai peningkatan kontras Hilal dari citra tanpa instrument tambahan yang diakumulasikan pada kontras Hilal citra dengan instrumen tambahan. Berdasarkan algoritma *Michelson Contrast* didapatkan informasi nilai kontras dari suatu citra Hilal, sehingga perbandingan nilai kontrasnya merupakan nilai efektivitas dari penggunaan instrumen tambahan.¹⁶⁷

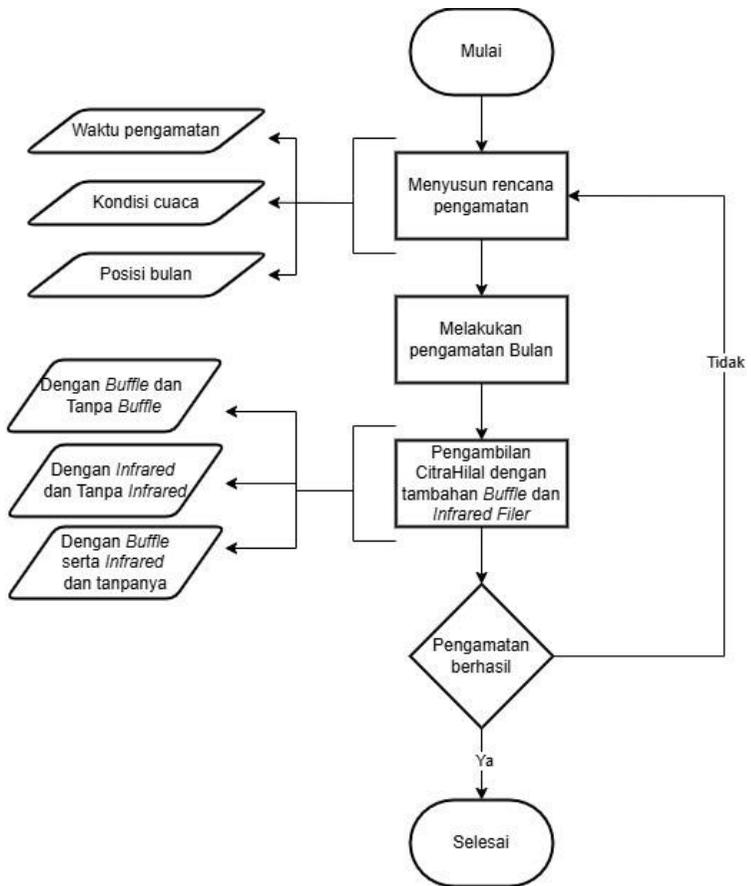
Pada penerapannya perhitungan peningkatan kontras hilal dapat dilakukan menggunakan aplikasi yang membantu proses perhitungan, seperti *Microsoft Excel*. Pada *Microsoft Excel*, nilai I_{maks} dan I_{min} yang didapat dari hasil pengukuran kontras kemudian dihitung menggunakan ($Michelson Contrast = \frac{I_{maks} - I_{min}}{I_{maks} + I_{min}}$). Nilai akhir yang dihasilkan pada rumus tersebut ialah antara 0 dan 1 ($0 \leq x \leq 1$) terjadi demikian karena nilai penyebut selalu lebih besar daripada pembilangnya. Perbandingan nilai kontras disajikan dalam persentase peningkatan kontrasnya dengan menggunakan rumus ($Peningkatan\ kontras = \frac{Kontras\ Akhir - Kontras\ Awal}{Kontras\ Awal}$).¹⁶⁸

¹⁶⁷ Damanhuri, "Analisis Komparasi Nilai Kontras Michelson Pada Pengamatan Hilal Berbasis Open Computer Vision," 250.

¹⁶⁸ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

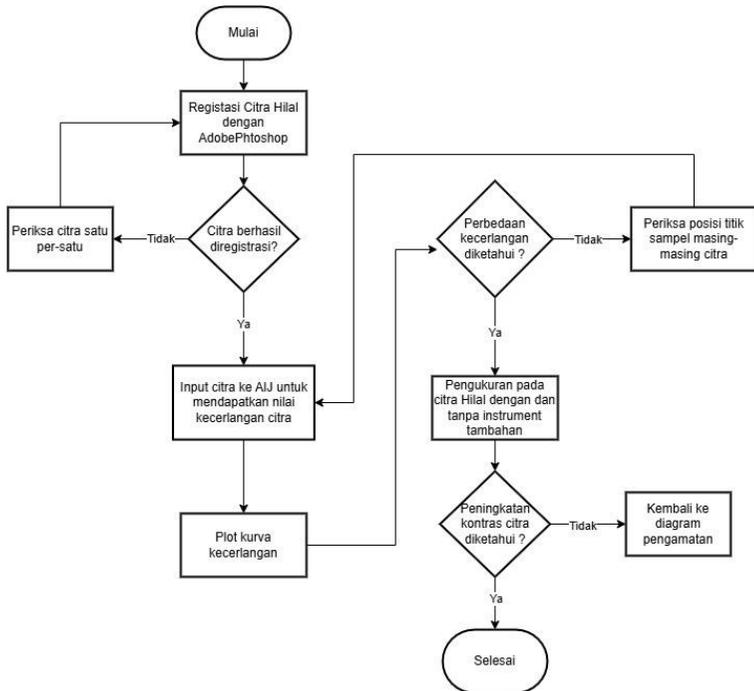
E. Diagram Alir Penerapan Fotometri Kontras

1. Diagram alir akuisisi citra Hilal



Gambar 3. 13 Diagram alir akuisisi citra Hilal

2. Diagram alir pengukuran fotometri kontras Hilal



Gambar 3. 14 Diagram alir pengukuran fotometri kontras Hilal

BAB IV
ANALISIS EFETIVITAS *BUFFLE* DAN *INFRARED FILTER*
PADA PENINGKATAN KONTRAS ASTROFOTOGRAFI HILAL

Pada penelitian ini dilakukan rukyatulhilar 10 bulan di 4 tempat. Dimulai dari rukyatulhilar Safar 1445 Hijriyah hingga Zulhijjah 1445 Hijriyah atau Agustus 2023 sampai Mei 2024. Rukyatulhilar dilakukan di empat tempat yakni di UIN Mataram, UIN Walisongo Semarang, ITERA Lampung dan UIN Sunan Ampel Surabaya dan. Pengumpulan data dilakukan pada hari ketika ijtima atau sehari setelahnya, dengan pertimbangan Hilal di hari ke 2 masih terpengaruh dan terganggu oleh hamburan cahaya senja. Dari 10 rukyatulhilar tersebut didapatkan 6 data dengan 2 data tidak layak untuk dilakukan pengukuran fotometri kontras pada citra Hilalnya. Dengan deskripsi pengambilan dalam tabel berikut:

Tanggal Rukyatulhilar	Lokasi	Keterangan
Awal Safar 1445H	UIN Mataram	Data didapat tidak layak fotometri
Awal Rabiulawal 1445H	UINSA Surabaya	mendung awan tebal
Awal Rabiulakhir 1445H	ITERA Lampung	Berhasil mendapatkan 2 data
Awal Jumadilawal 1445H	UINSA Surabaya	Berhasil mendapatkan data
	ITERA Lampung	Data didapat tidak layak fotometri
Awal Jumadilakhir 1445H	ITERA Lampung	Mendung awan tebal
	UINSA Surabaya	Hilal tertutup gedung
Awal Rajab 1445H	UIN Semarang	Mendung awan tebal
Awal Syaban 1445H	UINSA Surabaya	Hilal tertutup gedung
Awal Ramadan 1445H	ITERA Lampung	Hilal tertutup gedung
	UINSA Surabaya	Mendung awan tebal
Awal Syawal 1445 H	UINSA Surabaya	Mendung awan tebal
Awal Rabiulawal 1445H	UINSA Surabaya	Berhasil mendapatkan data
	ITERA Lampung	Mendung awan tebal

Tabel 4. 1 Jadwal Rukyatul Hilal

Dari empat tanggal yang didapat, penulis melakukan pengkodean citra memberikan penamaan khusus guna mempermudah pembacaan data. Berdasarkan tiga kondisi penggunaan teleskop dan kamera disertai instrumen tambahan yang digunakan yakni *Baffle*, *Infrared Filter*, dan *Baffle* dengan *Infrared Filter* kemudian dibandingkan dengan citra dengan tanpa instrumen tambahan. Kemudian dilakukan pengukuran dan perhitungan fotometri kontras seperti penerapan yang telah dipaparkan pada BAB sebelumnya. Dengan deskripsi pengkodean berikut ini:

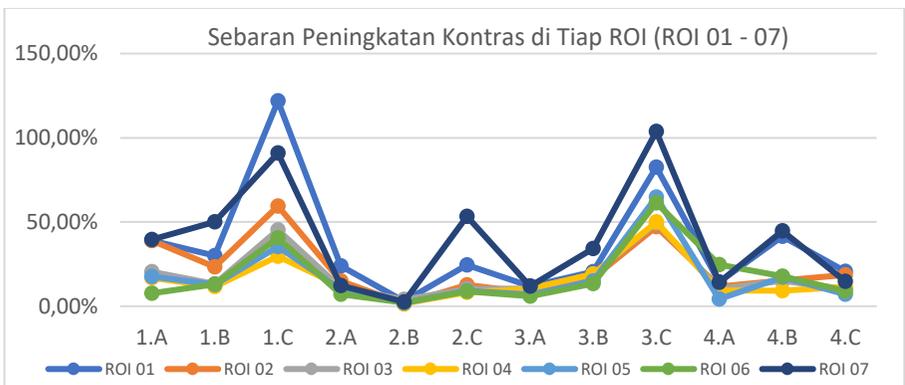
Infromasi Rukyatulhilar	Kode Kondisi	Keterangan
Tanggal 02 Rabiulakhir 1445 H (Senin, 16 Oktober 2023) Dengan teleskop dan kamera: b. 2 teleskop Celestron 90mm c. 2 kamera ZWO ASI 178mono	Kondisi 1A1	Dengan <i>Baffle Diafragma</i>
	Kondisi 1A2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 1B1	Dengan <i>Infrared pass</i> 680nm
	Kondisi 1B2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 1C1	Dengan <i>Baffle</i> dan <i>Infrared</i>
	Kondisi 1C2	Tanpa Instument tambahan
Tanggal 02 Rabiulakhir 1445 H (Senin, 16 Oktober 2023) Dengan teleskop dan kamera: a. 2 teleskop SvBonny 60mm b. 2 kamera ZWO ASI 178mono	Kondisi 2A1	Dengan <i>Baffle Diafragma</i>
	Kondisi 2A2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 2B1	Dengan <i>Infrared pass</i> 680nm
	Kondisi 2B2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 2C1	Dengan <i>Baffle</i> dan <i>Infrared</i>
	Kondisi 2C2	Tanpa Instument tambahan
Tanggal 02 Jumadilawal 1445 H (Kamis, 15 November 2023) Dengan teleskop dan kamera: a. 2 teleskop SvBonny 60mm b. 2 kamera ZWO ASI 178mono	Kondisi 3A1	Dengan <i>Baffle Selongsong</i>
	Kondisi 3A2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 3B1	Dengan <i>Infrared pass</i> 680nm
	Kondisi 3B2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 3C1	Dengan <i>Baffle</i> dan <i>Infrared</i>
	Kondisi 3C2	Tanpa Instument tambahan
Tanggal 01 Zulkaidah 1445 H (Kamis, 09 Mei 2024) Dengan teleskop dan kamera: a. 2 teleskop SvBonny 60mm b. 2 kamera ZWO ASI 178mono	Kondisi 4A1	Dengan <i>Baffle Selongsong</i>
	Kondisi 4A2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 4B1	Dengan <i>Infrared pass</i> 680nm
	Kondisi 4B2	Tanpa Instument tambahan
	Kondisi 4C1	Dengan <i>Baffle</i> dan <i>Infrared</i>
	Kondisi 4C2	Tanpa Instument tambahan

Tabel 4. 2. Pengkodean Citra Astrofotografi Hilal

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada citra dengan variasi penggunaan instrumen tambahan didapatkan data yang serupa dalam bentuk peningkatan kontrasnya. Tepi sabit hilal (ROI 01 dan 07) umumnya terjadi peningkatan kontras lebih tinggi dari bagian tengahnya. Sebaran data hasil peningkatan kontras berdasar letak ROI berikut ini:

Citra	ROI 01	ROI 02	ROI 03	ROI 04	ROI 05	ROI 06	ROI 07	Rata - rata
1.A	39.06%	39.00%	20.43%	16.76%	17.58%	7.65%	39.57%	25.72%
1.B	29.99%	23.34%	13.15%	11.69%	12.75%	13.10%	50.15%	22.02%
1.C	121.80%	59.48%	45.31%	29.72%	35.33%	40.47%	90.91%	60.43%
2.A	23.90%	14.99%	10.97%	11.97%	9.97%	7.18%	12.23%	13.03%
2.B	2.92%	1.43%	3.96%	1.63%	1.91%	2.15%	2.55%	2.36%
2.C	24.55%	12.60%	10.17%	8.18%	9.12%	8.88%	53.32%	18.12%
3.A	11.79%	8.11%	10.46%	10.35%	6.95%	5.96%	11.86%	9.35%
3.B	20.44%	16.88%	19.03%	19.21%	14.97%	13.44%	34.17%	19.74%
3.C	82.56%	47.22%	49.36%	50.00%	64.83%	61.35%	103.74%	65.58%
4.A	14.35%	11.62%	10.37%	9.32%	4.30%	24.64%	14.25%	12.69%
4.B	41.48%	15.40%	15.16%	9.13%	17.26%	17.73%	44.68%	22.98%
4.C	20.57%	18.50%	10.20%	11.54%	7.04%	8.97%	14.83%	13.09%

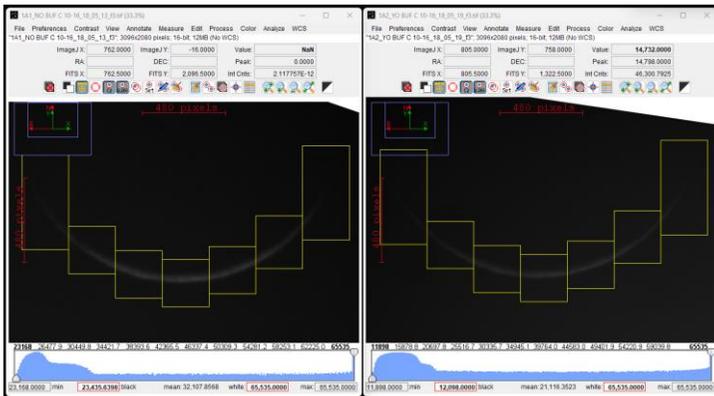
Tabel 4. 3 Data hasil pengukuran dan perhitungan



Gambar 4. 1 Sebaran peningkatan kontras berdasar daerah ROI nya

A. Analisis Efektivitas Astrofotografi Hilal Dengan *Baffle*

Hasil fotometri pada citra hilal di kondisi ini menghasilkan informasi berupa persen nilai peningkatan kontras hilal jika astrofotografi Hilal menggunakan instrumen tambahan *Baffle*. Secara visual citra dengan menggunakan instrumen tambahan berupa *Baffle* menghasilkan tampak lebih gelap daripada tanpanya. Sehingga pada pengukuran akan memberikan informasi nilai I_{maks} dan I_{min} pada citra dengan *Baffle* bernilai lebih kecil. Demikian terjadi karena *Baffle* memiliki sistem kerja untuk mengurangi penangkapan cahaya selain objek yang dituju seperti cahaya senja. Selain terjadi pengurangan intensitas cahaya pada cahaya senja juga akan mengurangi intensitas cahaya Hilal. Seperti gambar berikut ini:



Gambar 4. 2 Perbandingan visual 1.A.1 (kiri) dan visual 1.A.2 (kanan)

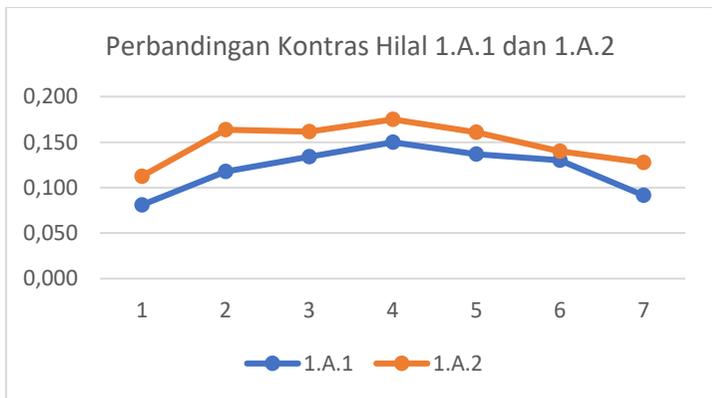
Namun pada perhitungannya nilai kontrasnya lebih tinggi pada citra yang menggunakan *Baffle* sehingga terjadi peningkatan nilai kontras jika dibandingkan dengan citra tidak menggunakan *Baffle*. Nilai kontras dan peningkatannya beserta grafik berdasarkan tiap tanggal rukyatulhilal, ialah sebagai berikut:

1. Fotometri Kondisi 1.A.1 dan 1.A.2

Pada kondisi 1.A. data diambil pada pukul 18:05 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:49 WIB. Dengan posisi Hilal di azimut $253^{\circ} 37' 40''$ dan ketinggian $13^{\circ} 17' 50''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $260^{\circ} 38' 27''$ dan ketinggian $-04^{\circ} 22' 50''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 50ms dan Gain bernilai 2. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	1.A.1	1.A.2		
ROI ke-1	0,081	0,113	0,032	39.06%
ROI ke-2	0,118	0,164	0,046	39.00%
ROI ke-3	0,134	0,161	0,027	20.43%
ROI ke-4	0,150	0,175	0,025	16.76%
ROI ke-5	0,137	0,161	0,024	17.58%
ROI ke-6	0,130	0,140	0,010	7.65%
ROI ke-7	0,091	0,128	0,036	39.57%
Rata-rata			0,029	25.72%

Tabel 4. 4 Perbandingan dan peningkatan kontras 1.A.1 dan 1.A.2



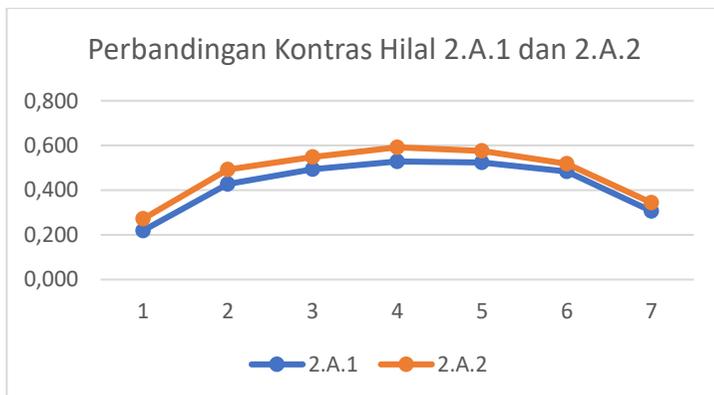
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan kontras 1.A.1 dan 1.A.2

2. Fotometri Kondisi 2.A.1 dan 2.A.2

Pada kondisi 2.A. data diambil pada pukul 18:13 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:49 WIB. Dengan posisi Hilal di azimuth $253^{\circ} 21' 50''$ dan ketinggian $4^{\circ} 54' 33''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $260^{\circ} 38' 27''$ dan ketinggian $-13^{\circ} 15' 09''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 100ms dan Gain bernilai 3. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	2.A.1	2.A.2		
ROI ke-1	0,219	0,272	0,052	23.90%
ROI ke-2	0,428	0,492	0,064	14.99%
ROI ke-3	0,494	0,548	0,054	10.97%
ROI ke-4	0,529	0,592	0,063	11.97%
ROI ke-5	0,524	0,576	0,052	9.97%
ROI ke-6	0,484	0,519	0,035	7.18%
ROI ke-7	0,307	0,344	0,038	12.23%
Rata-rata			0,054	13.03%

Tabel 4. 5 Perbandingan dan peningkatan kontras 2.A.1 dan 2.A.2



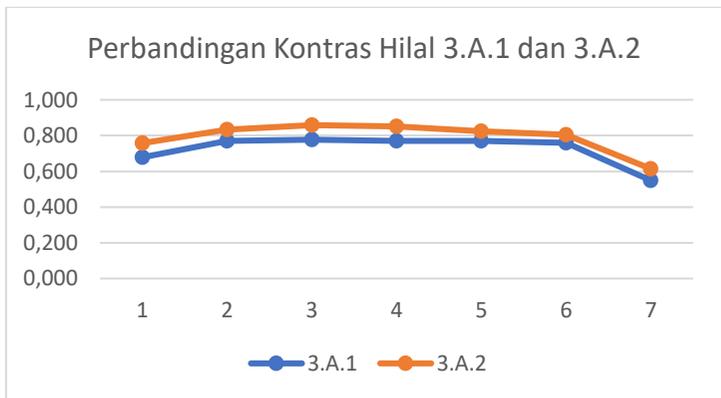
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan kontras 2.A.1 dan 2.A.2

3. Fotometri Kondisi 3.A.1 dan 3.A.2

Pada kondisi 3.A. data diambil pada pukul 17:48 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:25 WIB. Dengan posisi Hilal di azimut $243^{\circ} 49' 56''$ dan ketinggian $17^{\circ} 59' 17''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $250^{\circ} 57' 55''$ dan ketinggian $-05^{\circ} 53' 01''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 58,39ms dan nilai *Gain* 109. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	3.A.1	3.A.2		
ROI ke-1	0,678	0,758	0,080	11.79%
ROI ke-2	0,771	0,833	0,063	8.11%
ROI ke-3	0,777	0,858	0,081	10.46%
ROI ke-4	0,771	0,851	0,080	10.35%
ROI ke-5	0,771	0,824	0,054	6.95%
ROI ke-6	0,759	0,804	0,045	5.96%
ROI ke-7	0,549	0,614	0,065	11.86%
Rata-rata			0,072	9.35%

Tabel 4. 6 Perbandingan dan peningkatan kontras 3.A.1 dan 3.A.2



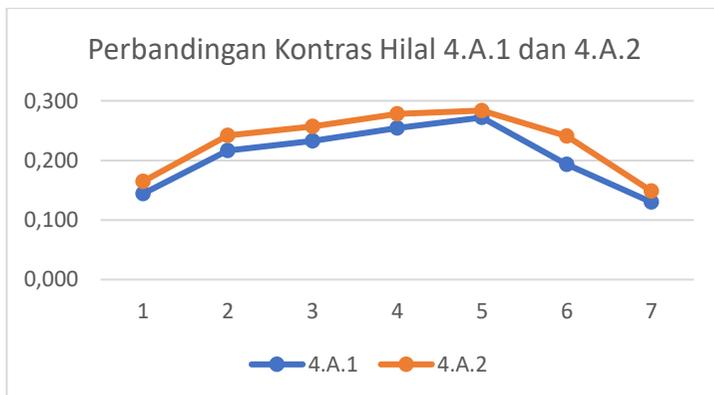
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan kontras 3.A.1 dan 3.A.2

4. Fotometri Kondisi 4.A.1 dan 4.A.2

Pada kondisi 4.A. data diambil pada pukul 17:41 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:17 WIB. Dengan posisi Hilal di azimuth $297^{\circ} 15' 08''$ dan ketinggian $7^{\circ} 37' 55''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $286^{\circ} 58' 36''$ dan ketinggian $-06^{\circ} 01' 58''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 08ms dan nilai *Gain* 143. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	4.A.1	4.A.2		
ROI ke-1	0,144	0,165	0,021	14.35%
ROI ke-2	0,216	0,242	0,025	11.62%
ROI ke-3	0,233	0,257	0,024	10.37%
ROI ke-4	0,254	0,278	0,024	9.32%
ROI ke-5	0,272	0,284	0,012	4.30%
ROI ke-6	0,193	0,241	0,048	24.64%
ROI ke-7	0,130	0,148	0,019	11.94%
Rata-rata			0,072	12.69%

Tabel 4. 7 Perbandingan dan peningkatan kontras 4.A.1 dan 4.A.2



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan kontras 4.A.1 dan 4.A.2

Secara visual hasil citra dengan tambahan *Buffle* akan tampak lebih gelap daripada citra dengan tanpa tambahan *Buffle*. Namun berdasarkan hasil penyajian hasil pengukuran dan perhitungan di atas dapat dipahami bahwa semua bagian selalu terjadi peningkatan kontras pada citra yang menggunakan tambahan *Buffle*. Sebaran hasil dari 8 citra yang terbagi 4 kondisi yang terdapat 7 ROI di tiap citranya didapatkan peningkatan terendah bernilai 4.30% terdapat pada ROI ke-5 di Hilal 4.A. Sedangkan peningkatan maksimum 39.57% pada ROI ke-7 di Hilal 1.A. Dengan rata-rata seluruh ROI di seluruh kondisi Hilal 1.A hingga 4.A didapatkan nilai 15.20%.

Pembagian ROI berdasarkan sebaran luas cahaya hilal dengan intensitas cahaya paling tinggi berada di bagian tengah hilal dan makin mengecil ke ujung sabit hilal begitu pula dengan nilai kontrasnya. Hal tersebut ditujukan guna mengetahui pengaruh *Buffle* di tiap bagian ROI citra Hilal. Namun secara konsisten peningkatan kontras paling tinggi terdapat pada bagian ujung Hilal dan makin mengecil pada bagian tengah Hilal. Demikian terjadi karena adanya pengurangan intensitas cahaya senja sebagai latar citra akibat dari penggunaan *Buffle*, sehingga meningkatkan rasio antar kontras dari 2 citra bagian ujung Hilal sehingga terjadi peningkatan nilai kontras hilalnya.

Beragamnya nilai kontras dan peningkatan kontras secara keseluruhan pada kondisi-kondisi di atas didapatkan dari perbedaan pengaturan pencahayaan kamera (besar *Exposure* dan *Gain*). Selain pengaturan kamera, kondisi yang mempengaruhi diantaranya beda kondisi atmosfernya. Pada kondisi 1.A. dan 1.B. dengan hari rukyatulhilal yang sama jangkauan nilai kontras dan peningkatan

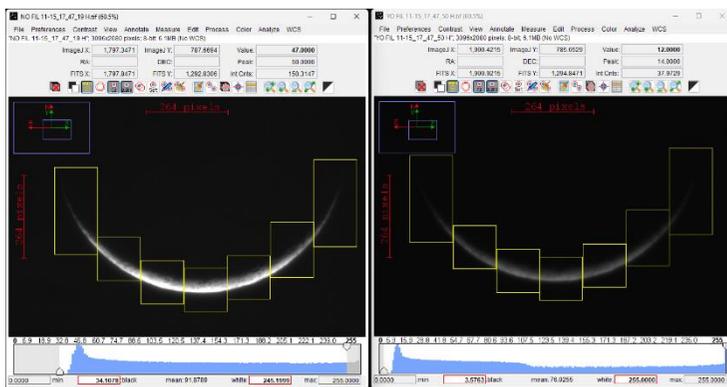
kontrasnya berada di rentang yang sama. Kemiringan Hilal terhadap Matahari dampak dari beda azimuth juga tidak menunjukkan pengaruh konsistensi terhadap peningkatan kontrasnya. Demikian dengan ketinggian tidak memberikan pengaruh signifikan pada peningkatan kontrasnya pula. Sehingga dapat dipahami posisi Bulan terhadap Matahari tidak memberi pengaruh peningkatan kontras.

Berdasarkan analisis sudut luas citra atau *Field of View* (FoV) terdapat pengaruh berdasar data yang disajikan kondisi 1.A dan 2.A. FoV lebih kecil terdapat pada kondisi 1.A. menggunakan teleskop panjang fokus 90mm sedangkan kondisi 1.B panjang fokus 60mm. Kedua kondisi tersebut menggunakan kamera yang sama dan menggunakan *Buffle* dengan karakter yang sama pada keduanya. Hasil yang didapat ialah pada FoV yang lebih kecil peningkatan kontrasnya lebih tinggi. Nilai Pada kondisi 1.A rata-rata peningkatan kontrasnya 19,70% sedangkan kondisi 1.B peningkatannya 11,37%.

Didapati hasil secara keseluruhan bahwa penggunaan *Buffle* pada astrofotografi Hilal menghasilkan peningkatan kontras pada seluruh bagian Hilal. Secara tetap hasil pengukuran menyajikan peningkatan kontras paling tinggi terdapat pada bagian tepi sabit hilal. Dengan pengaruh peningkatan paling tinggi pada citra dengan luas sudut atau *Field of View* (FoV) paling kecil dan tidak tampak pengaruh konsisten dari posisi Bulan terhadap Matahari. Walaupun visual citra tampak lebih gelap namun peningkatan kontrasnya dapat dimanfaatkan lebih lanjut pada *Image Processing* citra Hilal. Sehingga dapat dipahami penggunaan instrumen tambahan *Buffle* cukup efektif dalam astrofotografi Hilal.

B. Analisis Efektivitas Astrofotografi Hilal Dengan *Infrared Filter*

Hasil fotometri pada citra hilal di kondisi ini menghasilkan informasi berupa persen nilai peningkatan kontras hilal jika astrofotografi Hilal dengan tambahan *Infrared Filter Near 608nm*. Secara visual citra dengan menggunakan instrumen tambahan *Infrared Filter* menghasilkan tampak lebih gelap daripada tanpanya. Sehingga pada pengukuran memberikan informasi nilai I_{maks} dan I_{min} pada citra dengan *Infrared Filter* bernilai lebih kecil. Demikian terjadi karena *Infrared Filter* memiliki sistem kerja untuk menyempitkan panjang gelombang objek yang dituju. Selain terjadi pengurangan intensitas cahaya pada cahaya senja juga akan mengurangi intensitas cahaya Hilal. Seperti gambar berikut ini:



Gambar 4. 7 Perbandingan visual 3.B.1 (kiri) dan visual 3.B.2 (kanan)

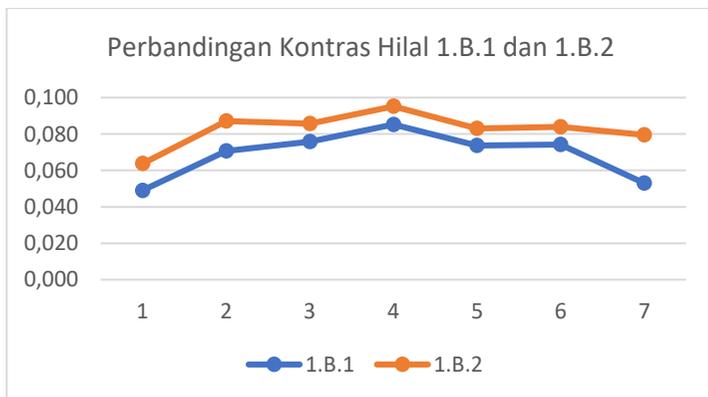
Namun pada perhitungannya nilai kontrasnya lebih tinggi pada citra yang menggunakan *Infrared Filter* sehingga terjadi peningkatan nilai kontras jika dibandingkan dengan citra tidak menggunakannya. Nilai kontras dan peningkatannya beserta grafik berdasarkan tiap tanggal rukyatulhilal, ialah sebagai berikut:

1. Fotometri Kondisi 1.B.1 dan 1.B.2

Pada kondisi 1.B. data diambil pada pukul 17:59 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:49 WIB. Dengan posisi Hilal di azimuth $253^{\circ} 40' 36''$ dan ketinggian $14^{\circ} 41' 26''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $260^{\circ} 47' 52''$ dan ketinggian $-02^{\circ} 54' 08''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 30ms dan Gain bernilai 3. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	1.B.1	1.B.2		
ROI ke-1	0,049	0,064	0,015	29.99%
ROI ke-2	0,071	0,087	0,016	23.34%
ROI ke-3	0,076	0,086	0,010	13.15%
ROI ke-4	0,085	0,095	0,010	11.69%
ROI ke-5	0,074	0,083	0,009	12.75%
ROI ke-6	0,074	0,084	0,010	13.10%
ROI ke-7	0,053	0,080	0,027	50.15%
Rata-rata			0,025	22.02%

Tabel 4. 8 Perbandingan dan peningkatan kontras 1.B.1 dan 1.B.2



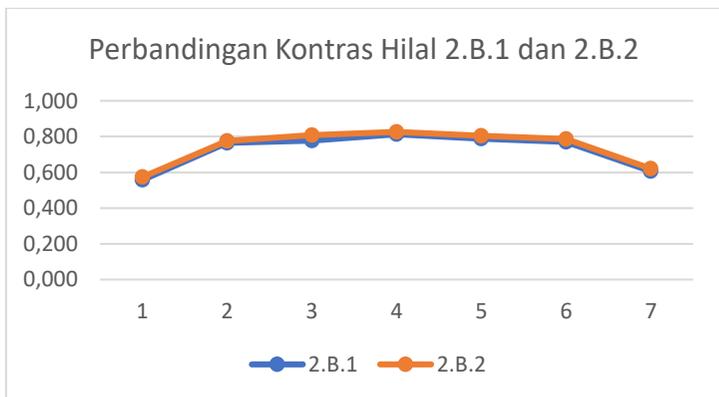
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan kontras 1.B.1 dan 1.B.2

2. Fotometri Kondisi 2.B.1 dan 2.B.2

Pada kondisi 2.B. data diambil pada pukul 18:19 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:51 WIB. Dengan posisi Hilal di azimut $253^{\circ} 28' 31''$ dan ketinggian $10^{\circ} 03' 03''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $260^{\circ} 14' 54''$ dan ketinggian $-7^{\circ} 48' 46''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 100ms dan Gain bernilai 3. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	2.B.1	2.B.2		
ROI ke-1	0,765	0,776	0,011	2.92%
ROI ke-2	0,777	0,807	0,031	1.43%
ROI ke-3	0,813	0,826	0,013	3.96%
ROI ke-4	0,789	0,804	0,015	1.63%
ROI ke-5	0,770	0,786	0,017	1.91%
ROI ke-6	0,606	0,621	0,015	2.15%
ROI ke-7	0,557	0,573	0,016	2.55%
Rata-rata			0,054	2.36%

Tabel 4. 9 Perbandingan dan peningkatan kontras 2.B.1 dan 2.B.2



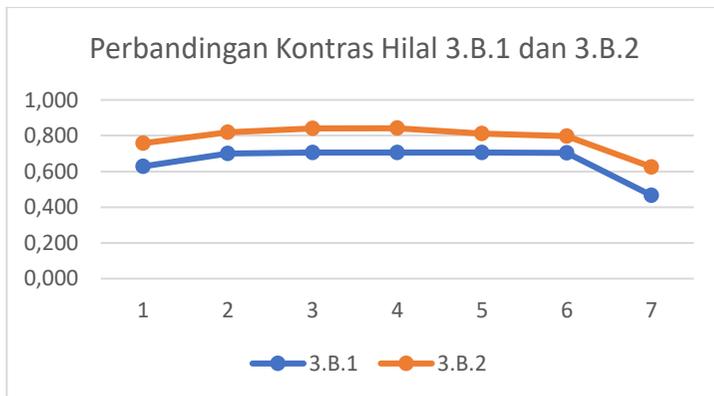
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan kontras 2.B.1 dan 2.B.2

3. Fotometri Kondisi 3.B.1 dan 3.B.2

Pada kondisi 3.B. data diambil pada pukul 17:47 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:25 WIB. Dengan posisi Hilal di azimut $243^{\circ} 49' 11''$ dan ketinggian $18^{\circ} 12' 11''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $250^{\circ} 30' 21''$ dan ketinggian $-05^{\circ} 39' 01''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 58,39ms dan nilai *Gain* 109. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	3.B.1	3.B.2		
ROI ke-1	0,628	0,757	0,128	20.44%
ROI ke-2	0,700	0,818	0,118	16.88%
ROI ke-3	0,706	0,840	0,134	19.03%
ROI ke-4	0,706	0,841	0,136	19.21%
ROI ke-5	0,706	0,811	0,106	14.97%
ROI ke-6	0,703	0,798	0,095	13.44%
ROI ke-7	0,466	0,625	0,159	34.17%
Rata-rata			0,072	19.74%

Tabel 4. 10 Perbandingan dan peningkatan kontras 3.B.1 dan 3.B.2



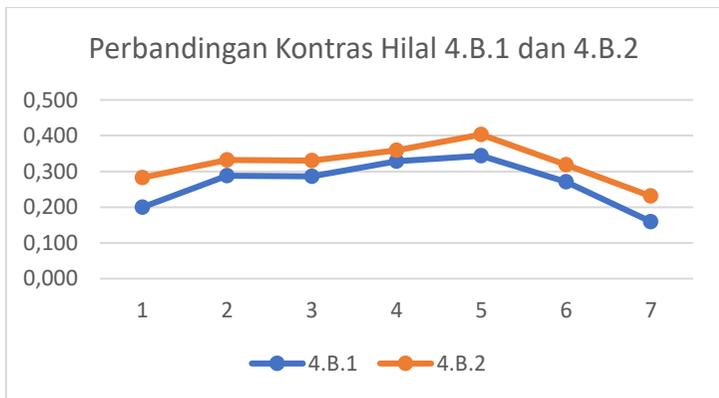
Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan kontras 3.B.1 dan 3.B.2

4. Fotometri Kondisi 4.B.1 dan 4.B.2

Pada kondisi 4.B. data diambil pada pukul 17:42 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:17 WIB. Dengan posisi Hilal di azimut $297^{\circ} 09' 43''$ dan ketinggian $7^{\circ} 12' 24''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $286^{\circ} 55' 41''$ dan ketinggian $-06^{\circ} 30' 26''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 08ms dan nilai *Gain* 143. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	4.B.1	4.B.2		
ROI ke-1	0,200	0,283	0,083	41.48%
ROI ke-2	0,288	0,332	0,044	15.40%
ROI ke-3	0,286	0,330	0,043	15.16%
ROI ke-4	0,329	0,359	0,030	9.13%
ROI ke-5	0,344	0,403	0,059	17.26%
ROI ke-6	0,271	0,319	0,048	17.73%
ROI ke-7	0,160	0,231	0,071	44.68%
Rata-rata			0,054	22.98%

Tabel 4. 11 Perbandingan dan peningkatan kontras 3.B.1 dan 3.B.2



Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan kontras 3.B.1 dan 3.B.2

Ketampakan hilal akan tampak lebih gelap pada citra yang astrofotografi Hilal yang menggunakan tambahan *Infrared Filter* daripada citra dengan tanpanya. Pada kondisi ini berdasarkan hasil fotometri dengan algoritma *Michelson Contrast* dapat dipahami bahwa semua bagian selalu terjadi peningkatan. Sebaran hasil dari 7 ROI pada 4 kondisi yang terdapat 8 citra secara keseluruhan didapatkan peningkatan kontras paling tinggi bernilai 50,15% terdapat pada ROI ke-7 di Hilal 1.B. Sedangkan peningkatan minimum bernilai 1,43% terdapat pada ROI ke-2 di Hilal 2.B. Dengan rata-rata seluruh ROI seluruh kondisi didapat nilai 16,78%.

Sama halnya dengan penggunaan *Buffle* bahwa secara konsisten peningkatan kontras paling tinggi terdapat pada bagian ujung Hilal dan makin mengecil pada bagian tengah Hilal. Hal tersebut karena adanya penyempitan gelombang tampak yang ditangkap pengaruh penggunaan *Infrared Filter* berdampak pada peningkatan rasio kontras pada bagian ujung Hilal. Bagian tengah Hilal peningkatan kontrasnya paling kecil memberikan informasi peningkatan kontras Hilal dengan instrumen tambahan ini berdampak besar pada garis sabit tipis pada citra hilal. Dapat diasumsikan penggunaan *Infrared Filter* pada rukyatulhilal setelah Matahari terbenam dihari yang sama dengan konjungsi akan sangat efektif untuk meningkatkan kontras.

Nilai kontras dan peningkatan kontras dari empat kondisi di atas tidak berada pada rentang yang sama diakibatkan oleh banyak hal. Diantaranya ialah rukyatulhilal yang diselenggarakan pada tiga hari yang berbeda mengakibatkan berbedanya kondisi atmosfer dan pengaturan pencahayaan kamera (besar *Exposure* dan *Gain*).

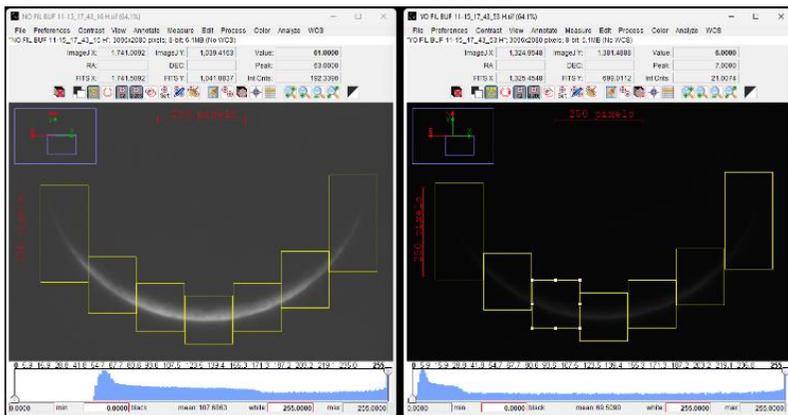
Kondisi posisi Hilal terhadap Matahari tidak memberikan dampak besar pada peningkatannya kontras, namun secara seragam selalu terjadi peningkatan kontras paling tinggi pada bagian ujung hilal. Kondisi 1.B. memiliki FoV = $0,85^\circ \times 0,57^\circ$ sedangkan pada kondisi 2.B. menghasilkan FoV = $1,77^\circ \times 1,19^\circ$ menandakan FoV 2.B. lebih luas berkisar dua kali daripada kondisi 1.B. Berdasarkan hasil pengukuran dua citra yang diambil pada kondisi Hilal di hari yang sama, FoV lebih kecil memberikan peningkatan kontras yang tinggi.

Terdapat hasil yang menyajikan penggunaan *Infrared Filter* peningkakan kontrasnya lebih kecil dibandingkan penggunaan *Buffle* (peningkatan kontras 1.B < 1.A. dan 2.B. < 2.A.). Hal tersebut terjadi pada *Buffle* yang menggunakan diafragma. Sedangkan terdapat hasil secara konsisten pada dua kondisi hilal lainnya, penggunaan *Infrared Filter* memiliki peningkatan kontras lebih tinggi daripada penggunaan *Buffle* selongsong tanpa diafragma.

Didapati hasil secara keseluruhan bahwa astrofotografi Hilal dengan tambahan *Infrared Filter* dapat meningkatkan kontras pada seluruh bagian Hilal. Peningkatan kontras Hilal paling tinggi terdapat pada bagian tepi sabit Hilal. sama seperti penggunaan *Buffle*, penggunaan *Infrared Filter* yang berdampak besar pada peningkatan kontras Hilal lebih tinggi pada FoV yang lebih kecil. *Infrared Filter* lebih kecil peningkatan kontrasnya dibanding dengan *Buffle* berdiafragma dan lebih besar peningkatan kontras *Infrared Filter* dibanding *Buffle* selongsong Sehingga dapat dipahami penggunaan instrumen tambahan *Infrared Filter* dirasa efektif dalam peningkatan kontras hilal pada astrofotografi Hilal.

C. Analisis Efektivitas Astrofotografi Hilal Dengan Buffle dan Infrared Filter

Hasil fotometri pada astrofotografi Hilal dengan *Buffle* dan *Infrared Filter Near 608nm* menghasilkan informasi berupa persen nilai peningkatan kontras hilal. Tampak citra dengan menggunakan instrumen tambahan *Infrared Filter* menghasilkan visual lebih gelap daripada tanpanya. Sehingga pada pengukuran memberikan informasi nilai I_{maks} dan I_{min} bernilai lebih kecil pada citra dengan dua tambahan instrumen ini. Sistem kerja *Infrared Filter* dan *Buffle* memiliki konsekuensi pada penurunan intensitas cahaya di cahaya senja dan cahaya Hilal. Seperti gambar berikut ini:



Gambar 4. 12 Perbandingan visual 3.C.1 (kiri) dan visual 3.C.2 (kanan)

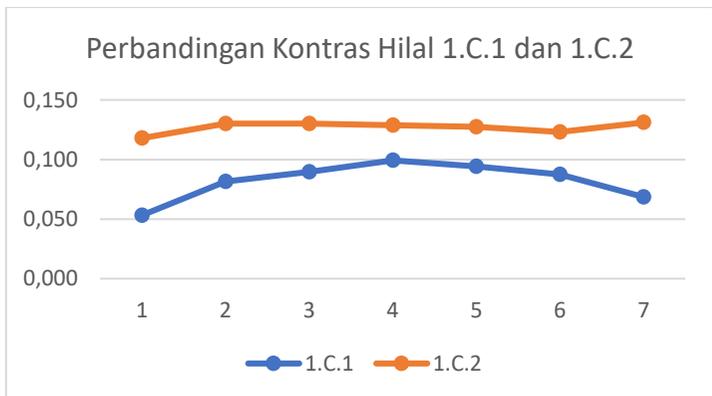
Berdasar hasil perhitungan dari pengukurannya nilai kontrasnya lebih tinggi pada citra dengan menggunakan 2 instrumen tambahan. Terjadi peningkatan nilai kontras jika dibandingkan dengan citra tidak menggunakannya. Nilai kontras dan peningkatannya beserta grafik berdasarkan tiap tanggal rukyatulhilal, ialah sebagai berikut:

1. Fotometri Kondisi 1.C.1 dan 1.C.2

Pada kondisi 1.C. data diambil pada pukul 18:01 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:49 WIB. Dengan posisi Hilal di azimut $253^{\circ} 39' 42''$ dan ketinggian $14^{\circ} 13' 34''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $260^{\circ} 44' 47''$ dan ketinggian $-03^{\circ} 23' 37''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 30ms dan Gain bernilai 3. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	1.C.1	1.C.2		
ROI ke-1	0,053	0,118	0,065	121.80%
ROI ke-2	0,082	0,130	0,049	59.48%
ROI ke-3	0,090	0,130	0,041	45.31%
ROI ke-4	0,099	0,129	0,030	29.72%
ROI ke-5	0,094	0,127	0,033	35.33%
ROI ke-6	0,088	0,123	0,035	40.47%
ROI ke-7	0,069	0,131	0,062	90.91%
Rata-rata			0,045	60.43%

Tabel 4. 12 Perbandingan Kontras Hilal 1.C.1 dan 1.C.2



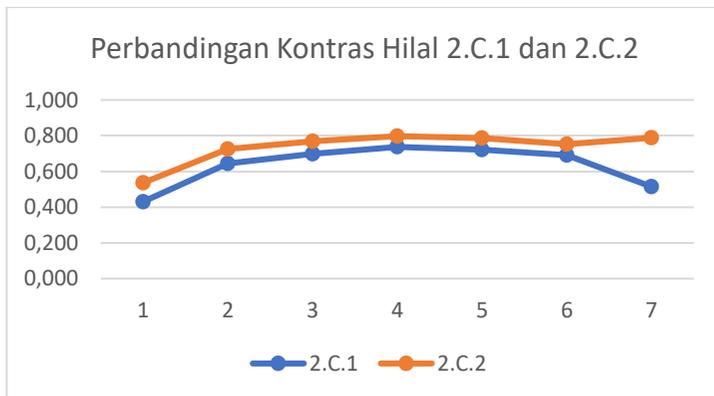
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan kontras 1.C.1 dan 1.C.2

2. Fotometri Kondisi 2.C.1 dan 2.C.2

Pada kondisi 2.C. data diambil pada pukul 18:17 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:51 WIB. Dengan posisi Hilal di azimuth $253^{\circ} 30' 01''$ dan ketinggian $10^{\circ} 30' 03''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $260^{\circ} 18' 24''$ dan ketinggian $-7^{\circ} 19' 46''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 100ms dan Gain bernilai 3. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	2.C.1	2.C.2		
ROI ke-1	0,430	0,536	0,106	24.55%
ROI ke-2	0,644	0,726	0,081	12.60%
ROI ke-3	0,698	0,769	0,071	10.17%
ROI ke-4	0,737	0,797	0,060	8.18%
ROI ke-5	0,721	0,787	0,066	9.12%
ROI ke-6	0,691	0,752	0,061	8.88%
ROI ke-7	0,514	0,789	0,274	53.32%
Rata-rata			0,103	18.12%

Tabel 4. 13 Perbandingan Kontras Hilal 2.C.1 dan 2.C.2



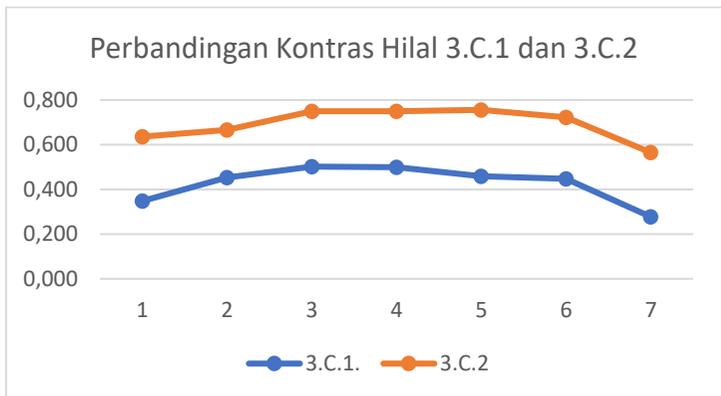
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan kontras 2.C.1 dan 2.C.2

3. Fotometri Kondisi 3.C.1 dan 3.C.2

Pada kondisi 3.C. data diambil pada pukul 17:43 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:25 WIB. Dengan posisi Hilal di azimut $243^{\circ} 47' 55''$ dan ketinggian $19^{\circ} 03' 47''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $250^{\circ} 39' 50''$ dan ketinggian $-04^{\circ} 42' 53''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 27,65ms dan nilai *Gain* 109.

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	3.C.1.	3.C.2		
ROI ke-1	0,349	0,636	0,288	82.56%
ROI ke-2	0,453	0,667	0,214	47.22%
ROI ke-3	0,502	0,750	0,248	49.36%
ROI ke-4	0,500	0,750	0,250	50.00%
ROI ke-5	0,459	0,756	0,297	64.83%
ROI ke-6	0,448	0,722	0,275	61.35%
ROI ke-7	0,277	0,565	0,288	103.74%
Rata-rata			0,266	65.58%

Tabel 4. 14 Perbandingan Kontras Hilal 3.C.1 dan 3.C.2



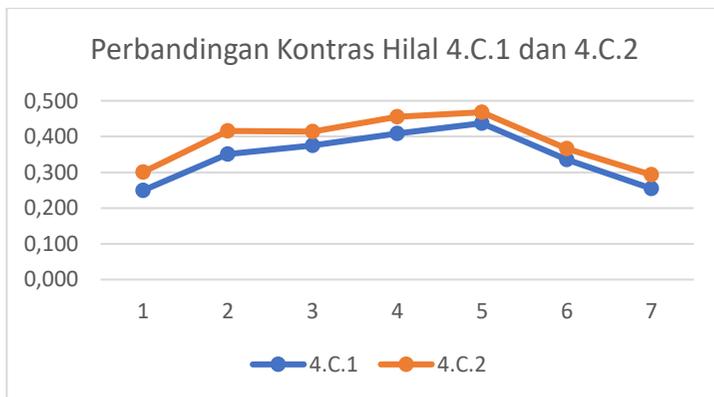
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan kontras 3.C.1 dan 2.C.2

4. Fotometri Kondisi 4.C.1 dan 4.C.2

Pada kondisi 4.B. data diambil pada pukul 17:44 WIB dengan Matahari tenggelam pada pukul 17:17 WIB. Dengan posisi Hilal di azimuth $297^{\circ} 06' 43''$ dan ketinggian $6^{\circ} 58' 24''$. Sedangkan posisi Matahari di Azimuth $286^{\circ} 54' 05''$ dan ketinggian $-06^{\circ} 46' 19''$. Pengaturan pencahayaan kamera di Sharpcap ialah *Exposure* bernilai 18ms dan nilai *Gain* 143. Berikut ini data dan grafik kontrasnya:

Sebaran Wilayah	Nilai Kontras		Selisih Kontras	Peningkatan Kontras
	4.C.1	4.C.2		
ROI ke-1	0,249	0,301	0,051	20.57%
ROI ke-2	0,351	0,415	0,065	18.50%
ROI ke-3	0,375	0,414	0,038	10.20%
ROI ke-4	0,409	0,456	0,047	11.54%
ROI ke-5	0,437	0,468	0,031	7.04%
ROI ke-6	0,336	0,366	0,030	8.97%
ROI ke-7	0,255	0,293	0,038	14.83%
Rata-rata			0,043	13.09%

Tabel 4. 15 Perbandingan Kontras Hilal 4.C.1 dan 4.C.2



Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan kontras 4.C.1 dan 4.C.2

Pengaruh dari penggunaan *Buffle* yang digunakan bersama dengan *Infrared Filter* mengakibatkan ketampakan jauh lebih gelap. Kedua instrumen tambahan tersebut memiliki dampak langsung pada penurunan intensitas cahaya secara ekstrem. Sebaran hasil pengukuran 8 citra pada 7 ROI di 4 kondisi secara keseluruhan didapatkan peningkatan kontras paling tinggi bernilai 121.80% terdapat pada ROI ke-1 di Hilal 1.C. Sedangkan peningkatan minimum bernilai 7.04% terdapat pada ROI ke-5 di Hilal 2.B. Dengan rata-rata seluruh ROI seluruh kondisi didapat nilai 39.31%.

Penggunaan *Buffle* dan *Infrared Filter* secara bersamaan akan menghasilkan peningkatan kontras dengan nilai lebih tinggi jika dibandingkan penggunaan salah satu dari dua instrumen tersebut. Hal itu merupakan dampak langsung dari sistem kerja *Buffle* yang menghalangi sumber cahaya lain selain objek yang dituju, dan *Infrared Filter* mempersempit panjang gelombang yang ditangkap. Secara visual citra yang menggunakan perpaduan instrumen tambahan tersebut akan tampak jauh lebih gelap daripada tanpanya, sehingga menghasilkan nilai intensitas cahaya lebih rendah. Pada latar citra berupa cahaya senja akan mengalami penurunan drastis pada intensitas cahayanya, dan terdapat penurunan intensitas cahaya Hilal yang juga menurun secara drastis. Namun hasil peningkatan kontrasnya menghasilkan peningkatan yang sangat tinggi.

Dalam rata-rata hasil peningkatan kontrasnya menunjukkan rasio selisih kontras yang tinggi sehingga menyajikan peningkatan kontras yang jauh lebih tinggi daripada penggunaan salah satu instrumen. Pada dua kondisi pada sampel data rukyatulhilar

Rabiulakhir 1445 H didapatkan pada kondisi 1.C. rata-rata peningkatan kontrasnya setara dengan rata-rata peningkatan kontras 1.A ditambah 1.B. Begitupula dengan kondisi 2.C. nilai rata-rata peningkatan kontrasnya setara dengan penggabungan rata-rata peningkatan kontras 2.A. dan 2.B. Hal serupa pula terjadi di hasil rukyatulhلال Jumadilawal 1445 H.

Terdapat hasil peningkatan kontras yang tidak serupa pada empat kondisi tersebut. Pada kondisi 4.C keseluruhan peningkatan kontrasnya lebih rendah daripada peningkatan kontras 4.A dan 4B. Berdasarkan hasil pelacakan pada kondisi ufuk barat didapatkan bahwa ham 17:41 WIB hingga 17:42 WIB Hilal tidak tertutup awan. Sedangkan tepat jam 17:44 WIB Hilal tepat berada dibelakang awan gelap yang masih bersifat transparan dan dapat menampakkan Hilal. Pada anomali hasil pengukuran kondisi 4.C. tersebut memberikan informasi bahwa kinerja instrumen tambahan tidak bekerja efektif apabila Hilal tertutup objek penghalang dalam hal ini berupa awan. Berikut dokumentasi perbandingan kondisi atmosfer pada kondisi 4.C. dan 4.A serta 4.B:



Gambar 4. 17 Kondisi atmosfer ufuk barat pada kondisi 4.A, 4.B, 4.C.

Sama halnya dengan penggunaan *Buffle* dan *Infrared Filter* secara terpisah, keduanya digunakan secara bersama menunjukkan konsistensi peningkatan kontras paling tinggi terdapat pada bagian ujung Hilal dan makin mengecil pada bagian tengah Hilal. Hal tersebut karena sistem kerja yang disebabkan oleh keduanya berdampak pada peningkatkan rasio kontras pada bagian ujung Hilal. Didapati hasil secara keseluruhan bahwa astrofotografi Hilal dengan tambahan *Buffle* dan *Infrared Filter* dapat meningkatkan kontras pada seluruh bagian Hilal. Sehingga dapat dipahami penggunaan instrumen tambahan *Infrared Filter* dirasa cukup efektif dalam peningkatan kotras hilal pada astrofotografi Hilal

Berdasar penyajian data pada kondisi-kondisi dan penggunaan instrument yang berbeda. Dapat dipahami bahwa dampak penggunaan instrumen tersebut terdapat kesamaan dan perbedaan berdasar karakternya masing-masing. Selain pengaruh penggunaan intrument yang berbeda pada peningkatan kontras seperti yang telah disajikan pada analisis-analisis di atas, juga terdapat dampak yang sama pada ketiga instrumen. Diantaranya ialah visual citra akan tampak lebih gelap. Informasi kondisi nilai kontras paling tingginya pada bagian tengah Hilal, sedangkan peningkatan kontras paling tinggi terdapat pada bagian tepi sabit Hilal. Peningkatan kontras dan nilai intensitas cahanya tidak terpengaruh oleh posisi Hilal terhadap Matahari. Pengaruh penggunaan instrumen tambahan kurang efektif pada kondisi Hilal yang tertutup awan.

Pada penelitian ini telah dilakukan triangulasi teori dengan menyajikan hasil analisis pada penerapan dan peningkatan kontras Hilal kepada para

ahli yakni peneliti terdahulu dan para akademisi kompeten bidang ini. Para ahli tersebut ialah Adi Damanhuri peneliti dengan bentuk penelitian yang serupa namun pada Hilal siang hari, Hendra Agus Prastyo dosen program studi Sains Atmosfer Keplanetan (SAP) ITERA Lampung dan Novi Sopwan dosen matakuliah planetarium observatorium dan laboratorium di program studi ilmu falak UIN Sunan Ampel Surabaya. Didapatkan pernyataan bahwa pemaparan penerapan dan uji peningkatan kontras hilal pada penelitian ini ideal berdasarkan kaidah yang digunakan.

Selain kesesuaian hasil dan analisis pada penelitian ini juga terdapat kekurangan pada penelitian ini. Kekurangan pada penelitian ini yang dirasakan oleh peneliti dan pendapat para ahli dalam triangulasi teori diantaranya ialah, penelitian ini hanya dapat dilakukan sebulan sekali selama 10 bulan sehingga kurang bisa mendapatkan hasil dan analisis yang cukup kaya berdasarkan jumlah datanya.¹⁶⁹ Hal tersebut mengakibatkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini hanya terpaku pada kajian astrofotografi hilal yang belum bisa mengkaji pembahasan maupun pengkoreksian kriteria visibilitas Hilal.¹⁷⁰ Selain itu juga terdapat kekurangan pada kerumitan akuisisi data dengan dua instrument berupa dua teleskop dan dua kamera identik juga menggunakan dua laptop.¹⁷¹

¹⁶⁹ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Novi Sopwan di UIN Sunan Ampel Surabaya pada 05 Mei 2024

¹⁷⁰ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Adi Damanhuri di UIN Sunan Ampel Surabaya pada 06 Mei 2024

¹⁷¹ Wawancara dilakukan secara langsung dengan Hendra Agus Prastyo di ITERA Lampung pada 15 Oktober 2024

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan hasil temuan dalam penelitian ini menghasilkan beberapa poin kesimpulan mengenai Uji Efektivitas Peningkatan Kontras Hilal Muda Terhadap Kontras Senja Pada Astrofotografi Dengan Baffle Dan Infrared Filter berupa:

1. Penerapan fotometri kontras pada astrofotografi Hilal membutuhkan prosedur berupa pengukuran yang sistematis dan dapat dipertanggungjawabkan. Fotometer dalam penelitian ini harus dapat mendeskripsikan pengukuran yang menghasilkan data yang dibutuhkan menggunakan aplikasi fotometer AstroImageJ. Prosedur pengukuran berawal dari akuisisi data yang memiliki aturan dan akhir proses dilakukan dengan validasi data guna mendapatkan data dengan karakter identik. Pada penelitian ini perhitungan kontrasnya menggunakan algoritma *Michelson Contrast* dengan rumus ialah intensitas maksimum dikurangi intensitas minimum lalu dibagi oleh intensitas maksimum ditambah intensitas minimum.
2. Pengaruh perubahan pada peningkatan kontras hilal sangat baik berdasar penggunaan *Baffle* atau *Infrared Filter* serta penggunaan keduanya secara bersamaan. Penelitian dengan total 24 data dari 4 tanggal rukyatulhilal pada penelitian ini memiliki satu kondisi hilal termuda berumur 31 jam setelah konjungsi dan memiliki nilai elongasi 16° . Berdasarkan kondisi-

kondisi tersebut didapatkan informasi dampak pada penggunaan instrumen tersebut terdapat kesamaan dan perbedaan berdasar karakter intrumentnya masing-masing. Pada penelitian ini pula terdapat kekurangan dari sedikitnya data yang didapat sehingga belum bisa mengkaji visibilitas hilal pada penelitain ini dan kerumitan pengambilan datanya

B. Saran

Saran penulis berdasar penelitian ini pertama bagi para pelaku rukyatulhilal ialah baiknya astrofotografi hilal digunakan dengan instrumen tambahan berupa *Buffle* atau *Infrared Filter* atau penggunaan keduanya. Penggunaan tambahan instrumen tersebut dapat meingkatkan kontras daripada tanpa digunakannya. Kedua bagi para peneliti dibidang astrofotografi Hilal ialah dilakukan penelitian berikutnya guna mendapatkan informasi peningkatan kontras dengan tambahan instrumen lainnya.

C. Penutup

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang mana penulis ucapkan sebagai rasa syukur karena telah menyelesaikan tesis ini. Terlepas dari upaya terbaik penulis, penulis menganggap bahwa tesis ini masih mengandung banyak kekurangan dan kelemahan dari berbagai perspektif. Penulis, di sisi lain, berdoa dan berharap agar tesis ini bermanfaat bagi pembaca dan penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu al-Hasan al-Qusyairy al-Naisaburi, Muslim bin al-Hajjaj. *Al-Jami' Al-Shahih Al-Musamma Shahih Muslim*. Bairut: Darul Kutub, 1992.
- Adminranto, A. Gunawan. *Menjelajahi Bintang Galaksi Dan Alam Semesta*. Yogyakarta: Kanisius, 2009.
- Adobe. *Adobe Photoshop Help*, 2019.
- Aini, Shofwatul. “Disparitas Antara Hisab Dan Rukyat: Akar Perbedaan Dan Kompleksitas Percabangannya.” *Muslim Heritage* 2, no. 1 (2017).
- Arkanuddin, Mutoha, and Muh. Ma'rufin Sudiby. “Kriteria Visibilitas Hilal Rukyatul Hilal Indonesia (RHI) (Konsep, Kriteria, Dan Implementasi).” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 1, no. 1 (2015): 34–44.
- Asimov, Isaac. “A.A. Michelson.” *Encyclopaedia Britannica, Inc*, 2024. <https://www.britannica.com/biography/A-A-Michelson>.
- Astroimagej Founder. “AstroImageJ 2.4.1 User Guide plus Getting Started with Differential Photometry.” *Manual Book*, 2019, 1–41.
- Asy-Syarwani, Abdul Hamid. “Hawasyi Tuhfatul Muhtaj Bi Syahril Minhaj.” Mesir: Musthafa Muhammad, n.d.
- Azhari, Susiknan. *Hisab & Rukyat: Wacana Untuk Membangun Kebersamaan Di Tengah Perbedaan*. Pustaka Pelajar, 2007.
- Bex, Peter J., and Walter Makous. “Spatial Frequency, Phase, and the Contrast of Natural Images.” *Journal of the Optical Society of America A*, 2002, 1096.
- Brasch, Klaus. “A Short History of Astrophotography.” *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* 111, no. 6 (2017).
- Cendekia, Google. “Ahmad Junaidi.” *Google Cendekia*. Accessed March 1, 2024. <https://scholar.google.co.id/citations?hl=id&user=FxuyszwwAAAAJ>

- Collins, Karen A., John F. Kielkopf, Keivan G. Stassun, and Frederic V. Hessman. "Astroimagej: Image Processing and Photometric Expanded Edition." *The Astronomical Journal* 153, no. 2 (2017): 77.
- . "Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves." *The Astronomical Journal* 153, no. 2 (2017): 77.
- Damanhuri, Adi. "Analisis Komparasi Nilai Kontras Michelson Pada Pengamatan Hilal Berbasis Open Computer Vision." *El Falaky*, 2023.
- . "Desain Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari." *Semnastek*, 2015, 1–19.
- . "Petunjuk Sistem Pengamatan Sabit Bulan Di Siang Hari." Thesis, ITB, 2017.
- Djamaludin, Thomas, Muhammad Husni, and Sunaijo Sunaijo. *Hisab Rukyat Di Indonesia Serta Permasalahannya*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2010.
- Drajat, Muhammad Syamsu Alam. "Penentuan Awal Bulan Ramadhan Dan Syawal 1441 H. / 2020 M. Dengan Teknik Astrofotografi (Analisis Hasil Hisab Kontemporer 'Ephemeris Al-Falakiah' Karya Sriyatin Shodiq Al-Falaky)." Thesis, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, 2021.
- Erdanto, Danang. *Pengantar Kosmografi*. Surakarta: UNS Press, 2005.
- Fatoohi, Louay J., F. Richard Stephenson, and Shetha Al-Dargazelli. "The Babylonian First Visibility of the Lunar Crescent : Data and Criterion." *JHA* 30, no. January 1999 (1999).
- Firdaus, Muhammad Dimas. "Studi Analisis Standard Operating Procedure (SOP) Pengamatan Hilal Observatorium Bosscha." Skripsi, UIN Walisongo Semarang, 2019.
- Firdaus, Muhammad Dimas, Arwin Juli Rakhmadi, Muhammad Hidayat, and Hariyadi Putraga. "Study of Hilal's Contrast Using Infrared Filter in Daylight Hilal Observation" 4 (2023): 614–21.

- Ghofur, Abdul, and Sulistiyono Sulistiyono. “Peran Ulama Dalam Legislasi Modern Hukum Islam.” *Jurnal Ilmu Syari’ah Dan Hukum* 49, no. 2 (2015): 265–91.
- Glover, Robiin, and David Richards. *SharpCap User Manual. Founder SharpCap*, 2017. <https://docs.sharpcap.co.uk/2.9/>.
- H.M., Muhtarom. *Reproduksi Ulama Di Era Globalisasi: Resistansi Tradisional Islam*. Jakarta: Pustaka Pelajar, 2005.
- Hanifah, Dinna. “Fisiologi Sensitivitas Kontras Dan Tajam Penglihatan.” Skripsi, Universitas Padjajaran, 2023.
- Herdiwijaya, Dhani, Mitra Djamal, Hendra Gunawan, Zanzabila A Mexsida, Denny Mandey, and Rio N Wijaya. “Developing Telescope Baffle for Increasing Contrast of the Very Young Lunar Crescent.” *Proceedings of the Third International Conference on Mathematics and Natural Sciences*, 2010, 1214–20.
- Hidayat, Ehsan. “Sejarah Perkembangan Hisab Dan Rukyat.” *Elfalaky* 3, no. 1 (2019): 56–70.
- Hidayat, T., P. Mahasena, B. Dermawan, D. Herdiwijaya, H. Setyanto, M. Irfan, B. Suhardiman, and A. Santoso. “Developing Information System on Lunar Crescent Observations.” *ITB Journal of Science* 42 A, no. 1 (2010): 67–80.
- Ibnu Hajar al-Haitami, Ahmad. “Hamisy Hawashi Tuhfatul Al-Muhtaj Bi Sharhi Al-Minhaj.” Mesir: Musthafa Muhammad, n.d.
- Irvan, Irvan, and Leo Hermawan. “Mengenal Jenis-Jenis Teleskop Dan Penggunaannya.” *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 5, no. 1 (2019): 74–89. doi:10.30596/jam.v5i1.3125.
- Izzuddin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis : Metode Hisab-Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya*. Semarang: Pustaka al-Hilal, 2012.
- . *Sistem Penanggalan*. Semarang: CV. Karya Abadi Jaya, 2015.
- Jannah, Elly Uzlifatul. “Kalender Hijriah Kriteria 29 Dalam Tinjauan Astronomi Dan Fikih.” Thesis, UIN Walisongo Semarang, 2017.

- Johnt, Barbara A. Lynch, and Michelle Perkins. *Illustrated Dictionary of Photography*. Amherst Media, 2008.
- Junaidi, Ahmad. *Astrofotografi “Adopsi Dan Implementasinya Dalam Rukyatulhilar Di Indonesia.”* Yogyakarta: Q-Media, 2021.
- . “Syahadah Rukyatulhilar Using Astro Digital Imaging: From Subjectivity to Objectivity.” *De Jure: Jurnal Hukum Dan Syar’iah*, 2022.
- Kadir, A. *Formula Baru Ilmu Falak : Panduan Lengkap & Praktis*. Jakarta: Amzah, 2012.
- Kahmad, H. Dadang. *Sosiologi Agama*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2006.
- KEMDIKBUD. “PDDikti - Pangkalan Data Pendidikan Tinggi.” *PDDikti*. Accessed October 31, 2023.
https://pddikti.kemdikbud.go.id/search/ilmu_falak.
- Khatib, Ramadhan, Saifuddin Zuhri, Asyhar Shafwan, Ali Maghfur Iskandar, and Sampthan Masduqi. *NU Menjawab Problematika Umat : Keputusan Bahtsul Masail PWNNU Jawa Timur (1991-2013)*. Surabaya: Bina Aswaja, 2013.
- Khazin, Muhyiddin. *Ilmu Falak Dalam Teori Dan Praktik*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.
- Kristiane, Desy. “Penggunaan Teleskop Untuk Rukyat Al-Hilal: Analisis Pendapat Muhammad Bakhit Al-Muṭī’i Dengan Ibnu Hajar Al-Haitamī.” *Bilancia: Jurnal Studi Ilmu Syariah Dan Hukum* 13, no. 2 (2019): 331–54.
- Legault, Thierry. *Astrophotography*. Canada: O’Reilly Media, 2014.
- Madenda, Sarifuddin. *Pengolahan Citra Dan Video Digital*. Jakarta: Erlangga, 2015.
- Mahasena, P., M. Yusuf, M. Irfan, E. I. Akbar, A. T.P. Jatmiko, D. Mandey, A. Setiawan, et al. “CCD Observation Of Daylight Crescent Moon At Bosscha Observatory.” *Journal of Physics: Conference Series* 1127, no. 1 (2019).

- Maratus, Nuril Farida. "Implementasi Neo Visibilitas Hilal MABIMS Di Indonesia." *Ahkam* 10, no. 2 (2022): 227–50.
doi:<https://doi.org/10.21274/ahkam.2022.10.2.1-24>.
- Michelson, Albert Abraham. *Studies In Optics*. Chicago: The University of Chicago Press, 1927.
- Mukarromah, Siti Lailatul. "Implementasi Data Image Processing BMKG Untuk Kriteria Visibilitas Hilal." Thesis, UIN Walisongo Semarang, 2019.
- Mustaqim, Riza Afrian. "Pandangan Ulama Terhadap Image Processing Pada Astrofotografi Di BMKG Untuk Rukyatul Hilal." *Al-Marshad: Jurnal Astronomi Islam Dan Ilmu-Ilmu Berkaitan* 4, no. 1 (2018): 12–30.
- Mustofa, Agus. *Mengintip Bulan Sabit Sebelum Maghrib*. Surabaya: PADMA Press, 2014.
- Nawawi, Abd. Salam. *Ilmu Falak Praktis Hisab Waktu Salat, Arah Kiblat, Dan Kalender Hijriah*. Surabaya: Imtiyaz, 2016.
- Odeh, Mohammad. "New Criterion for Lunar Crescent Visibility." *Experimental Astronomy* 18, no. 1 (2004).
- Paken, Pandiangan. *Fisika Dasar I (Pengukuran Dan Sistem Satuan Dalam Fisika)*. Jakarta: Universitas Terbuka, 2014.
- Qulub, Siti Tatmainul. *Ilmu Falak Dari Sejarah Ke Teori Dan Aplikasi*. Depok: Rajawali Pers, 2017.
- Raharto, Moedji. *Teknologi Optik Sebagai Pembantu Penetapan Awal Bulan Hijriyah/Qamariyah. Makalah Seminar Hisab Rukyat*. Jakarta: Badan Litbang Agama dan Diklat Keagamaan - Departemen Agama RI, 20-22 Mei, 2003.
- Rahman Fitra, Tasnim, and Rahmadi Rahmadi. "Historiografi Hisab Rukyah." *Jurnal Pendidikan Sejarah* 12, no. 1 (2023): 21–47.
- Ridwan, Ridwan. *Kontestasi Mazhab Hisab Dan Rukyat Di Indonesia*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu Group, 2008.
- Rofiuddin, Ahmad Adib. "Pemikiran Muhammad Abdul Hayy Tentang

Penentuan Awal Bulan Hijriah Dengan Metode Rukyatul Hilal Pada Siang Hari.” *JURNAL LENTERA: Kajian Keagamaan, Keilmuan Dan Teknologi* 18, no. 1 (2019): 92–110. doi:<https://doi.org/10.29138/lentera.v18i1.117>.

Rohmah, Nihayatur. “Observasi Dan Observatorium (Peluang Dan Tantangan Rukyatul Hilal Di Indonesia).” *Jurnal Studi Islam Dan Sosial* 12, no. 2 (2018): 153–65.

———. *Syafaq & Fajar : Verifikasi Dengan Aplikasi Fotometri*. Yogyakarta: Lintang Rasi Aksara Books, 2012.

Royyani, Muh Arif, Abdul Mufid, M. Ihtirozun Ni’am, Alfian Qodri Azizi, and Achmad Azis Abidin. “Shahadah ’Ilmy; Integrating Fiqh and Astronomy Paradigm in Determining The Arrival of Lunar Months in Indonesia.” *Al-Ihkam: Jurnal Hukum Dan Pranata Sosial* 16, no. 2 (2021): 503–24. doi:10.19105/AL-LHKAM.V16I2.5320.

Rudi, Rudi. “Perdana ITERA Gunakan Teleskop OZT – ALTS Untuk Amati Hilal Ramadan.” *ITERA NEWS*, 2022. <https://www.itera.ac.id/perdana-itera-gunakan-teleskop-ozt-alt-untuk-amati-hilal-ramadan/>.

Ruskanda, Farid, Darsa Sukartadiredja, G. Hanny Budi Santoso, Zalbawi Soejoeti, Ma`ruf Amin, Wahyu Widiana, and Basith Wachid. *Rukyah Dengan Teknologi : Upaya Mencari Kesamaan Pandangan Tentang Penentuan Awal Ramadhan Dan Syawal*. Jakarta: Gema Insani Press, 1994.

Ruskanda, Samsyul Farid. *100 Masalah Hisab Dan Rukyat: Telaah Syariah, Sains Dan Teknologi*. Gema Insani Press, 1996.

Sado, Arino Bemi. “Kajian Fiqih Sains Terhadap Kecerlangan Hilal Sebagai Prasyarat Terlihat Hilal Kriteria Danjon Dan Kriteria Djamaluddin.” *Andrew’s Disease of the Skin Clinical Dermatology*. 16, no. 2 (2017).

Sakirman, Sakirman. “Analisis Fotometri Kontras Visibilitas Hilal Terhadap Cahaya Syafaq.” Thesis, UIN Walisngo Semarang, 2012.

———. “Respon Fikih Terhadap Perkembangan Teknologi Rukyat.” *Al-*

Manahij: Jurnal Kajian Hukum Islam 14, no. 1 (June 2, 2020): 69–86. doi:10.24090/mnh.v14i1.3190.

Sholehuddin, Muhammad. “Analisis Pendapat Tokoh Majelis Tarjih Dan Tajdid Muhammadiyah Tentang Keberadaan Observatorium Di Muhammadiyah.” Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, 2023.

Strasburger, Hans. “Seven Myths on Crowding and Peripheral Vision.” *I-Perception* 11, no. 3 (2020): 2041669520913052. doi:10.1177/2041669520913052.

Syamsudin, Din. *Pengantar, Mengintip Bulan Sabit Sebelum Maghrib*. Surabaya: PADMA Press, 2014.

Walisongo, Pascasarjana UIN. *Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah*. Semarang: Pascasarjana UIN Walisongo, 2022.

Wasilah, Al Siti. “Dinamika Kriteria Penetapan Awal Bulan Kamariah (Studi Terhadap Organisasi Kemasyarakatan Persatuan Islam).” Skripsi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, 2015.

Yunus, Muhammad. *Kamus Arab Indonesia*. Jakarta: Mahmud Yunus Wa Dzurriyah, 2007.

Yusuf, Muhammad, Mochamad Irfan, and Yatny Yulianty. “Pencitraan Bulan Pada Saat Konjungsi.” *Journal of Multidisciplinary Academics* 3, no. 2 (2019): 32–36.

Zwinkels, Joanne. “Encyclopedia of Color Science and Technology.” *Encyclopedia of Color Science and Technology*, 2014.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama : Muhammad Akbarul Humam
Tempat Tanggal Lahir : Sidoarjo, 07 Juni 1997
Alamat : Jln. Wisma Trosobo IV/11, Kel. Trosobo, Kec. Taman, Kab. Sidoarjo
E-mail : m.akbarulhumam@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

SD Negeri 02 Sidodadi Sidoarjo	(2003-2009)
SMP YPM 03 Taman Sidoarjo	(2009-2012)
MA PESTER Al Fauzan Lumajang	(2012-2015)
S-1 IlmuFalak UIN Sunan Ampel Surabaya	(2016-2022)

C. Pengalaman Organisasi

- (2018-2020) Anggota Divisi Kaderisasi Asosiasi Mahasiswa Ilmu Falak Indonesia (AMFI)
- (2019-2026) Anggota Devisi Falakiyah Surabaya Astronomi Club (SAC)
- (2022-2023) Wakil Ketua Indonesian Islamic Astronomy Club (IIAC)
- (2023-2024) Ketua 01 Forum Komunikasi Astronom Amatir Lintas Jawa Timur (FOKALIS JATIM)
- (2024 -2026) PLT Ketua Umum Forum Komunikasi Astronom Amatir Lintas Jawa Timur (FOKALIS JATIM)
- (2023-2024) Ketua Divisi Falakiyah IIAC

Semarang, 04 Juni 2024



Muhammad Akbarul Humam
NIM. 2202048001

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat permohonan Pra-Riset dan wawancara ke ITERA



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SYARIAH DAN HUKUM

Jalan Prof. Dr. H. Hamka Semarang 50185

Telepon (024)7601291, Faksimili (024)7624691, Website : <http://fsh.walisongo.ac.id/>

Nomor : B-6691/Un.10.1/K/PP.00.09/10/2023

Lampiran : -

Hal : Surat Pengantar Pra-Riset

Kepada Yth. :

Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat c.q. Kepala Pusat Observatorium Astronomi ITERA Lampung Institut Teknologi Sumatera

di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dalam rangka melengkapi bahan-bahan untuk menyusun skripsi, maka bersama ini kami hadapkan kepada Bapak/Ibu/Saudara :

N a m a : Muhammad Akbarul Humam

NIM : 2202048001

Tempat, Tanggal Lahir : Sidoarjo, 07 Juni 1997

Jurusan : Ilmu Falak (IF)

Semester : III (Tiga)

Keperluan : Penelitian dalam rangka menyusun skripsi

"Thesis : "Uji Efektifitas Infrared Filter dan Baffle dalam Rukyatul Hilal"

Untuk itu kami mohon agar mahasiswa tersebut diberi izin untuk melaksanakan pra riset di wilayah/ lembaga/ instansi yang Bapak/ Ibu pimpin selama (1 bulan) sejak diizinkan.

Demikian atas bantuan Bapak/Ibu/Saudara kami sampaikan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Semarang, 5 Oktober 2023



a.n. Dekan
Kabag Tata Usaha,

Abdul Hakim

Tembusan

Dekan Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo (sebagai laporan)

CONTACT PERSON:
Muhammad Akbarul Humam (089534993372)

Lampiran 2. Surat balasan Pra-Riset dan wawancara dari ITERA

 <p style="text-align: center;">KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT Jalan Terusan Ryacudu Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan 35365 Telepon: (0721) 8030188 Email: lpmm@itera.ac.id, Website : http://ppm.itera.ac.id</p>				
Nomor	: 2154/IT9.2.1/PK.01.06/2023	11 Oktober 2023		
Lampiran	: 1 (satu) Lembar			
Hal	: Izin Penelitian			
Yth. Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo di- Jl. Prof. Dr. H. Hamka, Semarang				
Menindaklanjuti surat dari Fakultas Syari'ah dan Hukum Universitas Islam Negeri Walisongo Nomor B-6691/Un.10.1/KP.00.09/10/2023 Tanggal 5 Oktober 2023 perihal Permohonan Izin Penelitian yang telah diajukan kepada kami, dengan data mahasiswa sebagai berikut:				
No	Nama	NIM	Jurusan	Waktu Pelaksanaan
1	Muhammad Akbarul Humam	2202048001	S2 Ilmu Falak	15-17 Oktober 2023
Judul Penelitian		Uji Efektifitas Infrared Filter dan Baffle dalam Rukyatul Hilal		
Data dan alat yang dibutuhkan untuk penelitian		- 2 kamera cmos monokrom zwo asi178mm - Ota Teleskop celestron scw-80 - Mounting skywatcher az-eq6		
Pada prinsipnya kami memberikan izin untuk melaksanakan kegiatan penelitian di Pusat Observatorium Astronomi ITERA Lampung.				
Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.				
		 <p style="text-align: center;">Kepala Pusat Observatorium Astronomi ITERA Lampung NRK: 1951030920221421</p>		
Tembusan:				
1. Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan;				
2. Kepala Pusat Observatorium Astronomi ITERA Lampung;				
3. Arsip.				