

**PENGARUH VARIASI PENGATURAN ISO DAN *SHUTTER*
SPEED TERHADAP DETEKSI KEMUNCULAN FAJAR *ŞĀDIQ***

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat guna Memperoleh Gelar
Magister
Ilmu Falak



Disusun Oleh:
Sela Septi Andri
23020680034

**PROGRAM MAGISTER ILMU FALAK
FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM UNIVERSITAS ISLAM
NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sela Septi Andri
NIM : 23020680034
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Fakultas : Syariah dan Hukum

Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul:

“Pengaruh Variasi Pengaturan ISO dan *Shutter speed* Terhadap Kemunculan Fajar *Şādiq*”

adalah hasil karya ilmiah saya sendiri, bukan merupakan duplikasi atau tiruan dari karya ilmiah orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya. Dalam penulisan tesis ini, saya telah mengacu pada kaidah penulisan ilmiah yang berlaku dan mencantumkan seluruh sumber yang digunakan secara jelas sesuai dengan ketentuan akademik.

Apabila di kemudian hari adanya unsur plagiat dalam tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku di UIN Walisongo.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 12 Mei 2025
Yang Menyatakan,



Sela Septi Andri



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 : Sela Septi Andri

NIM : 23020680034

Judul : PENGARUH VARIASI PENGATURAN ISO DAN SHUTTER SPEED TERHADAP
DETEKSI KEMUNCULAN FAJAR SHADIQ

telah diujikan pada tanggal 25 Juni dan dinyatakan **LULUS** oleh majelis penguji :

NAMA

TANGGAL

TANDA TANGAN

Prof. Dr. Muslich Shabir, M.A.
Ketua Majelis

7/7 2025

[Signature]

Dr. Ahmad Adib Rofiuddin, M.S.I
Sekretaris

7/7/2025

[Signature]

Dr. Fakhruddin Aziz, Lc., M.S.I
Penguji 1

6/7 2025

[Signature]

Dr. Muh. Arif Royyani, Lc., M.S.I
Penguji 2

02/07/2025

[Signature]



NOTA DINAS

Semarang, 22 Mei 2025

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

Assalamu'alaikum wr. wb.

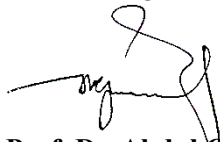
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi terhadap tesis yang ditulis oleh:

Nama : **Sela Septi Andri**
NIM : 23020680034
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul : **Pengaruh Variasi ISO dan *shutter speed* Terhadap Kemunculan Fajar *Şādiq***

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

Wasaalamu 'alaikum wr. wb.

Pembimbing I,



Prof. Dr. Abdul Ghofur, M.Ag
NIP. 196701171997031001

NOTA DINAS

Semarang, 16 Mei 2025

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 : **Sela Septi Andri**
NIM : 23020680034
Program Studi : Magister Ilmu Falak
Judul : **Pengaruh Variasi ISO dan *shutter speed*
Terhadap Kemunculan Fajar *Şādiq***

Kami memandang bahwa tesis tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Ujian Tesis.

Wasaalamu 'alaikum wr. wb.

Pembimbing II,



Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I, M.H
NIP. 199008262019031008

ABSTRAK

Penentuan awal waktu Subuh atau kemunculan fajar *ṣādiq* merupakan aspek penting dalam praktik ibadah umat Islam, namun dalam praktiknya masih sering mengalami perbedaan hasil karena berbagai faktor teknis dan lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana data pengamatan fajar *ṣādiq* yang dihasilkan melalui mobile astrofotografi dengan variasi pengaturan ISO dan *shutter speed* dan mengetahui pengaruh ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar *ṣādiq*. Penelitian ini dilakukan di pulau Karimunjawa selama 17 hari dengan kondisi langit yang minim dari polusi cahaya. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan menggunakan penelitian lapangan (*field research*). Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif komparatif dan statistic deskriptif dengan pendekatan astronomi.

Penelitian menunjukkan bahwa pengaturan ISO dan *shutter speed* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu kemunculan fajar yang terdeteksi kamera. Secara kuantitatif, ISO memberikan pengaruh sebesar 59,1%, *shutter speed* sebesar 30,8%, dan pengaruh keduanya secara simultan sebesar 66% terhadap waktu deteksi fajar *ṣādiq*. ISO tinggi dan *shutter speed* panjang meningkatkan *sensitivitas* terhadap cahaya dini, namun juga dapat menimbulkan deteksi palsu akibat cahaya non-fajar. Oleh karena itu, dibutuhkan pengaturan yang optimal untuk memperoleh hasil pengamatan yang akurat dan representatif.

Kata Kunci: ISO dan *shutter speed*, fajar *ṣādiq*, astrofotografi, awal waktu shalat Subuh.

ABSTRACT

Determining the beginning of the dawn time or the appearance of the *ṣādiq* dawn is an important aspect in the practice of Islamic worship, but in practice there are still often differences in results due to various technical and environmental factors. The purpose of this study was to determine how the *ṣādiq* dawn observation data produced through mobile astrophotography with variations in ISO and shutter speed settings and to determine the effect of ISO and shutter speed on the appearance of the *ṣādiq* dawn. This study was conducted on Karimunjawa Island for 17 days with minimal sky conditions from light pollution. The type of research used in this study is a qualitative method using field research. Data were analyzed using comparative descriptive analysis and descriptive statistics with an astronomical approach.

The study showed that ISO and shutter speed settings have a significant effect on the time of dawn detected by the camera. Quantitatively, ISO has an effect of 59.1%, shutter speed is 30.8%, and the effect of both simultaneously is 66% on the detection time of the *ṣādiq* dawn. High ISO and long shutter speed increase sensitivity to early light, but can also cause false detections due to non-dawn light. Therefore, optimal settings are needed to obtain accurate and representative observation results.

Keywords: ISO and shutter speed, *ṣādiq* dawn, astrophotography, the beginning of the dawn prayer time.

ملخص

يُعَدُّ تَحْدِيدُ وَقْتِ الْفَجْرِ أَوَّلَ الْوَقْتِ لِصَلَاةِ الْفَجْرِ أَوْ ظُهُورِ الْفَجْرِ الصَّادِقِ أَحَدَ الْجَوَابِ الْمُهَمَّةِ فِي مُمَارَسَةِ الْعِبَادَةِ لَدَى الْمُسْلِمِينَ، إِلَّا أَنَّهُ فِي التَّطْبِيقِ الْعَمَلِيِّ لَا يَزَالُ يَشْهَدُ اخْتِلَافًا فِي النَّتَاجِ بِسَبَبِ عَوَامِلَ فَنِيَّةٍ وَبَيْئِيَّةٍ مُتَعَدِّدَةٍ. وَيَهْدَفُ هَذَا الْبَحْثُ إِلَى مَعْرِفَةِ بَيِّنَاتٍ رَصَدَ الْفَجْرِ الصَّادِقِ الَّتِي تَمَّ الْحُصُولُ عَلَيْهَا عَنْ طَرِيقِ التَّصْوِيرِ الْفَلَكِيِّ الْجَوَالِ (الموبايل) مَعَ اخْتِلَافِ إِعْدَادَاتِ (ISO) وَسُرْعَةِ الْإِغْلَاقِ (Shutter Speed)، وَمَعْرِفَةِ أَثَرِ كِلَيْهِمَا عَلَى ظُهُورِ الْفَجْرِ الصَّادِقِ. أُجْرِيَ هَذَا الْبَحْثُ فِي جَزِيرَةِ كَرِيمُونْجَاوَا لِمُدَّةِ سَبْعَةِ عَشَرَ يَوْمًا فِي ظُرُوفِ سَمَاءٍ قَلِيلَةٍ التَّلَوُّثِ الضَّوْئِيِّ. أَمَّا نَوْعُ الْبَحْثِ، فَهُوَ بَحْثٌ نَوْعِيٌّ يَسْتَعِدُّ الْمُنْهَاجَ الْمِيدَانِيَّ (Field Research)، وَتَمَّ تَحْلِيلُ الْبَيِّنَاتِ بِوَاسِطَةِ التَّحْلِيلِ الْوَصْفِيِّ الْمَقَارِنِ وَالْإِخْصَاءِ الْوَصْفِيِّ، مَعَ الْمَقَارِنَةِ الْفَلَكِيَّةِ.

وَقَدْ أَظْهَرَتِ النَّتَاجُ أَنَّ إِعْدَادَاتِ (ISO) وَسُرْعَةَ الْإِغْلَاقِ لَهَا تَأْثِيرٌ كَبِيرٌ عَلَى وَقْتِ ظُهُورِ الْفَجْرِ كَمَا تَرَاهُ الْكَامِيرَا. وَبَشْكَلٍ كَمِّيٍّ، يُؤَثِّرُ (ISO) بِمِقْدَارِ 59.1%، وَسُرْعَةُ الْإِغْلَاقِ 30.8%، وَتَأْثِيرُهُمَا مَعًا بِشْكَلٍ مُتَزَامٍ يُقَدَّرُ بِ 66% عَلَى وَقْتِ كَشْفِ الْفَجْرِ الصَّادِقِ. فَإِنَّ (ISO) الْعَالِيَّةَ وَسُرْعَةَ الْإِغْلَاقِ الطَّوِيلَةَ تَزِيدُ مِنْ حَسَّاسِيَّةِ الْكَامِيرَا نَحْوَ الضَّوِّ الْمَبْكَرِ، وَلَكِنَّهَا قَدْ تُوَدِّي أَيْضًا إِلَى كَشْفِ كَاذِبٍ بِسَبَبِ أَنْوَاعٍ مِنَ الضَّوِّ لَيْسَتْ مِنَ الْفَجْرِ. وَلِذَلِكَ، فَإِنَّ ضَبْطَ الْإِعْدَادَاتِ بِشْكَلٍ أَثْمَلٍ يُعَدُّ أَمْرًا ضَرُورِيًّا لِلْحُصُولِ عَلَى نَتَاجٍ رَصْدِيَّةٍ دَقِيقَةٍ وَمُثَلَّةٍ. الْكَلِمَاتُ الْمِفْتَاحِيَّةُ: (ISO) وَسُرْعَةُ الْإِغْلَاقِ، الْفَجْرِ الصَّادِقِ، التَّصْوِيرُ الْفَلَكِيُّ، أَوَّلُ وَقْتِ صَلَاةِ الْفَجْرِ

PEDOMAN TRANSLITERASI

Pedoman Transliterasi Arab Latin yang penulis gunakan dalam penyusunan skripsi ini mengacu kepada hasil keputusan bersama (SKB) Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I. Nomor: 158 Tahun 1987 dan Nomor 0443b/U/1987.

A. Konsonan

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
أ	Alif	Tidak dilambangkan	Tidak dilambangkan
ب	Ba	B	Be
ت	Ta	T	Te
ث	Ṣa	ṣ	es (dengan titik di atas)
ج	Jim	J	Je
ح	Ḥa	ḥ	ha (dengan titik di bawah)
خ	Kha	Kh	ka dan ha
د	Dal	d	De
ذ	Ẓal	ẓ	Zet (dengan titik di atas)
ر	Ra	r	er
ز	Zai	z	zet
س	Sin	s	es

ش	Syin	sy	es dan ye
ص	Ṣad	ṣ	es (dengan titik di bawah)
ض	Ḍad	ḍ	de (dengan titik di bawah)
ط	Ṭa	ṭ	te (dengan titik di bawah)
ظ	Ẓa	ẓ	zet (dengan titik di bawah)
ع	`ain	`	koma terbalik (di atas)
غ	Gain	g	ge
ف	Fa	f	ef
ق	Qaf	q	ki
ك	Kaf	k	ka
ل	Lam	l	el
م	Mim	m	em
ن	Nun	n	en
و	Wau	w	we
ه	Ha	h	ha
ء	Hamzah	‘	apostrof
ي	Ya	y	ye

B. Vokal

1. Vokal Tunggal

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ـَ	Fathah	a	a
ـِ	Kasrah	i	i
ـُ	Dammah	u	u

2. Vokal Rangkap

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ـَـيْ...	Fathah dan ya	ai	a dan u
ـَـوْ...	Fathah dan wau	au	a dan u

C. Maddah (Vokal Panjang)

Huruf Arab	Nama	Huruf Latin	Nama
ـَـا...ِـا...	Fathah dan alif atau ya	ā	a dan garis di atas
ـَـي...ِـي...	Kasrah dan ya	ī	i dan garis di atas
ـَـو...ِـو...	Dammah dan wau	ū	u dan garis di atas

D. Ta' Marbutah

Transliterasi untuk ta' marbutah memiliki dua ketentuan. Pertama, ta' marbutah hidup atau yang mendapatkan harakat kasrah dan dammah, transliterasinya adalah "t". Kedua, ta' marbutah mati atau yang mendapat harakat sukun, transliterasinya adalah "h".

E. Syaddah

Syaddah atau tasydid yang dalam tulisan arab dilambangkan dengan "ˆ" ditransliterasikan dengan huruf konsonan ganda.

F. Kata Sandang

Kata sandang dalam tulisan Arab dilambangkan dengan huruf ال , dalam transliterasinya dibedakan menjadi dua. Pertama, kata sandang yang diikuti oleh huruf syamsiyah ditransliterasikan sesuai dengan bunyinya. Kedua, kata sandang yang diikuti huruf qamariyah transliterasinya sesuai dengan aturan didepan.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah *Subhānahu Wa Ta'ālā* atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul *Pengaruh variasi pengaturan ISO dan shutter speed terhadap kemunculan fajar ṣādiq*. Sebagai bagian dari pemenuhan syarat untuk meraih gelar magister pada program studi ilmu falak. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan nabi Muḥammad *Ṣallallāhu 'Alaihi Wa Sallam*, teladan umat sepanjang masa, dengan harapan semoga kita semua memperoleh syafaat beliau di hari kiamat nanti. *Āmīn*.

Tesis ini dilatarbelakangi oleh pentingnya validasi waktu fajar *ṣādiq* sebagai bagian dari parameter waktu ibadah dalam Islam, khususnya shalat Subuh dan awal puasa. Ditengah perkembangan teknologi digital dan meningkatnya kebutuhan akan metode pengamatan yang praktis namun tetap akurat, penggunaan perangkat mobile untuk astrofotografi menjadi pendekatan inovatif. Penelitian ini mengkaji pengaruh pengaturan kamera, khususnya ISO dan *shutter speed*, dalam mendeteksi cahaya fajar secara ilmiah, serta menguji validitas hasilnya dengan bantuan alat pengukur kecerahan langit (*Sky Quality Meter*).

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tesis ini tidak mungkin terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan tulus dan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu ayahanda Riadi dan ibunda tercinta Candra Kunisa. Terimakasih atas doa, cinta, kesabaran, dan

dukungan yang tulus dalam setiap Langkah. Semoga Allah membalas segala kebaikan kalian dengan limpahan rahmat dan keberkahan.

2. Bapak Prof. Dr. Abdul Ghofur, M.Ag selaku dosen pembimbing I dan bapak Dr. Ahmad Syifaul Anam, S.H.I, M.H selaku dosen pembimbing II yang telah sabar membimbing, mengarahkan dan memberikan masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Nuril Fathoni Hamas yang telah tulus membantu serta mendampingi penulis hingga penelitian ini selesai. Terimakasih atas segala bantuan yang tak ternilai, mulai dari memetakan konsep penelitian, menjadi teman diskusi yang penuh wawasan, dan selalu memberikan semangat serta motivasi bagi penulis untuk segera menyelesaikan tesis ini.
4. Kementerian Agama Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan Pendidikan melalui Beasiswa PBSB (Program Beasiswa Santri Berprestasi), mulai dari jenjang sarjana hingga magister. Bantuan ini bukan hanya memudahkan langkah akademik penulis, tetapi juga menjadi pijakan penting dalam mewujudkan cita-cita dan pengabdian di bidang keilmuan.
5. Keluarga besar Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah, Prof Dr. KH. Ahmad Izzuddin dan ibu Nyai Hj. Aisyah Andayani, S.Ag. selaku pengasuh yang senantiasa memberikan nasehat, mengarahkan serta memberikan dukungan untuk bisa segera menyelesaikan tesis ini. Dan terimakasih juga penulis sampaikan kepada seluruh santri yang telah menemani selama di pondok, serta memberikan kebahagiaan, kehangatan dan kekompakan.

6. Bapak Dr. Basthoni, M.H yang telah banyak mengajari dan memberikan masukan berharga kepada penulis. Terima kasih atas ilmu, saran, dan keteladanan yang menjadi bagian penting dalam proses penyusunan tesis ini.
7. Seluruh staf kecamatan Karimunjawa yang telah memberikan izin serta memberikan fasilitas kepada penulis untuk menginap selama penelitian berlangsung. Kemudian kepada bapak Agus dan seluruh masyarakat Karimunjawa yang luar biasa ramah dan baik yang dari awal banyak membantu penulis hingga akhir penelitian ini.
8. Keluarga besar MoRAGISTER, yang telah memberikan kehangatan, kebersamaan, kekeluargaan dan dukungan kepada penulis selama ini.
9. Seluruh pihak yang telah membantu yang tentunya tidak bisa penulis sebutkan satu per satu. Terimakasih atas segala kebaikan, semangat dan dukungan yang mana itu sangat berarti sekali bagi penulis.
10. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang sejauh ini dan memilih untuk tidak menyerah. Semoga selalu dilancarkan disetiap proses menuju kesuksesan.

Tentunya karya ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, segala bentuk saran dan kritik yang membangun akan diterima dengan lapang dada demi penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat, menjadi kontribusi ilmiah dalam kajian falak kontemporer, serta menginspirasi

pengembangan metode observasi waktu-waktu ibadah yang lebih akurat dan aplikatif.

Semarang, 12 Mei 2025

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Sela Septi Andri', with a large, sweeping initial 'S'.

Sela Septi Andri

NIM. 23020680034

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
PENGESAHAN.....	ii
NOTA DINAS	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
ملخص	vii
PEDOMAN TRANSLITERASI.....	viii
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	7
D. Kajian Pustaka	8
E. Metode Penelitian.....	19
F. Sistematika Pembahasan.....	25
BAB II FAJAR DALAM LITERATUR KEISLAMAN DAN ASTRONOMI	26
A. Fajar Menurut Pandangan Fikih	26
B. Fajar dalam Perspektif Astronomi	30
C. Teknik Astrofotografi Dalam Pengamatan Fajar <i>ṣādiq</i>	35

D. Metode Analisa Perbandingan Intensitas Cahaya.....	43
BAB III KARAKTERISTIK CAHAYA AWAL FAJAR <i>SĀDIQ</i> DALAM ASTROFOTOGRAFI.....	52
A. Gambaran Lokasi Penelitian.....	52
B. Spesifikasi Alat yang Digunakan.....	54
C. Data Pengamatan Citra Fajar	57
C. Pengamatan Ketampakan Fajar Dengan Mobile Astrofotografi.....	59
D. Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Perbedaan Variasi Pengaturan ISO dan <i>shutter speed</i> Kamera Redmi Note 13 5G Dengan SQM LU-DL.	64
BAB IV ANALISIS VARIASI PENGATURAN ISO DAN <i>SHUTTER SPEED</i> TERHADAP KEMUNCULAN FAJAR <i>SĀDIQ</i>	82
A. Analisis Pengamatan Ketampakan Fajar dengan Mobile Astrofotografi	82
B. Analisis Pengaruh Variasi ISO dan <i>shutter speed</i> Terhadap Kemunculan Fajar <i>ṣādiq</i>	87
1. Pengaruh Variasi ISO dan <i>shutter speed</i> Terhadap Kemunculan Fajar <i>ṣādiq</i>	89
2. Analisis Pengaruh Variasi ISO Terhadap Kemunculan Fajar <i>ṣādiq</i>	93
3. Analisis Pengaruh Variasi <i>shutter speed</i> Terhadap Kemunculan Fajar <i>ṣādiq</i>	98
C. Analisis SWOT terhadap Metodologi Pengamatan Fajar <i>Ṣādiq</i> Berbasis Mobile Astrofotografi	102
1. <i>Stengths</i> (Kelebihan).....	102
2. <i>Weaknesses</i> (Kelemahan)	103
3. <i>Opportunities</i> (Peluang).....	104
4. <i>Threats</i> (Ancaman).....	105

D. Tinjauan Fikih terhadap Implementasi Pengamatan Fajar <i>Şādiq</i> Berbasis Mobile Astrofotografi	106
1. Urgensi Penentuan Fajar <i>Şādiq</i> dalam Fikih Islam	106
2. Validitas Metode Observasi dalam Perspektif Fikih	107
3. Analisis Hukum terhadap Hasil Pengamatan	108
BAB V PENUTUP	109
A. Kesimpulan.....	109
B. Implikasi Hasil Penelitian.....	109
C. Saran.....	110
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN-LAMPIRAN	118
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	ISO 800 <i>shutter speed</i> 30s (Muncul pada data ke-76). 63
Gambar 3. 2	Grafik ISO 800 <i>shutter speed</i> 20s (2 Maret 2025) 66
Gambar 3. 3	Grafik SQM LU-DL (2 Maret 2025)..... 66
Gambar 3. 4	Grafik ISO 800 <i>shutter speed</i> 30s (3 Maret 2025) 67
Gambar 3. 5	Grafik SQM LU-DL (3 Maret 2025)..... 67
Gambar 3. 6	Grafik ISO 1600 <i>shutter speed</i> 20s (5 Maret 2025) 68
Gambar 3. 7	Grafik SQM LU-DL (5 Maret 2025)..... 68
Gambar 3. 8	Grafik ISO 1600 <i>shutter speed</i> 30s (6 Maret 2025) 69
Gambar 3. 9	Grafik SQM LU-DL (6 Maret 2025)..... 69
Gambar 3. 10	Grafik ISO 3200 <i>shutter speed</i> 10s (8 Maret 2025) 70
Gambar 3. 11	Grafik SQM LU-DL (8 Maret 2025)..... 70
Gambar 3. 12	Grafik ISO 3200 <i>shutter speed</i> 20s (9 Maret 2025) 71
Gambar 3. 13	Grafik SQM LU-DL (9 Maret 2025)..... 71
Gambar 3. 14	Grafik ISO 3200 <i>shutter speed</i> 30s (10 Maret 2025) .. 72
Gambar 3. 15	Grafik SQM LU-DL (10 Maret 2025)..... 72
Gambar 3. 16	Grafik ISO 1600 <i>shutter speed</i> 10s (11 Maret 2025) .. 73
Gambar 3. 17	Grafik SQM LU-DL (11 Maret 2025)..... 73
Gambar 3. 18	Grafik ISO 100 <i>shutter speed</i> 1s (14 Maret 2025) 74
Gambar 3. 19	Grafik SQM LU-DL (14 Maret 2025)..... 74
Gambar 3. 20	Grafik ISO 50 <i>shutter speed</i> 1/100s (15 Maret 2025) . 75
Gambar 3. 21	Grafik SQM LU-DL (15 Maret 2025)..... 75
Gambar 4. 1	Hasil model summary ISO dan <i>shutter speed</i> dari aplikasi SPSS..... 91
Gambar 4. 2	Hasil ANOVA ISO dan <i>shutter speed</i> dari aplikasi SPSS 92
Gambar 4. 3	Hasil Coefficients ISO dan <i>shutter speed</i> dari aplikasi SPSS..... 93
Gambar 4. 4	Hasil Model Summary ISO dari aplikasi SPSS..... 94
Gambar 4. 5	Hasil ANOVA ISO dari aplikasi SPSS 95
Gambar 4. 6	Hasil Coefficients ISO..... 96
Gambar 4. 7	Grafik Tren Pengaruh ISO terhadap kemunculan fajar <i>ṣādiq</i> 97

Gambar 4. 8	Hasil Model Summary <i>shutter speed</i> dari aplikasi SPSS	99
Gambar 4. 9	Hasil ANOVA <i>shutter speed</i> dari aplikasi SPSS.....	99
Gambar 4. 10	Hasil Coefficients <i>shutter speed</i> dari aplikasi SPSS..	100
Gambar 4. 11	Grafik Tren Pengaruh Variasi <i>shutter speed</i> Terhadap Kemunculan Fajar <i>şādiq</i>	101

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1	Hasil Pra Riset Pada Tanggal 28 Juli 2024.....	5
Tabel 2. 1	Perbedaan ketinggian fajar <i>ṣādiq</i> berbagai organisasi dan Negara.	34
Tabel 2. 2	Perbedaan ketinggian fajar <i>ṣādiq</i> ulama Falak Indonesia.	34
Tabel 3. 1	Variasi ISO dan <i>shutter speed</i> yang digunakan	58
Tabel 3. 2	Data Pelaksanaan Obervasi	60
Tabel 3. 3	Tabel Hasil Perbandingan.....	81
Tabel 4. 1	Data ISO (X_1) , <i>shutter speed</i> (X_2) dan Selisih (Y)	90
Tabel 4. 2	Variabel X (ISO) dan Y (Selisih).....	94
Tabel 4. 3	Data Variabel X (<i>shutter speed</i>) dan Y (Selisih).....	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengamatan fajar *ṣādiq* yang menandai awal masuknya waktu shalat Subuh, telah lama menjadi fokus kajian dalam Ilmu falak.¹ Fajar *ṣādiq* merupakan cahaya redup dan tipis seperti benang putih yang muncul di sepanjang ufuk timur, yang dihasilkan dari hamburan sinar matahari di bawah ufuk oleh atmosfer bumi.² Para ulama sepakat bahwa fajar *ṣādiq* menjadi pertanda awal masuknya waktu Subuh, awal melakukan ibadah puasa, dan menjadi batas akhir melakukan wukuf di Arafah.³ Maka dari pada itu fajar *ṣādiq* menjadi waktu yang sangat penting bagi umat islam. Sehingga ketidaktepatan dalam penentuan terbit fajar bisa berakibat pada ketidakabsahan beberapa ibadah tersebut.⁴

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengamati fajar *ṣādiq* dengan pendekatan astrofotografi, baik menggunakan kamera khusus seperti *all-sky camera*, kamera android, maupun kamera

¹ Slamet Hambali, *Awal Waktu Salat Dan Penentuan Arah Kiblat Di Seluruh Dunia Ilmu Falak 1(Tentang Penentuan)* (Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011).

² Lutfi Fuadi, "Fajar Penanda Awal Waktu Subuh Dan Puasa," 2021.

³ Rohmat, "Fajar Dalam Perspektif Syaria'ah," *ASAS Jurnal Hukum Ekonomi Syariah*, 2021.

⁴Thomas Djamaluddin. "Penentuan Waktu Shubuh: Pengamatan Dan Pengukuran Tdjamaluddin.Wordpress, Fajar Di Labuan Bajo," Diakses pada 15 Mei 2025, <https://tdjamaluddin.wordpress.com/2018/04/30/penentuanwaktu-shubuh-pengamatan-dan-pengukuran-fajar-dilabuan-bajo/>

DSLR. Marataon Ritonga misalnya, melakukan pengamatan di Kota Medan selama enam bulan menggunakan *all-sky camera*, dan menemukan kemunculan fajar pada ketinggian Matahari antara -15° hingga -13° .⁵ Penelitian lain oleh Nafik Nur Azizah menggunakan metode digital *image processing* dengan kamera DSLR di Balai Rukyat Ibnu Syatir, Ponorogo, dan menyimpulkan bahwa fajar *ṣādiq* muncul pada kisaran $-18,5^{\circ}$ hingga -20° , dengan pengaturan ISO minimal 3200, gain 300, dan *shutter speed* 3 detik.⁶ Begitu pula, studi oleh Kassim Bahali et al. di kawasan Alam Melayu menggunakan ISO 1000–2500 dan shutter speed 8-10 detik, menghasilkan kemunculan fajar pada $-17,15^{\circ}$.⁷

Hasil yang bervariasi juga ditunjukkan oleh Hariyadi Putraga et al. Yang dengan pengaturan ISO 800 dan shutter speed 10 detik memperoleh nilai $-17^{\circ}12'$.⁸ Sementara itu, Mahfudz dalam penelitiannya di Pulau Masalembu menggunakan ISO minimal 3200 dan shutter speed 30 detik, namun tidak menemukan fajar *ṣādiq* pada

⁵ Marataon Ritonga, “Penentuan Waktu Subuh Menggunakan All Sky Camera Dan Metode Moving Average Di Kota Medan,” *Jurnal Kajian Hukum Islam*, 2023.

⁶ Nafik Nur Azizah, “Analisis Penentuan Awal Waktu Subuh Metode Digital Image Processing” (2023).

⁷ Kasim Bahali, “Penilaian Semula Hitungan Waktu Subuh Di Alam Melayu,” *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 2019.

⁸ Hariyadi Putraga, “Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Kamera DSLR Dan Metode Moving Average,” *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 2022.

posisi -20° .⁹ Terakhir, M. Nur Iskandar Fajri menggunakan metode AstroimageJ *processing* dengan ISO 2500 dan shutter speed 10 detik, dan menemukan fajar muncul pada -19° .¹⁰

Meskipun penelitian-penelitian tersebut telah berhasil menangkap momen kemunculan fajar *ṣādiq* dan menyajikan variasi nilai ketinggian Matahari saat fajar muncul, sebagian besar di antaranya belum menjadikan pengaturan teknis kamera khususnya ISO dan *shutter speed* sebagai variabel utama yang dianalisis secara sistematis. Padahal kedua parameter tersebut memiliki peran krusial dalam membentuk kualitas citra serta sensitivitas terhadap cahaya lemah di langit fajar. Ketidakkonsistenan hasil yang ditemukan dalam berbagai studi terdahulu sangat mungkin dipengaruhi oleh perbedaan pengaturan ini, yang belum diperhatikan secara mendalam. Maka dari itu, dalam melakukan pengamatan, penting bagi pengamat untuk meminimalkan variabel-variabel yang dapat memengaruhi hasil, salah satunya adalah pengaturan (*setting*) instrumen.

Dalam astrofotografi terdapat berbagai jenis pengaturan yang dapat digunakan untuk mengatur penangkapan cahaya pada kamera. Salah satunya disebut *exposure* yaitu banyaknya penerimaan cahaya

⁹ Mahfudz, “Uji Akurasi Awal Waktu Subuh Kementrian Agama RI Menggunakan Astrofotografi Di Pulau Masalembu, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur” (UIN Walisongo, 2020).

¹⁰ Fajri M. Nur Iskandar, “Uji Komparasi Olah Citra Fajar Menggunakan Metode Perbandingan Intensitas Cahaya Dan 3D Surface Pada Aplikasi AstroimageJ” (Uin Walisongo, 2024).

yang jatuh ke medium (film atau sensor gambar) pada kamera.¹¹ Dalam pengaturan *exposure* fotografi, terdapat tiga elemen utama yang saling mempengaruhi, yaitu *aperture*, *shutter speed*, dan ISO.¹² Namun, pada kamera Android, pengaturan *aperture* umumnya tidak dapat dimodifikasi secara manual, karena sistem lensa pada perangkat tersebut dirancang dengan *aperture* tetap. Maka untuk menguji pengaruh *eksposure* terhadap hasil foto, fokus dapat dialihkan pada dua elemen yang masih dapat disesuaikan, yaitu ISO dan *shutter speed*.

Pengaturan ISO dan *shutter speed* merupakan faktor utama dalam menghasilkan astrofotografi dalam kondisi minim pencahayaan.¹³ ISO (*International Standardization Organization*) berfungsi sebagai *indicator* kepekaan kamera terhadap cahaya, khususnya nilai ISO yang lebih rendah berhubungan dengan berkurangnya kepekaan terhadap cahaya, sedangkan nilai ISO yang lebih tinggi menunjukkan meningkatnya kepekaan terhadap cahaya.¹⁴ Sedangkan *shutter speed* mengacu pada lamanya waktu rana kamera tetap terbuka, yang memungkinkan cahaya mencapai sensor. Terdapat kemungkinan ketika durasi *shutter speed* lama maka cahaya masuk ke

¹¹ I. K. A Aditya and A. Raharjo, "Gerak Fire Dance Dalam Karya Fotografi Ekspresi" 22 (2018).

¹² I. K. A Aditya and A. Raharjo.

¹³ *Photography* (London: Teach Yourself, 2008).

¹⁴ *Rahasia Fotografi Dengan Android* (Jakarta: Elex Media Komputindo, 2014).

dalam kamera akan semakin banyak, sedangkan semakin singkat *shutter speed* yang digunakan maka cahaya yang masuk akan semakin sedikit.¹⁵

Data berikut adalah hasil dari *pra-riset* yang telah dilakukan di pulau Karimunjawa pada tanggal 28 Juli 2024 yang dimulai dari pukul 02.00 WIB – 05.00 WIB. Pengamatan ini menggunakan kamera Android dengan menggunakan variasi pengaturan ISO dan *shutter speed* yang berbeda-beda. Data ISO yang digunakan adalah 800,1600 dan Auto ISO, sedangkan data *shutter speed* yang digunakan adalah 10s dan 8s.

Tabel 1. 1 Hasil Pra Riset Pada Tanggal 28 Juli 2024

Hp	ISO	<i>Shutter speed</i>	Kemunculan cahaya fajar	Altitude
Redmi 10A	800	8	04:43:00 AM	-16:25:08
Poco F1	1600	8	04:42:00 AM	-16:39:19
Xiomi 11T	1600	10	04:42:00 AM	-16:39:19
Xiomi 12T	Auto	Auto	04:34:00 AM	-18:18:38

Dalam tahap pra riset, peneliti menggunakan beragam perangkat telepon genggam dari berbagai merek (Vivo, Oppo, Samsung, Redmi, Xiomi dan Poco) untuk melakukan perekaman cahaya fajar, dengan total sebanyak 10 data hasil pengamatan yang berhasil dikumpulkan. Namun hanya data diatas yang bisa di analisis dengan merek Redmi, Poco dan Xiomi. Oleh karena itu, dalam penelitian utama ini peneliti memilih menggunakan perangkat Redmi Note 13 5G sebagai alat dokumentasi utama, dengan harapan

¹⁵ Aidil Syahputra and Asrul Sani, “Analisis Pemotretan Foto Menggunakan Teknik Segitiga Exposure Pada Produk Makanan Kemasan,” *JBPM* 1, no. 2 (2023).

dapat menghasilkan data yang lebih stabil dan representatif dalam mengamati fajar *shadiq*.

Jika diperhatikan lebih lanjut, tabel diatas menunjukkan bahwa waktu kemunculan cahaya fajar dengan pengaturan ISO 800 dan ISO 1600 menunjukkan selisih sebesar 1 menit. Sementara itu, pengaturan Auto ISO menunjukkan selisih waktu sekitar 8 hingga 9 menit dibandingkan dengan ISO 800 dan ISO 1600. Selain itu, pada tabel *Altitude*, tercatat bahwa selisih waktu antara ISO 800 dan ISO 1600 adalah 00:14:19, sedangkan selisih waktu antara pengaturan Auto ISO dan kedua ISO tersebut lebih besar, yaitu 01:39:19.

Berdasarkan perbedaan waktu kemunculan cahaya fajar yang signifikan antara pengaturan ISO 800, ISO 1600, dan Auto ISO, hal ini menunjukkan bahwa pengaturan ISO dapat mempengaruhi kecepatan atau waktu kemunculan fajar. Perbedaan waktu ini, yang juga tercermin dalam perbandingan dengan pengaturan *shutter speed*, menjadi dasar bagi penulis untuk memilih judul "*Pengaruh Variasi ISO dan shutter speed terhadap Kemunculan Fajar ṣādiq*," karena kedua faktor tersebut terbukti memiliki dampak yang signifikan terhadap fenomena tersebut.

Penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan menggabungkan metode astrofotografi menggunakan kamera *smartphone* (Redmi Note 13 5G) dan diverifikasi dengan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL untuk mengamati fajar *ṣādiq* di lokasi minim polusi cahaya, yaitu pulau Karimunjawa. Kebaruan juga terletak pada analisis pengaruh pengaturan ISO dan *shutter speed* terhadap waktu kemunculan fajar *ṣādiq*. Temuan ini diperoleh dari

beberapa variasi angka ISO dan *shutter speed* yang telah penulis formulakan dengan angka yang berbeda-beda. Sehingga diharapkan penelitian ini dapat memberi acuan kepada peneliti selanjutnya untuk lebih selektif dalam mengatur formula ISO dan *shutter speed* yang tepat untuk pengamatan kemunculan fajar *ṣādiq*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana data pengamatan fajar *ṣādiq* yang dihasilkan melalui mobile astrofotografi dengan variasi pengaturan ISO dan *shutter speed*?
2. Bagaimana pengaruh ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar *ṣādiq*?

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan jawaban atas permasalahan yang telah dikaji, yaitu:

1. Mengetahui bagaimana data pengamatan fajar *ṣādiq* yang dihasilkan melalui mobile astrofotografi dengan variasi pengaturan ISO dan *shutter speed*.
2. Mengetahui pengaruh ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar *ṣādiq*.

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini meliputi:

1. Secara Teoritis

Secara teoritis penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi perkembangan ilmu falak di bidang

astrofotografi. Sehingga hasil penelitian ini berpotensi memberikan pengetahuan mengenai pengaruh pengaturan ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar *ṣādiq*.

2. Secara Praktis

Secara praktis penelitian ini mengetahui karakteristik data pengamatan fajar *ṣādiq* yang diperoleh dengan pengaturan ISO dan *shutter speed* yang berbeda. Sehingga dapat dijadikan acuan para pengamat untuk mendapatkan hasil observasi yang tepat.

D. Kajian Pustaka

Terdapat beberapa kajian pada penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan tesis ini, sehingga dapat diidentifikasi adanya celah-celah yang belum terjangkau dan menjadi ruang lingkup bagi penelitian lebih lanjut.

Pertama penelitian M. Basthoni pada tahun 2022 yang berjudul *Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh di Indonesia*. Penelitian ini bertujuan untuk meneliti pengaruh polusi cahaya terhadap terbitnya fajar, yang menjadi penentu awal waktu Subuh. Penelitian ini menunjukkan bahwa ketampakan fajar *ṣādiq* dipengaruhi oleh polusi cahaya hingga sebesar 77%. Pada lokasi yang ideal dengan tingkat kegelapan langit malam mencapai $\geq 21,3$ mpsas, fajar *ṣādiq* rata-rata teramati saat Matahari berada pada sudut depresi sebesar $-19,73 \pm 0,19$ derajat. Sementara itu, pada lokasi yang kurang ideal meliputi daerah yang agak gelap, agak terang, dan terang. Fajar *ṣādiq* terdeteksi secara berturut-turut pada sudut depresi

Matahari sebesar $-16,70 \pm 1,48$ derajat, $-14,80 \pm 0,66$ derajat, dan $-14,10 \pm 0,81$ derajat.¹⁶

Penelitian yang telah dilakukan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap kajian fajar dan dapat dijadikan referensi bagi para peneliti di bidang yang sama, mengingat data yang diperoleh sangat banyak dan mencakup tidak hanya lokasi ideal, tetapi juga lokasi yang kurang ideal. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa polusi cahaya memberikan pengaruh sebesar 77% terhadap kemunculan fajar, namun 23 % lainnya masih dipengaruhi oleh faktor lain. Maka dari itu penelitian ini akan mengambil dari faktor penggunaan atau pengaturan alat pengambilan citra gambar ini. Sehingga bisa memberikan kontribusi terhadap pengaruh kemunculan fajar *ṣādiq* dan menjadi bagian dari 23 % tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh M. Nur Iskandar Fajri pada tahun 2024 yang berjudul *Uji Komparasi Olah Citra Fajar Menggunakan Metode Perbandingan Intensitas Cahaya Dan 3d Surface Pada Aplikasi AstroimageJ*. Penelitian ini menunjukkan pengolahan citra fajar menggunakan perbandingan cahaya dan *3D Surface* dapat dilakukan dengan baik, namun keduanya memiliki kemampuan yang berbeda. Perbandingan intensitas cahaya memiliki kemampuan mendeteksi lebih dini dibandingkan dengan *3D Surface*, sedangkan *3D Surface* lebih lambat sekitar 5-11 menit. Perbandingan intensitas cahaya tidak mampu untuk mendeteksi hasil citra yang buruk

¹⁶ M. Basthoni, “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia ” (UIN Walisongo, 2022).

dikarenakan rata-rata intensitas cahaya diarea yang diwakili tidak stabil, sedangkan *3D Surface* masih mampu untuk mendeteksinya.¹⁷

Pada penelitian ini alat yang digunakan untuk menangkap citra fajar yaitu menggunakan kamera android. Namun, penelitian tersebut tidak membahas pengaturan teknis kamera, khususnya ISO dan *shutter speed*, yang sangat mempengaruhi kualitas citra yang dihasilkan. Pengaturan ISO dan *shutter speed* yang tepat dapat meningkatkan ketajaman dan keakuratan citra, terutama dalam kondisi pencahayaan rendah seperti saat fajar. Oleh karena itu, penelitian ini membuka ruang untuk kajian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi pengaturan ISO dan *shutter speed* terhadap kualitas citra fajar yang diambil menggunakan kamera Android.

Penelitian Kassim Bahali pada tahun 2019 yang berjudul *Re-evaluation of Calculation of the Dawn Prayer Time in the Malay World*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kamera digital DSLR (Digital Single Reflex Lens) di 22 lokasi di Malaysia, Indonesia dan Thailand selatan antara februari 2017 dan september 2018. Studi ini menemukan bahwa hitungan fajar tidak sesuai dengan fajar yang sebenarnya. Perbedaan rata-rata antara waktu Subuh dan waktu Subuh sebenarnya adalah 11,4 menit. Perbedaan frekuensi tertinggi adalah antara 9 dan 12 menit. Frekuensi perbedaan ini serupa di Malaysia, Indonesia dan Thailand selatan. Dari penelitian ini, sudut Matahari rata-rata saat fajar adalah $17,15^{\circ}$ dibawah cakrawala. Nilai ini berbeda dengan nilai sudut yang

¹⁷ Fajri M. Nur Iskandar, “Uji Komparasi Olah Citra Fajar Menggunakan Metode Perbandingan Intensitas Cahaya Dan 3D Surface Pada Aplikasi AstroimageJ.”

digunakan hari ini (19° dan 20°) dalam perhitungan waktu Subuh di Alam Melayu.¹⁸

Pada penelitian ini data yang dikumpulkan cukup memadai dalam hal kuantitas, namun kualitas data masih perlu diperhatikan. Penelitian ini dilakukan di lokasi-lokasi yang termasuk dalam kategori agak terang, seperti Pantai Kenjeran Surabaya, Sabang Aceh, dan Ternate Maluku, yang dapat mempengaruhi ketepatan pengamatan. Selain itu, penelitian ini belum mempertimbangkan faktor polusi cahaya, yang dapat memengaruhi ketajaman deteksi fajar. Yang lebih penting lagi, penelitian ini belum memperhatikan pengaturan teknis kamera, khususnya pengaturan ISO dan *shutter speed*, yang dapat mempengaruhi kualitas citra fajar yang dihasilkan. Oleh karena itu, penelitian ini memerlukan verifikasi ulang dengan memperhitungkan variabel-variabel tersebut, agar dapat memberikan hasil yang lebih akurat dan relevan untuk penentuan waktu Subuh yang lebih tepat.

Penelitian yang dilakukan oleh Nafik Nur Azizah di Balai Rukyat Ibnu Syatir, Ponorogo, mengkaji awal waktu Subuh dengan metode *Digital Image Processing*. Penelitian ini menemukan bahwa posisi Matahari saat kemunculan fajar *ṣādiq* berkisar antara $-18,5^\circ$ hingga -20° di bawah ufuk. Rentang ini menunjukkan ketelitian observasi dan juga keragaman fenomena alam yang mempengaruhi tampaknya cahaya fajar. Meskipun demikian, peneliti mengakui bahwa tingkat akurasi sangat bergantung pada proses pengambilan

¹⁸ Kassim Bahali, "Re-Evaluation of Calculation of the Dawn Prayer Time in the Malay World" 7, no. 2 (2019).

dan pengolahan data. Secara umum, penelitian ini menunjukkan bahwa metode digital *image processing* dapat digunakan untuk mengidentifikasi awal waktu Subuh secara visual dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.¹⁹

Namun demikian, penelitian tersebut belum menjadikan aspek teknis pemotretan seperti pengaturan ISO, *shutter speed*, dan parameter eksposur lainnya sebagai objek kajian utama. Padahal, keberhasilan metode *image processing* dalam mendeteksi fajar sangat bergantung pada kualitas citra, yang pada gilirannya dipengaruhi oleh konfigurasi pengambilan gambar. Dalam penelitiannya, Nafik hanya menyebutkan penggunaan ISO minimal 3200, gain 300, dan *shutter speed* 3 detik dengan jeda 15 detik, tetapi tidak dilakukan eksplorasi lebih lanjut mengenai bagaimana variasi dari pengaturan tersebut memengaruhi hasil pengamatan. Celah ini menjadi penting karena tanpa pengujian sistematis terhadap parameter teknis tersebut, sulit memastikan sejauh mana hasil pengamatan merepresentasikan kondisi langit yang sesungguhnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Marataon Ritonga di Kota Medan mengkaji penentuan waktu Subuh dengan menggunakan *All Sky Camera* dan metode *moving average* serta pendekatan gradien. Penelitian ini bersifat kuantitatif dan termasuk dalam kategori *field research* melalui observasi langsung di lapangan. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, penelitian ini menyimpulkan bahwa kemunculan fajar *ṣādiq* terjadi saat ketinggian Matahari mencapai -

¹⁹ Nafik Nur Azizah, “Analisis Penentuan Awal Waktu Subuh Metode Digital Image Processing.”

15° di bawah ufuk, yang menunjukkan hasil yang lebih terang dibandingkan ketetapan resmi pemerintah.²⁰

Meskipun pendekatan *All Sky Camera* dalam penelitian ini cukup menarik karena mampu merekam cakupan langit yang luas, studi ini tidak secara eksplisit membahas faktor-faktor teknis pemotretan seperti pengaturan ISO, *shutter speed*, maupun sensitivitas kamera terhadap cahaya rendah. Padahal jenis kamera dan konfigurasi pengambilan gambar berpengaruh langsung terhadap kemampuan alat dalam menangkap intensitas cahaya fajar yang sangat redup. Hasil pengamatan yang menunjukkan fajar *ṣādiq* muncul pada -15° dapat saja merupakan akibat dari keterbatasan sensitivitas instrumen yang digunakan, atau pengaturan teknis kamera yang tidak dioptimalkan untuk menangkap cahaya sangat lemah. Celah inilah yang dapat dijadikan landasan bagi penelitian selanjutnya yang secara sistematis menguji pengaruh parameter teknis pemotretan seperti ISO dan *shutter speed* terhadap hasil tangkapan citra fajar *ṣādiq*.

Penelitian yang dilakukan oleh Hariyadi Putraga menggunakan kamera DSLR dan metode *moving average* untuk menentukan awal waktu Subuh berdasarkan visualisasi langit. Penelitian ini memanfaatkan teknologi digital yang dianggap memiliki kemampuan replikasi tinggi karena dapat diterapkan di berbagai lokasi dengan pengaturan serupa. Kamera digital digunakan untuk menangkap citra langit secara berkala, sehingga menghasilkan

²⁰ Ritonga, “Penentuan Waktu Subuh Menggunakan All Sky Camera Dan Metode Moving Average Di Kota Medan.”

deretan gambar yang menunjukkan perubahan pencahayaan langit selama transisi dari malam ke fajar. Dengan pendekatan ini, hasil olahan citra menunjukkan awal kemunculan fajar *ṣādiq* ketika posisi Matahari berada pada ketinggian $-17^{\circ} 12' 40''$. Penelitian ini juga melibatkan pengukuran menggunakan *Sky Quality Meter* (SQM) yang dianalisis dengan metode yang sama, yaitu *moving average*, dan menghasilkan temuan yang konsisten dengan analisis citra kamera.²¹

Meskipun penelitian ini telah menunjukkan kecermatan dalam menangkap momen perubahan cahaya langit secara visual, aspek teknis dari pengambilan gambar seperti variasi ISO dan *shutter speed* tidak dijadikan objek analisis yang dievaluasi secara mendalam. Peneliti hanya menunjukkan hasil akhir dari pengamatan *visual* tanpa menyajikan pembahasan mengenai bagaimana pengaturan kamera memengaruhi tangkapan citra atau konsistensi data yang diperoleh. Padahal, kedua parameter tersebut sangat menentukan sensitivitas kamera terhadap cahaya rendah dan sangat mungkin memengaruhi titik munculnya fajar yang terekam dalam foto. Dengan tidak dianalisisnya pengaruh pengaturan ini, terdapat celah metodologis yang dapat diisi oleh penelitian selanjutnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Mahfudz berjudul *Uji Akurasi Awal Waktu Subuh Kementerian Agama RI Menggunakan Astrofotografi di Pulau Masalembu, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur* merupakan upaya evaluatif terhadap ketepatan kriteria awal

²¹ Putraga, “Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Kamera DSLR Dan Metode Moving Average.”

waktu Subuh yang ditetapkan oleh Kementerian Agama RI. Penelitian ini menggabungkan pendekatan field research dan library research, serta menggunakan metode astrofotografi dengan kamera DSLR yang disetel dengan ISO minimal 3200, *shutter speed* 30 detik, dan bukaan lensa maksimal. Penelitian ini menemukan bahwa fajar *ṣādiq* belum terlihat pada saat posisi Matahari berada di -20° di bawah ufuk, sebagaimana ditetapkan oleh Kementerian Agama. Temuan ini memberikan indikasi bahwa ketentuan waktu Subuh yang berlaku secara nasional mungkin terlalu dini dan perlu dikaji ulang berdasarkan observasi empiris terbaru.²²

Meskipun penelitian ini telah menunjukkan pentingnya evaluasi terhadap standar waktu Subuh resmi, pendekatannya belum sepenuhnya mengulas sejauh mana pengaturan teknis kamera (seperti ISO dan *shutter speed*) memengaruhi visibilitas fajar *ṣādiq* itu sendiri. Nilai ISO yang tinggi dan *shutter speed* yang lama memang memungkinkan peningkatan sensitivitas kamera terhadap cahaya lemah, namun tanpa adanya analisis komparatif terhadap berbagai konfigurasi pengaturan kamera, kesimpulan bahwa fajar belum muncul di -20° masih menyisakan kemungkinan bias teknis. Hal ini membuka peluang penelitian lanjutan untuk secara sistematis menguji pengaruh variasi pengaturan kamera terhadap deteksi fajar *ṣādiq*. Penelitian yang berfokus pada dimensi teknis ini tidak hanya melengkapi pendekatan observasional, tetapi juga memberikan dasar

²² Mahfudz, “Uji Akurasi Awal Waktu Subuh Kementrian Agama RI Menggunakan Astrofotografi Di Pulau Masalembu, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.”

ilmiah yang lebih kokoh untuk penentuan waktu Subuh berbasis astrofotografi.

Selanjutnya penelitian Adi Nugroho pada tahun 2020 yang berjudul *Pengaruh Cahaya Bulan Terhadap Kemunculan Fajar Sidiq (Analisis Titik Belok Kurva Pada Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Alat Sky Quality Meter)*. Penelitian ini menghasilkan dua temuan utama. Pertama, kehadiran cahaya Bulan terbukti memiliki pengaruh signifikan terhadap kemunculan fajar *ṣādiq* yang terdeteksi melalui alat Sky Quality Meter (SQM). Dalam kondisi adanya cahaya Bulan, waktu kemunculan fajar berbeda sekitar 16 menit dari jadwal waktu salat yang ditetapkan oleh Kementerian Agama Republik Indonesia. Sebaliknya, ketika tidak terdapat sinar Bulan, perbedaan tersebut hanya sekitar 2 menit. Kedua, cahaya Bulan juga memengaruhi tingkat kecerlangan langit malam di lokasi penelitian, dengan perbedaan nilai kecerlangan mencapai sekitar 3 mpsas.²³

Pada penelitian ini sudah cukup bagus namun, penelitian ini hanya menggunakan data dari *Sky Quality Meters* (SQM) tanpa menyertakan citra secara menyeluruh. Kondisi ini membuka ruang bagi penelitian lanjutan guna mengisi kekosongan yang masih ada. Citra yang diperoleh dapat dibandingkan dengan data SQM, tentunya dengan kualitas dan jumlah data yang memadai.

²³ Adi Nugroho, “Pengaruh Cahaya Bulan Terhadap Kemunculan Fajar Sidiq (Analisis Titik Belok Kurva Pada Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Alat Sky Quality Meter)” (UIN Walisongo, 2020).

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Fikki Burhanuddin berjudul *Perbedaan Penggunaan Sky Quality Meter terhadap Hasil Observasi Fajar ṣādiq ke Arah Ufuk Timur dan Zenith* menunjukkan perbandingan hasil pengamatan antara dua arah pandang menggunakan SQM. Penelitian ini dilakukan di daerah gelap (Pati) dan menghasilkan nilai kecerlangan langit rata-rata sebesar 21,5 mpsas untuk arah ufuk timur, serta 19,5 mpsas untuk arah *zenith*. Dari arah ufuk timur, fajar ṣādiq terdeteksi saat elevasi Matahari mencapai rata-rata -19° , sedangkan dari arah *zenith* fajar teramati pada elevasi -15° . Keterlambatan deteksi fajar dari arah *zenith* disebabkan oleh keterbatasan sudut pandang alat SQM yang hanya mencakup 20 derajat. Meski dilakukan di lokasi gelap, hasil pengamatan dinilai kurang presisi karena tingginya tingkat polusi cahaya yang memengaruhi sensitivitas alat pengukur.²⁴

Penelitian yang dilakukan oleh Dhani Herdiwijaya pada tahun 2016 berjudul *Sky Brightness and Twilight Measurements at Yogyakarta City, Indonesia* meliputi pengukuran kecerlangan langit dan waktu fajar di Yogyakarta selama 136 hari antara tahun 2014 hingga 2016 menggunakan alat Sky Quality Meter (SQM). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kecerlangan langit di Yogyakarta stabil setelah tengah malam dengan nilai rata-rata $18,81 \pm 0,70$ mpass, sedangkan sebelum tengah malam nilainya sebesar $18,44 \pm 0,85$ mpass. Selain itu, polusi cahaya terbukti mempengaruhi

²⁴ Muhmmad Fikky Burhanuddin, “Perbedaan Penggunaan Sky Quality Meter Terhadap Hasil Observasi Fajar Shodiq Ke Arah Ufuk Timur Dan Zenith.” (UIN Walisongo, 2021).

kemunculan fajar di Yogyakarta, yang terjadi sekitar 4% lebih lambat dibandingkan dengan daerah dengan tingkat polusi cahaya terendah, yaitu Kupang.²⁵

Penelitian ini memberikan wawasan mengenai pengaruh polusi cahaya terhadap kecerlangan langit dan waktu kemunculan fajar di berbagai lokasi di Indonesia. Untuk memastikan konsistensi hasil, perlu dilakukan observasi lebih lanjut di lokasi lain. Pengukuran kecerahan langit dengan resolusi waktu yang tinggi masih terbatas di banyak wilayah Indonesia, meskipun beberapa wilayah yang telah disebutkan bisa dijadikan sebagai dasar awal. Hasilnya mungkin berbeda tergantung pada ketinggian lokasi dan tingkat polusi cahaya atau udara. Oleh karena itu, kajian tentang penampakan fajar di berbagai daerah dengan tingkat polusi cahaya yang bervariasi masih perlu dilakukan secara mendalam sebagai acuan standar untuk koreksi. Selain itu, penggunaan Sky Quality Meter (SQM) perlu dilengkapi dengan data foto sebagai pembandingan untuk memperkuat hasil penelitian ini.

Dari berbagai penelitian yang ada, dapat disimpulkan bahwa belum ada studi yang secara khusus meneliti pengaruh ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar sebagai penentu awal waktu Subuh di Indonesia. Sehingga peneliti akan mencoba menemukan pengaruh ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar dan menemukan formula yang tepat untuk bisa menjadi acuan pengamatan fajar dibidang astrofotografi.

²⁵ Dhani Herdiwijaya, "Sky Brightness and Twilight Measurements at Jogjakarta City, Indonesia," *Journal of Physics* 771, no. 1 (November 1, 2016).

E. Metode Penelitian

1. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan menggunakan penelitian lapangan (*field research*).²⁶ Meskipun pendekatan kualitatif memiliki peran penting dalam menjelaskan fenomena yang bersifat deskriptif, penggunaan data kuantitatif dalam penelitian ini tidak dapat dihindari karena mampu menyederhanakan serta memperjelas hubungan antara beberapa variabel numerik, seperti nilai ISO, *shutter speed*, dan selisih waktu kemunculan fajar. Data kuantitatif memberikan pemahaman yang lebih terukur mengenai pengaruh parameter teknis terhadap hasil pengamatan. Sementara itu, data kualitatif tetap digunakan untuk menggambarkan kondisi lapangan, gangguan, dan situasi pengamatan yang tidak dapat dinyatakan secara angka.²⁷ Dalam hal ini, analisis statistik menjadi alat bantu penting untuk mengolah data kuantitatif yang diperoleh di lapangan, sehingga dapat dijelaskan lebih lanjut melalui pendekatan deskriptif yang relevan dengan konteks pengamatan fajar secara astrofotografi.²⁸

Dalam penyusunan penelitian ini, digunakan data relevan dengan pokok permasalahannya. Terdapat dua macam data, yaitu data primer dan data skunder. Data primer pada penelitian ini

²⁶ Sugiyono, *Metode Penelitian Kualitatif* (Bandung: Alfabeta, 2018).

²⁷ Sugiyono.

²⁸ Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif* (Bandung: Alfabeta, 2006).

adalah data numerik dari hasil pengamatan menggunakan kamera Redmi note 13 5G dan data numerik yang dihasilkan dari SQM LU-DL. Sedangkan data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber pustaka, termasuk jurnal, buku, penelitian, dan sumber lain yang tersedia di media online maupun offline.

2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pulau Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Lokasi ini dipilih karena termasuk wilayah dengan kecerlangan langit malam yang ideal, yaitu mencapai 21,3 mpsas atau lebih.²⁹ Kondisi tersebut membuat Pulau Karimunjawa sangat cocok untuk pengamatan langit secara optimal, khususnya dalam studi waktu kemunculan fajar.

Penelitian ini berlangsung selama 17 hari, terhitung sejak tanggal 27 Februari hingga 15 Maret 2025 M, yang bertepatan dengan tanggal 28 *Sya'bān* hingga 15 *Ramaḍān* 1446 H. Rentang waktu ini dipilih karena bertepatan dengan fase Bulan gelap (*new moon*) yang terjadi pada 28 Februari 2025 M / 29 *Sya'bān* 1446 H, sehingga minim gangguan cahaya Bulan pada waktu-waktu pengamatan dini hari.³⁰

3. Teknik Pengumpulan Data

²⁹ Basthoni, “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia .”

³⁰ Nugroho, “Pengaruh Cahaya Bulan Terhadap Kemunculan Fajar Sidiq (Analisis Titik Belok Kurva Pada Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Alat Sky Quality Meter.”

Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah observasi partisipan, yaitu peneliti turut serta dalam proses pengamatan dengan cara mengatur variasi ISO dan *shutter speed* guna memantau kemunculan fajar *ṣādiq*. Variasi ISO yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 50, 100, 800, 1600 dan 3200, sedangkan variasi *shutter speed* yang digunakan adalah 0.01, 1, 10, 20 dan 30. Pengamatan ini menggunakan kamera smartphone Xiaomi Redmi Not 13 5G. Perangkat ini dinilai telah memiliki spesifikasi teknis memadai untuk mendeteksi cahaya fajar dalam kondisi langit yang gelap. Perangkat ini memiliki sensor kamera dengan resolusi tinggi serta didukung fitur pengaturan manual eksposur, seperti ISO dan *shutter speed*, yang menjadi elemen kunci dalam menangkap cahaya lemah seperti fajar *ṣādiq*.³¹

Untuk memfokuskan analisis pada pengaruh pengaturan ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar *ṣādiq*, alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL digunakan sebagai instrumen verifikasi guna memastikan bahwa hasil pengamatan yang diperoleh memang disebabkan oleh variasi pengaturan kamera, bukan oleh faktor eksternal seperti polusi cahaya,³² cahaya bulan,³³ atau gangguan pencahayaan lainnya. Dengan demikian,

³¹ Syahroni, “Kelebihan Redmi Note 13 5G Yang Perlu Dipertimbangkan . Selengkapny Dengan Link: Kelebihan Redmi Note 13 5G yang Perlu Dipertimbangkan - Mitra Jakarta (pikiran-rakyat.com).

³² Basthoni, “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia.”

³³ Nugroho, “Pengaruh Cahaya Bulan Terhadap Kemunculan Fajar Sidiq (Analisis Titik Belok Kurva Pada Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Alat Sky Quality Meter.”

penggunaan SQM ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi data dan menjaga objektivitas hasil penelitian.

4. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif-komparatif.³⁴ Data hasil pengamatan dikelompokkan ke dalam tiga kategori berdasarkan kombinasi nilai ISO dan *shutter speed*, yaitu kategori rendah, sedang, dan tinggi. Kategori rendah mencakup ISO 50, 100, dengan shutter speed 0,01 detik, 1 detik. Kategori sedang terdiri dari ISO 800 dan 1600 dengan *shutter speed* 10 detik dan 20 detik, sedangkan kategori tinggi menggunakan ISO 3200 dengan *shutter speed* 30 detik. Kemudian data akan dianalisis secara visual dengan menggunakan bantuan aplikasi AstroimageJ. Pada langkah ini hasil gambar yang telah diambil menggunakan kamera Redmi note 13 5G akan *import* kedalam Aplikasi AstroimageJ. Setelah mendapatkan hasil (*result*) dari aplikasi AstroimageJ, data akan di *copy* ke dalam aplikasi *excel* ³⁵ kemudian diproses ke dalam aplikasi LabPlot untuk mendapatkan kurva yang menunjukkan waktu kemunculan fajar.³⁶

Untuk menentukan titik belok kurva yang menandai awal kemunculan fajar *ṣādiq* , peneliti menggunakan metode *moving*

³⁴ Sugiyono, “Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods),” *Alfabeta*, 2013.

³⁵ Ali Mustofa, *Ilmu Falak Berbasis Excel*, ed. Siti Mafulah, I (Kediri: Asto Sun3, 2019).

³⁶ Ahmad Abrar, “Studi Analisis Hilangnya Syafaq Abyad Dalam Penentuan Awal Waktu Shalat Isya Di Kabupaten Toli-Toli” (Uin Walisongo, 2024).

average. Metode ini membantu meratakan fluktuasi data dan mengidentifikasi pola tren cahaya secara lebih jelas. Titik belok yang muncul sebagai perubahan arah grafik dari penurunan menuju peningkatan intensitas cahaya dianggap sebagai indikasi awal masuknya fajar. Pendekatan ini mempermudah identifikasi momen transisi dari malam ke waktu fajar dengan cara yang lebih objektif dan terukur.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, data akan diverifikasi dengan data yang dihasilkan dari pengamatan menggunakan SQM LU-DL. Proses analisis data dari alat SQM LU-DL dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, data yang terekam oleh alat ini diunduh dan diolah menggunakan aplikasi *Unihedron*, yang secara otomatis mengubah hasil pengukuran cahaya langit menjadi data numerik dalam satuan *magnitudo per arcsecond kuadrat*. Setelah data numerik diperoleh, grafik intensitas cahaya terhadap waktu dapat langsung divisualisasikan melalui aplikasi *Unihedron* tersebut. Namun, untuk mengidentifikasi titik belok (*infleksi*) perubahan cahaya yang menunjukkan kemunculan fajar *ṣādiq*, diperlukan analisis lanjutan. Oleh karena itu, data dari *Unihedron* disalin ke dalam perangkat lunak Microsoft Excel, kemudian diekspor ke aplikasi LabPlot untuk dilakukan proses analisis menggunakan metode *moving average*. Metode ini memungkinkan pendeteksian pola perubahan cahaya secara lebih halus dan sistematis, sehingga titik perubahan signifikan pada kurva dapat diidentifikasi dengan lebih akurat.

Untuk melihat pengaruh pengaturan ISO dan *shutter speed* terhadap hasil citra fajar, dilakukan perbandingan antara data hasil kamera dan data dari SQM LU-DL. Selisih antara waktu kemunculan fajar berdasarkan hasil kamera dan hasil SQM dihitung untuk setiap pengamatan. Selisih inilah yang menjadi tolak ukur utama dalam menilai seberapa besar pengaruh pengaturan ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar *ṣādiq*.

Kemudian untuk memperkuat analisis visual, data yang diperoleh juga dianalisis secara kuantitatif menggunakan regresi linear sederhana dan regresi linear berganda. Uji regresi ini dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh variabel bebas, yaitu nilai ISO dan *shutter speed* terhadap variabel terikat berupa selisih waktu kemunculan fajar antara hasil citra dan hasil pembacaan alat SQM LU-DL. Pengolahan dan analisis statistik dilakukan dengan bantuan aplikasi SPSS, yang memungkinkan perhitungan nilai koefisien regresi, signifikansi, dan koefisien determinasi secara akurat. Hasil dari uji ini digunakan untuk memverifikasi pengaruh signifikan dari variabel-variabel teknis tersebut serta menentukan kombinasi pengaturan kamera yang paling ideal untuk pengamatan fajar secara astrofotografi.³⁷

³⁷ Sumadi Surabrata, *Metode Penelitian* (Jakarta: Rajawali Press, 2013).

F. Sistematika Pembahasan

Secara umum, penelitian ini terdiri dari lima bab utama, yaitu sebagai berikut:

- BAB I :Pendahuluan, menyajikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tinjauan pustaka, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.
- BAB II :Pada bab ini membahas tinjauan umum mengenai kemunculan fajar *ṣādiq*, menjelaskan secara mendalam tentang konsep fajar *ṣādiq* termasuk dasar hukum, juga membahas konsep ISO dan *shutter speed*.
- BAB III :Pada bagian ini disajikan data-data pengamatan, baik yang diperoleh menggunakan kamera Redmi Note 13 5G dengan variasi ISO dan *shutter speed* yang berbeda maupun yang menggunakan alat SQM LU-DL.
- BAB IV :Bab ini menyajikan dan menganalisis data hasil pengamatan fajar *ṣādiq* yang diperoleh melalui kamera Redmi Note 13 5G dengan variasi ISO dan *shutter speed* serta data pembandingan dari alat SQM LU-DL.
- BAB V :Penutup, pada bab ini penulis menyimpulkan hasil penelitian dengan menjawab rumusan masalah yang ada, yaitu berkaitan dengan pengaruh ISO dan *shutter speed* terhadap kemunculan fajar dan formula yang tepat untuk digunakan untuk pengamatan fajar.

BAB II

FAJAR DALAM LITERATUR KEISLAMAN DAN ASTRONOMI

A. Fajar Menurut Pandangan Fikih

Fajar menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) online diartikan sebagai cahaya kemerah-merahan di langit timur menjelang matahari terbit.³⁸ Fajar dibagi menjadi dua jenis, yaitu *fajar kāzib* dan *fajar šādiq*.³⁹ *Fajar kāzib* diartikan sebagai cahaya kemerah-merahan yang muncul sejenak dan kemudian hilang sebelum fajar *šādiq*, sementara *fajar šādiq* diartikan sebagai fajar yang muncul setelah fajar *kāzib* menjelang terbitnya matahari atau fajar yang sesungguhnya (yang menandai awal waktu salat Subuh dan imsak bagi yang berpuasa).⁴⁰ Terkait dengan definisi tersebut, fajar *šādiq* merupakan terkait dengan cahaya matahari yang sesungguhnya yakni terkait dengan peredaran waktu matahari sebenarnya, sedangkan fajar *kāzib* berkaitan dengan cahaya yang bisa menipu mata dalam melakukan salat.⁴¹

Fajar *šādiq* merupakan fenomena astronomis yang ditandai dengan munculnya cahaya putih yang membentang secara horizontal

³⁸ Departemen Pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2008).

³⁹ Ahmad Izzuddin, *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya*, I (Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012).

⁴⁰ “Kamus Bahasa Indonesia (KBBI),” yang diakses 19 Desember 2024

⁴¹ Nawawi and Abd. Salam, *Ilmu Falak Praktis* (Surabaya: Imtiyaz, 2016).

di sepanjang ufuk timur menjelang terbitnya matahari.⁴² Cahaya ini berbeda dengan fajar *kāzib*, yang tampak lebih vertikal dan tidak menetap yang mana sering dikenal dengan ekor serigala.⁴³ Kemunculan fajar *ṣādiq* memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan umat Islam, karena menjadi penanda waktu dimulainya beberapa ibadah utama.⁴⁴ Diantaranya adalah awal waktu pelaksanaan shalat Subuh, yang tidak sah dilakukan sebelum fajar *ṣādiq* terbit. Selain itu, fajar *ṣādiq* juga menandai berakhirnya waktu shalat Isya, serta menjadi batas awal dimulainya imsak, yaitu saat umat Islam mulai menahan diri dari makan, minum, dan segala hal yang membatalkan puasa.⁴⁵

Penelusuran karakteristik fajar dilakukan melalui sumber-sumber keislaman, dengan Al-Qur'ān sebagai referensi utama. Untuk mendalami informasi yang terkandung dalam Al-Qur'ān, penelusuran ini didukung oleh tafsir Al-Qur'ān sebagai sumber penjelasan tambahan. Selain itu, kitab-kitab hadis beserta syarahnya juga dijadikan rujukan guna melengkapi pemahaman mengenai karakteristik fajar yang terdapat dalam Al-Qur'ān. Meskipun terdapat beberapa ayat dalam Al-Qur'ān yang mengandung kata

⁴² A. Kadir, *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap Dan Praktis* (Jakarta: Amzah, 2012).

⁴³ Uzal Syahrana, *Ilmu Falak Metode As-Syahru* (Blitar: Gunung Tidar Press, 2019).

⁴⁴ Watni Marpaung, *Pengantar Ilmu Falak* (Jakarta: Prenada Media, 2015).

⁴⁵ Muhammad Hadi Bashori, *Pengantar Ilmu Falak, Pedoman Lengkap Tentang Teori Dan Praktik Hisab, Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan Qamariyah, Dan Gerhana* (Jakarta: Pustaka Al-Kutsar, 2015).

"fajar", QS. al-Baqarah (2:187) adalah satu-satunya ayat yang menguraikan dan menggambarkan secara rinci tanda-tanda fajar.⁴⁶ Potongan ayat tersebut adalah:

وَكُلُوا وَاشْرَبُوا حَتَّى يَتَبَيَّنَ لَكُمُ الْخَيْطُ الْأَبْيَضُ مِنَ الْخَيْطِ الْأَسْوَدِ مِنَ الْفَجْرِ

*Artinya: makan dan minumlah hingga jelas bagimu (perbedaan) antara benang putih dan benang hitam, yaitu fajar. (Q.S. Al-Baqarah/2:187).*⁴⁷

Fajar *ṣādiq*⁴⁸ digambarkan dalam ayat tersebut dengan perumpamaan sama seperti benang putih yang tampak diantara gelapnya malam, yang diumpamakan sebagai benang hitam. Perumpamaan ini sempat tidak dipahami oleh para sahabat hingga akhirnya turun penjelasan tambahan berupa kata *min al-fajr* dalam ayat tersebut.⁴⁹ Sebelum turunnya redaksi *min al-fajr* dalam ayat tersebut, sebagian sahabat ketika akan makan sahur mengikatkan kaki mereka dengan benang putih dan hitam, kemudian melanjutkan makan sahur hingga jelas terlihat perbedaan antara kedua benang tersebut. Setelah turunnya redaksi *min al-fajr*, para sahabat pun memahami bahwa yang dimaksud dengan perumpamaan benang putih dan hitam tersebut adalah

⁴⁶ Basthoni, "Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia ."

⁴⁷ Kementrian RI, "Al-Baqarah-187 Qur'an Kemenag," n.d. diakses 19 Desember 2024, <https://quran.nu.or.id/al-baqarah/187>

⁴⁸ Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak* (Yogyakarta, 2005).

⁴⁹ Muhammad ibn Yusuf Al-Andalusy, "Al-Bahr al-Muhit Fiy al-Tafsir, II," 2010.

perbedaan antara gelapnya malam dan terangnya siang (H.R. al-Bukhari dan Muslim).⁵⁰

Pendapat serupa juga diungkapkan oleh Ibnu Taimiyah (w. 728 H), yang menyatakan bahwa penyebutan siang yang terang (putih) dan malam yang gelap (hitam) dengan istilah benang putih dan benang hitam mengindikasikan terbitnya fajar *ṣādiq*. Fajar tersebut ditandai dengan permulaan cahaya putih yang muncul di tengah kegelapan di ufuk timur, yang tampak tipis dan halus, mirip dengan bentuk benang yang tipis, lembut, dan memanjang. Lebih lanjut, Ibnu Taimiyah menjelaskan bahwa jika yang dimaksud dengan benang putih adalah cahaya fajar yang telah menyebar, seharusnya dalam ayat tersebut digunakan istilah benang merah, karena ketika cahaya fajar mulai menyebar, yang tampak adalah cahaya merah, dan bukan lagi benang putih maupun benang hitam, sebagaimana yang digambarkan dalam ayat tersebut.⁵¹

Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa kemunculan pertama cahaya di ufuk timur, meskipun tampak lembut dan tipis seperti benang dengan sinar yang masih lemah, sudah dapat dianggap sebagai fajar *ṣādiq* yang membawa implikasi hukum, yaitu diharamkannya makan dan dihalalkannya salat Subuh.⁵²

⁵⁰ Al-Andalusy.

⁵¹ Ahmad Abd al-Halim Ibn Taymiyah, *Kitab As-Shiyam Min Syarkh al Umdah*, 1996.

⁵² M. Ainul Yaqin Ahsan, *Mukhtashar Al-Durusi Al-Falakiyah* (Yogyakarta: Grup Penerbitan CV Budi Utama, 2024).

Sementara fajar *kāzib* berkaitan dengan cahaya yang bisa menipu mata dalam melakukan shalat.⁵³ juga dengan fajar pertama (*al-fajar al awwal*) yang merupakan syarat munculnya fajar *ṣādiq*.⁵⁴ Para ulama mengidentifikasi fajar *kāzib* dengan seperti ekor serigala, yang panjang dan berbulu serta berada dalam posisi *vertical* (memanjang dari timur ke barat).⁵⁵

B. Fajar dalam Perspektif Astronomi

Dalam konteks ilmu astronomi, fajar merujuk pada proses iluminasi atmosfer bagian bawah yang terjadi saat Matahari belum terlihat secara langsung karena posisinya berada di bawah ufuk.⁵⁶ Fenomena ini disebabkan oleh hamburan sinar Matahari yang terjadi di atmosfer bagian atas, yang kemudian menerangi atmosfer bagian bawah. Akibatnya, permukaan Bumi tidak berada dalam kondisi terang sepenuhnya maupun gelap total. Selain itu, istilah fajar juga digunakan untuk menggambarkan periode waktu di mana iluminasi ini berlangsung.⁵⁷

⁵³ Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012).

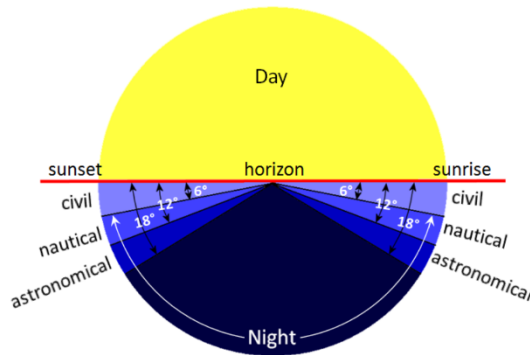
⁵⁴ Arwin Juli Rakhmadi Butar-Butar, *Fajar & Syafak Dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim Dan Ulama Nusantara* (Yogyakarta, 2018), 2.

⁵⁵ Dhiauddin Tanjung, *Ilmu Falak Di Indonesia*, Pertama (Medan: Perdana Mulya Sarana, 2013).

⁵⁶ M. Basthoni, Thomas Dzamaluddin, and Ahmad Izzuddin, "Light Pollution Disturbance in Detecting Zodiacal Light and Twilight," *AIP Publishing*, December 11, 2023.

⁵⁷ NOAA National Weather Service US Department of Commerce, "Definition of Twilight," n.d. diakses 31 Desember 2024 <https://www.weather.gov/fsd/twilight>

Fajar didefinisikan berdasarkan sudut elevasi Matahari, yang merujuk pada posisi pusat geometris Matahari relatif terhadap cakrawala.⁵⁸ Dalam ilmu astronomi, terdapat tiga kategori fajar, yaitu fajar sipil (terjadi ketika posisi Matahari berada paling dekat dengan cakrawala), fajar bahari, dan fajar astronomi (terjadi ketika posisi Matahari berada paling jauh dari cakrawala).⁵⁹



Gambar 2. 1 Fajar Dalam Astronomi.⁶⁰

Fajar sipil merupakan fajar yang ditandai dengan mulai terlihatnya objek-objek di sekitar, yang menandakan bahwa kondisi lingkungan sudah mulai terang dan Matahari akan segera terbit.⁶¹ Pada fase ini, sudut depresi atau ketinggian Matahari berada sekitar 6° di bawah cakrawala. Fajar nautika atau bahari adalah fajar yang ditandai dengan terlihatnya ufuk di laut, dengan posisi Matahari

⁵⁸ Tanjung, *Ilmu Falak Di Indonesia*.

⁵⁹ Basthoni, "Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia."

⁶⁰ National Weather Service US Department of Commerce, "Definition of Twilight."

⁶¹ O.Gingerich, *Astrophysics And Twentieth-Century Astronomy to 1950* (New York: Cambridge University Pers, 2010).

sekitar 12° di bawah ufuk. Sementara itu, fajar astronomi didefinisikan sebagai akhir malam, yang ditandai dengan meredupnya cahaya bintang akibat mulai terjadinya hamburan cahaya Matahari. Pada kondisi ini, posisi Matahari berada sekitar 18° di bawah ufuk.⁶²

Dalam tiga pengertian fajar yang telah dijelaskan, tidak ditemukan definisi yang sesuai dengan pemahaman mengenai fajar *każib*.⁶³ Dari sudut pandang astronomi, fenomena fajar *każib* tidak termasuk dalam kategori fajar atau cahaya yang berasal dari pancaran sinar Matahari secara langsung.⁶⁴ Sebaliknya, cahaya yang tampak pada fenomena ini disebabkan oleh efek hamburan cahaya Matahari oleh debu antar planet. Fenomena ini dalam astronomi dikenal dengan sebutan *Zodiacal Light* atau Cahaya Zodiak.⁶⁵

⁶² Thomas Djamaluddin, “Waktu Shubuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar’i,” n.d.

⁶³ Baharudin Zainal, *Ilmu Falak*, II (Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2004).

⁶⁴ Alfian Maghfuri, *Ilmu Falak Dan Hisab*, Pertama (Madza Media, 2021).

⁶⁵ D. W. Schuerman† and J. L. Weinberg, “Zodiacal Light: A Probe of the Properties and Evolution of Interplanetary Dust,” *Highlights of Astronomy* 6 (1983): 421–25, <https://doi.org/10.1017/s1539299600005426>.



Gambar 2. 2 Zodiacal Light atau Fajar kāzib di Pulau Bawean Kab.⁶⁶

Djamaluddin menambahkan bahwa dalam penentuan posisi ketinggian Matahari untuk fajar astronomi, terdapat perbedaan dan tidak ada konsensus mutlak pada posisi 18° di bawah ufuk.⁶⁷ Para ulama ahli hisab terdahulu telah merumuskan definisi fajar *ṣādiq* atau fajar astronomi dengan kriteria yang bervariasi, berdasarkan pengamatan mereka pada masa lalu, dengan rentang sekitar -15° hingga -20° .⁶⁸ Penentuan kriteria fajar ini merupakan hasil ijtihad, sehingga perbedaan tersebut dianggap wajar. Di Indonesia, ijtihad yang digunakan adalah sudut depresi atau ketinggian Matahari sekitar -20° di bawah ufuk, yang didasarkan pada dalil syar'i dan astronomis yang dianggap kuat.⁶⁹

⁶⁶ LFNU Gersik

⁶⁷ Thomas Djamaluddin, "Waktu Shubuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar'i," n.d.

⁶⁸ Marpaung, *Pengantar Ilmu Falak*.

⁶⁹ I Agus, and Hasan Bashori, "Persoalan Waktu Subuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar'i," n.d.,

Berikut ini beberapa perbedaan dalam penentuan ketinggian Matahari untuk Subuh:

Tabel 2. 1 Perbedaan ketinggian fajar ṣādiq berbagai organisasi dan Negara.⁷⁰

No	Organisasi	Tinggi Matahari	Negara
1.	<i>Universitas of Islamic Science Karachi</i>	Minus 18°	Pakistan, Bangladesh, India, Afghanistan, dan Sebagian Eropa
2.	<i>Islamic Society of North America</i>	Minus 15°	Canada dan Sebagian Amerika
3.	<i>Muslim World League</i>	Minus 18°	Eropa, Timur jauh, dan Sebagian Amerika Serikat
4.	<i>Ummu Qurra Committee</i>	Minus 19°	Semenanjung Arabia
5.	<i>Egyptian General Authority of Survey</i>	Minus 19,5°	Afrika, Syria, Irak, Libanon, Malaysia.
6.	<i>Kementrian Agama</i>	<i>Minus 20°</i>	<i>Indonesia</i>

Tabel 2. 2 Perbedaan ketinggian fajar ṣādiq ulama Falak Indonesia.⁷¹

No	Tokoh	Tinggi Matahari
-----------	--------------	------------------------

<http://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/04/15/waktu-shubuh-ditinjau-secara-astronomi-dan-syari/>.

⁷⁰ Slamet Hambali, *Ilmu Falak I* (Semarang , 2011).

⁷¹ Hambali.

1.	Saadoe'ddin Djabat	Minus 20°
2.	Zubair Umar al-Jailani	Minus 18°
3.	Muhammad Ma'shum bin Ali	Minus 19°
4.	Abdur Rachim	Minus 20°
5.	Noor Ahmad SS	Minus 20°
6.	Slamet Hambali	Minus 19°-tinggi Matahari terbit. ⁷²
7.	Muhyiddin Khazin	Minus 20°. ⁷³

C. Teknik Astrofotografi Dalam Pengamatan Fajar *ṣādiq*

1. Konsep Astrofotografi

Astrofotografi (*astrophotography*) adalah kata majemuk (*mudaf wa mudaf ilayh*), atau gabungan dari beberapa kata yang menyatakan satu pengertian, ⁷⁴ kata tersebut gabungan dari kata astronomi dan fotografi. Astronomi adalah salah satu ilmu alam yang mempelajari benda langit (misalnya bintang, planet, bulan dan lain-lain) serta fenomena lain yang terjadi di luar atmosfer bumi.⁷⁵ Fotografi (*photography*) adalah kegiatan merekam dan memanipulasi cahaya untuk mendapatkan hasil yang kita inginkan. Fotografi juga gabungan dua kata yakni foto (*photo*) yang berasal dari istilah Yunan "*phos*" yang berarti cahaya dan grafik (*graph*) yang berasal dari istilah Yunani "*graphe*" berarti

⁷² Hambali, *Awal Waktu Salat Dan Penentuan Arah Kiblat Di Seluruh Dunia Ilmu Falak 1* (Tentang Penentuan).

⁷³ Muhyiddin Khazin, 99 *Tanya Jawab Masalah Hisab Dan Rukyat* (Yogyakarta: Ramadhan Press, 2009).

⁷⁴ Departemen Pendidikan Nasional, Kamus Besar Bahasa Indonesia (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2008). 692

⁷⁵ Albercht Unsold and Bodo Baschek, *The New Cosmos: An Introduction to Astronomy and Astrophysics* (Berlin: Springer, 2004).

tulisan atau gambar. Maka makna harfiah fotografi adalah menulis atau menggambar dengan cahaya.⁷⁶ Fotografi bisa sebagai media untuk mendokumentasikan peristiwa penting sekaligus sebagai karya seni yang mengandung nilai estetika yang digunakan untuk menyampaikan pesan kepada yang melihatnya.

Penggabungan kata “*astronomi*” dengan “*fotografi*” berarti mengaitkan suatu kata dengan kata yang lain, sehingga makna kata tersebut menjadi terbatas pada apa yang dinisbatkan. Fotografi yang secara bahasa berarti menulis atau melukis cahaya, atau yang secara istilah diartikan sebagai proses atau metode untuk menghasilkan gambar atau foto dari suatu objek dengan merekam pantulan cahaya yang mengenai objek tersebut pada media yang peka cahaya, menjadikannya berbeda dengan menulis atau melukis yang lain. Demikian juga astrofotografi atau fotografi yang dinisbatkan kepada astronomi membuatnya berbeda dengan fotografi pada umumnya, sebab objek yang direkam atau dilukis hanya terbatas pada objek astronomi. Dengan demikian astrofotografi berarti seni melukis cahaya yang mengkhususkan objek sasarannya pada objek astronomi.⁷⁷

Dengan bahasa sederhana, pengertian Astrofotografi adalah cabang fotografi yang objek fotonya berkaitan dengan hal-hal astronomi, misalnya foto bulan, matahari, bintang, planet,

⁷⁶ AS Hornby, *Oxford Advanced Learners Dictionary of Current English*, 1995.

⁷⁷ Ahmad Junaidi, “Peran Astrofotografi Dalam Rukyatul Hilal Di Indonesia” (UIN Walisongo, 2019). 85

galaksi, nebula, open cluster/globular cluster, dan sebagainya. Astrofotografi bertujuan untuk memotret benda-benda langit, dan untuk memotretnya diperlukan teknik-teknik tertentu.⁷⁸

2. ISO dan *shutter speed* dalam Fotografi

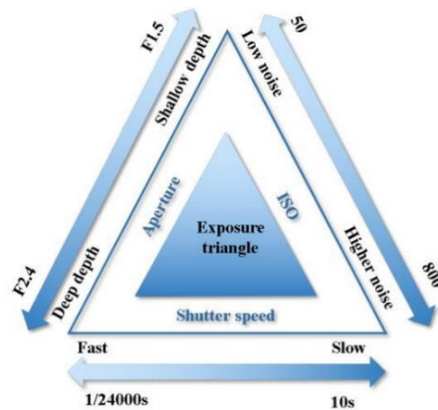
Kamera berfungsi sebagai instrument dasar untuk menangkap dan mempresentasikan cahaya melalui sensornya. Cahaya yang masuk kemudian diubah oleh sensor kamera menjadi gambar visual. Durasi waktu pencahayaan menentukan jumlah cahaya yang mencapai sensor gambar, yang mana hal ini akan menentukan seberapa terang atau gelap gambar akan muncul. Jika terlalu banyak cahaya yang ditangkap maka akan membuat gambar menjadi terlalu terang (*overexposure*) sehingga akan menghasilkan efek terlalu terang, tidak detail dan menghasilkan efek blooming. Sementara cahaya yang lebih sedikit akan menghasilkan gambar yang kurang terang (*Underexposure*) sehingga gambar yang dihasilkan akan gelap, berbintik dan kurang detail.⁷⁹ Adapun yang dimaksud dengan efek blooming yaitu jumlah foto yang mencapai *detector* melebihi kapasitas maksimumnya, dan foton yang berlebihan akan tumpah dan bergabung ke piksel yang berdekatan atau tidak dihitung, sehingga menyebabkan intensitas yang tidak tepat.⁸⁰

⁷⁸ Junaidi.

⁷⁹ Shivani Rajendra Teli, Stanislav Zvanovec, and Zabih Ghassemlooy, "The First Tests of Smartphone Camera Exposure Effect on Optical Camera Communication Links," 2019, <https://doi.org/10.1109/ConTEL.2019.8848559>.

⁸⁰ F.Cao et al., "Removing the Effect of Blooming from Potential Energy Measurement by Employing Total Internal Reflection Microscopy Integrated with Video Microscopy," *Journal of Colloid and Interface Science* 503 (2017): 142–49.

Konsep pencahayaan yang sering disebut sebagai segitiga pencahayaan, mencakup tiga elemen dasar: ISO, *aperture*, dan kecepatan rana (*shutter speed*). Interaksi di antara ketiga komponen ini sangat penting dalam mencapai pencahayaan yang diinginkan dalam praktik fotografi. Perubahan pada satu elemen pasti akan memengaruhi elemen lainnya, dan kombinasi spesifik dari ketiga faktor ini pada akhirnya yang akan menentukan luminositas gambar.⁸¹



Gambar 2. 3 Segitiga Exposure⁸²

a. ISO

ISO berfungsi sebagai indicator sensitivitas sensor kamera terhadap cahaya. skala ISO biasanya dimulai pada nilai 50, 80, atau 100 dan dapat diperpanjang hingga 3200 atau bahkan lebih tinggi. Nilai ISO yang lebih rendah

⁸¹ Elizabeth, "The Exposure Triangle-A Beginner's Guide," July 18, 2019.

⁸² Rajendra Teli, Zvanovec, and Ghassemlooy, "The First Tests of Smartphone Camera Exposure Effect on Optical Camera Communication Links."

menandakan sensitivitas yang berkurang terhadap cahaya, sedangkan nilai ISO yang lebih tinggi menunjukkan sensitivitas yang meningkat. Namun, penggunaan pengaturan ISO yang tinggi dapat memengaruhi kualitas gambar secara negative, yang mengakibatkan munculnya artefak yang dikenal sebagai noise, yang dapat membuat foto menjadi kasar dan mengurangi detail halus. Meskipun memiliki kekurangan ini, pengaturan ISO yang lebih tinggi sering kali penting dalam konsisi pencahayaan yang matang, seperti lingkungan yang remang-remang.⁸³

b. *Shutter speed*

Shutter speed mengacu pada lamanya waktu rana kamera tetap terbuka, yang memungkinkan cahaya mencapai sensor. Kecepatan rana yang diperpanjang memungkinkan lebih banyak cahaya masuk ke kamera, sehingga menghasilkan gambar yang lebih cerah. Mulai dari 1/4000 detik hingga 30 detik. Pengaturan ini disesuaikan pada bodi kamera, bukan pada lensa. Selain itu, *shutter speed* memiliki dampak yang signifikan pada penangkapan gerakan.⁸⁴ *shutter speed* yang cepat sangat penting untuk membekukan gerakan subjek yang bergerak cepat pengaturan ini bisa digunakan dalam konteks seperti forografi olahraga. Sebaliknya, kecepatan

⁸³ Rajendra Teli, Zvanovec, and Ghassemlooy.

⁸⁴ Nasim Mansorov, "Understanding ISO, SHutter Speed and Aperture A Beginner's Guide," Photography Life, January 29, 2024. Diakses 19 Mei 2025, <https://photographylife.com/iso-shutter-speed-and-aperture-for-beginners>

rana yang lambat dapat digunakan untuk menyampaikan gerakan, menangkap fenomena seperti pergerakan matahari atau transisi cahaya secara bertahap selama fajar dan senja.⁸⁵

c. *Aperture*

Aperture yaitu mengacu pada komponen penting lensa kamera yang berfungsi untuk mengatur jumlah cahaya yang menembus bodi kamera. *Aperture* merupakan penentu signifikan intensitas cahaya yang ditangkap dalam sebuah foto. *Aperture* yang lebih besar memungkinkan masuknya cahaya yang lebih banyak, sedangkan *aperture* yang lebih kecil membatasi masuknya cahaya. lebih jauh, *aperture* memainkan peran penting dalam memanipulasi kedalaman bidang: *aperture* yang lebar menghasilkan kedalaman bidang yang dangkal, yang menghasilkan latar belakang yang kabur, sedangkan *aperture* yang sempit menghasilkan kedalaman bidang yang luas, yang memastikan bahwa semua elemen dalam bingkai ditampilkan dengan fokus yang tajam.⁸⁶

3. Penggunaan AstroimageJ dalam Pengolahan Citra

AIJ adalah alat pemrosesan gambar astronomi untuk tujuan umum, ditambah lagi menyediakan antarmuka untuk menyederhanakan pemrosesan urutan gambar secara interaktif.

⁸⁵ Syahputra and Sani, “Analisis Pemotretan Foto Menggunakan Teknik Segitiga Exposure Pada Produk Makanan Kemasan.”

⁸⁶ Hastuti M Basithussyarop, “Problematika Astrofotografi Dalam Rukyatul Hilal,” n.d.

Rilis saat ini (versi 3.1.0) mencakup fitur dan kemampuan berikut, dengan (I) menunjukkan fitur yang disediakan oleh platform ImageJ yang mendasarinya, (I+) menunjukkan fitur ImageJ yang telah ditingkatkan, (A+) menunjukkan fitur berdasarkan paket plugin Astronomi, namun dengan kemampuan baru yang signifikan, dan (N) menunjukkan fitur baru yang tersedia di AIJ, namun tidak tersedia di ImageJ atau paket plug in Astronomi.⁸⁷

AIJ saat ini digunakan oleh sebagian besar dari 30 tim yang melakukan tindak lanjut fotometrik pada survei transit dengan Teleskop Kilo-derajat Sangat Kecil.⁸⁸ Hingga saat ini, telah ditemukan 10 planet yang sudah dipublikasikan, dan setidaknya ada delapan planet lainnya yang sedang dalam proses publikasi atau persiapan hingga saat ini.⁸⁹ Pengguna AIJ dalam tim tersebut meliputi astronom amatir, mahasiswa sarjana dan pascasarjana, dan astronom profesional. AIJ juga digunakan oleh tim sains KELT untuk mengoptimalkan presisi, dan menentukan parameter detrending terbaik untuk, semua kurva cahaya tindak lanjut yang disertakan dalam analisis penemuan planet baru. AIJ

⁸⁷ Rajendra Teli, Zvanovec, and Ghassemlooy, "The First Tests of Smartphone Camera Exposure Effect on Optical Camera Communication Links."

⁸⁸ Joshua Pepper et al., "The Kilodegree Extremely Little Telescope (KELT): A Small Robotic Telescope for Large-Area Synoptic Surveys," *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 119, no. 858 (August 2007): 923–35, <https://doi.org/10.1086/521836>.

⁸⁹ Joseph E. Rodriguez et al., "Kelt-14b And Kelt-15b: An Independent Discovery Of Wasp-122b And A New Hot Jupiter," *The Astronomical Journal* 151, no. 6 (June 1, 2016): 138, <https://doi.org/10.3847/0004-6256/151/6/138>.

digunakan di beberapa laboratorium pengajaran universitas sarjana dan juga digunakan untuk mengajarkan analisis transit eksoplanet kepada siswa sekolah menengah.

AIJ menyediakan antarmuka interaktif untuk fotometri bukaan tunggal dan fotometri diferensial multi bukaan. Antarmuka fotometri diferensial dirancang untuk secara otomatis memproses gambar rangkaian waktu dan mengukur kurva cahaya transit eksoplanet, biner gerhana, atau bintang variabel lainnya, secara opsional dalam waktu nyata saat pengamatan sedang dilakukan.⁹⁰

Modul *multiplot* (MP) menyediakan fasilitas plotting *multi-kurva* yang terintegrasi erat dengan fotometri diferensial dan pemasangan kurva cahaya. *Multi aperture* (MA) dapat memulai MP secara otomatis, atau MP dapat dimulai secara manual dengan mengklik ikon terkait pada AIJ Toolbar. Jika tabel pengukuran telah dibuat oleh MA atau dibuka dari OS, maka MP secara otomatis akan membuat plot berdasarkan pengaturan plot terakhir. Alternatifnya, templat plot dapat disimpan dan dipulihkan untuk memformat plot yang umum dibuat dengan mudah. Kontrol plotting diakses dalam dua panel antarmuka pengguna.

⁹⁰ Karen A. Collins et al., "Astroimagej: Image Processing And Photometric Extraction For Ultra-Precise Astronomical Light Curves," *The Astronomical Journal* 153, no. 2 (February 1, 2017): 77, <https://doi.org/10.3847/1538-3881/153/2/77>.

D. Metode Analisa Perbandingan Intensitas Cahaya

Terdapat beberapa teknik yang dapat digunakan untuk menganalisa kemunculan fajar *ṣādiq* , diantaranya yaitu:

a. *Moving Average Method*

Metode *moving average* yaitu model analisis data pengamatan yang diambil dari rata-rata setiap beberapa menit bergantung ketelitian yang diinginkan kemudian dicari beda gradien masing-masing rata-rata tersebut. Jika nilai gradiennya bernilai negatif dan setelahnya juga bernilai negatif maka pada titik tersebut ditentukan sebagai waktu terbit fajar⁹¹ Berdasarkan uraian tersebut bisa dipahami bahwa nilai gradient yang jadi penentu terbit fajar didasarkan pada nilai rata-rata data pengamatan bukan data fisis pengamatan itu sendiri.⁹²

b. *Linear*

Pemodelan dengan fungsi *linear* diusulkan sebagai salah satu solusi alternatif dalam penentuan titik belok kurva fajar dengan kombinasi pendekatan matematis dan tetap didasarkan pada data fisis pengamatan. Metode ini didasarkan pada pemahaman bahwa pengamatan fajar dengan prinsip fotometri menghasilkan kurva cahaya.

⁹¹ Adi Damanhuri, "Pengamatan Dan Penelitian Awal Waktu Subuh: Semua Bisa Melakukannya. Sidoarjo," *Nizamia Learning Center*, 2020.

⁹² M. Basthoni, "Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia " (UIN Walisongo, 2022).

Kurva cahaya yang merupakan *plot* intensitas-waktu menjadi sebuah perangkat analisis sederhana yang relatif cukup baik untuk menggambarkan dan menjelaskan perubahan intensitas sebagai fungsi dari waktu. Berdasarkan hasil analisis kurva cahaya, informasi sumber cahaya, dan medium yang dilalui, dapat dianalisis dengan kurva cahaya yang diperoleh dari pengamatan fotometri tersebut.⁹³

c. *Polynomial Function*

Pemodelan dengan polinomial dilakukan dengan *plotting* terhadap data pengamatan kemudian didekati dengan fungsi eksponen derajat tinggi (misal derajat 3 atau 5). Selanjutnya fungsi *polynomial* yang didapatkan dicari titik belok kurva dengan mencari turunan kedua dari fungsi tersebut. Jadi titik belok yang ditemukan melalui pendekatan ini adalah titik belok dari kurva fungsi *polynomial* bukan titik belok dari data fisis pengamatan.⁹⁴

d. *Visual Analysis*

Visual Analysis adalah teknik yang dilakukan dengan cara melihat secara fisis data yang sudah di plot menjadi grafik dengan cara *zoom in* pada belokan pada

⁹³ Basthoni.

⁹⁴ Damanhuri, "Pengamatan Dan Penelitian Awal Waktu Subuh: Semua Bisa Melakukannya. Sidoarjo."

grafik tersebut. Metode ini digunakan oleh Thomas Djamaluddin dalam menganalisa kapan fajar sidiq muncul. Beliau adalah kepala Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).⁹⁵

Dari berbagai metode yang tersedia untuk menganalisis kemunculan fajar *ṣādiq*, metode *Moving Average* adalah metode yang dipilih untuk menganalisis data kemunculan fajar. Alasan pemilihan metode ini didasarkan pada keunggulannya dalam menyederhanakan data fisis pengamatan yang bersifat fluktuatif menjadi tren rata-rata yang lebih mudah diinterpretasi. Metode *moving average* memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi perubahan pola intensitas cahaya secara bertahap dan sistematis, khususnya dengan mendeteksi titik belok sebagai indikator awal munculnya fajar *ṣādiq*.

Dalam praktiknya, metode ini dilakukan dengan menghitung rata-rata dari sejumlah data intensitas cahaya dalam interval waktu tertentu (misalnya setiap lima data berurutan), kemudian menganalisis selisih antar rata-rata tersebut untuk melihat arah perubahan nilai. Jika ditemukan dua nilai selisih berturut-turut yang bernilai negatif (menurun), maka titik tersebut diidentifikasi sebagai momen awal fajar *ṣādiq*, sesuai dengan prinsip bahwa intensitas cahaya mulai mengalami peningkatan stabil setelahnya.

⁹⁵ Nugroho, “Pengaruh Cahaya Bulan Terhadap Kemunculan Fajar Sidiq (Analisis Titik Belok Kurva Pada Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Alat Sky Quality Meter.”

Berbeda dengan pendekatan lain seperti metode *linear*, *polynomial*, atau analisis visual yang masing-masing memiliki kelebihan tersendiri *moving average* tetap mempertahankan kedekatannya dengan data fisis pengamatan dan tidak memerlukan pendekatan matematis yang terlalu kompleks.⁹⁶ Oleh karena itu, metode ini dipilih sebagai pendekatan utama dalam penelitian ini karena dianggap paling sesuai dengan karakteristik data, perangkat pengamatan, dan tujuan analisis yang bersifat praktis namun tetap akurat.

Perbandingan intensitas cahaya dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan fitur pengukuran rata-rata intensitas cahaya pada foto. Perbandingan dilakukan antara dua bagian area citra, yaitu area atas dan area bawah. Area atas merepresentasikan kondisi langit malam atau munculnya fajar *kazib*, sementara area bawah menggambarkan keberadaan fajar *ṣādiq* yang muncul di sekitar ufuk. Data yang dianalisis berasal dari area foto yang diambil secara berurutan dari awal hingga akhir waktu pengamatan. Adapun tahapan analisis dilakukan sebagai berikut:

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah membuka aplikasi AstroimageJ, kemudian memilih menu *File* yang tersedia pada tampilan utama aplikasi.⁹⁷

⁹⁶ Jason Fernando, "Moving Average (MA): Purpose, Uses, Formula, and Examples," *Investopedia*, August 6, 2024.

⁹⁷ "International Dark-Sky Association, "Light Pollution", " n.d.

2. Setelah itu, pengguna memilih submenu *Import* kemudian klik pada opsi *Image Sequence* untuk mengimpor kumpulan foto secara berurutan.
3. Selanjutnya, akan muncul kotak dialog yang berfungsi untuk mencari direktori atau folder yang berisi foto-foto yang akan dianalisis. Pada tahap ini, klik tombol *Browse*.
4. Setelah jendela pencarian terbuka, pilih folder yang berisi kumpulan citra pengamatan, lalu klik tombol *Select* untuk mengonfirmasi pemilihan folder tersebut.
5. Sistem kemudian secara otomatis akan memproses seluruh foto yang terdapat dalam folder yang telah dipilih, dan menampilkannya dalam urutan waktu yang sesuai.
6. Tahapan berikutnya adalah membuka menu *Analyze*, lalu memilih opsi *Set Measurements* untuk menentukan jenis pengukuran yang diinginkan.
7. Pada kotak dialog yang muncul, centang pilihan *mean gray Value* agar program menghitung rata-rata intensitas cahaya (dalam skala abu-abu) dari area yang dianalisis, lalu klik *OK* untuk melanjutkan.
8. Langkah selanjutnya adalah kembali ke menu *Analyze*, memilih *Tools*, kemudian klik *ROI Manager* untuk mengelola wilayah pengukuran (*Region of Interest/ROI*).
9. Ditahap ini, pengguna memilih bentuk ROI yang diinginkan, baik berupa lingkaran maupun kotak, lalu meletakkan ROI tersebut pada gambar. Satu ROI diletakkan dibagian atas gambar yang diperkirakan mewakili kemunculan fajar *kazib*

atau langit malam, dan dua ROI lainnya diletakkan dibagian bawah dekat ufuk yang diperkirakan sebagai lokasi munculnya fajar *ṣādiq*. Setelah semua ROI ditetapkan, klik *Add*, lalu aktifkan opsi *Show All* dan *Label* untuk menampilkan dan memberi label pada setiap area analisis.

10. Setelah seluruh ROI ditetapkan, klik tombol *More* pada jendela *ROI Manager*, kemudian pilih opsi *Multi Measure* untuk melakukan pengukuran secara serentak pada seluruh area yang telah dipilih.
11. Hasil pengukuran rata-rata intensitas cahaya dari ketiga titik tersebut akan muncul dalam jendela *Results*, kemudian data tersebut disalin dan dimasukkan ke dalam aplikasi Microsoft Excel atau *software spreadsheet* lainnya untuk analisis lebih lanjut.⁹⁸

Setelah data hasil pengukuran rata-rata intensitas cahaya dari aplikasi *AstroimageJ* disalin dan disimpan ke dalam Microsoft Excel, langkah selanjutnya adalah memvisualisasikan data tersebut dalam bentuk grafik menggunakan aplikasi *LabPlot*, sebagai tahap awal sebelum dilakukan analisis lebih lanjut seperti *moving average*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperoleh gambaran awal mengenai pola perubahan intensitas cahaya dari waktu ke waktu selama periode pengamatan. Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

⁹⁸ Collins et al., “Astroimagej: Image Processing And Photometric Extraction For Ultra-Precise Astronomical Light Curves.”

1. Langkah pertama yaitu menyalin seluruh data hasil pengukuran dari *Excel*, kemudian membuka aplikasi LabPlot dan menempelkan data tersebut ke dalam lembar kerja (*worksheet*) baru yang tersedia di dalam aplikasi.
2. Setelah data berhasil masuk, data hasil pengukuran intensitas cahaya ditempatkan pada kolom Y, karena nilai ini merupakan variabel yang akan dianalisis secara visual. Sementara itu, nomor urut atau indeks data, yang merepresentasikan waktu atau urutan pengambilan gambar, dimasukkan ke dalam kolom X sebagai sumbu horizontal grafik.
3. Setelah kedua kolom X dan Y terisi dengan benar, langkah selanjutnya adalah melakukan klik kanan pada area *worksheet*, lalu memilih opsi *Plot Data* untuk mulai membuat visualisasi dari data tersebut.
4. Pada kotak dialog yang muncul, pilih jenis grafik *xy-Curve*, yang digunakan untuk menampilkan hubungan antara nilai x (urutan waktu) dan y (intensitas cahaya).
5. Setelah itu, klik tombol *Plot*, dan grafik kurva akan muncul memperlihatkan tren awal dari perubahan intensitas cahaya selama proses pengamatan.

Setelah grafik awal dari data mentah divisualisasikan di LabPlot, langkah analisis selanjutnya adalah menerapkan metode *moving average* guna menentukan titik belok (*inflection point*) dari kurva intensitas cahaya. Titik belok ini merupakan indikasi awal dari

kemunculan fajar *ṣādiq* yang ditandai dengan perubahan pola cahaya yang konsisten. Adapun langkah-langkah penerapan moving average dilakukan sebagai berikut:

1. Pertama, kembali ke file Excel yang berisi data hasil pengukuran dari AstroimageJ. Buatlah kolom baru di sebelah data intensitas cahaya, lalu gunakan rumus $=AVERAGE$ untuk menghitung rata-rata dari lima data berturut-turut. Misalnya, untuk menghitung rata-rata dari data ke-1 hingga ke-5, gunakan rumus $=AVERAGE(B1:B5)$. Rumus ini kemudian ditarik ke bawah untuk mengisi nilai *moving average* selanjutnya.
2. Setelah kolom *moving average* terbentuk, buat satu kolom baru lagi untuk menghitung selisih antara nilai *moving average* saat ini dan sebelumnya. Misalnya, di baris ke-6, gunakan rumus $=C6-C5$, dimana kolom C adalah kolom hasil *moving average*. Nilai ini akan menunjukkan perubahan antara dua titik *moving average* secara berurutan.
3. Hasil dari kolom selisih ini menjadi data utama untuk mendeteksi titik belok. Jika nilai selisih mendekati nol dan kemudian berubah secara konsisten (positif atau negatif), maka hal itu mengindikasikan titik perubahan tren cahaya yang diperkirakan sebagai awal kemunculan fajar *ṣādiq*.
4. Data hasil selisih ini kemudian dimasukkan ke aplikasi LabPlot untuk divisualisasikan. Nilai-nilai tersebut ditempatkan di kolom Y, sedangkan pada kolom X

dimasukkan angka urut dari baris ke-6 hingga baris terakhir (karena *moving average* baru dimulai dari titik ke-6).

5. Lakukan *plotting* ulang data dengan cara memilih jenis grafik *XY-Curve* untuk memvisualisasikan hubungan antara urutan data dan perubahan nilai intensitas rata-rata.
6. Setelah grafik muncul, lakukan pengaturan tampilan grafik dengan cara mengklik dua kali pada kurva grafik yang berwarna biru untuk membuka menu pengaturan visual.
7. Pada bagian *Line*, ubah *Line Type* menjadi *None* agar grafik hanya menampilkan titik-titik data tanpa garis penghubung.
8. Selanjutnya, masuk ke bagian *Symbol*, lalu ubah *Style* menjadi *Circle* dan atur ukuran simbol menjadi 2 pt agar grafik lebih jelas dan mudah diamati.
9. Terakhir, lakukan zoom pada bagian grafik untuk mengamati titik-titik data dengan lebih detail. Titik belok dapat diidentifikasi saat kurva perubahan mendekati nilai nol dan menunjukkan perubahan arah yang konsisten, yang diinterpretasikan sebagai awal munculnya fajar *ṣādiq*.⁹⁹

⁹⁹ Collins et al.

BAB III

KARAKTERISTIK CAHAYA AWAL FAJAR *SĀDIQ* DALAM ASTROFOTOGRAFI

A. Gambaran Lokasi Penelitian

Karimunjawa merupakan pulau yang termasuk ke dalam daerah kecamatan Karimunjawa, kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis Karimunjawa terletak pada koordinat LT $5^{\circ} 40' 39''$ - $5^{\circ} 55' 00''$ dan $110^{\circ} 05' 57''$ - $110^{\circ} 31' 15''$ BT. Adapun rata-rata kecerlangan langitnya adalah sekitar 21,16 mpsas, yang mengindikasikan langit yang gelap.¹⁰⁰ Kepulauan ini terletak di wilayah busur Karimunjawa, yang membentang dari timur laut ke barat daya, memisahkan Cekungan Laut Jawa Barat dan Cekungan Laut Jawa Timur .¹⁰¹ Kawasan ini terdiri dari empat desa yaitu Desa Karimunjawa, Desa Kemujan, Desa Parang dan Desa Nyamuk. Terdapat 5 tipe ekosistem di Kawasan ini, yaitu ekosistem hutan hujan tropis dataran rendah, ekosistem hutan mangrove, ekosistem hutan pantai, ekosistem padang lamun dan ekosistem terumbu karang. Sedangkan Berdasarkan klasifikasi tipe *iklim Schmidt* dan *Ferguson*, kawasan Taman Nasional Karimunjawa termasuk tipe C

¹⁰⁰ Fahira Ramadhianti, “Analisis Perubahan Kecerlangan Langit Di Observatorium Deepsky Karimunjawa Dengan Sky Quality Meter (SQM) Dan Citra VIIRS - DNB Tahun 2023 – 2024” (Institut Teknologi Sumatra, 2024).

¹⁰¹ Basthoni, “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia .”

dengan rata-rata curah hujan 3.000 mm/tahun. Sedangkan temperatur udara berkisar antara 30°-31°C.

Topografi kawasan Taman Nasional Karimunjawa berupa dataran rendah yang bergelombang atau berbukit-bukit dengan ketinggian antara 0-506 mdpl.¹⁰² Terdapat dua buah bukit, yaitu Bukit Gajah dan Bukit Bendera yang merupakan puncak tertinggi dengan ketinggian ± 506 m dpl. kemudian luas daratan di Karimunjawa yaitu ± 1.500 hektare dan perairan ± 110.000 hektare. Meskipun tidak ada sungai besar di pulau ini, namun terdapat 5 mata air besar yang terletak di Kapuran (Pancuran Belakang), Legon Goprak, Legon Lele, Cikmas dan Nyamplungan, yang dimanfaatkan sebagai sumber air minum dan memasak oleh masyarakat sekitar.

Karimunjawa kini dikembangkan menjadi pesona wisata Taman Laut yang mulai banyak digemari wisatawan lokal maupun mancanegara. UU No.5 tahun 1990 tentang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya mendefinisikan kawasan taman nasional Karimunjawa sebagai kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli, dikelola dengan sistem zonasi yang dimanfaatkan untuk keperluan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, pariwisata, dan rekreasi.¹⁰³

¹⁰² I.H Suparyanto and H.Z Anwar, "Identifikasi Dan Inventarisasi Sumber Daya Air Pulau Kecil Petabah, Studi Kasus Pulau Karimunjawa Dan Kemujan.," *Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*, 2003.

¹⁰³ MG.Nababan, *Panduan Pendidikan Dan Penelitian Di Taman Nasional Karimunjawa*, 2011.

B. Spesifikasi Alat yang Digunakan

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi semakin berkembang dan dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan, termasuk dalam bidang astronomi dan ilmu falak. Kemajuan teknologi ini memungkinkan para peneliti untuk melakukan pengamatan dengan lebih efisien dan akurat menggunakan perangkat modern. Dalam penelitian instrument yang digunakan yaitu ponsel Redmi Note 13 5G dan Sky Quality Meter (SQM) LU-DL.¹⁰⁴ Adapun spesifikasi dari masing-masing alat yang digunakan akan dijelaskan sebagai berikut:

¹⁰⁴ Xiomi, “Redmi Note 13 5G,” 2024.

Tabel 3. 1 Spesifikasi alat yang digunakan

No	Nama	Jenis
1	Model	Xiomi Redmi Note 13 5G
2	Kamera depan dan kamera belakang	Kamera Belakang • 108 MP (f/1.7,wide,PDAF) • 8 MP (f/2.2, ultrawide) • 2 MP (f/2.4, depth) • Fitur: LED flash, HDR, panorama, perekaman video 1080p@30fps Kamera Depan • 16 MP (f/2.4, wide), dengan fitur HDR dan panorama, perekaman video 1080p@30fps.
3	Sistem Operasi	Android 13 dengan antarmuka MIUI 14.
4	Sensor Gambar	CMOS Sensor, ukuran sensor 1/1.67", teknologi binning 9-in-1
5	Kepekaan Gambar	ISO otomatis dan manual (hingga ISO 6400 pada mode malam/manual)
6	Memori	RAM 8 GB dan penyimpanan internal 256 GB (UFS 2.2), dengan dukungan slot microSDXC untuk ekspansi memori.
7	Jendela Bidik	Layar AMOLED 6,67" sebagai viewfinder digital
8	Batrai	Li-Po 5000 mAh, mendukung pengisian cepat 33W
9	Prosesor	MediaTek Dimensity 6080 (6 nm) dengan CPU octa-core (2x2.4 GHz Cortex-A76 & 6x2.0 GHz Cortex-A55) dan GPU Mali-G57 MC2.

Tabel 3. 2 Spesifikasi SQM LU-DL

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Focus	Sudut pandang sempit dengan Half Width Half Maximum (HWHM) sekitar 10° , cocok untuk pengukuran langit secara vertikal (zenith)
2	Jendela Bidik	Tidak memiliki jendela bidik; pengukuran dilakukan secara otomatis dan hasilnya dapat diakses melalui koneksi USB ke komputer
3	Baterai	Dapat dioperasikan melalui koneksi USB (5V, 18mA) atau menggunakan adaptor baterai eksternal; dilengkapi dengan superkapasitor internal untuk operasi jangka pendek tanpa daya
4	Fitur Tambahan	Kemampuan pencatatan data (data logging) internal, firmware yang dapat diperbarui, dan pengukuran suhu sensor untuk kompensasi suhu
5	Dimensi dan Berat	Ukuran fisik: 5,5 x 2,6 x 1,1 inci (sekitar 14 x 6,6 x 2,8 cm); berat ringan dan portabel
6	Konektivitas	Koneksi USB tipe B; memerlukan driver FTDI VCP untuk komunikasi serial dengan kecepatan 115200 baud
7	Rentang Suhu Operasi	-40°C hingga 85°C
8	Rentang Pengukuran	Sekitar 7 hingga 23 mag/arcsec ² ; nilai yang lebih tinggi menunjukkan langit yang lebih gelap

C. Data Pengamatan Citra Fajar

Observasi pengamatan citra fajar dilakukan di Pantai Bobby yang terletak di Pulau Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah, Indonesia. Dengan koordinat geografis LT = $-5^{\circ} 52' 11.15''$ dan BT = $110^{\circ} 26' 55.78''$, serta memiliki ketinggian 3 meter di atas permukaan laut (MDPL). Lokasi pantai ini berada di pesisir barat Pulau Karimunjawa, juga berada jauh dari pemukiman warga sehingga tidak ada polusi cahaya yang masuk kedalam *frame*. Dengan minimnya gangguan buatan dari lingkungan sekitar, Pantai Bobby menjadi lokasi yang sangat ideal untuk mengukur perubahan cahaya dan kemunculan fajar dengan presisi tinggi. Posisi geografis yang strategis juga mendukung kestabilan pencahayaan alami yang memungkinkan pengambilan gambar yang konsisten selama waktu fajar.

Pengamatan ini dilakukan pada tanggal 27 Februari 2025 - 15 Maret 2025 atau bertepatan dengan 28 Sya'ban - 15 Ramadhan 1446 H. Pada fase tersebut posisi bulan saat pengamatan belum terbit atau sudah terbenam terlebih dahulu. Sehingga waktu ini sangat direkomendasikan untuk melakukan pengamatan fajar, karena posisi bulan tidak mengganggu cahaya fajar yang nampak di ufuk timur.¹⁰⁵

¹⁰⁵ Nugroho, "Pengaruh Cahaya Bulan Terhadap Kemunculan Fajar Sidiq (Analisis Titik Belok Kurva Pada Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Alat Sky Quality Meter."

Alat yang digunakan untuk mendapatkan data kemunculan fajar *ṣādiq* adalah kamera handphone Redmi Note 13 5G yang kemudian di validasi menggunakan SQM LU-DL. Proses pengambilan data melibatkan perbandingan berbagai variasi ISO dan *shutter speed* yang tersedia dalam pengaturan mode PRO pada kamera tersebut. Adapun data yang akan dibandingkan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Variasi ISO dan shutter speed yang digunakan

No	ISO	<i>shutter speed</i>
1.	50	1
2.	100	0.01
3.	800	10s
4.	800	20s
5.	800	30s
6.	1600	10s
7.	1600	20s
8.	1600	30s
9.	3200	10s
10.	3200	20s
11.	3200	30s

Pengamatan fajar dimulai dengan menyiapkan berbagai peralatan penelitian seperti Tripod, Kamera Redmi Note 13 5G, SQM LU-DL, aplikasi Stelarium,¹⁰⁶ serta perlengkapan pendukung lainnya seperti senter, tikar dan lain-lain. Setelah semua peralatan sudah lengkap, Handphone diarahkan ke arah matahari terbit dengan bantuan aplikasi stelarium. Penentuan arah matahari ini sangat penting, karena fenomena fajar yang akan diamati terjadi di sekitar posisi matahari terbit, sehingga memungkinkan pengamatan fajar *kazib* dan *sadik* dengan akurat.

¹⁰⁶ A Jamil, *Ilmu Falak, (Teori Dan Aplikasi)* (Jakarta: Amzah, 2016).

C. Pengamatan Ketampakan Fajar Dengan Mobile Astrofotografi

Mobile astrofotografi adalah teknik pengamatan langit yang memanfaatkan perangkat ponsel pintar untuk menangkap gambar objek langit, seperti fajar, dengan menggunakan pengaturan manual pada kamera ponsel. Metode ini menawarkan kemudahan dan fleksibilitas yang tinggi, karena memungkinkan pengamatan dilakukan di berbagai lokasi tanpa perlu membawa peralatan astronomi profesional yang besar dan mahal. Dalam penelitian ini, metode mobile astrofotografi dipilih karena kepraktisannya dalam menangkap ketampakan fajar secara langsung pada waktu-waktu tertentu, seperti menjelang Subuh, dengan pengaturan ISO dan *shutter speed* yang dapat disesuaikan sesuai kondisi lapangan.

Dalam penelitian ini, perangkat yang digunakan untuk pengamatan fajar adalah kamera Redmi Note 13 5G, yang dilengkapi dengan kamera canggih dan berbagai fitur pengaturan manual yang mendukung teknik astrofotografi. Ponsel ini dipilih karena memiliki kemampuan untuk mengatur ISO dan *shutter speed* yang dapat disesuaikan, yang merupakan faktor penting dalam menangkap cahaya fajar dengan akurat. Dengan ini, penelitian ini membuktikan bahwa pengamatan astronomi tidak selalu memerlukan peralatan mahal, melainkan dapat dilakukan secara efektif dengan teknologi yang lebih terjangkau dan mudah diakses oleh masyarakat luas.

Prosedur pengamatan fajar dalam penelitian ini dilakukan setiap dini hari menjelang Subuh, dengan tujuan untuk menangkap momen-momen awal ketampakan fajar yang dapat memberikan data

yang akurat mengenai perubahan cahaya langit. Pada saat pengamatan, ponsel ditempatkan pada posisi yang stabil menggunakan tripod untuk menghindari guncangan yang dapat mengurangi ketajaman gambar. Pengaturan kamera dilakukan dengan menyesuaikan ISO dan *shutter speed* yang telah ditentukan. ISO diatur dalam rentang 50 hingga 3200, dan *shutter speed* bervariasi antara 0.1 hingga 30 detik untuk menangkap detail cahaya fajar yang berubah secara bertahap. Setelah pengaturan selesai, ponsel mulai merekam gambar, dan pengamatan dilakukan secara berulang untuk memastikan kualitas data yang dihasilkan memadai.

Setelah prosedur pengaturan perangkat selesai dilakukan, observasi dilanjutkan dengan pengambilan foto secara bertahap pada setiap waktu yang telah ditentukan. Berikut merupakan data observasi yang dilakukan di Pantai Bobby, Karimunjawa, dengan menggunakan perangkat Redmi Note 13 5G. Pengamatan dilaksanakan pada periode 27 Februari hingga 15 Maret 2025, dengan setiap foto diambil menggunakan jeda antar foto 1 detik. Data pelaksanaan observasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 4 Data Pelaksanaan Obervasi

No	Tanggal Pengamatan	ISO/ <i>shutter speed</i>	Mulai	Selesai	Kondisi
1	27/02/2025	800/10s	3:49 WIB	5:31 WIB	Berawan
2	28/03/2025	-	-	-	Hujan
3	1/03/2025	-	-	-	Hujan
4	2/03/2025	800/20s	3:46 WIB	5:23 WIB	Cerah
5	3/03/2025	800/30s	3:57 WIB	5:26 WIB	Cerah
6	4/03/2025	1600/10s	3:56 WIB	5:00 WIB	Berawan dan petir
7	5/03/2025	1600/20s	3:37 WIB	5:26 WIB	Cerah
8	6/03/2025	1600/30s	3:55 WIB	5:21 WIB	Cerah
9	7/03/2025	-	-	-	Hujan
10	8/03/2025	3200/10s	3:54 WIB	5:22 WIB	Berawan

11	9/03/2025	3200/20s	4:04 WIB	5:23 WIB	Cerah
12	10/03/2025	3200/30s	3:54 WIB	5:21 WIB	Cerah
13	11/03/2025	1600/10s	3:59 WIB	5:27 WIB	Cerah
14	12/03/2025	800/10s	3:58 WIB	5:15 WIB	Berawan
15	13/03/2025	3200/30s	3:53 WIB	5:26 WIB	Berawan
16	14/03/2025	100/1	3:55 WIB	5:32 WIB	Cerah
17	15/03/2025	50/1/100	3:55 WIB	5:33 WIB	Cerah

Berdasarkan hasil Observasi diatas, pada tanggal 28 Februari, 1 Maret, dan 7 Maret tidak dapat dilakukan karena hujan turun di tengah sesi pengamatan, sehingga data pada hari-hari tersebut tidak tersedia. Beberapa pengamatan juga mengalami gangguan akibat kondisi cuaca buruk seperti berawan tebal dan petir. Secara umum, pengamatan berhasil dilakukan dengan baik pada tanggal-tanggal cerah, yaitu 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 14, dan 15 Maret, dengan variasi pengaturan ISO mulai dari 800 hingga 3200 dan *shutter speed* antara 10 hingga 30 detik.

Selain faktor cuaca, pengamatan juga mengalami gangguan lain yang berasal dari aktivitas manusia di sekitar lokasi. Salah satu gangguan yang cukup berpengaruh adalah aktivitas nelayan yang beroperasi tepat di arah ufuk tempat pengamatan dilakukan.¹⁰⁷ Cahaya dari perahu nelayan serta gerak aktivitas mereka menyebabkan adanya tambahan cahaya latar dan gangguan visual yang mengurangi kualitas hasil tangkapan kamera. Kondisi ini menyebabkan beberapa data perlu dievaluasi lebih ketat untuk memastikan hanya data yang benar-benar mewakili kondisi fajar alami yang digunakan dalam analisis.

¹⁰⁷ “International Dark-Sky Association, "Light Pollution".”

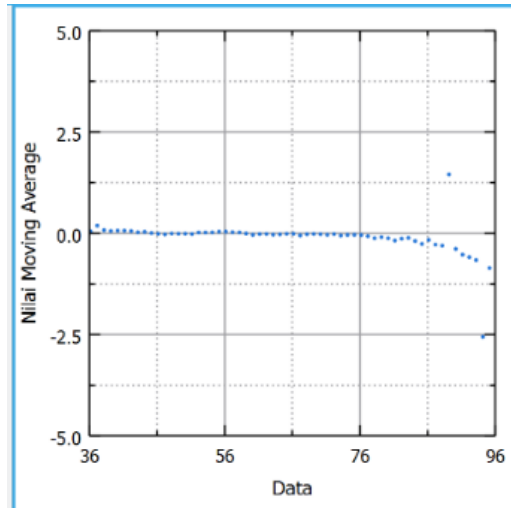
Data dianggap layak jika cuaca pada saat pengamatan cerah, karena kondisi ini memungkinkan pengambilan gambar dengan kualitas terbaik. Gambar yang dihasilkan juga dievaluasi berdasarkan grafik yang dihasilkan dari pengamatan, di mana hasil yang baik menunjukkan peningkatan kecerahan dan ketajaman yang konsisten, sesuai dengan perubahan cahaya fajar. Grafik yang jelas dan tidak terpengaruh oleh gangguan eksternal seperti awan tebal atau petir pada gambar mencerminkan data yang bagus dan kondisi pengamatan yang optimal. Oleh karena itu, hanya data yang memenuhi kriteria ini yang dipilih untuk dianalisis lebih lanjut.

Analisis awal dilakukan secara visual dengan bantuan aplikasi AstroimageJ, ¹⁰⁸ yang digunakan untuk mengimpor hasil gambar yang diambil menggunakan kamera Redmi Note 13 5G. ¹⁰⁹ Setelah gambar diimpor ke dalam aplikasi, AstroimageJ menghasilkan hasil (*result*) yang menggambarkan intensitas cahaya pada gambar. Selanjutnya, data tersebut diproses menggunakan aplikasi LabPlot kemudian dianalisis menggunakan metode *moving average* untuk mengidentifikasi titik belok cahaya fajar. Berikut ini ditampilkan grafik hasil pengamatan dengan penerapan metode *moving average*. ¹¹⁰

¹⁰⁸ Tim Penulis, "AstroImageJ 2.4.1 User Guide plus Getting Started with Differential Photometry," 2021.

¹⁰⁹ Tim Penulis.

¹¹⁰ Fernando, "Moving Average (MA): Purpose, Uses, Formula, and Examples."



Gambar 3. 1 ISO 800 shutter speed 30s (Muncul pada data ke-76)

Dalam grafik ini, titik belok cahaya fajar ditandai pada titik terakhir di mana nilai *moving average* mencapai angka 0, yang terletak pada data ke-76. Titik ini menunjukkan perubahan signifikan dari kondisi gelap menuju terang, yang menandakan waktu kemunculan fajar. Pemilihan data ke-76 sebagai titik belok didasarkan pada transisi yang jelas, di mana cahaya mulai meningkat secara konsisten, menandakan bahwa fajar telah mulai muncul secara definitif. Dengan cara ini, waktu kemunculan fajar dapat diidentifikasi dengan lebih akurat, memberikan gambaran yang lebih tepat mengenai perubahan intensitas cahaya yang terjadi pada periode tersebut.

Setelah titik belok ini ditemukan, langkah selanjutnya adalah mengamati frame atau gambar yang diambil pada data ke-76 untuk melihat waktu pengambilan gambar tersebut. Melalui informasi waktu yang terekam pada metadata foto, dapat diketahui

pukul berapa tepatnya ketampakan fajar mulai muncul. Dengan demikian, tidak hanya perubahan intensitas cahaya yang teridentifikasi secara grafik, tetapi juga waktu kemunculan fajar dapat ditentukan secara spesifik berdasarkan data observasi yang ada.

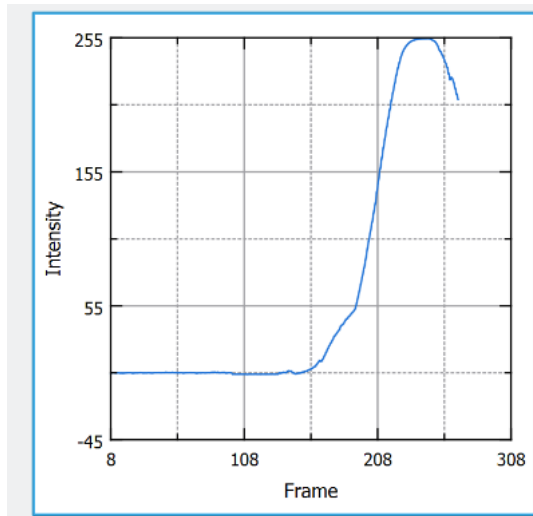
D. Perbandingan Ketampakan Fajar Berdasarkan Perbedaan Variasi Pengaturan ISO dan *shutter speed* Kamera Redmi Note 13 5G Dengan SQM LU-DL.

Pada sub bab ini, disajikan hasil observasi perbandingan ketampakan fajar yang diperoleh melalui metode mobile astrofotografi menggunakan kamera Redmi Note 13 5G dengan hasil pengukuran menggunakan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL. Penyajian data dilakukan dengan tujuan untuk menggambarkan perbedaan waktu kemunculan fajar berdasarkan variasi pengaturan ISO dan *shutter speed* pada kamera, dibandingkan dengan hasil deteksi fajar dari pengukuran intensitas cahaya langit menggunakan SQM. Data yang ditampilkan meliputi grafik dan tabel hasil pengamatan dari kedua metode tersebut, sehingga dapat memberikan gambaran awal tentang sejauh mana hasil mobile astrofotografi dapat mendekati atau berbeda dengan hasil pengukuran instrumen ilmiah.

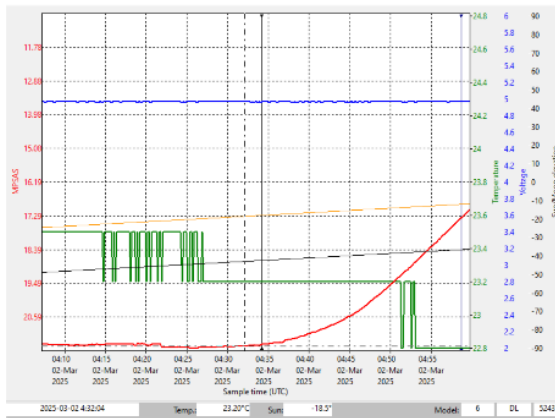
Dalam konteks ini, Sky Quality Meter (SQM) LU-DL berperan sebagai alat penengah yang objektif dan lebih stabil dalam mengukur intensitas cahaya langit. Alat ini mampu mengukur intensitas cahaya langit secara kuantitatif dalam satuan magnitudo

per meter persegi, yang sangat membantu dalam mendeteksi perubahan kecerahan yang mengindikasikan munculnya cahaya fajar. Dengan data dari SQM LU-DL, dapat dilakukan perbandingan yang objektif antara hasil pengolahan citra dengan nilai kecerlangan langit, sehingga analisis terhadap ketampakan fajar menjadi lebih valid dan terukur.

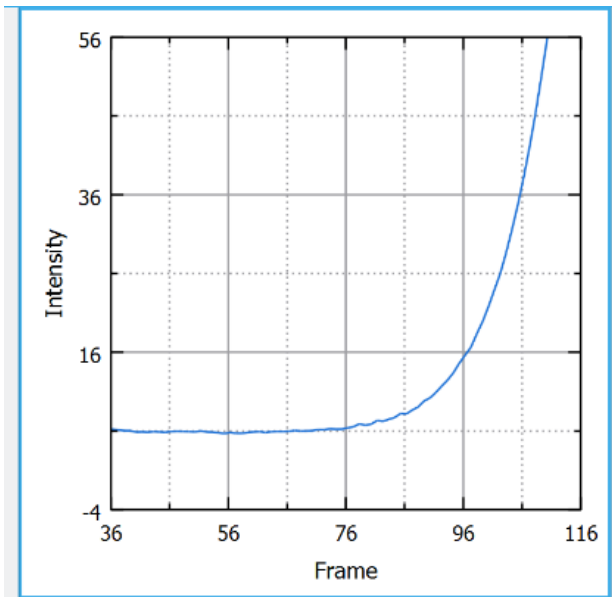
Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana perubahan pengaturan pada kamera dapat memengaruhi ketampakan fajar pada hasil citra, serta bagaimana hasil tersebut selaras atau berbeda dengan data yang diperoleh dari SQM LU-DL. Adapun grafik perbandingan yang ditampilkan pada bagian ini merupakan hasil dari pengamatan intensitas cahaya berdasarkan variasi pengaturan ISO dan *shutter speed* yang dibandingkan secara langsung dengan data dari alat SQM LU-DL.



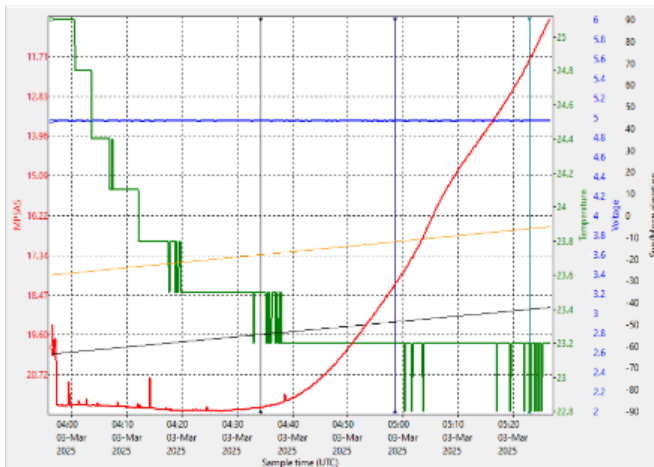
Gambar 3. 2Grafik ISO 800 shutter speed 20s (2 Maret 2025)



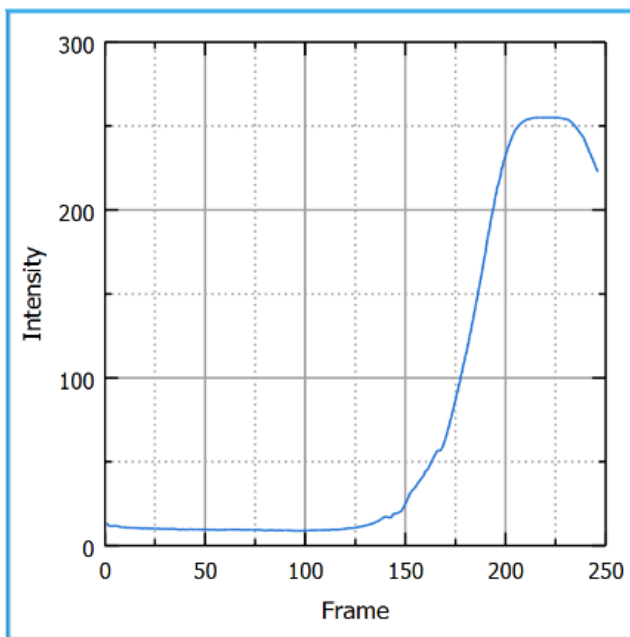
Gambar 3. 3 Grafik SQM LU-DL (2 Maret 2025)



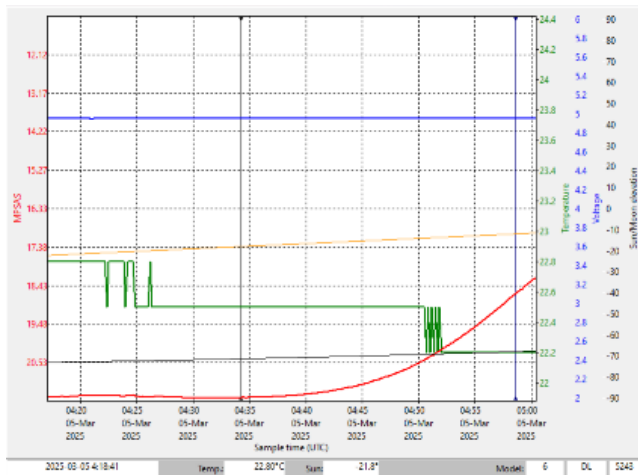
Gambar 3. 4Grafik ISO 800 shutter speed 30s (3 Maret 2025)



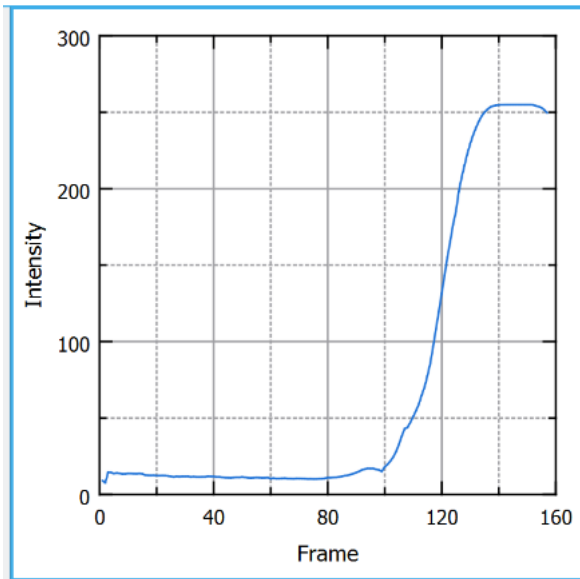
Gambar 3. 5 Grafik SQM LU-DL (3 Maret 2025)



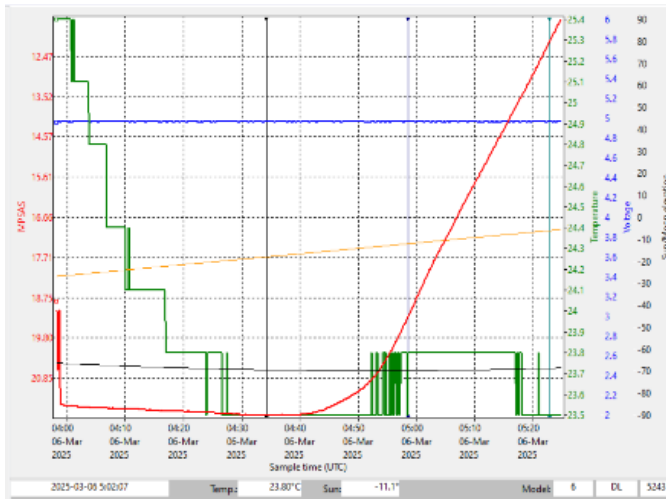
Gambar 3. 6 Grafik ISO 1600 shutter speed 20s (5 Maret 2025)



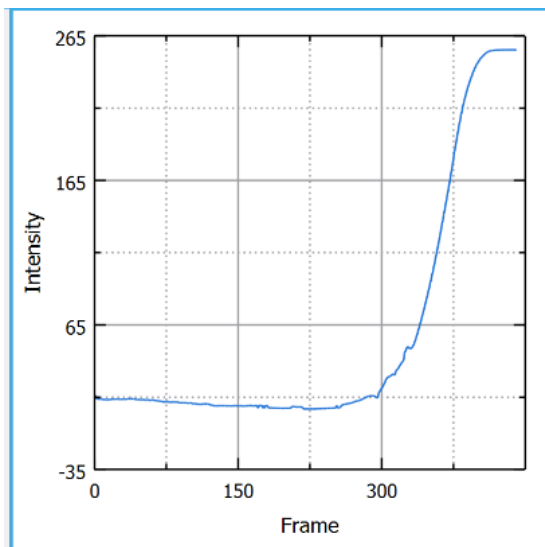
Gambar 3. 7 Grafik SQM LU-DL (5 Maret 2025)



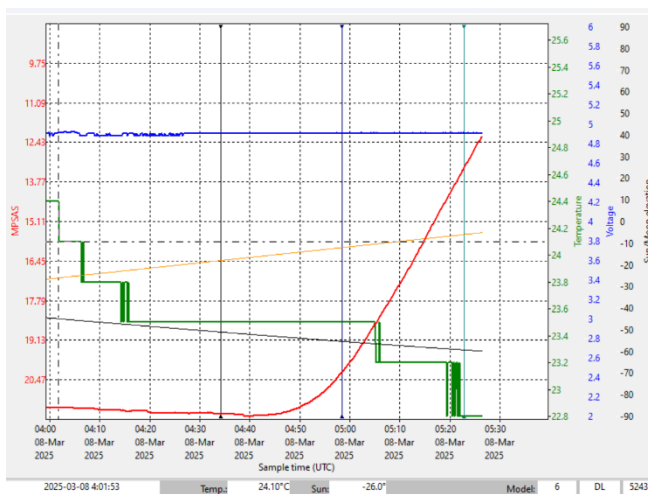
Gambar 3. 8 Grafik ISO 1600 shutter speed 30s (6 Maret 2025)



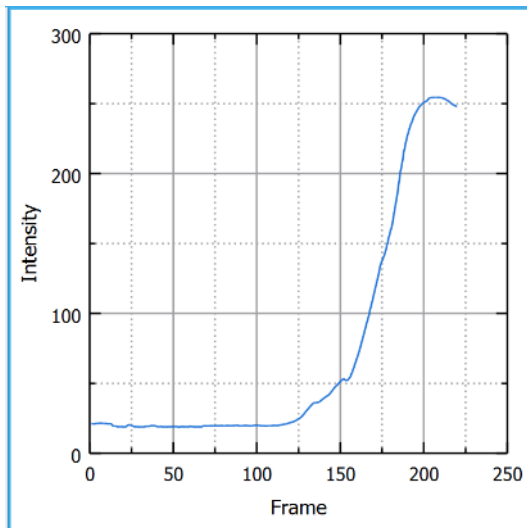
Gambar 3. 9 Grafik SQM LU-DL (6 Maret 2025)



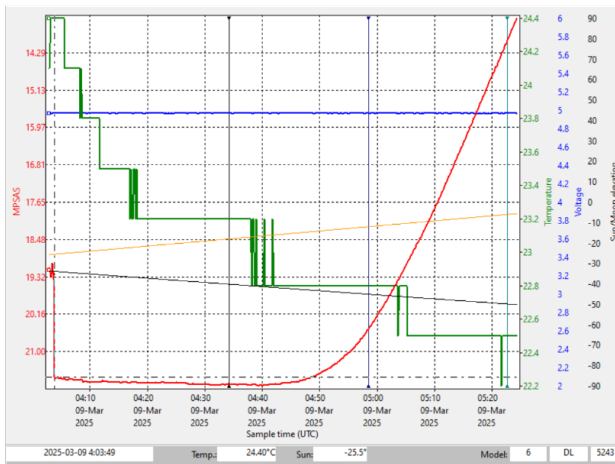
Gambar 3. 10 Grafik ISO 3200 shutter speed 10s (8 Maret 2025)



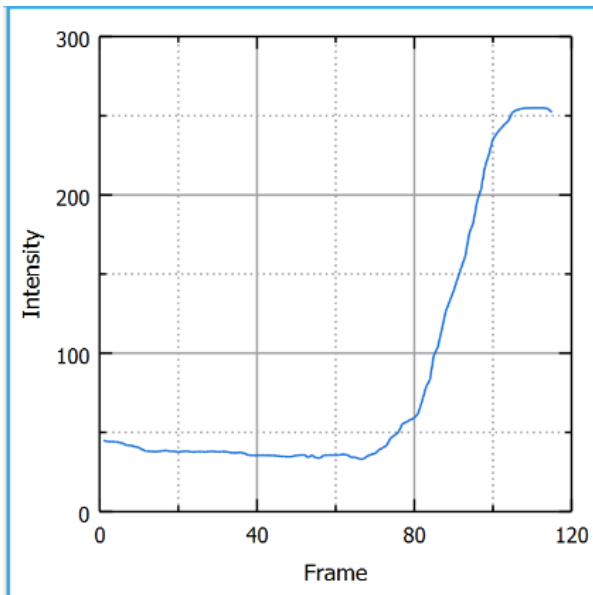
Gambar 3. 11 Grafik SQMLU-DL (8 Maret 2025)



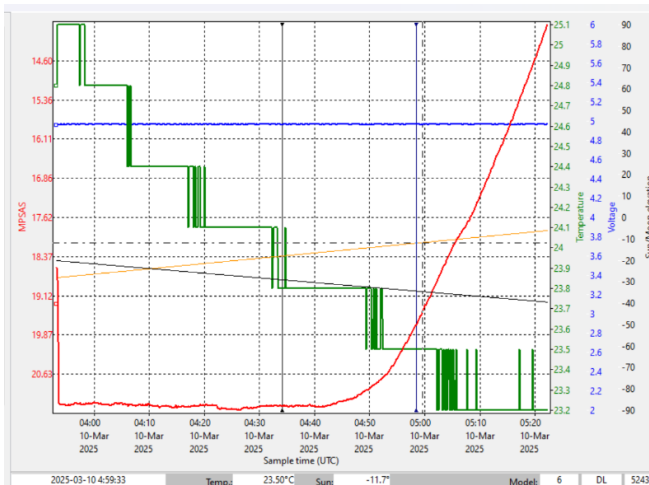
Gambar 3. 12 Grafik ISO 3200 shutter speed 20s (9 Maret 2025)



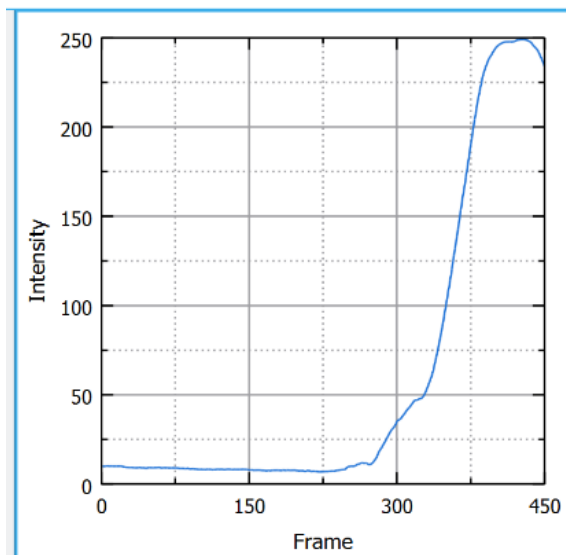
Gambar 3. 13 Grafik SQM LU-DL (9 Maret 2025)



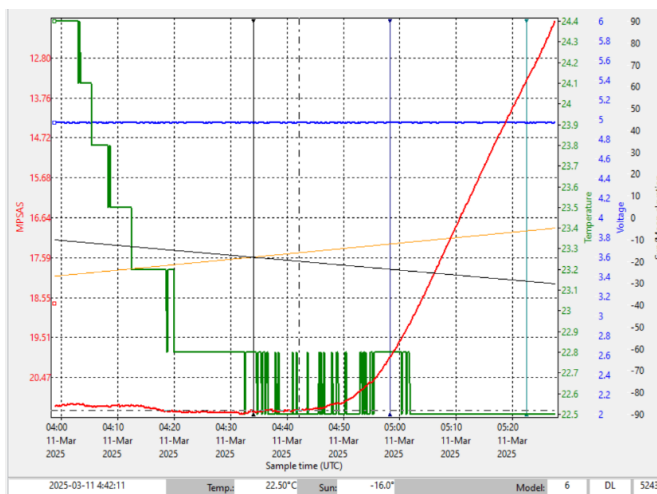
Gambar 3. 14 Grafik ISO 3200 shutter speed 30s (10 Maret 2025)



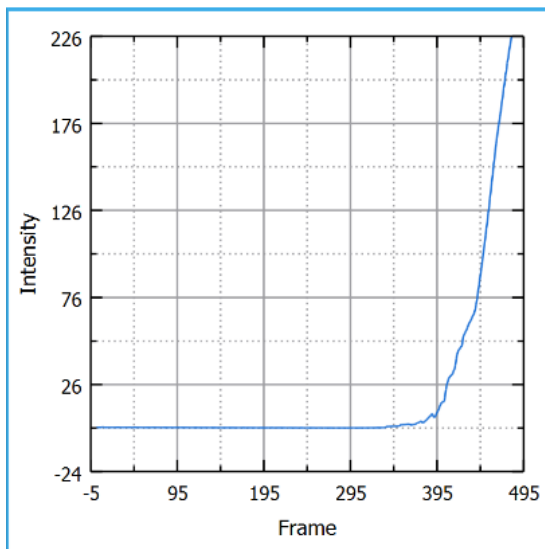
Gambar 3. 15 Grafik SQM LU-DL (10 Maret 2025)



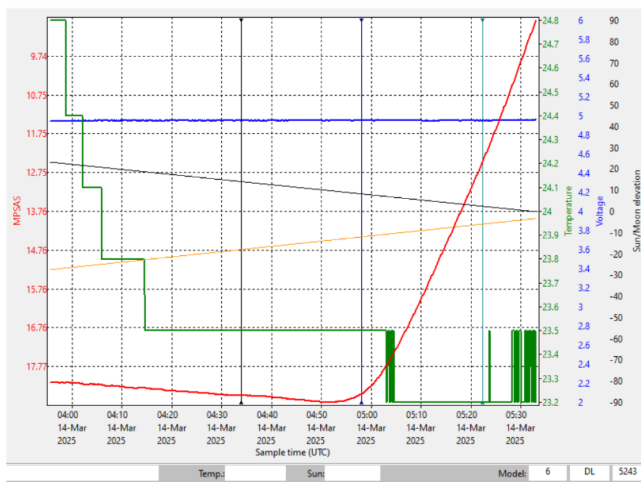
Gambar 3. 16 Grafik ISO 1600 shutter speed 10s (11 Maret 2025)



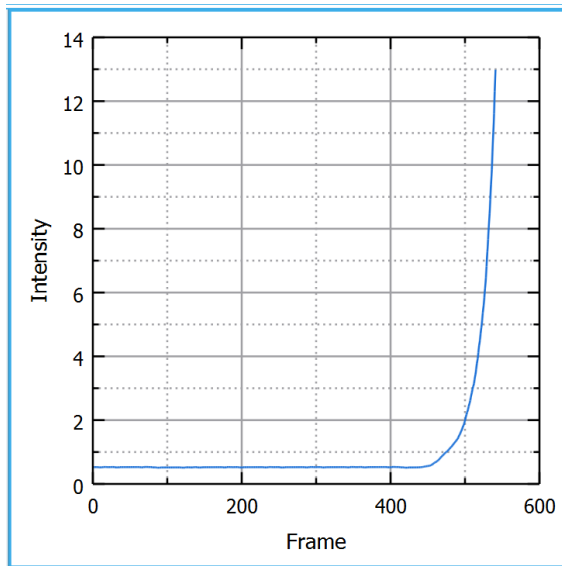
Gambar 3. 17 Grafik SQM LU-DL (11 Maret 2025)



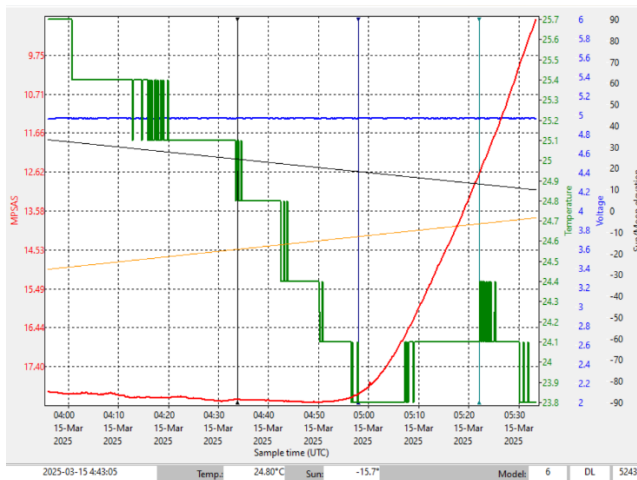
Gambar 3. 18 Grafik ISO 100 shutter speed 1s (14 Maret 2025)



Gambar 3. 19 Grafik SQM LU-DL (14 Maret 2025)

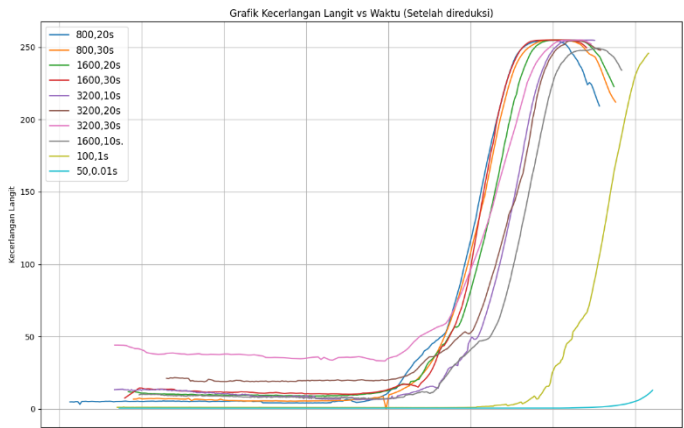


Gambar 3. 20 Grafik ISO 50 shutter speed 1/100s (15 Maret 2025)

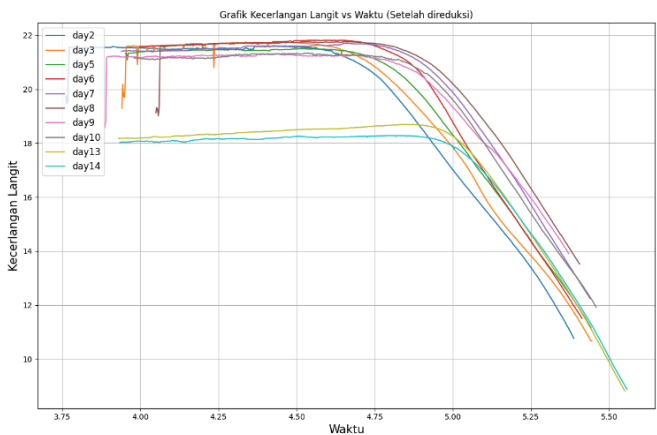


Gambar 3. 21 Grafik SQM LU-DL (15 Maret 2025)

Jika grafik intensitas cahaya yang diperoleh dari kamera Redmi Note 13 dan alat SQM LU-DL disajikan dalam satu diagram, maka masing-masing akan menunjukkan diagram seperti gambar bawah ini.



Gambar 3. 22 Rangkuman Intensitas Cahaya Kamera Redmi Note 13 5G



Gambar 3. 23 Rangkuman Grafik Intensitas Cahaya SQM LU-DL

Grafik-grafik yang telah disajikan sebelumnya memberikan gambaran awal mengenai hasil pengamatan fajar dari kedua metode. Untuk memperjelas pemahaman terhadap data tersebut, berikut ini disajikan penjelasan umum mengenai perbandingan hasil pengamatan ketampakan fajar menggunakan kamera Redmi Note 13 5G dan alat SQM LU-DL.

1. Pada tanggal 2 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 800 *shutter speed* 20s. ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-149, yang diambil pada pukul 04:40:15 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada pukul 04:34:14 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih waktu antara hasil kamera dan hasil SQM sebesar 6 menit 1 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih lambat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.
2. Pada tanggal 3 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 800 *shutter speed* 30s. Ketampakan fajar dari kamera Redmi note 13 terdeteksi pada frame ke-76, yang diambil pada pukul 04:37:40 WIB. Sedangkan hasil pengamatan menggunakan SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada pukul 4:33:29 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih yang lebih sedikit dibandingkan data sebelumnya, yaitu 4 menit 11 detik. di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih lambat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.
3. Pada tanggal 5 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 1600 *shutter speed* 20s. ketampakan fajar dari kamera terdeteksi

pada frame ke-109, yang diambil pada pukul 04:36:23 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-240 yaitu pukul 04:36:51 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih waktu antara hasil kamera dan hasil SQM sebesar 28 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih cepat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.

4. Pada tanggal 6 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 1600 *shutter speed* 30s. ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-78, yang diambil pada pukul 04:39:17 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-238 yaitu pukul 04:39:17 WIB. Dengan demikian, tidak terdapat selisih waktu antara hasil pengamatan kamera dan SQM, yang menunjukkan kesesuaian waktu kemunculan fajar dari kedua metode tersebut.
5. Pada tanggal 8 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 3200 *shutter speed* 10s. Ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-237, yang diambil pada pukul 04:42:30 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-284 yaitu pukul 04:36:51 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih waktu antara hasil kamera dan hasil SQM sebesar 53 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera

muncul lebih cepat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.

6. Pada tanggal 9 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 3200 *shutter speed* 20s. Ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-108, yang diambil pada pukul 04:43:00 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-261 yaitu pukul 04:46:09 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih waktu sebesar 3 menit 9 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih cepat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.
7. Pada tanggal 10 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 3200 *shutter speed* 30s. Ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-63, yang diambil pada pukul 04:26:52 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-293 yaitu pukul 04:41:43 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih waktu sebesar 14 menit 51 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih cepat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.
8. Pada tanggal 11 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 1600 *shutter speed* 10s. Ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-223, yang diambil pada pukul 04:42:56 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-306 yaitu pukul 04:49:31 WIB. Dengan demikian, terdapat

selisih waktu sebesar 6 menit 35 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih cepat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.

9. Pada tanggal 14 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 100 *shutter speed* 1s. ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-332, yang diambil pada pukul 05:00:22 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-353 yaitu pukul 04:54:19 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih waktu sebesar 6 menit 3 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih lambat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.
10. Pada tanggal 15 Maret 2025, dengan pengaturan ISO 50 *shutter speed* 0,1s. ketampakan fajar dari kamera terdeteksi pada frame ke-436, yang diambil pada pukul 05:14:14 WIB. Sementara itu, berdasarkan hasil pengamatan menggunakan alat SQM LU-DL, ketampakan fajar terdeteksi pada data ke-341 yaitu pukul 04:52:35 WIB. Dengan demikian, terdapat selisih waktu sebesar 21 menit 39 detik, di mana ketampakan fajar yang direkam oleh kamera muncul lebih cepat dibandingkan dengan hasil pengukuran SQM.

Untuk memberikan gambaran yang lebih ringkas dan terstruktur mengenai hasil perbandingan ketampakan fajar antara kamera Redmi Note 13 5G dan alat SQM LU-DL, berikut ini disajikan tabel rangkuman yang memuat waktu kemunculan fajar

dari masing-masing metode, beserta selisih waktu yang terjadi pada setiap pengamatan.

Tabel 3. 5 Tabel Hasil Perbandingan

No	ISO/shutter speed	Kamera Redmi Note 13 5G	SQM LU-DL	Selisih	Keterangan
1	50/1/100	5:14:14 WIB	4:52:35 WIB	0:21:39	Lebih Lambat
2	100/1	5:00:22 WIB	4:54:19 WIB	0:06:03	Lebih Lambat
3	800/20s	4:40:15 WIB	4:34:14 WIB	0:06:01	Lebih Lambat
4	800/30s	4:37:40 WIB	4:33:29 WIB	0:04:11	Lebih Lambat
5	1600/10s	4:42:56 WIB	4:49:31 WIB	0:06:35	Lebih Cepat
6	1600/20s	4:36:23 WIB	4:36:51 WIB	0:00:28	Lebih Cepat
7	1600/30s	4:39:17 WIB	4:39:17 WIB	0:00:00	Tidak ada selisih
8	3200/10s	4:42:30 WIB	4:43:23 WIB	0:00:53	Lebih Cepat
9	3200/20s	4:43:00 WIB	4:46:09 WIB	0:03:09	Lebih Cepat
10	3200/30s	4:26:52 WIB	4:41:43 WIB	0:14:51	Lebih Cepat

BAB IV

ANALISIS VARIASI PENGATURAN ISO DAN *SHUTTER SPEED* TERHADAP KEMUNCULAN FAJAR *SĀDIQ*

A. Analisis Pengamatan Ketampakan Fajar dengan Mobile Astrofotografi

Sebagai bagian dari analisis terhadap efektivitas metode mobile astrophotography dalam mendeteksi waktu fajar *ṣādiq*, dilakukan perbandingan hasil antara kamera Redmi Note 13 5G dan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL pada berbagai pengaturan ISO dan *shutter speed*.¹¹¹ Tujuannya adalah untuk mengkaji bagaimana sensitivitas kamera terhadap cahaya fajar berubah seiring dengan variasi parameter pengambilan gambar, serta untuk menilai sejauh mana hasil deteksi kamera sejalan atau berbeda dengan instrumen ilmiah standar seperti SQM LU-DL. Hasil perbandingan ini menjadi dasar penting dalam menilai keandalan metode visual berbasis kamera untuk kebutuhan penentuan awal waktu Subuh.

Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat perbedaan signifikan antara waktu kemunculan fajar yang terdeteksi oleh kamera Redmi Note 13 5G dan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL, khususnya pada pengaturan ISO dan *shutter speed* rendah. Pada pengaturan ISO/*shutter speed* 50/1/100, terdapat selisih waktu sekitar 21 menit 39 detik, dengan fajar yang terdeteksi pada pukul 5:14:14 menggunakan kamera, sementara SQM LU-DL

¹¹¹ Fitri Kholilah, “Ketampakan Mega Merah Di Daerah Polutif Dan Daerah Non Polutif Dalam Penentuan Awal Waktu Shalat Isya” (UIN Walisongo, 2019).

menunjukkan fajar *ṣādiq* muncul pada pukul 4:52:35. Begitu juga dengan ISO 100 dengan *shutter speed* 0,01, perbedaan waktu yang signifikan antara kemunculan fajar juga terdeteksi oleh kamera Redmi Note 13 5G dan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL. Kamera mendeteksi kemunculan fajar pada pukul 5:00:22, sementara SQM LU-DL mencatat waktu kemunculan fajar pada pukul 4:54:19, sehingga menghasilkan selisih waktu sebesar 6 menit dan 3 detik.

Perbedaan yang cukup besar ini mengindikasikan bahwa pada ISO yang sangat rendah, kamera tidak cukup sensitif untuk menangkap cahaya fajar pada waktu yang tepat, sehingga deteksi fajar menjadi terlambat. Begitu pula dengan pengaturan ISO 100 *shutter speed* 1, meskipun perbedaannya lebih kecil (selisih waktu 6 menit 3 detik), kamera masih mengalami keterlambatan dalam mendeteksi fajar dibandingkan dengan SQM LU-DL. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil pengaturan ISO, semakin sulit bagi kamera untuk mendeteksi cahaya fajar dengan tepat.

Fenomena ini terjadi karena pengaturan ISO rendah menghasilkan sensitivitas cahaya yang rendah, yang pada gilirannya membuat kamera lebih sulit untuk menangkap cahaya yang sangat lembut, seperti cahaya fajar yang perlahan muncul. Di sisi lain, alat seperti SQM LU-DL lebih bergantung pada pengukuran kegelapan langit secara keseluruhan, dan meskipun alat ini lebih sensitif terhadap kondisi langit yang terang, ia dapat mendeteksi perubahan cahaya lebih awal, yang mungkin menyebabkan waktu deteksi fajar lebih cepat dibandingkan dengan kamera pada pengaturan ISO

rendah. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa pengaturan ISO yang rendah dapat mempengaruhi akurasi deteksi waktu fajar, karena kamera dengan ISO kecil memiliki keterbatasan dalam menangkap cahaya yang cukup untuk mengidentifikasi kemunculan fajar dengan tepat.

Berdasarkan data pengamatan dengan pengaturan ISO sedang, yaitu ISO 800 dan 1600, terlihat bahwa selisih waktu antara deteksi fajar oleh kamera Redmi Note 13 5G dan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL semakin kecil dibandingkan dengan hasil pada ISO rendah. Bahkan pada beberapa pengaturan, waktu deteksi kamera lebih awal atau nyaris bersamaan dengan waktu deteksi dari SQM LU-DL.

Pada ISO 800 dengan *shutter speed* 20 detik, kamera mencatat kemunculan fajar pada pukul 04.40.15, sedangkan SQM menunjukkan pukul 04.34.14, sehingga terdapat selisih 6 menit 1 detik (kamera lebih lambat). Begitu juga pada *shutter speed* 30 detik, kamera mendeteksi fajar pada pukul 04.37.40, sedangkan SQM pada pukul 04.33.29, dengan selisih waktu 4 menit 11 detik. Meskipun masih terlambat, perbedaan waktu ini jauh lebih kecil dibandingkan pengaturan ISO rendah, menandakan peningkatan sensitivitas kamera dalam menangkap cahaya fajar.

Menariknya, pada pengaturan ISO 1600, hasil menunjukkan kamera mulai mendeteksi fajar lebih cepat dibandingkan SQM LU-DL. Misalnya, dengan *shutter speed* 10 detik, kamera mencatat pukul 04.42.56, sementara SQM mendeteksi pukul 04.49.31, selisih 6 menit 35 detik lebih awal. Pada pengaturan 20 detik, kamera

mendeteksi pukul 04.36.23 dan SQM pada 04.36.51, hanya berbeda 28 detik, namun masih menunjukkan deteksi lebih awal oleh kamera. Bahkan pada *shutter speed* 30 detik, baik kamera maupun SQM mendeteksi waktu yang sama, yakni pukul 04.39.17.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa pada pengaturan ISO sedang, performa kamera menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam mendeteksi waktu kemunculan fajar. Peningkatan nilai ISO dan durasi *shutter speed* memungkinkan kamera menangkap lebih banyak cahaya, sehingga deteksi fajar menjadi lebih sensitif dan responsif terhadap perubahan intensitas cahaya. Dalam beberapa kasus, hasil deteksi kamera bahkan menunjukkan waktu kemunculan fajar yang lebih awal dibandingkan dengan alat SQM LU-DL. Temuan ini mengindikasikan bahwa ISO yang lebih tinggi dan *shutter speed* yang lebih lama memberikan kontribusi penting terhadap kepekaan kamera dalam mengamati cahaya fajar menggunakan metode mobile astrofotografi.

Pengamatan dengan pengaturan ISO tinggi (ISO 3200) menunjukkan bahwa kamera Redmi Note 13 5G memiliki kemampuan deteksi cahaya yang sangat sensitif. Berdasarkan data yang diperoleh, kamera mendeteksi kemunculan fajar lebih cepat dibandingkan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL, meskipun terdapat variasi dalam selisih waktunya.

Pada pengaturan ISO 3200 dengan *shutter speed* 10 detik, kamera mencatat waktu kemunculan fajar pada pukul 04.42.30, sementara SQM mencatat pukul 04.43.23, menunjukkan kamera mendeteksi fajar 53 detik lebih awal. Dengan *shutter speed* 20 detik,

perbedaan semakin besar; kamera mencatat fajar pada pukul 04.43.00, sedangkan SQM pada pukul 04.46.09, menghasilkan selisih waktu 3 menit 9 detik lebih awal.

Namun, yang paling mencolok terjadi pada pengaturan ISO 3200 dan *shutter speed* 30 detik. Kamera mencatat kemunculan fajar sangat awal, yakni pada pukul 04.26.52, sedangkan SQM baru mendeteksi pada pukul 04.41.43, dengan selisih waktu sebesar 14 menit 51 detik lebih cepat. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kombinasi ISO dan *shutter speed* yang sangat tinggi, kamera menjadi sangat sensitif hingga mampu menangkap cahaya latar yang belum dianggap sebagai fajar *ṣādiq* oleh standar instrumen seperti SQM LU-DL.

Meskipun peningkatan sensitivitas ini menunjukkan bahwa kamera dengan ISO tinggi mampu menangkap cahaya lemah lebih awal, hal ini juga membuka kemungkinan bahwa kamera bisa mendeteksi cahaya yang belum sepenuhnya berasal dari cahaya fajar, seperti cahaya latar dari atmosfer atau pencemaran cahaya kecil yang tidak terdeteksi oleh SQM.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengaturan ISO tinggi meningkatkan kemampuan kamera dalam mendeteksi cahaya secara dini, tetapi juga memiliki risiko *over-detection*, yaitu mendeteksi cahaya lebih awal dari pada alat SQM LU-DL. Oleh karena itu, meskipun ISO tinggi efektif untuk meningkatkan sensitivitas kamera, perlu kehati-hatian dalam menafsirkan hasilnya, terutama ketika selisih waktu deteksi menjadi terlalu besar seperti pada pengaturan ISO 3200 dengan *shutter speed* 30 detik.

Dengan demikian, dari hasil analisis yang telah dilakukan pada berbagai pengaturan ISO, dapat disimpulkan bahwa sensitivitas kamera terhadap cahaya fajar sangat dipengaruhi oleh nilai ISO dan durasi *shutter speed* yang digunakan. Pengaturan ISO rendah cenderung menghasilkan keterlambatan deteksi, sementara ISO sedang memberikan hasil yang lebih akurat dan sebanding dengan alat pengukur kecerlangan langit (SQM LU-DL). Sementara itu, ISO tinggi menunjukkan kemampuan deteksi yang sangat awal, namun juga berisiko menangkap cahaya yang belum merepresentasikan fajar *ṣādiq* secara tepat. Oleh karena itu, pemilihan pengaturan kamera yang tepat menjadi faktor krusial dalam memastikan keakuratan deteksi waktu fajar menggunakan metode mobile astrofotografi.

B. Analisis Pengaruh Variasi ISO dan *shutter speed* Terhadap Kemunculan Fajar *ṣādiq*

Sub-bab ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana variasi pengaturan ISO dan *shutter speed* pada kamera memengaruhi waktu kemunculan fajar *ṣādiq* yang terekam dalam pengamatan. Meskipun penelitian ini secara umum menggunakan pendekatan kualitatif, penelitian juga menerapkan analisis data kuantitatif sebagai bagian dari proses triangulasi dan penguatan interpretasi hasil.

Pemodelan matematis untuk menentukan pengaruh teknis pengaturan kamera terhadap akurasi waktu deteksi fajar *ṣādiq* dilakukan dengan pendekatan regresi linear terhadap data hasil

pengamatan mobile astrofotografi. Data yang digunakan mencakup kombinasi nilai ISO dan durasi *shutter speed* pada kamera Redmi Note 13 5G, serta waktu kemunculan fajar yang tercatat oleh alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL sebagai acuan pembandingan.

Analisis difokuskan pada rentang waktu menjelang terbit fajar *ṣādiq*, ketika perubahan kecerlangan langit mulai signifikan namun cahaya fajar belum tampak jelas secara visual. Dengan menggunakan pendekatan statistik berbasis Python, dilakukan perhitungan hubungan linier antara variabel teknis kamera dan selisih waktu deteksi fajar, guna menghasilkan model koreksi kuantitatif yang dapat menjelaskan sejauh mana ISO dan *shutter speed* berkontribusi terhadap keakuratan hasil pengamatan fajar.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh masing-masing variabel terhadap waktu kemunculan fajar yang terdeteksi, dilakukan analisis statistik menggunakan uji korelasi Pearson Product Moment. Dalam analisis ini, variabel bebas (*independen*) terdiri dari dua faktor, yaitu ISO (X_1) dan *shutter speed* (X_2), sedangkan variabel terikatnya adalah selisih waktu ketampakan fajar antara kamera dan alat SQM LU-DL (Y) yang diukur dalam satuan detik. Uji korelasi Pearson digunakan untuk mengukur kekuatan dan arah hubungan linier antara masing-masing variabel independen dengan variabel terikat.

Metode Regresi linear merupakan salah satu teknik analisis statistik yang digunakan untuk mengetahui hubungan fungsional antara satu variabel bebas (*independen*) dengan satu variabel terikat (*dependen*). Model ini memungkinkan untuk memprediksi nilai

variabel terikat berdasarkan perubahan pada variabel bebas. Persamaan umum regresi linear sederhana dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Y = a + bX + e$$

Keterangan:

Y = variabel terikat, yaitu selisih waktu kemunculan fajar antara hasil kamera dan alat SQM LU-DL (dalam satuan detik),

X = variabel bebas, yaitu nilai ISO atau *shutter speed*, tergantung model yang digunakan,

a = konstanta regresi atau intersep, yaitu nilai Y ketika $X = 0$

b = koefisien regresi, yaitu besar perubahan pada Y setiap kenaikan satu satuan pada X ,

e = Error atau galat, yaitu selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual yang tidak dapat dijelaskan oleh model.

Dalam konteks ini, penelitian ini dibuat dua model regresi terpisah:

1. Model regresi antara ISO (X) dan selisih waktu kemunculan fajar (Y),
2. Model regresi antara *shutter speed* (X) dan selisih waktu kemunculan fajar (Y).

1. Pengaruh Variasi ISO dan *shutter speed* Terhadap Kemunculan Fajar *ṣādiq*

Untuk mendukung analisis regresi linier sederhana yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian menyajikan data

pengamatan dalam bentuk tabel yang memuat nilai variabel bebas dan terikat. Variabel bebas pertama (X_1) adalah nilai ISO yang digunakan dalam setiap pengambilan gambar, sedangkan variabel bebas kedua (X_2) adalah nilai *shutter speed* (dalam satuan detik). Sementara itu, variabel terikat (Y) merupakan selisih waktu kemunculan fajar antara hasil pengolahan citra kamera dan pembacaan alat SQM LU-DL, yang dihitung dalam satuan detik.

Tabel 4. 1Data ISO (X_1) , shutter speed (X_2) dan Selisih (Y)

ISO (X_1)	shutterSpeed (X_2)	Selisih (Y)
800	20	361
800	30	251
1600	20	-28
1600	30	0
3200	10	-53
3200	20	-189
3200	30	-891
1600	10	-395
100	1	363
50	0.01	1299

Sebagai bagian dari analisis data, penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak SPSS untuk mengolah data yang telah dikumpulkan. Sebelumnya, data yang terdiri dari variabel X_1 , X_2 , dan Y telah ditampilkan untuk memberikan gambaran awal mengenai hubungan antar variable. Berikut ini disajikan hasil analisis yang mencakup tiga aspek penting, yaitu *Model Summary*, *ANOVA*, dan *Coefficients*. Model Summary memberikan gambaran umum mengenai kecocokan model regresi yang diuji, sementara ANOVA digunakan untuk menguji

signifikansi keseluruhan model regresi. Selanjutnya, bagian *Coefficients* menunjukkan kontribusi masing-masing variabel dalam model, yang membantu dalam memahami pengaruh dan hubungan antara variabel X_1 , X_2 , dan Y secara lebih mendalam.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.812 ^a	.660	.563	378.53301

a. Predictors: (Constant), Shutter Speed, ISO

Gambar 4. 1 Hasil model summary ISO dan shutter speed dari aplikasi SPSS

Berdasarkan hasil *Model Summary* pada analisis regresi linear berganda antara nilai pengukuran variabel dependen dengan variabel bebas berupa *shutter speed* dan ISO, diperoleh nilai koefisien determinasi (*R Square*) sebesar 0,660. Ini menunjukkan bahwa sebesar 66% variasi pada nilai pengukuran dapat dijelaskan oleh kombinasi variabel *shutter speed* dan ISO, sedangkan sisanya, yaitu 34%, dijelaskan oleh faktor lain di luar model. Nilai korelasi (R) sebesar 0,812 mengindikasikan hubungan yang kuat antara hasil prediksi model dengan data aktual. Namun, setelah disesuaikan dengan jumlah prediktor dalam model, nilai *Adjusted R Square* menurun menjadi 0,563, yang tetap menunjukkan bahwa model cukup baik dalam menjelaskan variabel dependen, meskipun terdapat potensi pengaruh variabel lain yang belum dimasukkan ke dalam model.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1947148.925	2	973574.462	6.795	.023 ^b
	Residual	1003010.675	7	143287.239		
	Total	2950159.600	9			

a. Dependent Variable: Selisih

b. Predictors: (Constant), Shutter Speed, ISO

Gambar 4. 2 Hasil ANOVA ISO dan shutter speed dari aplikasi SPSS

Kemudian hasil analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) pada tabel di atas, diperoleh nilai *signifikansi* (Sig.) sebesar 0,023, yang lebih kecil dari batas signifikansi standar 0,05.¹¹² Hal ini menunjukkan bahwa model regresi yang dibangun dengan menggunakan variabel *shutter speed* dan ISO secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel dependen, yaitu Selisih. Nilai F hitung sebesar 6,795 juga mengindikasikan bahwa variasi yang dijelaskan oleh model secara statistik lebih besar dibandingkan variasi acak atau error. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model regresi yang digunakan layak untuk diterapkan dalam menjelaskan pengaruh kedua variabel bebas terhadap nilai selisih hasil pengamatan.

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	807.686	243.546		3.316	.013
	ISO	-.303	.113	-.650	-2.692	.031
	Shutter Speed	-14.431	12.101	-.288	-1.193	.272

a. Dependent Variable: Selisih

¹¹² I Made Sudana and Rahmat Heru Setianto, *Metode Penelitian Bisnis & Analisis Data Dengan SPSS*, Tim Perti I (Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama, 2018).

Gambar 4. 3 Hasil *Coefficients ISO dan shutter speed* dari aplikasi SPSS

Berdasarkan table *Coefficients*, diperoleh model regresi linear berganda dengan persamaan:

$$\text{Selisih} = 807,686 - 0,303 (\text{ISO}) - 14,431 (\text{shutter speed})$$

Dengan interpretasi hasil sebagai berikut:

- a. Konstanta ($B = 807,686$) menunjukkan bahwa jika nilai ISO dan *shutter speed* bernilai nol, maka nilai selisih diperkirakan sebesar 807,686 satuan.
- b. Variabel ISO memiliki koefisien negatif sebesar -0,303 dan nilai signifikansi 0,031 ($< 0,05$). Ini berarti ISO memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap nilai Selisih. Semakin tinggi ISO, semakin kecil nilai selisih yang dihasilkan, dengan asumsi variabel lain tetap.
- c. Variabel *shutter speed* juga memiliki koefisien negatif sebesar -14,431, namun nilai signifikansinya 0,272 ($> 0,05$). Ini menunjukkan bahwa *shutter speed* tidak berpengaruh signifikan secara statistik terhadap nilai selisih dalam model ini.

Dengan demikian, dalam model regresi ini hanya ISO yang terbukti secara signifikan mempengaruhi nilai selisih (kemunculan fajar *ṣādiq*), sedangkan *shutter speed* tidak memberikan pengaruh yang signifikan meskipun arah pengaruhnya negatif.

2. Analisis Pengaruh Variasi ISO Terhadap Kemunculan Fajar *ṣādiq*

Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pengaturan ISO terhadap waktu kemunculan fajar *ṣādiq*, dilakukan analisis regresi linear sederhana. Dalam analisis ini, variabel ISO berperan sebagai variabel independen (X), sedangkan waktu kemunculan fajar *ṣādiq* sebagai variabel dependen (Y). Hasil dari analisis ini disajikan dalam bentuk output SPSS yang meliputi *Model Summary*, *ANOVA*, dan *Coefficients*. Berikut disajikan data pengamatan yang terdiri dari nilai ISO (X) sebagai variabel bebas dan waktu kemunculan fajar *ṣādiq* (Y) sebagai variabel terikat.

Tabel 4. 2 Variabel X (ISO) dan Y (Selisih)

ISO (X)	Selisih (Y)
800	361
800	251
1600	-28
1600	0
3200	-53
3200	-189
3200	-891
1600	-395
100	363
800	1299

Berikut ini disajikan hasil analisis yang mencakup tiga aspek penting, yaitu *Model Summary*, *ANOVA*, dan *Coefficients*.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.769 ^a	.591	.540	388.39117

a. Predictors: (Constant), ISO

Gambar 4. 4 Hasil Model Summary ISO dari aplikasi SPSS

Dari analisis diatas dapat dilihat bahwa nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,769 menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara ISO dan kemunculan fajar *ṣādiq*. Nilai *R Square* sebesar 0,591 berarti sekitar 59,1% variasi dalam waktu kemunculan fajar *ṣādiq* dapat dijelaskan oleh variasi ISO.¹¹³ Sementara itu, *Adjusted R Square* sebesar 0,540 menunjukkan nilai yang telah disesuaikan dengan jumlah variabel dan ukuran sampel, tetap memperkuat bahwa model ini cukup baik dalam menjelaskan hubungan tersebut. Nilai *Standard Error of the Estimate* sebesar 388,39117 menunjukkan rata-rata kesalahan prediksi dalam satuan yang sama dengan variabel dependen.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1743377.973	1	1743377.973	11.557	.009 ^b
	Residual	1206781.627	8	150847.703		
	Total	2950159.600	9			

a. Dependent Variable: Selisih

b. Predictors: (Constant), ISO

Gambar 4. 5 Hasil ANOVA ISO dari aplikasi SPSS

Dari hasil analisis ANOVA didapatkan bahwa nilai F sebesar 11,557 dengan signifikansi (Sig.) sebesar 0,009 menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi 5% (karena 0,009 < 0,05).¹¹⁴ Ini berarti, secara keseluruhan, ISO memiliki pengaruh

¹¹³ Sugiyono, *Metode Penelitian Manajemen* (Bandung: Alfabeta, 2018).

¹¹⁴ Dimas Agung Trisliatanto, *Metodologi Penelitian, Panduan Lengkap Penelitian Dengan Mudah* (Yogyakarta: ANDI (Anggota IKAPI), 2020).

yang signifikan terhadap selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq*. Dengan demikian, hasil uji ANOVA memperkuat bahwa model regresi yang dibangun layak untuk digunakan dalam menjelaskan pengaruh ISO terhadap variabel dependen tersebut.

Coefficients^a

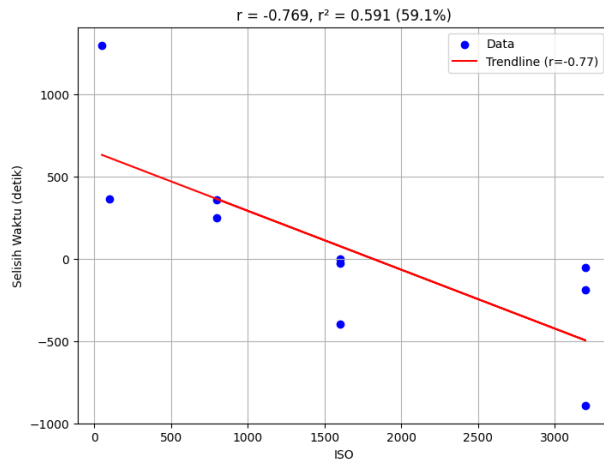
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	649.810	209.744		3.098	.015
	ISO	-.358	.105	-.769	-3.400	.009

a. Dependent Variable: Selisih

Gambar 4. 6 Hasil Coefficients ISO

Nilai konstanta (*intercept*) sebesar 649,810 menunjukkan bahwa jika nilai ISO adalah 0, maka nilai prediksi untuk selisih waktu fajar *ṣādiq* adalah sekitar 649,810 dalam satuan detik. Koefisien regresi untuk variabel ISO adalah -0,358, yang berarti setiap kenaikan 1 satuan ISO diperkirakan akan menurunkan selisih waktu fajar *ṣādiq* sebesar 0,358 detik. Tanda negatif menunjukkan hubungan negatif antara ISO dan selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq* semakin tinggi ISO, semakin kecil selisih waktu yang tercatat. Nilai t sebesar -3,400 dengan signifikansi 0,009 menunjukkan bahwa pengaruh ISO terhadap selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq* signifikan secara statistik, karena nilai signifikansi $< 0,05$.

Untuk memperkuat analisis secara visual, berikut ditampilkan grafik tren hubungan antara nilai ISO dengan selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq* menggunakan pemrograman *python*. Grafik ini menunjukkan sebaran data yang ditandai dengan titik-titik biru, serta garis tren linear berwarna merah yang menggambarkan arah dan kekuatan hubungan antara kedua variable.



Gambar 4. 7 Grafik Tren Pengaruh ISO terhadap kemunculan fajar *Ṣādiq*

Terlihat bahwa garis tren memiliki kemiringan negatif, sesuai dengan nilai koefisien korelasi $r = -0,769$ yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi pengaturan ISO, maka waktu kemunculan fajar cenderung terdeteksi lebih awal. Nilai determinasi sebesar $r^2 = 0,591$ atau 59,1% juga ditampilkan, menunjukkan seberapa besar variasi waktu kemunculan fajar dapat dijelaskan oleh variasi ISO berdasarkan data yang diamati.

3. Analisis Pengaruh Variasi *shutter speed* Terhadap Kemunculan Fajar *ṣādiq*

Untuk mengetahui sejauh mana pengaruh pengaturan *shutter speed* terhadap waktu kemunculan fajar *ṣādiq*, dilakukan analisis regresi linear sederhana. Dalam analisis ini, variabel *shutter speed* berperan sebagai variabel independen (X), sedangkan waktu kemunculan fajar *ṣādiq* sebagai variabel dependen (Y). Berikut disajikan data pengamatan yang terdiri dari nilai *shutter speed* (X) sebagai variabel bebas dan waktu kemunculan fajar *ṣādiq* (Y) sebagai variabel terikat.

Tabel 4. 3 Data Variabel X (*shutter speed*) dan Y (Selisih)

<i>shutter speed</i> (X)	Selisih (Y)
20	361
30	251
20	-28
30	0
10	-53
20	-189
30	-891
10	-395
1	363
0.01	1299

Berikut ini disajikan hasil analisis yang mencakup tiga aspek penting, yaitu *Model Summary*, *ANOVA*, dan *Coefficients*.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.555 ^a	.308	.222	505.12253

a. Predictors: (Constant), Shutter Speed

Gambar 4. 8 Hasil Model Summary shutter speed dari aplikasi SPSS

Berdasarkan tabel *Model Summary* pada analisis regresi linear sederhana antara *shutter speed* sebagai variabel bebas dan selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq* sebagai variabel terikat, Nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,555 menunjukkan adanya hubungan yang cukup kuat antara *shutter speed* dan selisih waktu fajar *ṣādiq*. Nilai R Square sebesar 0,308 berarti bahwa sekitar 30,8% variasi dalam selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq* dapat dijelaskan oleh variasi *shutter speed*. Sementara itu, nilai Adjusted R Square sebesar 0,222 menunjukkan penyesuaian terhadap jumlah sampel dan variabel, yang masih menunjukkan bahwa model ini memiliki kekuatan penjelas yang moderat. Nilai Standard Error of the Estimate sebesar 505,12253 menunjukkan rata-rata kesalahan prediksi model dalam satuan variabel terikat.

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	908969.431	1	908969.431	3.563	.096 ^b
	Residual	2041190.169	8	255148.771		
	Total	2950159.600	9			

a. Dependent Variable: Selisih

b. Predictors: (Constant), Shutter Speed

Gambar 4. 9 Hasil ANOVA shutter speed dari aplikasi SPSS

Nilai F sebesar 3,563 dengan nilai *signifikansi* (Sig.) sebesar 0,096 menunjukkan bahwa model regresi tidak signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi 5% (karena $0,096 > 0,05$). Ini berarti bahwa secara keseluruhan, variabel *shutter speed* belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq*. Dengan demikian, meskipun ada hubungan antara *shutter speed* dan selisih waktu yang terlihat dari nilai R sebelumnya, model ini secara statistik belum cukup kuat untuk menyimpulkan bahwa *shutter speed* berpengaruh secara nyata terhadap variabel dependen.

Coefficients ^a						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	547.124	298.219		1.835	.104
	Shutter Speed	-27.795	14.726	-.555	-1.887	.096

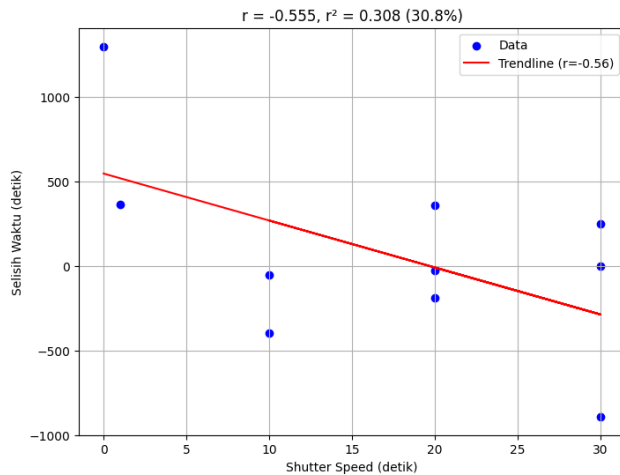
a. Dependent Variable: Selisih

Gambar 4. 10 Hasil *Coefficients shutter speed* dari aplikasi SPSS

Nilai konstanta (intercept) sebesar 547,124 mengindikasikan bahwa jika nilai *shutter speed* adalah nol, maka nilai prediksi selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq* adalah sekitar 547,124 satuan waktu. Koefisien regresi untuk *shutter speed* adalah -27,795, yang berarti setiap peningkatan satu satuan *shutter speed* diperkirakan akan menurunkan selisih waktu fajar *ṣādiq* sebesar 27,795 satuan. Arah hubungan ini negatif, yang menunjukkan bahwa semakin tinggi *shutter speed*, semakin kecil selisih waktu yang tercatat. Namun, nilai t sebesar -1,887 dan signifikansi sebesar 0,096 menunjukkan bahwa pengaruh *shutter*

speed terhadap selisih waktu tidak signifikan secara statistik pada tingkat kepercayaan 95% (karena $0,096 > 0,05$).

Untuk memberikan gambaran visual yang lebih jelas mengenai hubungan antara variabel *shutter speed* dan selisih waktu kemunculan fajar *ṣādiq*, berikut ditampilkan grafik tren yang menunjukkan pola sebaran data serta garis regresi yang merepresentasikan kecenderungan hubungan antara kedua variabel tersebut.



Gambar 4. 11 Grafik Tren Pengaruh Variasi *shutter speed* Terhadap Kemunculan Fajar *Ṣādiq*

Terlihat bahwa garis tren memiliki kemiringan negatif, sesuai dengan nilai koefisien korelasi $r = -0,555$, yang mengindikasikan bahwa semakin tinggi nilai *shutter speed*, maka waktu kemunculan fajar cenderung terdeteksi lebih awal. Nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0,308$ atau 30,8% menunjukkan bahwa sebesar 30,8% variasi dalam waktu kemunculan fajar dapat dijelaskan oleh variasi *shutter speed*

berdasarkan data yang diamati. Meskipun hubungan ini teridentifikasi, hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa hubungan tersebut belum signifikan pada tingkat kepercayaan 95%.

C. Analisis SWOT terhadap Metodologi Pengamatan Fajar *Ṣādiq* Berbasis Mobile Astrofotografi

1. *Stengths* (Kelebihan)

Salah satu kelebihan utama dari penelitian ini terletak pada pendekatan metodologis yang inovatif, yaitu penggunaan teknologi mobile astrofotografi sebagai alat utama dalam observasi fajar *ṣādiq*. Keunggulan ini menjadi sangat signifikan di tengah perkembangan teknologi digital dan meningkatnya kebutuhan akan metode pengamatan yang bersifat praktis namun tetap akurat. Penggunaan kamera smartphone, khususnya perangkat Redmi Note 13 5G, membuktikan bahwa observasi ilmiah tidak lagi terbatas pada laboratorium atau peralatan astronomi yang mahal dan eksklusif. Hal ini membuka peluang besar bagi kalangan pesantren, sekolah, bahkan individu di masyarakat untuk melakukan pengamatan secara mandiri dan berbasis data, sehingga memperluas partisipasi publik dalam sains falak kontemporer. Selain itu, metode ini sangat portable, hemat biaya, dan mudah digunakan, yang berarti dapat diterapkan dalam berbagai kondisi geografis dan sosial tanpa membutuhkan dukungan infrastruktur rumit.

Keunggulan lainnya adalah fleksibilitas pengaturan teknis yang dimiliki oleh perangkat mobile, seperti pengaturan ISO dan *shutter speed*, yang dalam konteks penelitian ini terbukti memberikan kontribusi kuantitatif signifikan terhadap deteksi waktu fajar. Kemampuan untuk mengatur sensitivitas cahaya secara presisi memungkinkan peneliti untuk menangkap transisi cahaya fajar dengan lebih akurat, sekaligus membuktikan bahwa perangkat sederhana pun mampu bersaing dengan alat profesional selama digunakan secara metodologis. Tak kalah penting, penelitian ini juga menunjukkan integrasi yang kuat antara

pendekatan observasional dan teknologi digital, yang dalam perspektif ilmu falak modern merupakan kekuatan strategis untuk menjembatani ilmu astronomi dengan kebutuhan syariah.

Secara epistemologis, pendekatan ini memperlihatkan bahwa keilmuan falak tidak stagnan pada hisab klasik, melainkan berkembang adaptif dengan alat baru, selama tetap menjaga validitas ilmiah dan etika akademik. Oleh karena itu, kekuatan utama penelitian ini bukan hanya pada hasilnya yang signifikan secara statistik, tetapi pada keberanian dan ketepatannya dalam mendesain metode ilmiah yang *accessible*, akurat, dan relevan bagi umat Islam masa kini yang hidup di tengah kemajuan teknologi informasi.

2. **Weaknesses (Kelemahan)**

Meskipun metode mobile astrofotografi menawarkan pendekatan yang praktis dan inovatif, terdapat sejumlah kelemahan teknis dan metodologis yang perlu dicermati secara kritis. Salah satu keterbatasan utama terletak pada kemampuan sensor kamera smartphone yang belum sebanding dengan kamera astronomi profesional seperti DSLR atau CCD. Kamera ponsel, termasuk Redmi Note 13 5G yang digunakan dalam penelitian ini, umumnya memiliki bukaan lensa tetap (*fixed aperture*) dan ukuran sensor yang kecil, sehingga performanya dalam menangkap cahaya redup seperti fajar *ṣādiq* menjadi kurang optimal, terutama dalam kondisi gangguan lapangan. Hal ini berpotensi menghasilkan citra dengan noise tinggi, warna yang tidak akurat, atau bahkan deteksi palsu akibat cahaya lingkungan yang tidak dapat difilter secara maksimal. Selain itu, karena perangkat mobile memiliki keterbatasan stabilitas optik dan kualitas lensa, maka hasil citra sangat rentan terhadap gangguan gerakan, embun, kabut, atau refleksi cahaya dari sumber lain.

Kelemahan lainnya menyangkut subjektivitas dalam analisis citra, terutama dalam menentukan titik munculnya fajar dari gambar yang telah direkam. Meskipun metode *moving average* digunakan untuk membantu analisis tren cahaya, tetap ada ruang interpretatif yang bergantung pada pengalaman dan ketelitian pengamat. Hal ini dapat memengaruhi konsistensi data jika

dilakukan oleh individu yang berbeda atau pada perangkat yang berbeda pula. Penggunaan alat verifikasi seperti Sky Quality Meter (SQM) memang membantu meningkatkan keabsahan data, namun tetap tidak dapat menghilangkan kemungkinan bahwa hasil pengamatan bersifat kontekstual dan belum tentu dapat digeneralisasi. Selain itu, pengamatan yang hanya dilakukan di satu lokasi dan dalam kurun waktu tertentu (17 hari di Karimunjawa) juga menjadi keterbatasan dari sisi representasi hasil. Penelitian ini belum mengakomodasi variabel lain seperti pengaruh musim, elevasi tempat, atau variasi kondisi atmosfer yang dapat memengaruhi visibilitas fajar *ṣādiq* di wilayah lain. Oleh karena itu, meskipun metodologinya menjanjikan, penerapan dan pengambilan kesimpulan dari penelitian ini tetap harus dilakukan dengan mempertimbangkan ruang keterbatasan tersebut.

3. *Opportunities* (Peluang)

Penelitian ini membuka peluang besar untuk pengembangan metode pengamatan astronomi yang inklusif, adaptif, dan aplikatif, terutama di bidang ilmu falak kontemporer. Penggunaan kamera smartphone sebagai alat utama tidak hanya menjadikan astrofotografi lebih terjangkau, tetapi juga mendorong demokratisasi akses terhadap riset falak, yakni menjadikan aktivitas pengamatan langit bukan monopoli kalangan profesional atau lembaga resmi, tetapi bisa dilakukan oleh pelajar, santri, guru, maupun masyarakat umum. Hal ini sangat relevan dengan konteks pesantren atau lembaga pendidikan Islam yang mulai terbuka terhadap pendekatan saintifik dalam praktik ibadah, terutama dalam penentuan waktu-waktu salat. Dengan menyediakan metode yang sederhana namun ilmiah, penelitian ini memiliki peluang untuk dijadikan sebagai modul pelatihan atau edukasi falak berbasis praktik, baik di madrasah, perguruan tinggi keislaman, maupun komunitas pengamat langit.

Lebih lanjut, hasil penelitian ini dapat menjadi kontribusi penting bagi lembaga-lembaga seperti Kementerian Agama, Badan Hisab Rukyat, atau organisasi keislaman dalam meninjau ulang parameter waktu Subuh secara lebih kontekstual dan

berbasis observasi lapangan. Jika penelitian serupa dilakukan secara berkelanjutan di berbagai wilayah dengan variasi kondisi langit, maka akan terbentuk basis data nasional tentang kemunculan fajar *ṣādiq* yang dapat memperkuat akurasi sistem hisab rukyat. Peluang lainnya adalah integrasi lintas disiplin antara astronomi, teknologi, dan hukum Islam, di mana pendekatan astrofotografi mobile dapat digunakan untuk menyempurnakan keputusan fikih berbasis data ilmiah. Dengan demikian, penelitian ini bukan hanya menawarkan hasil, tetapi juga membuka ruang kolaborasi akademik dan pengembangan ilmu falak sebagai disiplin ilmu yang dinamis, relevan, dan terhubung langsung dengan kebutuhan umat.

4. Threats (Ancaman)

Di balik keunggulan dan potensi besar yang dimiliki, penelitian ini juga menghadapi sejumlah ancaman yang tidak bisa diabaikan. Salah satunya adalah potensi resistensi dari kalangan otoritas keagamaan atau masyarakat konservatif yang sudah terbiasa mengikuti jadwal salat berdasarkan hisab standar resmi, seperti yang ditetapkan oleh Kementerian Agama. Jika hasil pengamatan fajar *ṣādiq* melalui metode mobile astrofotografi menunjukkan perbedaan waktu yang signifikan, misalnya fajar muncul lebih lambat dari waktu Subuh yang selama ini digunakan, maka hal itu bisa menimbulkan keraguan, polemik, atau bahkan penolakan terhadap keabsahan hasil riset. Ancaman ini bukan hanya berdimensi teknis, tetapi juga menyangkut penerimaan sosial dan legitimasi keagamaan atas metode baru dalam penentuan waktu ibadah. Selain itu, penyebaran informasi yang belum melalui proses validasi ilmiah yang ketat bisa menimbulkan kebingungan di tengah masyarakat, terutama jika dilakukan tanpa bimbingan ahli falak atau pendampingan akademik yang memadai.

Ancaman lainnya adalah dari sisi teknis, yakni ketergantungan pada jenis perangkat tertentu (dalam hal ini, Redmi Note 13 5G), yang bisa menyebabkan hasil pengamatan menjadi tidak seragam jika dilakukan oleh peneliti lain dengan perangkat berbeda. Perbedaan kualitas sensor, lensa, atau

algoritma pengolahan gambar antar-merek bisa memunculkan bias data, kecuali jika ada upaya standarisasi alat dan metode. Selain itu, laju perkembangan teknologi kamera yang sangat cepat juga menjadi tantangan tersendiri; hasil dan metode yang saat ini relevan bisa menjadi usang dalam waktu dekat jika tidak diiringi dengan pembaruan metodologis secara periodik. Tak kalah penting, ancaman eksternal seperti kondisi cuaca ekstrem, polusi cahaya yang terus meningkat, serta keterbatasan akses terhadap lokasi langit gelap, juga berpotensi menghambat keberlanjutan penelitian ini di masa depan. Oleh karena itu, meskipun metode ini menjanjikan, penerapannya harus disertai strategi mitigasi ancaman yang matang dan pendekatan kolaboratif yang terbuka.

D. Tinjauan Fikih terhadap Implementasi Pengamatan Fajar *Ṣādiq* Berbasis Mobile Astrofotografi

1. Urgensi Penentuan Fajar *Ṣādiq* dalam Fikih Islam

Dalam fikih Islam, penentuan waktu ibadah merupakan aspek yang sangat fundamental karena berkaitan langsung dengan syarat sahnya pelaksanaan ibadah, terutama salat dan puasa. Fajar *ṣādiq* secara eksplisit disebut dalam Al-Qur'an sebagai batas dimulainya puasa Ramadan dan waktu pelaksanaan salat Subuh, sebagaimana firman Allah dalam Surah al-Baqarah ayat 187: *“dan makan minumlah hingga terang bagimu benang putih dari benang hitam, yaitu fajar...”* Para ulama sepakat bahwa yang dimaksud dengan *“benang putih”* adalah cahaya fajar *ṣādiq* yang muncul secara horizontal di ufuk timur. Oleh karena itu, akurasi dalam menetapkan waktu kemunculan fajar *ṣādiq* menjadi sangat penting karena jika seseorang memulai puasa atau salat sebelum fajar *ṣādiq* benar-benar muncul, maka ibadah tersebut dianggap belum masuk waktunya dan dapat menjadi tidak sah menurut mayoritas mazhab.

Urgensi ini semakin kuat dalam konteks masyarakat modern yang bergantung pada jadwal hisab atau aplikasi waktu salat, di mana kemungkinan terjadinya perbedaan antara jadwal teoritis

dengan kenyataan di lapangan tetap ada. Maka, pengamatan langsung terhadap fajar *ṣādiq* menjadi salah satu pendekatan yang sangat relevan dan disyariatkan, sebagaimana praktik para salaf yang menentukan waktu ibadah dengan merujuk pada tanda-tanda alam. Dalam hal ini, penetapan waktu fajar *ṣādiq* bukan hanya persoalan teknis astronomi, tetapi juga memiliki dimensi hukum dan ibadah yang harus dijaga presisinya. Dengan demikian, penelitian ini memiliki nilai penting dalam konteks fikih karena bertujuan memastikan bahwa ibadah dilaksanakan pada waktunya secara sah dan sesuai dengan tuntunan syariat.

2. Validitas Metode Observasi dalam Perspektif Fikih

Para *fuqahā* dari berbagai mazhab seperti *Mālikiyyah*, *Syāfi'īyyah*, dan *Hanābilah* secara umum mengakui bahwa pengamatan visual terhadap tanda-tanda alam, seperti munculnya fajar *ṣādiq*, terbenamnya matahari, atau hilal, merupakan cara sah dalam menentukan waktu-waktu ibadah. Seiring dengan perkembangan teknologi, alat bantu pengamatan seperti teleskop, kamera, atau sensor cahaya selama tidak menyalahi prinsip dasar *ru'yah* dan mampu menampilkan gejala yang *ḥissī* (indrawi) dapat dikategorikan sebagai alat *mu'tabar* (dapat diterima) dalam proses penetapan waktu. Hal ini selaras dengan kaidah fiqhiyyah “*Al-'Urf muhakkam*” (kebiasaan atau pemahaman yang umum berlaku dapat dijadikan landasan hukum) dan “*Mā lā yatimm al-wājib illā bihi fa huwa wājib*” (sesuatu yang menjadi sarana pelaksanaan kewajiban, hukumnya juga wajib).

Dalam konteks ini, penggunaan kamera smartphone untuk mengamati fajar *ṣādiq* bukanlah bentuk inovasi yang bertentangan dengan syariat, tetapi merupakan ijtihad kontemporer berbasis teknologi yang mendekatkan kita pada tujuan syariat, yakni melaksanakan ibadah tepat waktu. Justru, metode ini menjadi alternatif penting ketika keterbatasan penglihatan manusia atau kondisi atmosfer menyulitkan pengamatan langsung. Dengan bantuan kamera beresolusi tinggi dan analisis data visual secara sistematis, pengamatan fajar *ṣādiq* menjadi lebih objektif dan dapat diteliti kembali secara ilmiah. Oleh karena itu, metode observasi berbasis mobile astrofotografi

dapat dinilai sah secara fikih sepanjang dilakukan oleh pihak yang kompeten, berlandaskan prinsip kehati-hatian, dan hasilnya dapat diverifikasi. Hal ini menunjukkan fleksibilitas fikih Islam dalam merespons kemajuan zaman tanpa kehilangan substansi ibadah yang sesuai syariat.

3. Analisis Hukum terhadap Hasil Pengamatan

Dalam perspektif fikih, hasil dari pengamatan fajar *ṣādiq* memiliki implikasi hukum yang sangat penting karena berkaitan langsung dengan keabsahan ibadah. Jika suatu metode observasi seperti yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa fajar *ṣādiq* baru terlihat beberapa menit setelah jadwal resmi waktu Subuh dari Kementerian Agama, maka muncul pertanyaan: apakah salat Subuh atau puasa yang dilakukan berdasarkan jadwal tersebut tetap sah? Di sinilah prinsip-prinsip ushul fiqh seperti *iḥtiyāt* (kehati-hatian), *ikhtilāf al-fatāwā* (perbedaan pendapat), dan *rafʿu al-ḥaraj* (menghilangkan kesulitan) memainkan peran penting. Para ulama menyepakati bahwa waktu adalah syarat sah ibadah, tetapi mereka juga mengakui adanya perbedaan metode penentuan waktu yang bisa memunculkan variasi hasil. Oleh karena itu, jika hasil pengamatan secara ilmiah dan berulang menunjukkan adanya keterlambatan waktu fajar *ṣādiq*, maka seharusnya hal ini menjadi bahan evaluasi dan tidak serta-merta membatalkan ibadah sebelumnya, selama dilakukan berdasarkan *ẓann ghālib* (dugaan kuat) dan mengikuti otoritas keagamaan yang sah.

Namun, jika hasil observasi tersebut dikukuhkan oleh data yang valid, konsisten, dan didukung oleh ahli falak, maka dalam konteks ijtihad kontemporer, hasil itu bisa menjadi dasar untuk menyesuaikan ulang waktu Subuh secara resmi. Oleh karena itu, dalam konteks hukum Islam, hasil pengamatan berbasis mobile astrofotografi tidak hanya memiliki nilai informatif, tetapi juga potensial menjadi rujukan hukum dalam revisi penentuan waktu ibadah, selama diterapkan secara bertanggung jawab dan melalui proses istinbāt hukum oleh otoritas yang memiliki kewenangan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh pengaturan ISO dan *shutter speed* terhadap deteksi kemunculan fajar *ṣādiq* menggunakan metode mobile astrofotografi. Kesimpulan ini diperoleh berdasarkan analisis data observasi dan perbandingan hasil antara kamera Redmi Note 13 5G dan alat Sky Quality Meter (SQM) LU-DL selama proses pengamatan:

1. Pengaturan ISO dan *shutter speed* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap *sensitivitas* kamera dalam mendeteksi kemunculan fajar *ṣādiq*. Semakin tinggi nilai ISO dan semakin lama durasi *shutter speed*, maka semakin tinggi pula *sensitivitas* kamera terhadap cahaya fajar. Namun, hal ini juga meningkatkan risiko terdeteksinya cahaya *non-fajar* (seperti cahaya polusi atau bias sensor).
2. Secara kuantitatif, pengaruh pengaturan ISO terhadap waktu kemunculan fajar mencapai 59,1%, sedangkan *shutter speed* memberikan pengaruh sebesar 30,8%. Adapun secara simultan, kombinasi antara ISO dan *shutter speed* berkontribusi terhadap deteksi fajar *ṣādiq* sebesar 66%.

B. Implikasi Hasil Penelitian

Implikasi hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode mobile astrofotografi dapat menjadi alternatif efektif

dalam mendeteksi waktu fajar *ṣādiq*, dengan memanfaatkan pengaturan ISO dan *shutter speed* yang tepat. Penelitian ini membuka peluang untuk penggunaan perangkat mobile sebagai solusi praktis dalam penentuan waktu salat Subuh, terutama bagi komunitas yang membutuhkan alat yang terjangkau dan efisien. Selain itu, temuan ini juga berkontribusi pada pengembangan teknologi pengamatan astronomi berbasis perangkat mobile, memungkinkan partisipasi masyarakat luas dalam observasi langit dengan alat yang lebih mudah diakses.

C. Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan untuk menggunakan kamera dengan sensor yang lebih profesional, seperti DSLR atau mirrorless, guna membandingkan akurasi deteksi fajar *ṣādiq* antara perangkat mobile dan kamera dengan sensitivitas cahaya yang lebih tinggi. Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan di lokasi dengan tingkat polusi cahaya yang lebih rendah, untuk mengkaji pengaruh pencahayaan lingkungan terhadap hasil pengamatan. Terakhir, pengamatan waktu fajar *ṣādiq* dalam berbagai musim atau bulan yang berbeda dapat membantu memahami variasi deteksi akibat perubahan posisi matahari sepanjang tahun, yang akan memperkaya temuan penelitian .

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, Ahmad. “Studi Analisis Hilangnya Syafaq Abyad Dalam Penentuan Awal Waktu Shalat Isya Di Kabupaten Toli-Toli.” Uin Walisongo, 2024.
- Ahsan, M.Ainul Yaqin. *Mukhtashar Al-Durusi Al-Falakiyah*. Yogyakarta: Grup Penerbitan CV Budi Utama, 2024.
- Al-Andalusy, Muhammad ibn Yusuf. “Al-Bahr al-Muhit Fiy al-Tafsir, II,” 2010.
- AS Hornby. *Oxford Advanced Learners Dictionary of Current English*, 1995.
- Azhari, Susiknan. *Ensiklopedi Hisab Rukyat*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2012.
- Bahali, Kasim. “ Penilaian Semula Hitungan Waktu Subuh Di Alam Melayu.” *International Journal of the Malay World and Civilisation*, 2019.
- Bahali, Kassim. “Re-Evaluation of Calculation of the Dawn Prayer Time in the Malay World” 7, no. 2 (2019).
- Bashori, Muhammad Hadi. *Pengantar Ilmu Falak, Pedoman Lengkap TentangTeori Dan Praktik Hisab, Arah Kiblat, Waktu Shalat, Awal Bulan Qamariyah, Dan Gerhana*. Jakarta: Pustaka Al-Kutsar, 2015.
- Basithussyarop, Hastuti M. “Problematika Astrofotografi Dalam Rukyatul Hilal,” n.d.
- Basthoni, M. “Efek Polusi Cahaya Terhadap Penentuan Awal Waktu Subuh Di Indonesia .” UIN Walisongo, 2022.
- Basthoni, M., Thomas Dзамaluddin, and Ahmad Izzuddin. “Light Pollution Disturbance in Detecting Zodiacal Light and Twilight.” *AIP Publishing*, December 11, 2023.

- Burhanuddin, Muhmmad Fikky. “Perbedaan Penggunaan Sky Quality Meter Terhadap Hasil Observasi Fajar *ṣādiq* Ke Arah Ufuk Timur Dan Zenith.” UIN Walisongo, 2021.
- Butar-Butar, Arwin Juli Rakhmadi. *Fajar & Syafak Dalam Kesarjanaan Astronomi Muslim Dan Ulama Nusantara*. Yogyakarta, 2018.
- Collins, Karen A., John F. Kielkopf, Keivan G. Stassun, and Frederic V. Hessman. “AstroimageJ: Image Processing And Photometric Extraction For Ultra-Precise Astronomical Light Curves.” *The Astronomical Journal* 153, no. 2 (February 1, 2017): 77. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/153/2/77>.
- Damanhuri, Adi. “Pengamatan Dan Penelitian Awal Waktu Subuh: Semua Bisa Melakukannya. Sidoarjo.” *Nizamia Learning Center*, 2020.
- Departemen Pendidikan Nasional. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2008.
- Dhani Herdiwijaya. “Sky Brightness and Twilight Measurements at Jogyakarta City, Indonesia.” *Journal of Physics* 771, no. 1 (November 1, 2016).
- Djamaluddin, Thomas. “Ibanon: Dar al-Kutub al-Ilmiyah, 1992. Thomas Djamaluddin. “Penentuan Waktu Shubuh: Pengamatan Dan Pengukuran Tdjamaluddin.Wordpress, Fajar Di Labuan Bajo,” n.d.
- . “Waktu Shubuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar’i,” n.d.
- Elizabeth. “The Exposure Triangle-A Beginner’s Guide,” July 18, 2019.
- Fajri M. Nur Iskandar. “Uji Komparasi Olah Citra Fajar Menggunakan Metode Perbandingan Intensitas Cahaya Dan 3D Surface Pada Aplikasi AstroimageJ.” Uin Walisongo, 2024.
- F.Cao, X.Gong, C.He, and T Ngai. “Removing the Effect of Blooming from Potential Energy Measurement by Employing Total Internal Reflection Microscopy Integrated with Video Microscopy.” *Journal of Colloid and Interface Science* 503 (2017): 142–49.

- Fernando, Jason. "Moving Average (MA): Purpose, Uses, Formula, and Examples." *Investopedia*, August 6, 2024.
- Fuadi, Lutfi. "Fajar Penanda Awal Waktu Subuh Dan Puasa," 2021.
- Hambali, Slamet. *Awal Waktu Salat Dan Penentuan Arah Kiblat Di Seluruh Dunia Ilmu Falak 1(Tentang Penentuan)*. Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011.
- . *Ilmu Falak 1*. Semarang , 2011.
- I. K. A Aditya, and A. Raharjo. ""Gerak Fire Dance Dalam Karya Fotografi Ekspresi" 22 (2018).
- "International Dark-Sky Association," "Light Polution," n.d.
- Izzuddin, Ahmad. *Ilmu Falak Praktis Metode Hisab-Rukyat Praktis Dan Solusi Permasalahannya*. I. Semarang: PT. Pustaka Rizki Putra, 2012.
- Jamil, A. *Ilmu Falak, (Teori Dan Aplikasi)*. Jakarta: Amzah, 2016.
- Junaidi, Ahmad. "Peran Astrofotografi Dalam Rukyatul Hilal Di Indonesia." UIN Walisongo, 2019.
- Kadir, A. *Formula Baru Ilmu Falak Panduan Lengkap Dan Praktis*. Jakarta: Amzah, 2012.
- "Kamus Bahasa Indonesia (KBBI) ," n.d.
- Kementrian RI. "Al-Baqarah-187 Qur'an Kemenag," n.d.
- Khazin, Muhyiddin. *99 Tanya Jawab Masalah Hisab Dan Rukyat*. Yogyakarta: Ramadhan Press, 2009.
- Khazin, Muhyidin. *Kamus Ilmu Falak*. Yogyakarta, 2005.
- Kholilah, Fitri. "Ketampakan Mega Merah Di Daerah Polutif Dan Daerah Non Polutif Dalam Penentuan Awal Waktu Shalat Isya." UIN Walisongo, 2019.
- Maghfuri, Alfian. *Ilmu Falak Dan Hisab*. Pertama. Madza Media, 2021.

- Mahfudz. “Uji Akurasi Awal Waktu Subuh Kementrian Agama RI Menggunakan Astrofotografi Di Pulau Masalembu, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.” UIN Walisongo, 2020.
- Mansorov, Nasim. “Understanding ISO, SHutter Speed and Aperture A Beginner’s Guide.” *Photography Life*, January 29, 2024.
- Marpaung, Watni. *Pengantar Ilmu Falak*. Jakarta: Prenada Media, 2015.
- MG.Nababan. *Panduan Pendidikan Dan Penelitian Di Taman Nasional Karimunjawa*, 2011.
- Mustofa, Ali. *Ilmu Falak Berbasis Excel*. Edited by Siti Mafulah. I. Kediri: Asto Sun3, 2019.
- Nafik Nur Azizah. “Analisis Penentuan Awal Waktu Subuh Metode Digital Image Processing.” 2023.
- National Weather Service US Department of Commerce, NOAA. “Definitiom of Twilight,” n.d.
- Nawawi, and Abd. Salam. *Ilmu Falak Praktis*. Surabaya: Imtiyaz, 2016.
- Nugroho, Adi. “Pengaruh Cahaya Bulan Terhadap Kemunculan Fajar Sidiq (Analisis Titik Belok Kurva Pada Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Alat Sky Quality Meter.” UIN Walisongo, 2020.
- O.Gingerich. *Astrofisics And Twentieth-Century Astronomy to 1950*. New York: Cambridge University Pers, 2010.
- Pepper, Joshua, Richard W. Pogge, D. L. DePoy, J. L. Marshall, K. Z. Stanek, Amelia M. Stutz, Shawn Poindexter, et al. “The Kilodegree Extremely Little Telescope (KELT): A Small Robotic Telescope for Large-Area Synoptic Surveys.” *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 119, no. 858 (August 2007): 923–35. <https://doi.org/10.1086/521836>.
- Photography*. London: Teach Yourself, 2008.

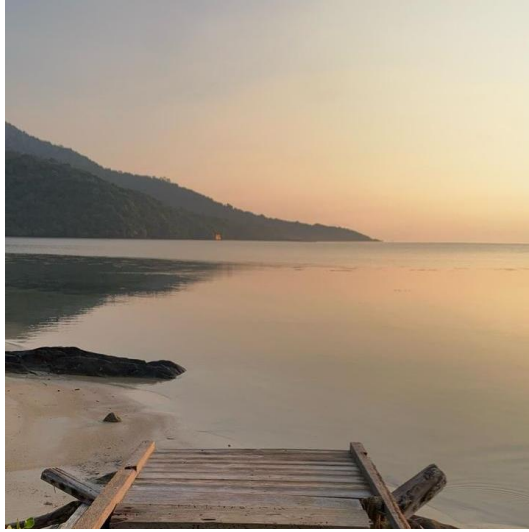
- Putraga, Hariyadi. “Penentuan Awal Waktu Subuh Menggunakan Kamera DSLR Dan Metode Moving Average.” *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 2022.
- Rahasia Fotografi Dengan Android*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2014.
- Rajendra Teli, Shivani, Stanislav Zvanovec, and Zabih Ghassemlooy. “The First Tests of Smartphone Camera Exposure Effect on Optical Camera Communication Links,” 2019. <https://doi.org/10.1109/ConTEL.2019.8848559i>.
- Ramadhianti, Fahira. “Analisis Perubahan Kecerlangan Langit Di Observatorium Deepsky Karimunjawa Dengan Sky Quality Meter (SQM) Dan Citra VIIRS - DNB Tahun 2023 – 2024.” Institut Teknologi Sumatra, 2024.
- Ritonga, Marataon. “Penentuan Waktu Subuh Menggunakan All Sky Camera Dan Metode Moving Average Di Kota Medan.” *Jurnal Kajian Hukum Islam*, 2023.
- Rodriguez, Joseph E., Knicole D. Colón, Keivan G. Stassun, Duncan Wright, Phillip A. Cargile, Daniel Bayliss, Joshua Pepper, et al. “Kelt-14b And Kelt-15b: An Independent Discovery Of Wasp-122b And A New Hot Jupiter.” *The Astronomical Journal* 151, no. 6 (June 1, 2016): 138. <https://doi.org/10.3847/0004-6256/151/6/138>.
- Rohmat. “Fajar Dalam Perspektif Syaria’ah.” *ASAS Jurnal Hukum Ekonomi Syariah*, 2021.
- Schuerman†, D. W., and J. L. Weinberg. “Zodiacal Light: A Probe of the Properties and Evolution of Interplanetary Dust.” *Highlights of Astronomy* 6 (1983): 421–25. <https://doi.org/10.1017/s1539299600005426>.
- Sudana, I Made, and Rahmat Heru Setianto. *Metode Penelitian Bisnis & Analisis Data Dengan SPSS*. Tim Perti I. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama, 2018.

- Sugiyono. “Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods).” *Alfabeta*, 2013.
- . *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2018.
- . *Metode Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif*. Bandung: Alfabeta, 2006.
- . *Metode Penelitian Manajemen*. Bandung: Alfabeta, 2018.
- Suparyanto, I.H, and H.Z Anwar. “Identifikasi Dan Inventarisasi Sumber Daya Air Pulau Kecil Petabah, Studi Kasus Pulau Karimunjawa Dan Kemujan.” *Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*, 2003.
- Surabrata, Sumadi. *Metode Penelitian*. Jakarta: Rajawali Press, 2013.
- Syahputra, Aidil, and Asrul Sani. “Analisis Pemotretan Foto Menggunakan Teknik Segitiga Exposure Pada Produk Makanan Kemasan.” *JBPM* 1, no. 2 (2023).
- Syahrini. “Kelebihan Redmi Note 13 5G Yang Perlu Dipertimbangkan Sumber Artikel Berjudul ‘Kelebihan Redmi Note 13 5G Yang Perlu Dipertimbangkan’, Selengkapnya Dengan Link: <https://Jakarta.Pikiran-Rakyat.Com/Teknologi/Pr-3308659497/Kelebihan-Redmi-Note-13-5g-Yang-Perlu-Dipertimbangkan?Page=all> Baca Berita Lebih Nyaman Dan Kekinian, Yuk Download Aplikasi Pikiran Rakyat Mobile: - Android: Bit.Ly/PikiranRakyatMobile - IOS: Apple.Co/3Wcr42n.” Mitra Jakarta, 2024.
- Syahrina, Uzal. *Ilmu Falak Metode As-Syahrui*. Blitar: Gunung Tidar Press, 2019.
- Syar’, Dan, I Agus, and Hasan Bashori. “Persoalan Waktu Subuh Ditinjau Secara Astronomi Dan Syar’i,” n.d. <http://tdjamaluddin.wordpress.com/2010/04/15/waktu-shubuh-ditinjau-secara-astronomi-dan-syari/>.
- Tanjung, Dhiauddin. *Ilmu Falak Di Indonesia*. Pertama. Medan: Perdana Mulya Sarana, 2013.

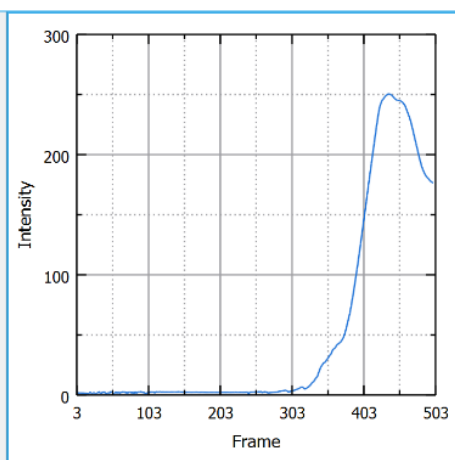
- Taymiyah, Ahmad Abd al-Halim Ibn. *Kitab As-Shiyam Min Syarkh al Umdah*, 1996.
- Tim Penulis. “AstroimageJ 2.4.1 User Guide plus Getting Started with Differential Photometry,” 2021.
- Trisliatanto, Dimas Agung. *Metodologi Penelitian, Panduan Lengkap Penelitian Dengan Mudah*. Yogyakarta: ANDI (Anggota IKAPI), 2020.
- Unsold, Albercht, and Bodo Baschek. *The New Cosmos : An Introduction to Astronomy and Astrophysics*. Berlin: Springer, 2004.
- Xiomi. “Redmi Note 13 5G,” 2024.
- Zainal, Baharudin. *Ilmu Falak*. II. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka, 2004.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

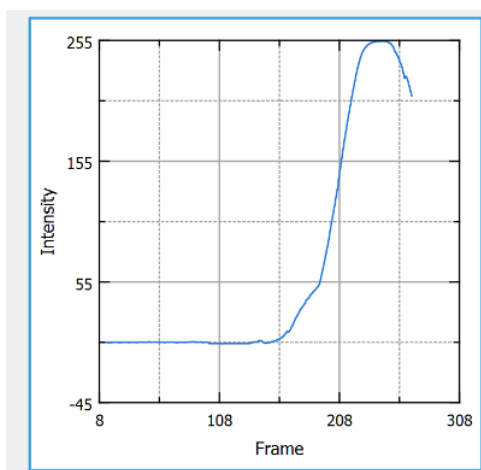
Lokasi Penelitian



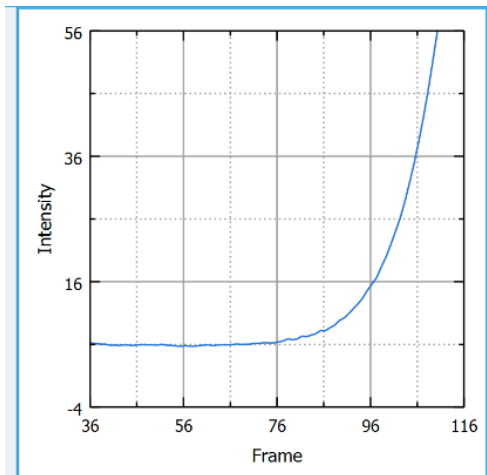
Grafik Visual dan Moving Average ISO dan *shutter speed*



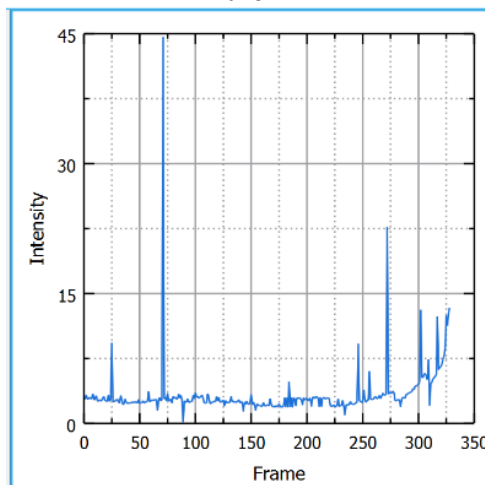
Hasil olah data pengamatan 27 Februari 2025



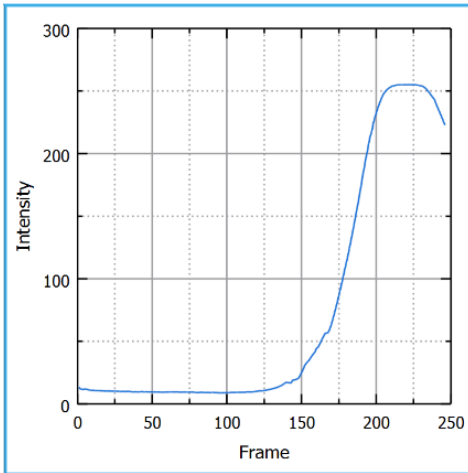
Hasil olah data pengamatan 2 Maret 2025



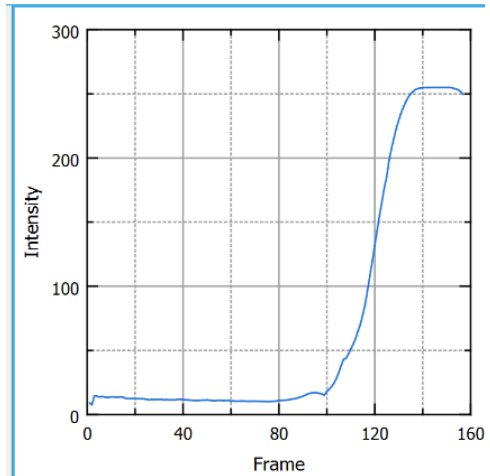
Hasil olah data pengamatan 3 Maret 2025



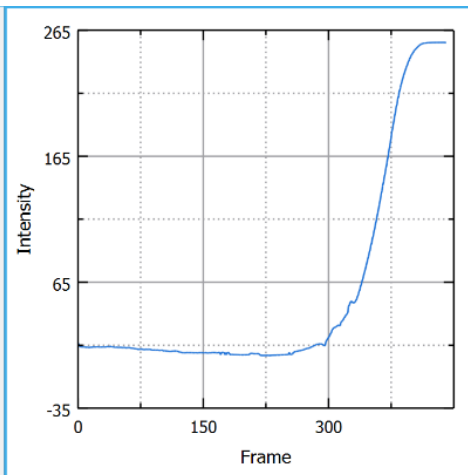
Hasil olah data pengamatan 4 Maret 2025



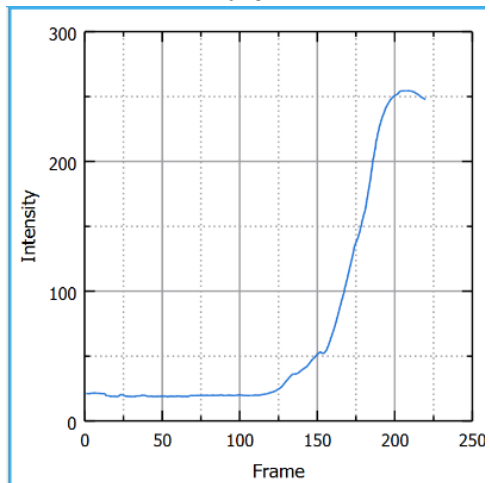
Hasil olah data pengamatan 5 Maret 2025



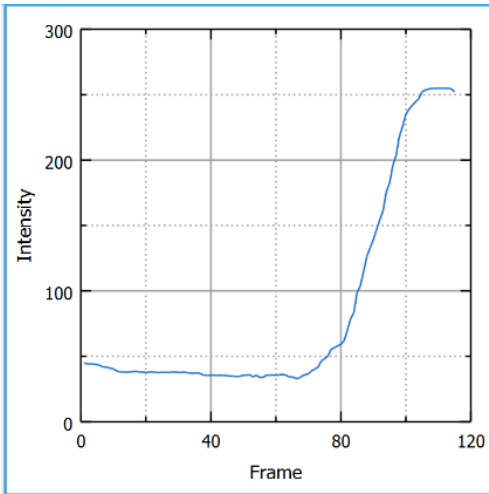
Hasil olah data pengamatan 6 Maret 2025



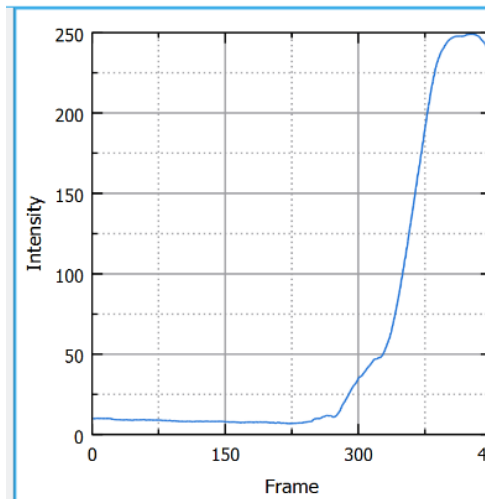
Hasil olah data pengamatan 8 Maret 2025



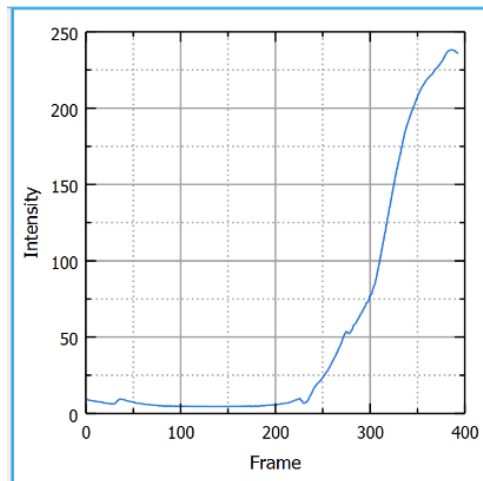
Hasil olah data pengamatan 9 Maret 2025



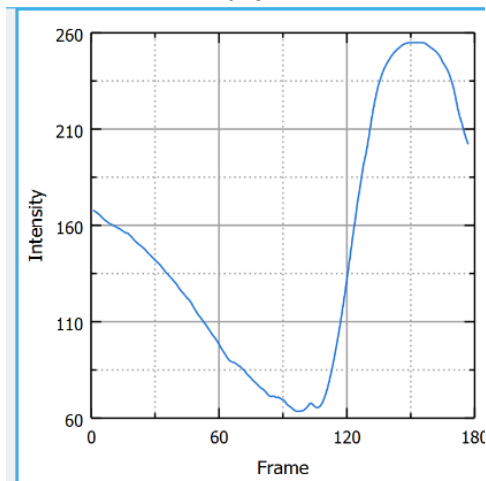
Hasil olah data pengamatan 10 Maret 2025



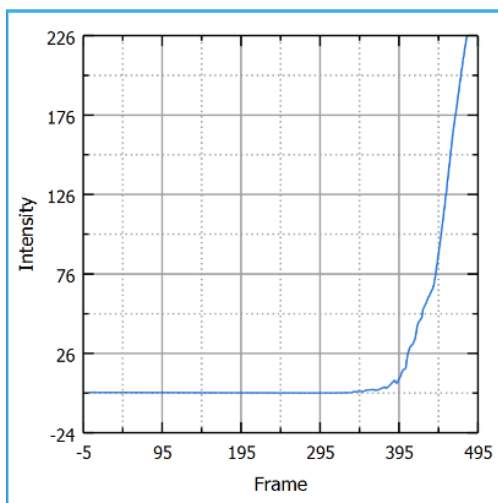
Hasil olah data pengamatan 11 Maret 2025



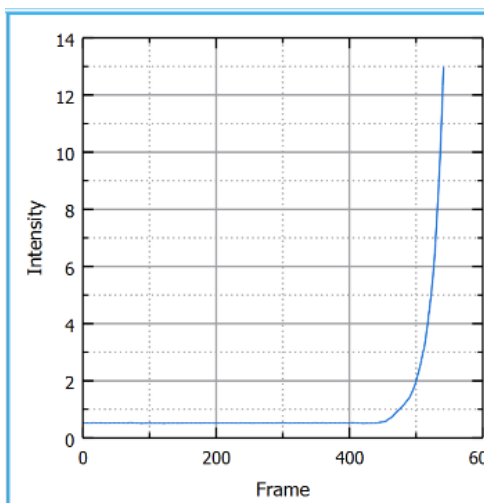
Hasil olah data pengamatan 12 Maret 2025



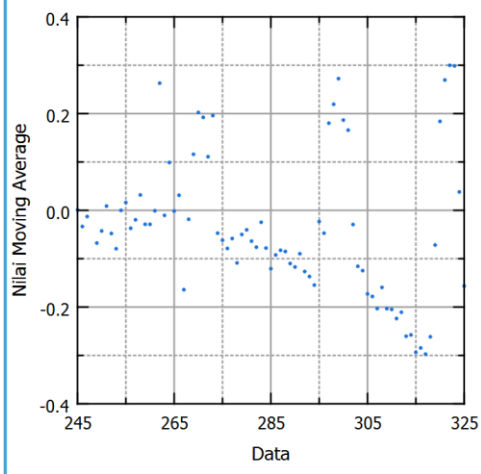
Hasil olah data pengamatan 13 Maret 2025



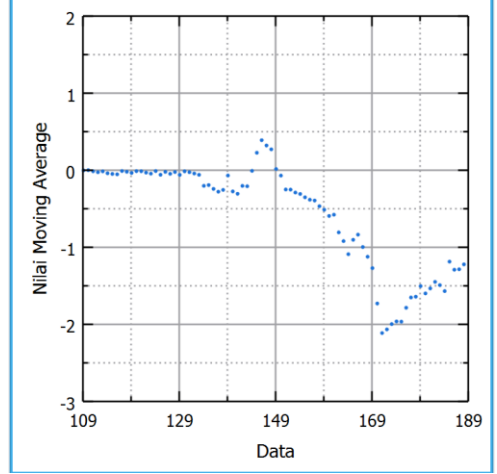
Hasil olah data pengamatan 14 Maret 2025



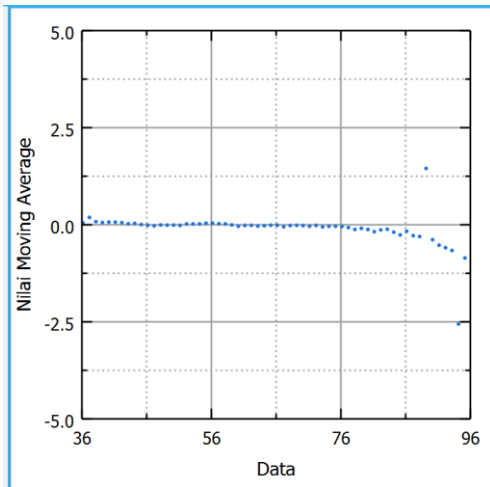
Hasil olah data pengamatan 15 Maret 2025



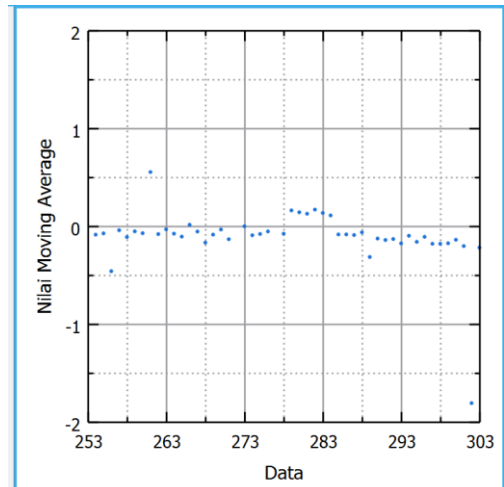
Hasil olah data pengamatan 27 Februari 2025



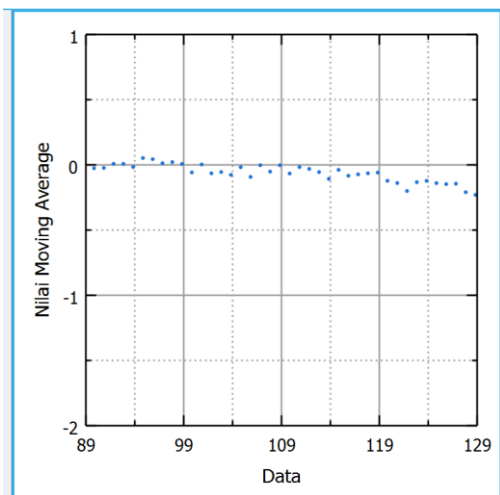
Hasil olah data pengamatan 2 Maret 2025



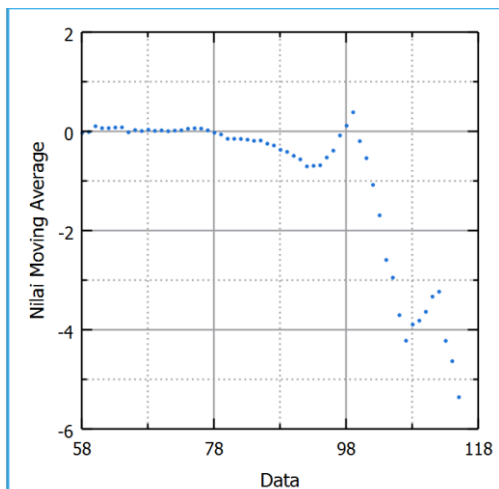
Hasil olah data pengamatan 3 Maret 2025



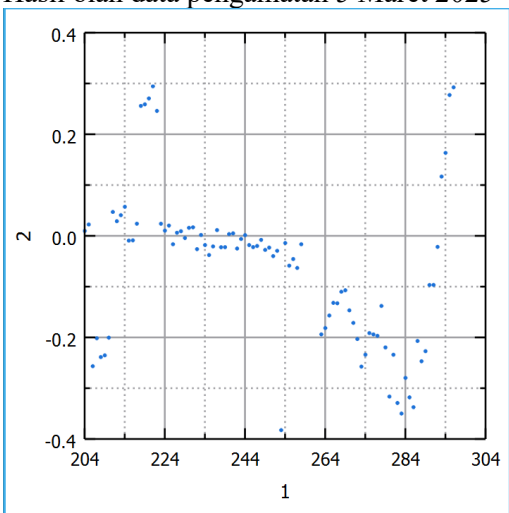
Hasil olah data pengamatan 4 Maret 2025



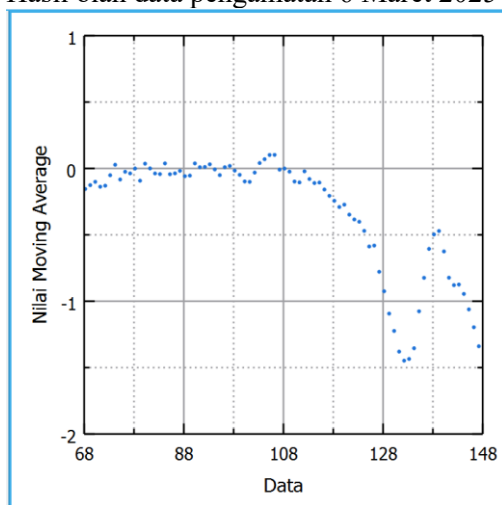
Hasil olah data pengamatan 5 Maret 2025



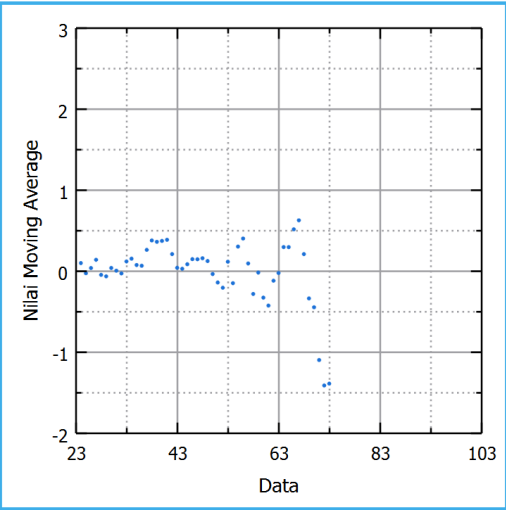
Hasil olah data pengamatan 6 Maret 2025



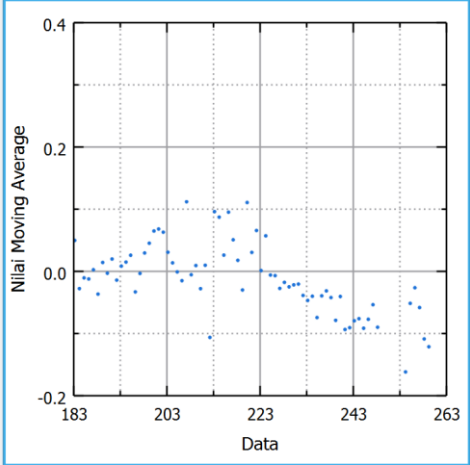
Hasil olah data pengamatan 8 Maret 2025



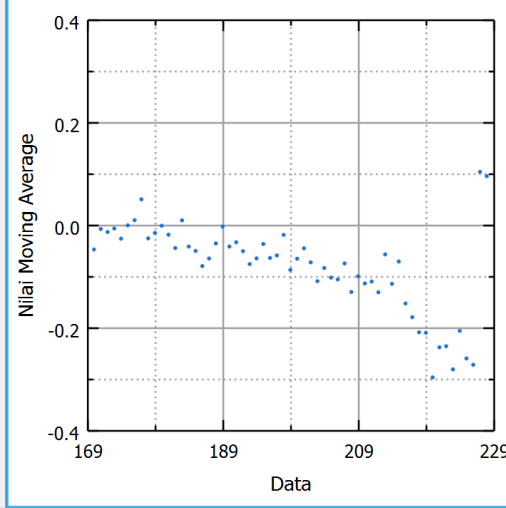
Hasil olah data pengamatan 9 Maret 2025



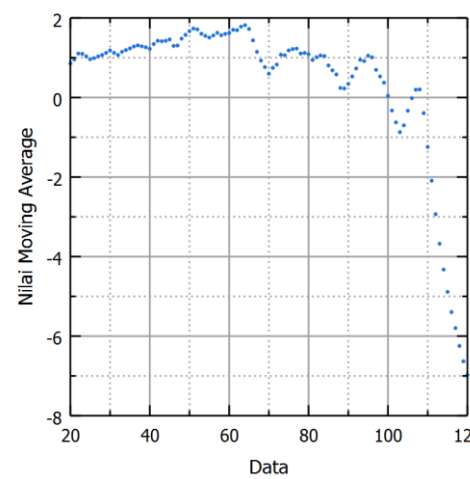
Hasil olah data pengamatan 10 Maret 2025



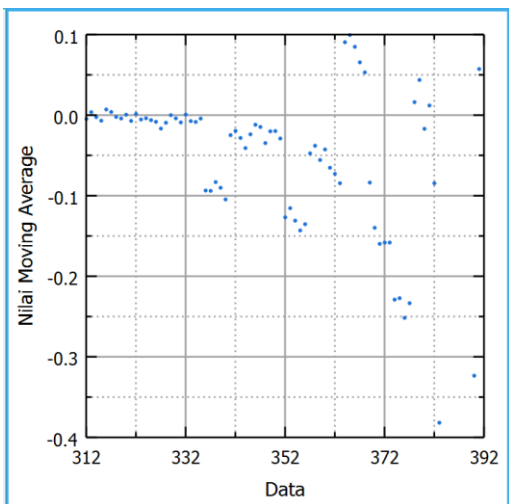
Hasil olah data pengamatan 11 Maret 2025



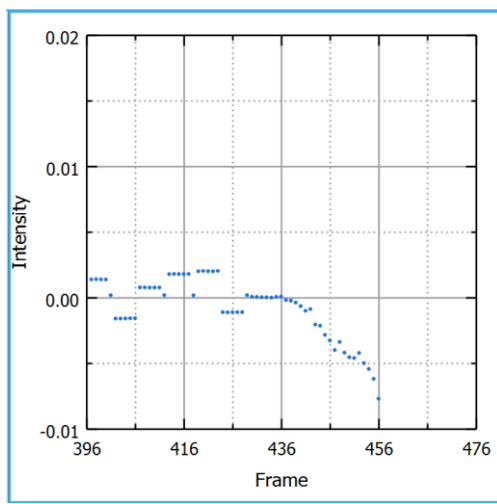
Hasil olah data pengamatan 12 Maret 2025



Hasil olah data pengamatan 13 Maret 2025

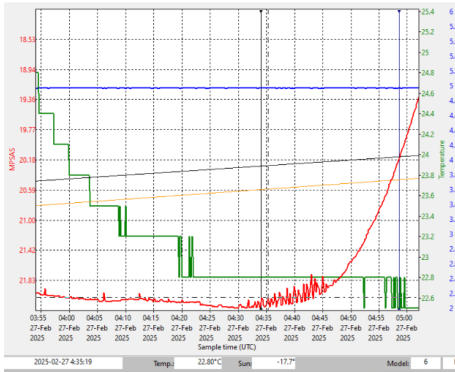


Hasil olah data pengamatan 14 Maret 2025

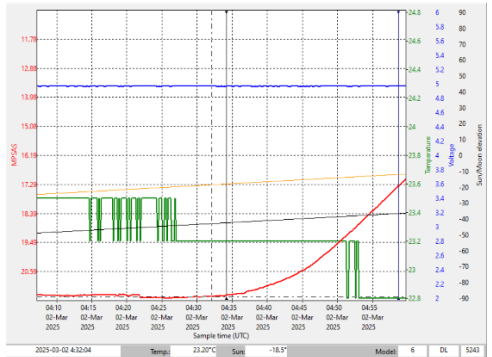


Hasil olah data pengamatan 15 Maret 2025

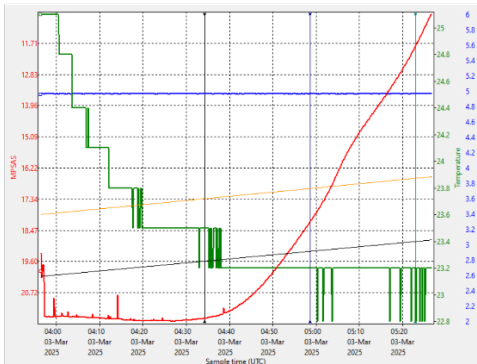
Grafik SQM LU-DL



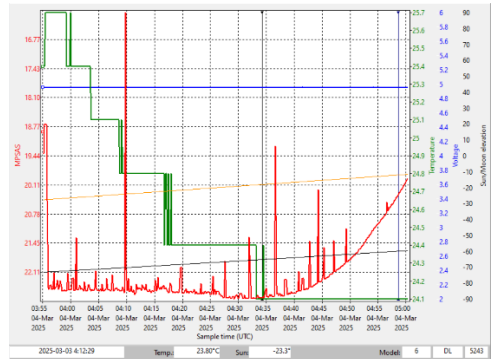
27 Februari 2025



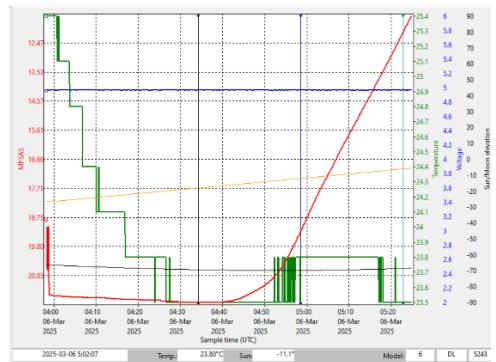
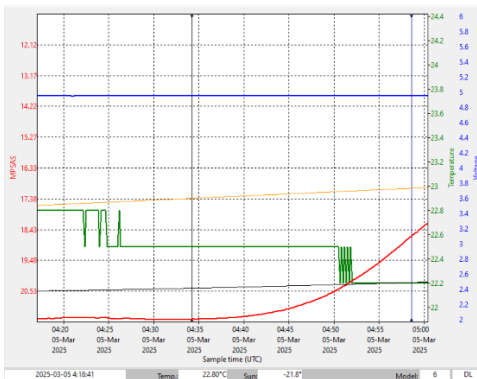
2 Maret 2025



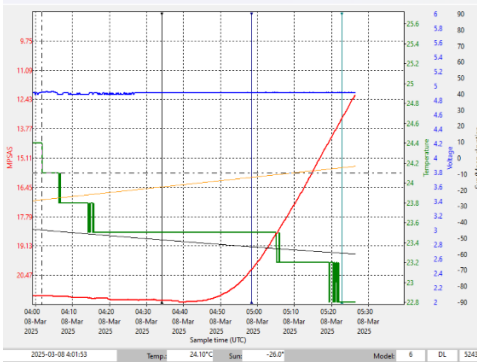
3 Maret 2025



4 Maret 2025



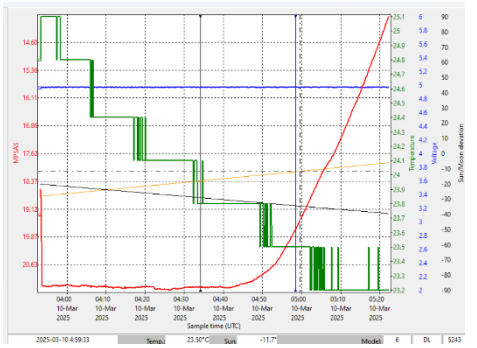
5 Maret 2025



6 Maret 2025



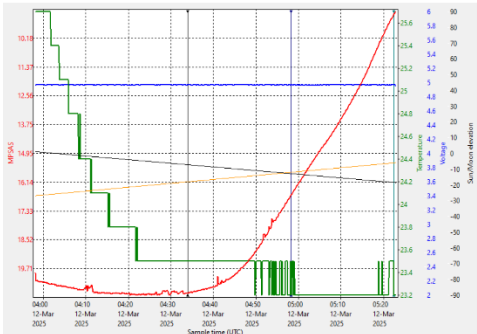
8 Maret 2025



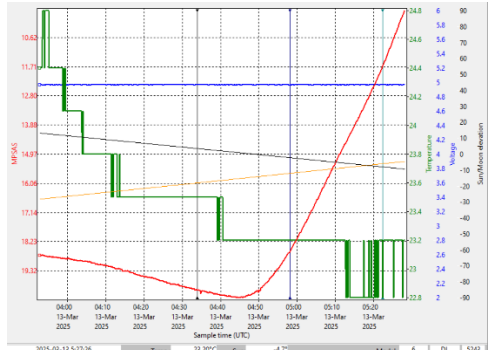
9 Maret 2025



10 Maret 2025

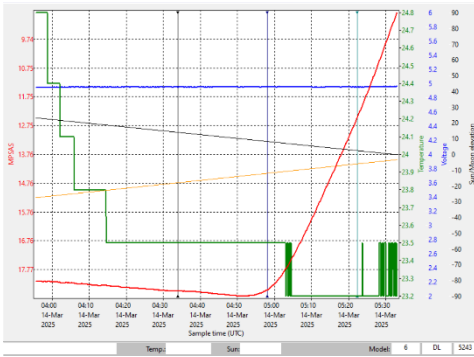


11 Maret 2025

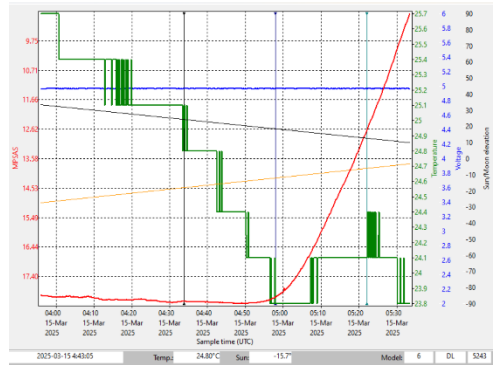


12 Maret 2025

13 Maret 2025

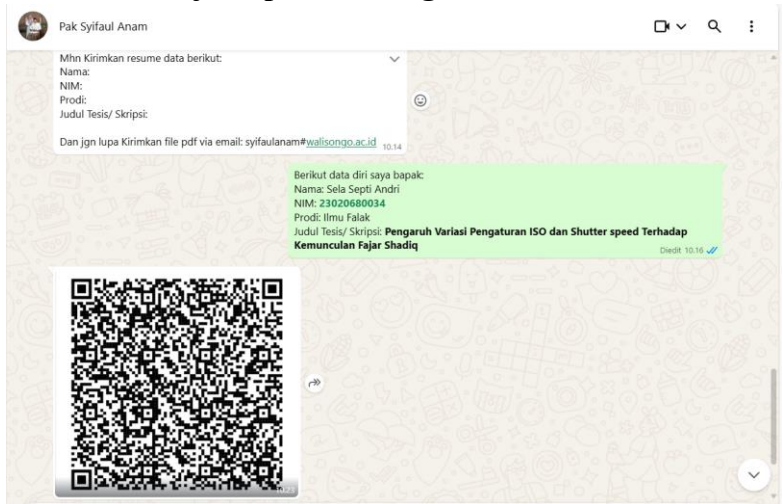


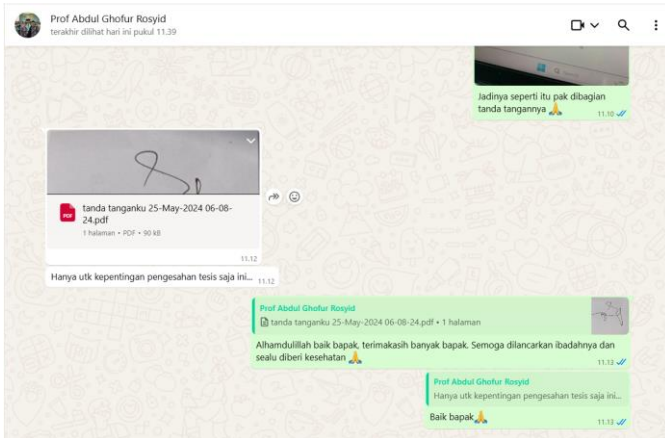
14 Maret 2025



15 Maret 2025

1. Bukti Persetujuan pembimbing





Konsultasi dengan Bapak Dr. H.M.Basthoni, M.H



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Sela Septi Andri
Tempat, Tanggal lahir : Kebanjati, 07 April 2000
Alamat Asal : Desa Talang Padang, Kecamatan Pasemah Air
Keruh, Empat Lawang, Sumatra Selatan.
Alamat Domisili : Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah

Riwayat Pendidikan:

1. Pendidikan Formal
 - a. SDN 03 Pasemah Air Keruh, Sumatra Selatan, 2006-2012
 - b. SMP Negeri 01 Pasemah Air Keruh, Sumatra Selatan, 2012-2015
 - c. MA Daarussalam Kepahiang, Bengkulu, 2015-2018
 - d. S1 Ilmu Falak UIN Walisongo Semarang, 2018-2022
2. Pendidikan Non-Formal
 - a. Pondok Pesantren Modern Daarussalam, Kepahiang Bengkulu
 - b. Pondok Pesantren YPMI Al-Firdaus
 - c. Pondok Pesantren Life Skill Daarun Najaah
 - d. BLKK YPMI Al-Firdaus
 - e. BLKK Life Skill Daarun Najaah

Pengalaman Organisasi

1. OSPPMD Kepahiang Bengkulu
2. Divisi Eksternal MoRAGISTER UIN Walisongo Semarang tahun 2024-2025.
1. Departemen PSDE CSSMoRA UIN Walisongo Semarang tahun 2019 -2020.
3. JQH El-Fasya El-Febis UIN Walisongo

Karya Tulis Ilmiah:

1. Problematika Penentuan Arah Kiblat di Kecamatan Pasemah Air Keruh
2. The Effect of Iso and shutter speed Variations On the Quality of Dawn Light Astrophotography (2024) - Artikel Jurnal Al-Afaq

3. Analysis of the Budget for the Palm Oil Replanting Project at PT.Andalas Agri in Seluma Regency (2022) – Jurnal Akuntansi Manajemen dan Bisnis Digital